



UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO

FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA

CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL

**TRABAJO EXPERIMENTAL PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE
INGENIERO CIVIL**

TEMA:

**ANÁLISIS COMPARATIVO DE LA RESISTENCIA AL CORTE Y
ESTABILIZACIÓN DE SUELOS ARENOSOS FINOS Y ARCILLOSOS
COMBINADAS CON CENIZA DE CARBÓN.**

Autor: Cañar Tiviano Edwin Santiago

Tutor: Ing. Mg. Lorena Pérez

Ambato – Ecuador

2017

CERTIFICACIÓN

Yo, Ing. Mg. Lorena Pérez certifico que el presente Informe Final Experimental **“ANÁLISIS COMPARATIVO DE LA RESISTENCIA AL CORTE Y ESTABILIZACIÓN DE SUELOS ARENOSOS FINOS Y ARCILLOSOS COMBINADAS CON CENIZA DE CARBÓN”** realizado por el señor Edwin Santiago Cañar Tiviano Egresado de la Facultad de Ingeniería Civil y Mecánica Carrera de Ingeniería Civil de la Universidad Técnica de Ambato, se desarrolló bajo mi supervisión y tutoría, siendo un trabajo elaborado de manera personal e inédito.

Ing. Mg. Lorena Pérez
TUTOR

AUTORÍA

Yo, Edwin Santiago Cañar Tiviano, con C.I. 180462949-9 Egresado de la Facultad de Ingeniería Civil y Mecánica de la Universidad Técnica de Ambato, certifico por medio de la presente que el trabajo con el tema: **“ANÁLISIS COMPARATIVO DE LA RESISTENCIA AL CORTE Y ESTABILIZACIÓN DE SUELOS ARENOSOS FINOS Y ARCILLOSOS COMBINADAS CON CENIZA DE CARBÓN”** es de mi completa Autoría.

Egdo. Edwin Santiago Cañar Tiviano

C.I. 180462949-9

AUTOR

APROBACIÓN DEL TRIBUNAL DE GRADO

Los suscritos profesores calificadores, una vez revisado, aprueban el informe de investigación, sobre el tema: **“ANÁLISIS COMPARATIVO DE LA RESISTENCIA AL CORTE Y ESTABILIZACIÓN DE SUELOS ARENOSOS FINOS Y ARCILLOSOS COMBINADAS CON CENIZA DE CARBÓN”** del egresado Edwin Santiago Cañar Tiviano, de la Carrera de Ingeniería Civil, el mismo que guarda conformidad con las disposiciones reglamentarias emitidas por el Centro de Estudios de Pregrado de la Facultad de Ingeniería Civil y Mecánica de la Universidad Técnica de Ambato.

Por constancia firman,

Ing. Mg. Rodrigo Acosta

Ing. Mg. Vinicio Almeida

DERECHOS DE AUTOR

Autorizo a la Universidad Técnica de Ambato, para que haga de este Trabajo de Titulación bajo la modalidad de Trabajo Experimental o parte de él, un documento disponible para su lectura, consulta y proceso de investigación, según las normas de la Institución.

Cedo los Derechos en línea patrimoniales de mi proyecto experimental, con fines de difusión pública, además apruebo la reproducción de este proyecto experimental, dentro de las regulaciones de la Universidad, siempre y cuando esta reproducción no suponga una ganancia económica y se realice respetando mis derechos de autor.

Autor

Edwin Santiago Cañar Tiviano

DEDICATORIA

La realización de este proyecto se la dedicó a mis padres y a Dios, a mis padres porque han estado siempre guiándome, aconsejándome, dándome la fuerza y motivación constante, han sido mis pilares fundamentales para continuar en este duro transitar, fueron quienes confiaron en mi inteligencia y capacidad para cumplir con una meta más en mi vida, a Dios porque con su sabiduría ha logrado cuidarme y guiarme cada uno de mis pasos dándome la fortaleza para continuar y terminar con felicidad este largo y duro caminar.

AGRADECIMIENTOS

Agradezco a Dios por haberme acompañado y guiado a lo largo de mi carrera, por ser mi fortaleza en los momentos de debilidad y por brindarme una vida llena de aprendizajes y experiencias, le doy gracias a mis padres María y Segundo por enseñarme a no rendirme ante cualquier obstáculo brindándome su apoyo en todo momento, por los valores que me han inculcado, sobre todo por ser un ejemplo a seguir: a la Facultad de Ingeniería Civil y Mecánica, que me supo abrir sus puertas para poder alcanzar esta meta.

ÍNDICE GENERAL DE CONTENIDOS

A. PÁGINAS PRELIMINARES

CERTIFICACIÓN	II
AUTORÍA.....	III
APROBACIÓN DEL TRIBUNAL DE GRADO	IV
DERECHOS DE AUTOR.....	V
DEDICATORIA	VI
AGRADECIMIENTOS	VII
ÍNDICE GENERAL DE CONTENIDOS.....	VIII
ÍNDICE DE TABLAS	XII
ÍNDICE DE GRÁFICOS	XIV
RESUMEN EJECUTIVO	XV
SUMMARY	XVI

B. TEXTO

CAPÍTULO I	1
1. ANTECEDENTES	1
1.1. TEMA DEL TRABAJO EXPERIMENTAL	1
1.2. ANTECEDENTES.....	1
1.3. JUSTIFICACIÓN.....	2
1.4. OBJETIVOS.....	3
1.4.1. Objetivo General	3
1.4.2. Objetivos Específicos.....	3
CAPÍTULO II	4

2. FUNDAMENTACIÓN	4
2.1. FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA	4
2.1.1. Suelos Arcillosos.....	5
2.1.2. Suelos Arenosos	6
2.1.3. Cenizas de Carbón.....	7
2.1.4. Sub-rasante	9
2.1.5. Estabilización de Suelos.....	10
2.1.6. Estabilización Mecánica.....	12
2.1.7. Estabilización Física.....	12
2.1.8. Estabilización Química	13
2.1.9. Granulometría	13
2.1.10. El Contenido de Humedad	14
2.1.11. Límite Líquido	14
2.1.12. Límite Plástico	14
2.1.13. Límite de contracción.....	15
2.1.14. Compactación.....	15
2.1.15. Capacidad de Soporte de los Suelos.....	16
2.1.16. Ensayo California Bearing Ratio (CBR).....	16
2.1.17. Resistencia al corte de los suelos	17
2.2. HIPÓTESIS	19
2.3. SEÑALAMIENTO DE VARIABLES DE LA HIPÓTESIS	19
2.3.1. Variable Independiente	19
2.3.2. Variable Dependiente.....	19

CAPÍTULO III	20
3. METODOLOGÍA	20
3.1. NIVEL O TIPO DE INVESTIGACIÓN.....	20
3.1.1. Exploratorio:.....	20
3.1.2. Descriptivo:.....	20
3.1.3. Explicativo.....	20
3.1.4. Tipo de Investigación.....	20
3.2. POBLACIÓN Y MUESTRA.....	21
3.2.1. Población (n).....	21
3.2.2. Muestra (m).....	24
3.3. OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES.....	26
3.3.1. HIPÓTESIS.....	26
3.4. PLAN DE RECOLECCIÓN DE INFORMACIÓN.....	28
3.5. PLAN DE PROCESAMIENTO Y ANÁLISIS.....	29
3.5.1. Plan de procesamiento de información.....	29
3.5.2. Plan de Análisis e Interpretación de resultados.....	29
CAPÍTULO IV	30
4. ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS	30
4.1. RECOLECCIÓN DE DATOS.....	30
4.1.1. Cuadro de resumen del ensayo para la granulometría de los suelos.....	30
Cordenadas: Universal Transversal de Mercator (UTM).....	30
4.1.2. Cuadro de resumen del Ensayo para los Límites de Atterberg.....	30

4.1.3. Cuadro de resumen del Ensayo para la Compactación del Próctor Modificado.....	31
4.1.4. Cuadro de Resumen del Ensayo CBR.....	31
4.1.5. Cuadro de Resumen de la Resistencia al Corte de cada tipo de Suelos	31
4.2. ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS	32
4.2.1. Granulometría	32
4.2.2. Límites de Atterberg	34
4.2.3. Compactación Próctor Modificado	38
4.2.4. Valor de Soporte de California (CBR).....	40
4.2.5 Resistencia al Corte	45
4.3. VERIFICACIÓN DE LA HIPÓTESIS	47
CAPÍTULO V	49
5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	49
5.1. CONCLUSIONES.....	49
5.2. RECOMENDACIONES	50
MATERIALES DE REFERENCIA	51
BIBLIOGRAFÍA.....	51
ANEXOS.....	53

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1: Índice de Plasticidad de la Arcilla Norma ASTM	6
Tabla 2: Clasificación de Suelos según Tamaño de Partículas Norma ASTM D422.....	7
Tabla 3: Granulometría de la ceniza.....	8
Tabla 4: Composición química de la ceniza de carbón.....	9
Tabla 5: Descripción del Suelo Mc2 de acuerdo al Mapa Geológico	23
Tabla 6: Descripción del Suelo Ia1 de acuerdo al Mapa Geológico	24
Tabla 7: Peso Total del Suelo Arenoso Fino	24
Tabla 8: Peso Total del Suelo Arcilloso (CH)	25
Tabla 9: Conceptualización de la Variable Independiente.....	26
Tabla 10: Conceptualización de la Variable Dependiente	27
Tabla 11: Plan de recolección de información	28
Tabla 12: Clasificación de los tipos de suelos según el SUCS y la ubicación y contenido de humedad natural.....	30
Tabla 13: Límites de Consistencia de los Suelos.....	30
Tabla 14: Densidad Seca Máxima y Contenido de Humedad Óptimo.....	31
Tabla 15: Valor de Soporte de California (CBR)	31
Tabla 16: Resistencia al Corte de cada tipo de suelo.....	31
Tabla 17: Granulometría del Suelo Arena Limosa (SM)	32
Tabla 18: Granulometría de la Arcilla de Alta Plasticidad (CH)	33

Tabla 19: Límite Líquido de la Arena Limosa (SM)	34
Tabla 20: Límite Plástico e índice de Plasticidad de la Arena Limosa (SM)	35
Tabla 21: Límite Líquido de la Arcilla de Alta Plasticidad (CH)	36
Tabla 22: Límite Plástico e índice de Plasticidad de la Arcilla de Alta Plasticidad	37
Tabla 23: Especificaciones del Próctor Modificado	39
Tabla 24: Resultados de suelos SM (Arena Limosa)	41
Tabla 25: Resultados de suelos SM combinados con el 20% de Ceniza de Carbón	41
Tabla 26: Resultados de suelos SM combinados con el 23% de Cenizas de Carbón	42
Tabla 27: Resultados de suelos SM combinados con el 25% de Cenizas de Carbón	42
Tabla 28: Resultados de suelos CH (Arcilla de alta plasticidad)	43
Tabla 29: Resultados de suelos CH combinados con el 20% de Ceniza de Carbón	43
Tabla 30: Resultados de suelos (CH) combinados con el 23% de Cenizas de Carbón	44
Tabla 31: Resultados de suelos (CH) combinados con el 25% de Cenizas de Carbón	44
Tabla 32: Valores de Resistencia al Corte de cada tipo de Suelo	45
Tabla 33: Resultados de la Resistencia al Corte de las combinaciones con cenizas de carbón	46

ÍNDICE DE GRÁFICOS

Gráfico 1: Ceniza efecto de la combustión de la madera.....	8
Gráfico 2: Ángulo de Fricción Interna de diferentes Tipos de Suelos	18
Gráfico 3: Mapa Geológico de Suelos del Ecuador.....	21
Gráfico 4: Mapa geológico de la ciudad de Ambato	22
Gráfico 5: Mapa geológico de la ciudad de Puyo	23
Gráfico 6: Representación gráfica del contenido de humedad del Suelo Tipo SM.....	35
Gráfico 7: Representación gráfica del contenido de humedad del Suelo Tipo CH	37
Gráfico 8: Análisis comparativo del CBR en suelo SM	47
Gráfico 9: Análisis comparativo de CBR en suelo CH.....	48

RESUMEN EJECUTIVO

TEMA: "ANÁLISIS COMPARATIVO DE LA RESISTENCIA AL CORTE Y ESTABILIZACIÓN DE SUELOS ARENOSOS FINOS Y ARCILLOSOS COMBINADOS CON CENIZAS DE CARBÓN"

AUTOR: Edwin Santiago Cañar Tiviano

FECHA: Diciembre 2016

El presente proyecto experimental previo a la obtención del Título de Ingeniero Civil, tiene como objetivo la estabilización de dos suelos de diferentes propiedades con la combinación de un aditivo como es el caso de cenizas de carbón y la evaluación de la capacidad de soporte y la resistencia al corte mediante ensayos de laboratorio.

Previo a los trabajos de laboratorio se realizó un reconocimiento visual para conocer la ubicación y la extracción de los suelos pertenecientes a los cantones de Ambato y Puyo, una vez identificada su ubicación se procedió a la recolección de muestras para la realización de ensayos como: granulometría y límites de Atterberg para la identificación de los suelos según el Sistema Unificado de Clasificación de Suelos (SUCS).

Para determinar la capacidad de soporte (CBR) de cada suelo, se procedió mediante el ensayo de compactación o Próctor Modificado el cual dió como resultado la densidad máxima seca y la humedad óptima para luego realizar el ensayo CBR, el mismo procedimiento se realizó para las combinaciones en tres porcentajes de 20, 23 y 25% de cenizas de carbón. Para la determinación de la resistencia al corte se ejecutó el ensayo de compresión no confinada en los suelos conocidos como cangahua y arcilla de alta plasticidad.

El análisis comparativo se refiere a una evaluación de propiedades como la humedad, plasticidad, resistencia CBR y resistencia al corte de forma estadística entre los dos suelos y sus diferentes combinaciones respectivamente, analizando detalladamente las ventajas y desventajas de la utilización de cenizas de carbón para mejorar las propiedades naturales y su uso como una sub-rasante.

SUMMARY

THEME: “COMPARATIVE ANALYSIS OF THE RESISTANCE TO THE CUT AND STABILIZATION OF SANDY SOILS AND ARCILLOSOS COMBINED WITH CARBON ASHES”

AUTHOR: Edwin Santiago Cañar Tiviano

DATE: December 2016

The present experimental project prior to obtaining the Degree of Civil Engineer, aims at the stabilization of two soils of different properties with the combination of an additive as is the case of coal ash and the evaluation of the support capacity and the resistance To cut through laboratory tests.

Prior to laboratory work, a visual survey was carried out to determine the location and extraction of the soils belonging to the cantons of Ambato and Puyo, once their location was identified, the samples were collected for the following tests: granulometry And Atterberg boundaries for the identification of soils according to the Unified Soil Classification System (SUCS).

In order to determine the bearing capacity (CBR) of each soil, the compaction or Modified Fan test was carried out, which resulted in the maximum dry density and the optimum humidity, and then the CBR test. Combinations in three percentages of 20, 23 and 25% of coal ash. For the determination of shear strength, the unconfined compression test was performed on soils known as cangahua and high plasticity clay.

The comparative analysis refers to an evaluation of properties such as humidity, plasticity, CBR strength and shear strength statistically between the two soils and their different combinations respectively, analyzing in detail the advantages and disadvantages of the use of coal ash to improve The natural properties and their use as a sub-gradient

CAPÍTULO I

1. ANTECEDENTES

1.1. TEMA DEL TRABAJO EXPERIMENTAL

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

1.2. ANTECEDENTES

- Del artículo científico “Evaluación de aditivos usados en el tratamiento de arcillas expansivas” se concluye:

Una concentración del 25% de cenizas en el suelo puede resultar muy beneficiosa, modificando directamente su estructura debido a que sus partículas son altamente atraídas entre sí, formando una masa compacta, reduciendo los espacios vacíos y floculando los porcentajes de arcillas del suelo reduciendo el límite líquido y el índice plástico del suelo. [1]

- Del artículo científico “Caracterización de un material compuesto por suelo arenoso, ceniza de cáscara de arroz y cal potencialmente útil para su uso en pavimentación” se concluye:

En suelos arenosos se logra un aumento considerable de CBR de la mezcla del suelo con 20% de cenizas y 10% de cal, con 28 días de cura con respecto al suelo natural, permitiendo afirmar que el material así producido podría ser empleado como capa de sub-base de pavimentos. [2]

- De la tesis “Estabilización de suelos arcillosos con cenizas de carbón para su uso como sub-rasante mejorada y/o sub base de pavimentos” se concluye:

La mezcla de ceniza volante con el suelo arcilloso presenta un mejor comportamiento que el suelo puro, para su empleo como capa de sub-base y sub-rasante mejorada de

pavimentos, examinado factores como tiempo de curado, tiempo de compactación contenido de agua que influyen directamente en el comportamiento de la mezcla final. [3]

1.3. JUSTIFICACIÓN

El estudio de los diferentes minerales con la finalidad de aumentar las capacidades portantes de los suelos, ha alcanzado un auge en los países desarrollados en los últimos años, debido al crecimiento registrado de la población, el comercio y vialidad. Los suelos arcillosos, debido a su baja capacidad de soporte y mala calidad no siempre cumplen con los requerimientos necesarios para ser empleados en proyectos viales. Una alternativa de solución con la finalidad de mejorar las características mecánicas propios del material es estabilizándolo con productos que puedan mejorar sus propiedades naturales, una de ellas es la incorporación de cenizas ya que son granos finos compuestos básicamente por silicatos y aluminios que permiten una reacción cohesiva con el suelo arcilloso que al igual que otras sustancias reduce el límite líquido, índice plástico e índice de expansión [4]

Entre los múltiples factores que afectan la Estabilidad Estructural de los suelos tenemos en primer lugar la distribución de partículas por tamaño, la cual afecta a innumerables propiedades de los suelos, entre ellas: la consistencia, la estructura, la porosidad y la velocidad de filtración, debido a que existe un porcentaje alto de espacios en los que contiene agua y aire, para que las partículas de un suelo puedan unirse entre sí, se requiere de un cierto porcentaje de partículas finas, aprovechando así las propiedades de las cenizas de carbón, cumpliendo como objetivo a la obtención de un suelo compactado, evaluando el comportamiento de suelos arcillosos y arenosos. [5]

La gran mayoría de suelos arcillosos y arenosos poseen baja capacidad de soporte debido a su alto índice de humectación, presentando problemas de hundimientos o asentamientos, para contrarrestar estos problemas que afectan a la construcción de estructuras viales es necesario estabilizarlos, como una alternativa con materiales de fácil obtención y vialidad económica, reconociendo que el carbón posee una gran fuente de concentración de calor, comportándose como un combustible sólido, frágil y poroso con un alto contenido de

carbono (del orden del 98%) por su propiedad porosa, su estructura es absorbente con capacidad de atrapar moléculas o iones reduciendo un porcentaje considerable de humedad. [6]

1.4. OBJETIVOS

1.4.1. Objetivo General

Evaluar los Resultados de Resistencia al Corte entre los suelos arenosos finos y arcillosos, y el comportamiento mecánico de las estabilizaciones de los suelos arenosos finos y arcillosos con cenizas de carbón, con el fin de determinar las mejores condiciones para su uso.

1.4.2. Objetivos Específicos

- Determinar mediante ensayos CBR la capacidad portante de los suelos y sus respectivas diferencias entre las mezclas.
- Identificar cuál de los dos suelos responde de mejor manera a este tipo de estabilización para su uso como sub rasante.
- Evaluar los efectos de humedad sobre la resistencia de las mezclas para el uso de una sub-rasante.

CAPÍTULO II

2. FUNDAMENTACIÓN

2.1. FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA

Los suelos constituyen el componente principal de todo tipo de proyectos, en proyectos viales los suelos deben ser capaces de soportar cargas como: vehículos, personas y estructuras de pavimentos en condiciones del medio ambiente en donde la humedad y la presencia de agua son apreciables éstos deben tener características similares a conductores o canales con el fin de trasportar el agua acumulada en su interior al exterior con facilidad. [7]

Los suelos se pueden utilizar en su estado natural siempre y cuando los estudios realizados al mismo den como resultado las propiedades requeridas para su uso, en la mayoría de proyectos los suelos no cumplen con las características requeridas es por tal motivo se recurre a un mejoramiento de sus propiedades, mezclándose con suelos de características óptimas para su utilización o con aditivos y minerales que al combinarse con el suelo pobre crean una reacción química obteniéndose un suelo firme con excelentes capacidades de soportar los efectos de tránsito y condiciones de clima más severas. [8]

Los suelos en múltiples ocasiones son incapaces de soportar las cargas de tránsito es por tal razón en que se debe cambiarlos con otro suelo que posea las propiedades requeridas o se realiza el proceso de estabilización, en muchos casos se utiliza material de canteras cercanas al proyecto pero éstas no siempre cumplen con las características que se requiere, por esta razón se vienen realizando estudios de materiales estabilizantes para cada tipo de suelos y uno de ellos es la utilización de cenizas de carbón, material proveniente de diferentes procesos de combustión, se los conoce como cenizas de escoria que son residuos de basura, cenizas vegetales provenientes de la madera y cenizas volantes que son productos de las combustión del carbón. [7]

La ceniza es un material de bajo costo y de fácil obtención, son utilizadas en la construcción en casi todo el mundo, logrando así una disminución del impacto ambiental,

motivo por el cual se ha llevado un sin número de estudios para darle utilidad a este tipo de contaminante especialmente en la obtención de un mejoramiento de la capacidad de soporte y la cohesión de los suelos, la propiedad que caracteriza a la ceniza es que posee una gran capacidad de adherencia y se lo puede mezclar con suelos arenosos que éstos no poseen cohesión, dando como resultado una mezcla firme y compacta mejorando su calidad y resistencia. [7]

2.1.1. Suelos Arcillosos

Muchos de los suelos arcillosos se hallan en zonas de alta precipitación, presentando deficiencias en el drenaje, este suelo se caracteriza por su alto contenido de agua y su baja resistencia in situ. Los suelos arcillosos cuando experimentan cambios de humedad tienden a presentar cambios de volumen. [9]

La constitución del suelo arcilloso es por los siguientes minerales activos como la montmorillonita en grandes proporciones y en pocas proporciones o casi nulas la clorita y la vermiculita. Y los minerales que no se consideran activas son las caolinitas y las illitas, éstos sin embargo pueden contribuir a las propiedades expansivas de los suelos siempre y cuando se encuentren en cantidades apreciables. Existen propiedades físicas que influyen al cambio volumétrico y tienen incidencia tanto en sitio como en el laboratorio. [10]

Las dimensiones de sus partículas de acuerdo a la norma: Asociación Americana de Ensayos de Materiales (ASTM D422), se lo puede observar en la Tabla N°2.

Su peso específico varía entre los límites de 2,60 a 2,75 gramos por centímetro cúbico. Mientras más denso es el suelo es más sólido, por lo tanto, presenta alta resistencia a la erosión. [11]

Su porosidad y humedad tienden a modificarse al incremento de la saturación, un suelo arcilloso puede pasar del estado sólido al líquido, debido al incremento de agua en su interior y provoca una disminución bruscamente de las fuerzas de cohesión apareciendo una fluidez de sus partículas. Los suelos arcillosos tienen una cohesión alta que va desde

0,25 kilogramos sobre centímetro cuadrado a 1,5 kilogramos sobre centímetro cuadrado, en ocasiones pasan el rango mencionado. [11]

Tabla 1: Índice de Plasticidad de la Arcilla Norma ASTM

ÍNDICE DE PLASTICIDAD	CARACTERÍSTICA
IP>20	Suelos muy arcillosos
20>IP>10	Suelos arcillosos
10>IP>4	Suelos poco arcillosos
IP=0	Suelos exentos de arcilla

Fuente: Manual de Carreteras, Suelos y Pavimentos. Biblioteca Nacional del Perú. Pg. 27. Lima 2014

2.1.2. Suelos Arenosos

Los suelos arenosos provienen de la erosión de rocas, de minas, depositados en el interior de la tierra de color azul, gris y rosa, las arenas provenientes de la playa requieren un tratamiento especial para su estudio ya que poseen proporciones de sales y materia orgánica, existen también suelos arenosos de origen volcánico se los puede encontrar en zonas aledañas a los volcanes su color es negro. [11]

Existen diferentes tipos de arenas según el tamaño de sus partículas las más usuales son:

Arenas gruesas son las que pasan la malla de 2 mm y son retenidas por otra de 0.2 mm. [11]

Arenas finas son las que pasan por la malla de 0,2 mm y son retenidas por otra de 0,05mm. [11]

Tabla 2: Clasificación de Suelos según Tamaño de Partículas Norma ASTM D422

Tipo de Material	Tamaño de las partículas
Grava	75 mm - 2 mm
Arena	Arena gruesa: 2 mm - 0.2 mm
	Arena fina: 0.2 mm - 0.05 mm
Limo	0.05 mm - 0.005 mm
Arcilla	Menor a 0.005 mm

Fuente: Manual de Carreteras, Suelos y Pavimentos. Biblioteca Nacional del Perú. Pg. 27. Lima 2014

2.1.3. Cenizas de Carbón

Las cenizas de carbón son similares a conglomerantes puzolánicos, pero con resultados muy poco favorables en comparación a la utilización del cemento y cal, se necesita la adición de agua y presencia de un catalizador o activante como la cal en proporciones mínimas, en esta clasificación se encuentran algunos tipos de cenizas que se diferencian de acuerdo a la planta de extracción. [9]

Las cenizas de materiales orgánicos provienen de la quema de diferentes tipos de trocos y tallos, los más comunes son las cenizas de bagazo de caña, cenizas de cáscara de arroz y cenizas vegetales, estas cenizas presentan propiedades de un material puzolánico, altas proporciones en sílice y alumina, a la presencia de agua éste reacciona químicamente y obtiene propiedades cementantes. [7]

Las cenizas provenientes de la quema de bagazo de caña dieron como resultado las siguientes granulometrías.

Tabla 3: Granulometría de la ceniza

Ceniza producida por combustión de la madera	
Malla N°	% Que pasa la malla
3/8''	100
No 4	100
No 10	100
No 20	98.24
No 40	79.69
No 60	66.61
No 100	56.76
No 200	37.22

Fuente: Pérez J. Ribero R, Evaluación de la capacidad cementante de la ceniza de bagazo de caña, Universidad Industrial de Santander, Bucaramanga, 2008

Las cenizas provenientes de la madera y la corteza tienen un punto de fusión entre 1300-1400 °C, por tal motivo se los denomina biocombustibles, su densidad es 1,3 T/m³, y su color es grisáceo claro como se indica en el gráfico N°1. [12]

Gráfico 1: Ceniza efecto de la combustión de la madera



Fuente: Francescato, V. Antonini E, Asociación Española de Valoración Energética de la Biomasa, Manual de Combustibles de Madera. Pg. 23. España, 2008.

Su composición química es la siguiente ilustrada en la Tabla N°4.

Tabla 4: Composición química de la ceniza de carbón

Elementos	Símbolo	Corteza Leñosa % en seco	Astillas % en seco
Carbono	C	50,40	47,10
Hidrógeno	H	5,70	6,10
Oxígeno	O	38,50	41,90
Nitrógeno	N	0,48	0,54
Potasio	K	0,24	0,26
Azufre	S	0,85	0,43
Cobre	Cu	0,87	0,73
Zinc	Zn	0,62	0,38
Cobalto	Co	0,23	0,15
Molibdeno	Mo	0,05	0,10
Arsénico	As	0,11	0,18
Níquel	Ni	0,94	0,60
Cromo	Cr	0,13	0,54
Plomo	Pb	0,25	0,25
Cadmio	Cd	0,03	0,05
Vanadio	V	0,58	0,42
Silicio	Si	0,26	0,28
	% Total	100	100

Fuente: Francescato, V. Antonini E, Asociación Española De Valoración Energética de la Biomasa, Manual de Combustibles de Madera. Pg. 23. España, 2008.

2.1.4. Sub-rasante

Es la capa que soporta la estructura del pavimento, puede ser un terreno en condiciones naturales para implantar cimientos o la capa explanada de una carretera, por ende, debe soportar las cargas producidas por el tránsito, el espesor de la estructura del pavimento depende de la composición y las propiedades de la sub-rasante. La sub-rasante debe soportar cargas vehiculares en su construcción, proveer una resistencia a la compactación de capas de la estructura del pavimento y soportar continuamente las cargas de tránsito durante su vida útil. [13]

2.1.4.1. Características de la Sub-rasante

Para poder seguir con el proceso de construcción de la estructura de pavimento una sub-rasante debe cumplir estas características mínimas que son:

La capa de espesor debe ser mínima de 30 centímetros. Su grado de compactación debe ser por lo menos el 95%, su valor relativo de soporte mínimo 15% y su expansión máxima de 5%, la sub-rasante debe cumplir estas condiciones y luego se procederá a introducir la sub base. [14]

2.1.5. Estabilización de Suelos

La estabilización de un suelo es un proceso que tiene como objetivo mejorar sus propiedades como su resistencia a la deformación, disminuir su sensibilidad al agua, controlar la erosión y los cambios de volumen. [15]

Existe una gran mayoría de suelos que necesitan modificar sus propiedades, se logra una mejoría por medios mecánicos, por drenaje, por calor y por medios químicos, los diferentes tipos de suelos y sus composiciones hacen que cada método resulte solo aplicable a un número limitado de suelos y por lo tanto la inversión económica es diferente para cada tipo de estabilización por lo que se debe reconocer que la estabilización no es una herramienta ventajosa en todos los casos, hay que tomar siempre en cuenta las propiedades que se desee mejorar, el esfuerzo y la inversión económica que se debería realizar. Las propiedades de los suelos más estudiados cuando se los estabilizan son: Estabilidad Volumétrica, Resistencia, Permeabilidad, Compresibilidad y Durabilidad. [15]

2.1.5.1. Estabilidad Volumétrica

Dirigida especialmente a los suelos expansivos que presentan problemas debido al cambio de humedad y variaciones estacionales, la estabilización es una alternativa para contrarrestar los cambios volumétricos, tomando en consideración un uso diferente de cargas, capas permeables e introducción de agua, con la estabilización se desea lograr una

masa rígida, con sus partículas unidas por lazos suficientemente fuertes como para resistir las presiones internas de expansión. [10] En la actualidad las soluciones para evitar cambios volumétricos consisten en introducir humedad al suelo en forma periódica, aplicar cargas que equilibren la presión de expansión y utilizar membranas impermeables.

2.1.5.2. Resistencia

Una de las formas más usuales para elevar la resistencia del suelo es la compactación, pero surge problemas cuando el suelo contiene importantes contenidos de materia orgánica, por lo que existen otros métodos como la precarga, drenaje, estabilización mecánica con mezclas de otros suelos, estabilización química con cemento, cal o aditivos líquidos. [15] La resistencia de los suelos, con algunas excepciones, es en general más baja cuando mayor es su contenido de humedad.

2.1.5.3. Permeabilidad

Se puede modificar la permeabilidad de formaciones de suelo con métodos como la compactación y la inyección. En materiales arcillosos se hace uso de hidróxido de cal o yeso logrando un aumento correspondiente al valor de la permeabilidad, en cambio haciendo uso de defloculantes como los polifosfatos puede reducir la permeabilidad. [15]

Al compactar un suelo arcilloso con humedades bajas se podría obtener una alta permeabilidad en el suelo debido a que sus partículas no se disgregan y pueden resistir el esfuerzo de compactación, en cambio cuando más alta sea la humedad de compactación se obtendrán menores permeabilidades en el suelo compactado y este sería propenso a deformarse debido a que los grandes vacíos se eliminarían. [10]

2.1.5.4. Compresibilidad

La compresibilidad posee influencia en las propiedades de los suelos ya que un cambio en la compresibilidad modificaría la permeabilidad, dando como resultado una alteración de fuerzas existentes entre las partículas y una modificación de la resistencia del suelo al esfuerzo cortante provocando desplazamientos. [10] Hay que tener en cuenta que en el

proceso de remoldear un suelo siempre va tener una modificación en su compresibilidad y este efecto se logra controlar con procesos de compactación.

2.1.5.5.Durabilidad

Es la resistencia que el suelo presenta a factores como a la exposición a la intemperie, a la erosión o a la abrasión del tráfico, esta última va asociado a suelos situados cerca de la superficie de rodamientos, sin embargo, estos problemas pueden afectar a los suelos naturales como también a los suelos estabilizados. [15] La estabilización contribuye a mejorar algunas propiedades y en muchos casos afectando a las características de otras.

2.1.6. Estabilización Mecánica

La estabilización mecánica inicia en los Estados Unidos desde la segunda década del siglo pasado, en donde se realizaron los primeros trabajos del estudio de los suelos a cargo de pioneros de la Mecánica de Suelos como: Terzaghi, Casagrande y Hogentogler. [15]

La estabilización mecánica refiere como una forma de tratamiento a la compactación, también considera a la mezcla de suelos, al diseñar la mezcla de suelos se toma en consideración la granulometría siendo el requisito más relevante puesto que tamaños muy grandes de sus partículas son difíciles de trabajar. [15] La estabilización mecánica logra mejorar las propiedades del suelo sin que existan reacciones químicas.

2.1.7. Estabilización Física

La estabilización física presenta como método de tratamiento a la mezcla de suelos logrando un mejoramiento y produciendo cambios físicos en el mismo, este tratamiento es muy factible, pero a pesar de obtener una mezcla diferente este debe ser compactado para obtener una masa duradera, en suelos granulares se debe mezclar con suelos de diferentes características como por ejemplo sus partículas deben ser más finas para aumentar su cohesión y que sus partículas no se muevan libremente, en cambio en suelos arcillosos se debería adicionar suelos friccionantes y así poder aprovechar la fricción interna de un suelo y la cohesión de las arcillas. [8]

2.1.8. Estabilización Química

Refiere al empleo de sustancias químicas ya estudiadas con el fin de producir una reacción con minerales propios de los suelos a combinarse. [8] Existen diferentes minerales y sustancias que se puede utilizar entre las más comunes tenemos:

El uso de cal disminuye la plasticidad de los suelos arcillosos con un índice de plasticidad igual o mayor a 10. Las estabilizaciones con cal son recomendables para cualquier tipo de estructuras viales, aeropuertos, ferrocarriles y edificaciones, su ventaja es optimizar el tiempo de ejecución y su bajo costo. [14]

El uso de Cemento Portland ayuda a aumentar la resistencia de los suelos y se utiliza como recomendación para mezclarlos con suelos arenosos o gravas finas. [8]

Para materiales triturados que se requieran ser utilizados en el pavimento es aconsejable combinarlos con productos asfálticos. [8]

El cloruro de sodio y el cloruro de calcio brindan una impermeabilización y disminuye los polvos de los suelos, recomendables para suelos arcillosos y limosos. [8]

Para carpetas asfálticas los materiales a utilizar son las escorias de fundición, polímeros y hule de neumáticos éstos han logrado aumentar su resistencia significativamente, impermeabilizar su estructura y prolongar su vida útil. [8]

2.1.9. Granulometría

Es la propiedad más característica de un suelo relacionando a los tamaños y proporción de sus partículas en una porción de suelo, por lo cual es necesario realizar el ensayo granulométrico con el fin de conocer y evaluar características como: la porosidad, tomando en consideración una proporción de aire por unidad de volumen y esto influye en la densidad del suelo, la permeabilidad que depende de los tamaños de los huecos, ya que éstos determinan la velocidad del agua al moverse por el medio poroso, la resistencia a esfuerzos cortantes que depende del ángulo de rozamiento interno ya que éste se refiere

a la capacidad de los granos de interaccionar unos con otros, para así resistir esfuerzos cortantes. [6]

2.1.10. El Contenido de Humedad

El contenido de humedad es la relación entre el peso del agua que está en el interior de la muestra en estado natural y el peso de la misma muestra luego de haberla secado en un horno a temperatura entre los 105 y 110 grados centígrados. [16]

El comportamiento y la resistencia de los suelos dependen de la cantidad de agua que posean en el interior ya que esta propiedad influye directamente al cambio de volumen y a la estabilidad mecánica, el contenido de humedad se lo representa en porcentaje que va de 0% cuando el suelo está seco a un valor máximo aproximadamente al 100%. [16]

2.1.11. Límite Líquido

El límite líquido se refiere al contenido de humedad que está representada en porcentaje, en el cual un suelo puede estar entre el estado líquido y plástico, se lo determina con un ensayo denominado Casagrande. [16]

Este artefacto consiste en una copa de bronce y una base de hule duro, el límite líquido se define arbitrariamente por tal motivo es necesario que las dos mitades de una pasta de suelo de 10 mm de espesor fluya y se unan en una longitud de 12 mm. El ensayo consiste en que se debe dejar caer la copa sobre la base a una altura de 10mm, el número de golpes es de 25, como sugerencia se debe realizar al menos tres pruebas para el mismo suelo ya que es difícil satisfacer el cierre de 12 mm. [16]

2.1.12. Límite Plástico

El límite plástico se refiere al contenido de humedad que está representada en porcentaje del suelo seco, en el cual un suelo puede cambiar del estado plástico a un estado semisólido y de un estado semisólido a un estado sólido. Este límite se considera como el más bajo contenido de humedad. [16]

El procedimiento consiste en enrollar elipsoidalmente una masa de suelos sobre una placa de vidrio, en un diámetro de 3,2 mm, luego el suelo se vuelve quebradizo por pérdida de humedad, se mide el contenido de humedad, si el suelo presenta una plasticidad bien definida se le agrega más agua la pasta de suelo restante en la cápsula y se realiza el ensayo de límite líquido. [16]

Cuando el suelo presenta poca plasticidad, hay que realizar el ensayo del límite líquido y de inmediato con la pasta de suelo restante se realiza el ensayo de límite plástico, es recomendable hacer el procedimiento 3 veces para obtener mejores resultados. [16]

2.1.13. Límite de contracción

Se refiere cuando un suelo presenta pérdida de humedad, influenciando a una variación de volumen. Es un contenido de humedad que está entre los valores de consistencia del estado semisólido y sólido. [16]

2.1.14. Compactación

La compactación es un tratamiento para lograr la estabilidad volumétrica, siendo un tratamiento eficaz y económico para mejorar los suelos y otros materiales para que resistan las sollicitaciones indicadas con deformaciones permanentes admisibles, logrando como objetivo que los materiales que forman la infraestructura no experimenten asientos irregulares por las sollicitaciones mencionadas. La compactación logra una disminución de los huecos del suelo ocupados por aire. [15]

La compactación en obra se lo puede realizar con múltiples equipos y maquinarias entre estas existen: los rodillos de ruedas lisas, los rodillos patas de cabra, los rodillos con neumáticos de hule, especialmente se utiliza el rodillo vibratorio para la densificación de los suelos granulares. [16]

2.1.15. Capacidad de Soporte de los Suelos

La capacidad de soporte se refiere a la resistencia que presenta a las deformaciones bajo la aplicación de cargas de tráfico. Presentan factores que interviene en la capacidad de soporte de los suelos como la resistencia al esfuerzo cortante, éste depende de la densidad alcanzada y su humedad, los suelos saturados poseen baja capacidad de soporte en comparación a suelos no saturados, debido a la relación que a mayor humedad menor capacidad de soporte del suelo. [9]

Para poder conocer la capacidad de soporte se necesita realizar ensayos, para carreteras se puede proceder con un ensayo sencillo como el CBR, este ensayo simula la aplicación de cargas y sus deformaciones en forma de dar una opinión imaginaria a lo que el suelo podría ser utilizado para los diferentes fines constructivos. [9]

2.1.16. Ensayo California Bearing Ratio (CBR)

El ensayo inicio como un método de dimensionamiento de firmes flexibles para proyectos de pistas de vuelo y calles de rodadura de aeropuertos, por tal razón se podría decir que es el ensayo más utilizado en todo el mundo para determinar la capacidad de soporte para los distintos tipos de proyectos viales. [9]

Este ensayo trata que el suelo debe someterse a la introducción de un vástago cilíndrico a una velocidad constante, luego el suelo compactado se sumerge en el agua para medir su hinchamiento en el proceso de saturación, el resultado obtenido es un índice CBR que es la capacidad de soporte de un suelo que se representa en porcentaje de la presión ejercida por un pistón sobre el suelo que está relacionado con la presión de una muestra tipo a una velocidad constante. [9]

Tabla 5: Categorías de Sub-rasante

CATEGORÍAS DE SUB-RASANTE		
TIPO	CATEGORÍA	CBR
S0	SUB-RASANTE MUY POBRE	CBR < 3%
S1	SUB-RASANTE POBRE	CBR = 3-5%
S2	SUB-RASANTE REGULAR	CBR = 6-10%
S3	SUB-RASANTE BUENA	CBR = 11-19%
S4	SUB-RASANTE MUY BUENA	CBR > 20%

Fuente: Manual de Carreteras, Suelos y Pavimentos. Biblioteca Nacional del Perú. Pg. 27. Lima 2014

2.1.17. Resistencia al corte de los suelos

La resistencia al corte es el esfuerzo que presenta a la acción o efecto de los suelos al momento de fallar por aplicación de fuerzas exteriores. [17]

La teoría más aceptada y practicada es la de Coulomb, sugiriendo una ecuación

$$\tau = C + \sigma .tg \phi$$

Siendo: C= Cohesión

ϕ = Ángulo de Fricción Interna

La cohesión es la fuerza que mantiene a las partículas unidas cuando no existen esfuerzos exteriores, están relacionada químicamente entre el suelo y el agua, ya que al unirse retiene cierta cantidad de agua que los vuelve adherentes entre sí. [17]

El Ángulo de fricción interna depende la composición mineralógica y el tamaño de las partículas, de los múltiples estudios se los ha podido resumir en una tabla que a continuación se los muestra. [17]

Gráfico 2: Ángulo de Fricción Interna de diferentes Tipos de Suelos

Gravas	→	$\varphi > 40^\circ$
Arenas Gruesas	→	$35^\circ < \varphi < 40^\circ$
Arenas Medianas	→	$30^\circ < \varphi < 35^\circ$
Arenas Finas	→	$26^\circ < \varphi < 30^\circ$
Limos	→	$20^\circ < \varphi < 28^\circ$
Arcillas	→	$\varphi < 18^\circ$

Fuente: Fonseca, Alfonso Montejo, Ingeniería de Pavimentos, Bogotá 2006

El Ensayo de Compresión Simple o también el ensayo de compresión no confinada permite determinar la resistencia al corte del suelo sin drenaje, permite obtener un valor aproximado de carga última o resistencia última del suelo, mediante la aplicación de una carga axial, este ensayo tiene la ventaja de exigir un equipo sencillo y de fácil realización.

[17]

2.2. HIPÓTESIS

La estabilización de suelos arenosos finos y arcillosos mediante la utilización de cenizas de carbón mejorará la resistencia al corte.

2.3. SEÑALAMIENTO DE VARIABLES DE LA HIPÓTESIS

2.3.1. Variable Independiente

Estabilización de suelos arenosos finos y arcillosos mediante la utilización de cenizas de carbón.

2.3.2. Variable Dependiente

Resistencia al corte.

CAPÍTULO III

3. METODOLOGÍA

3.1. NIVEL O TIPO DE INVESTIGACIÓN

3.1.1. Exploratorio:

La investigación es de tipo exploratorio porque se realizan estudios de los suelos como material para ser usado como una sub-rasante para una vía, examinando las características propias y alternativas para el mejoramiento de la misma mediante ensayos que se ejecutarán en el laboratorio.

3.1.2. Descriptivo:

La presente investigación es de tipo descriptivo, ya que despliega el análisis real de una sub-rasante in-situ, y las características de una sub-rasante ya mejorada con adición de cenizas de carbón.

3.1.3. Explicativo

La presente investigación es de tipo explicativo, ya que la información obtenida para utilizarla como referencia se obtuvo de textos, documentos y procesos para realizar el estudio del mejoramiento de la sub-rasante con adición de minerales.

3.1.4. Tipo de Investigación

3.1.4.1. Investigación Experimental

La investigación empleada en este proyecto fue de tipo experimental por tal motivo se realizó ensayos de laboratorio, como ensayos de granulometría, consistencia, compactación, con el propósito de determinar un incremento de la capacidad portante de los suelos y su resistencia al corte. Todas las muestras que se analizaron fueron obtenidas directamente del sitio, el suelo arenoso fino se obtuvo de la calle Venezuela pertenecientes al Barrio Venezuela de la Parroquia Santa Rosa de la Ciudad de Ambato, el suelo arcilloso

se obtuvo de la Via Puyo-Tena Km 2. Los suelos se obtuvieron sin la presencia del aditivo, lo que llevó a realizar proceso de compactación y dar validez de su efecto en el mejoramiento de un suelo.

3.2. POBLACIÓN Y MUESTRA

3.2.1. Población (n)

En base a mapas geológicos de suelos del Ecuador se determinó el tipo de suelo dependiendo del lugar a extraer.

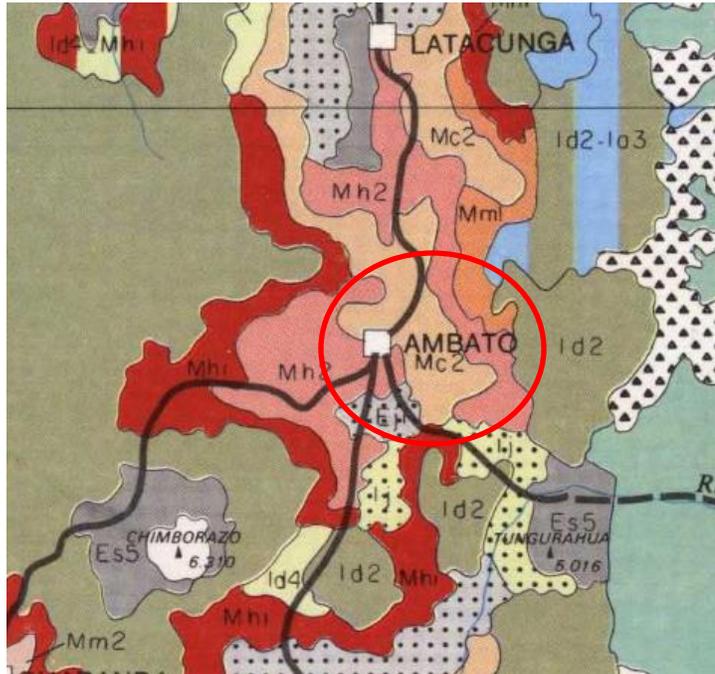
Gráfico 3: Mapa Geológico de Suelos del Ecuador



Fuente: Sociedad Ecuatoriana de la Ciencia del Suelo. Mapa General de Suelos del Ecuador. Mapa Base I.G.M.

El proyecto consta de dos tipos de suelos el primer suelo fue obtenido de la ciudad de Ambato Parroquia Santa Rosa.

Gráfico 4: Mapa geológico de la ciudad de Ambato



Fuente: Sociedad Ecuatoriana de la Ciencia del Suelo. Mapa General de Suelos del Ecuador. Mapa Base I.G.M.

El tipo de suelo según el Mapa está determinado por los símbolos Mc2, el cual corresponde a la descripción mostrada en la Tabla N° 5:

Tabla 5: Descripción del Suelo Mc2 de acuerdo al Mapa Geológico

Clima, zonas de humedad y temperatura		Fisiografía y relieve	Características de los suelos	Suelo Tipo	Simbología
Seco	Templado	Relieves ondulados a colinados de las vertientes y partes bajas norte y centro	Duripán (cangahua) a menos de 1 m de profundidad; pardos; arenosos finos; ph neutro a ligeramente alcalino con CO ₃ Ca	Arenosos finos	Mc2

Fuente: Sociedad Ecuatoriana de la Ciencia del Suelo. Mapa General de Suelos del Ecuador. Mapa Base I.G.M.

El segundo suelo se obtuvo de la ciudad de Puyo, ubicada en la Vía Puyo – Tena, km-2.

Gráfico 5: Mapa geológico de la ciudad de Puyo



Fuente: Sociedad Ecuatoriana de la Ciencia del Suelo. Mapa General de Suelos del Ecuador. Mapa Base I.G.M.

El tipo de suelo según el Mapa está determinado por los símbolos Ia1, el cual corresponde a la descripción mostrada en la Tabla N° 6.

Tabla 6: Descripción del Suelo Ia1 de acuerdo al Mapa Geológico

Clima, zonas de humedad y temperatura		Fisiografía y relieve	Características de los suelos	Suelo Tipo	Simbología
Húmedo a muy húmedo	Cálido	Relieves planos de terrazas, pantanos y depresiones de llanuras aluviales y valles fluviales amazónicos.	Saturados con agua permanentemente gleizados, pH ácido. Horizonte orgánico (material fibroso) sobre arcillas rojizas, amarillos y grises en profundidad.	Arcillosos	Ia1

Fuente: Sociedad Ecuatoriana de la Ciencia del Suelo. Mapa General de Suelos del Ecuador.
Mapa Base I.G.M.

3.2.2. Muestra (m)

Se tomó varios kilogramos por cada tipo de suelo, de acuerdo al siguiente detalle:

Tabla 7: Peso Total del Suelo Arenoso Fino

SUELO TIPO 1			
SUELO ARENOSO FINO			
Muestra (Gr)	Descripción	Número de Ensayos	TOTAL (Kg)
800 Gr	Granulometría	1	0,8 Kg
100 Gr	Densidad Real	1	0,1 Kg
24000 Gr	Ensayos Pròctor	10	240 Kg
18000 Gr	Ensayos CBR	10	180 Kg
TOTAL DE LA MUESTRA			420,9 Kg

Fuente: Autor

Para el ensayo de granulometría se requiere hacer un solo ensayo con un peso de la muestra de 800 gr. Según la Norma (ASTM D 421 – 78/ AASHTO T 87-70). [18]

Para determinar la densidad real se requiere un peso aproximado de 100 gr de muestra, de acuerdo a la Norma (ASTM C-188). [18]

Para el ensayo del Próctor Modificado se realizó tres ensayos por cada porcentaje de la combinación del suelo con la ceniza de carbón y un ensayo del suelo sin combinación de ningún aditivo, para cada ensayo se requiere un peso de 24000 gr, según la Norma (AASHTO T-180 y ASTM D-1557), [18] en total son 10 ensayos con un peso requerido aproximado de 240 Kg de muestra.

Se realizó tres ensayos CBR por cada porcentaje de ceniza de carbón combinadas con el suelo y un ensayo CBR del suelo en condiciones normales, sumando un total de 10 ensayos, para cada ensayo se requiere 18000 gr, según la Norma (AASHTO T 193-63 y ASTM D 1883-73). [18]. En total se utilizó 180 Kg de la muestra.

Tabla 8: Peso Total del Suelo Arcilloso (CH)

SUELO TIPO 2			
SUELO ARCILLOSO			
Muestra (Gr)	Descripción	Número de Ensayos	TOTAL (Kg)
800 Gr	Plasticidad	1	0,8 Kg
800 Gr	Granulometría	1	0,8 Kg
100 Gr	Densidad Real	1	0,1 Kg
24000 Gr	Ensayos Pròctor	10	240 Kg
18000 Gr	Ensayos CBR	10	180 Kg
TOTAL DE LA MUESTRA			421,7 Kg

Fuente: Autor

Para el segundo suelo se utilizó los mismos ensayos y la cantidad de muestras de acuerdo con las normas establecidas.

3.3. OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES

3.3.1. HIPÓTESIS

La estabilización de suelos arenosos finos y arcillosos mediante la utilización de cenizas de carbón mejorará la resistencia al corte.

3.3.1.1. Variable Independiente

Estabilización de suelos arenosos finos y arcillosos mediante la utilización de cenizas de carbón.

Tabla 9: Conceptualización de la Variable Independiente

Conceptualización	Dimensiones	Indicadores	Ítems	Técnicas e instrumentos
Estabilización: La estabilización de suelos con el uso de aditivos presenta un incremento en sus propiedades naturales mejorando su estructura y la capacidad de soporte	Suelos Arenosos finos	Densidad Real	¿Cuáles son los requerimientos de un suelo para cumplir con su granulometría, densidad real y plasticidad?	Normas AASHTO Y ASTM Investigación Bibliográfica
	Suelos Arcillosos	Granulometría Plasticidad		
	Mediante la utilización de cenizas de carbón.	Próctor Modificado Ensayos CBR	¿Cómo obtener máximos porcentajes de CBR combinados con cenizas de carbón?	Normas AASHTO Y ASTM Investigación Bibliográfica

3.3.1.2. Variable Dependiente

Resistencia al corte

Tabla 10: Conceptualización de la Variable Dependiente

Conceptualización	Dimensiones	Indicadores	Ítems	Técnicas e instrumentos
Resistencia al Corte: Propiedad por el cual se define la resistencia de un suelo sometido a cargas exteriores y la capacidad de soporte	Sub-rasante: Suelos arenosos finos	Suelo natural compactado Suelo estabilizado	¿Cuál es la capacidad máxima obtenida de un suelo estabilizado?	Investigación de laboratorio Normas: AASHTO Y ASTM
	Suelos arcillosos	Ensayo de Compresión No Confinada	¿Cuál es la resistencia última de un suelo arenoso fino y arcilloso?	Investigación de laboratorio Normas: AASHTO Y ASTM

Fuente: Autor

3.4. PLAN DE RECOLECCIÓN DE INFORMACIÓN

Tabla 11: Plan de recolección de información

PREGUNTAS BÁSICAS	EXPLICACIÓN
¿Para qué?	Para determinar si la estabilización de suelos Arenosos finos y Arcillosos mejoran la resistencia al corte adicionando la ceniza de carbón.
¿A quiénes?	A varios ensayos realizados en las muestras de suelos tomados.
¿Sobre qué aspectos?	Resistencia al corte obtenido mediante el Ensayo de Compresión No confinada. CBR obtenido mediante el ensayo de Relación de Soporte de California.
¿Quién?	El investigador
¿Cuándo?	En un periodo entre Junio 2016 y Diciembre 2016
¿Dónde?	Laboratorio de Ensayos de Materiales Y Mecánica de Suelos de la Facultad de Ingeniería Civil y Mecánica de la Universidad Técnica de Ambato.
¿Técnicas de Recolección?	Mediante especificaciones y normas apropiadas para nuestro país como la AASHTO y ASTM. Resultados por medio de ensayos de laboratorio.

Fuente: Autor

3.5. PLAN DE PROCESAMIENTO Y ANÁLISIS

3.5.1. Plan de procesamiento de información

- ✓ Información de la obtención del material a utilizar.
- ✓ Determinar la cantidad suficiente de muestras para realizar los ensayos.
- ✓ Mediante tablas y cuadros recoger la información de ensayos y procesar los cálculos para la determinación de resultados.

3.5.2. Plan de Análisis e Interpretación de resultados

- ✓ De acuerdo con los objetivos específicos y la hipótesis analizar e interpretar los resultados obtenidos.
- ✓ Evaluación de la hipótesis con respecto a los resultados obtenidos durante la investigación

CAPÍTULO IV

4. ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS

4.1. RECOLECCIÓN DE DATOS

4.1.1. Cuadro de resumen del ensayo para la granulometría de los suelos

Tabla 12: Clasificación de los tipos de suelos según el SUCS y la ubicación y contenido de humedad natural

TIPO DE SUELO	COORDENADAS UTM	UBICACIÓN	GRANULOMETRÍA	HUMEDAD NATURAL
1	17 S- 760086; 9858374	Santa Rosa - Ambato	SM (Arena Limosa)	15.30%
2	17 S- 831168; 9834161	Puyo - Pastaza	CH (Arcilla de alta plasticidad)	30.1%

Fuente: Autor

Cordenadas: Universal Transversal de Mercator (UTM)

4.1.2. Cuadro de resumen del Ensayo para los Límites de Atterberg

Tabla 13: Límites de Consistencia de los Suelos

NÚMERO	TIPO DE SUELO (SUCS)	UBICACIÓN	LÍMITES DE ATTERBERG	
			Límite Líquido	Límite Plástico
1	SM (Arena limosa)	Santa Rosa - Ambato	22.13%	19.38%
2	CH(Arcilla de alta plasticidad)	Puyo - Pastaza	85.15%	65.28%

Fuente: Autor

4.1.3. Cuadro de resumen del Ensayo para la Compactación del Próctor Modificado

Tabla 14: Densidad Seca Máxima y Contenido de Humedad Óptimo

NÚMERO	TIPO DE SUELO (SUCS)	UBICACIÓN	PRÓCTOR MODIFICADO	
			Densidad Seca Máxima (gr/cm ³)	Contenido de Humedad Óptimo
1	SM (Arena limosa)	Santa Rosa - Ambato	1.550	13.40%
2	CH(Arcilla de alta plasticidad)	Puyo - Pastaza	1.300	26.60

Fuente: Autor

4.1.4. Cuadro de Resumen del Ensayo CBR

Tabla 15: Valor de Soporte de California (CBR)

TIPO DE SUELO	COORDENADAS UTM	UBICACIÓN	TIPO DE SUELO SEGÚN (SUCS)	CBR%
1	17 S- 760086; 9858374	Santa Rosa - Ambato	SM (Arena Limosa)	15.30
2	17 S- 831168; 9834161	Puyo - Pastaza	CH (Arcilla de alta plasticidad)	9.3

Fuente: Autor

4.1.5. Cuadro de Resumen de la Resistencia al Corte de cada tipo de Suelos

Tabla 16: Resistencia al Corte de cada tipo de suelo

TIPO DE SUELO	COORDENADAS UTM	UBICACIÓN	TIPO DE SUELO SEGÚN (SUCS)	RESISTENCIA AL CORTE
1	17 S- 760086; 9858374	Santa Rosa - Ambato	SM (Arena Limosa)	0,307
2	17 S- 831168; 9834161	Puyo - Pastaza	CH (Arcilla de alta plasticidad)	0,125

Fuente: Autor

4.2. ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS

Para proceder a realizar los ensayos correspondientes a la obtención de CBR y La Resistencia al Corte, los suelos deberían poseer las propiedades indicadas de acuerdo a la granulometría y su plasticidad.

4.2.1. Granulometría

Existe una gran variedad de suelos arenosos finos en la ciudad de Ambato principalmente en las zonas rurales, siendo el más común la cangahua el cual está ubicada en La Parroquia de Santa Rosa y corresponde a una clasificación de Arena Limosa (SM) según la Norma SUCS.

Tabla 17: Granulometría del Suelo Arena Limosa (SM)

TIPO SUELO 1				
GRANULOMETRÍA DE UN SUELO TIPO SM				
ENSAYO PARA DETERMINAR LA GRANULOMETRÍA DE LOS SUELOS				
TAMIZ #	mm	PESO RET/ACUM. (gr)	% RETENIDO	% QUE PASA
2"	50,80	0,00	0,00	100,00
1 1/2"	38,10	0,00	0,00	100,00
1"	25,40	0,00	0,00	100,00
3/4"	19,05	0,00	0,00	100,00
3/8"	9,53	0,00	0,00	100,00
#4	4,76	0,00	0,00	100,00
PASA #4		900,00	100,00	
#10	2,00	64,08	7,12	92,88
#40	0,43	230,58	25,62	74,38
#200	0,075	734,60	81,62	18,38
PASA #200		165,40	18,38	
TOTAL		900,00		
Peso cuarteo (gr)		900,00		
OBSERVACIONES:			NORMAS:	
CUMPLE con las especificaciones correspondientes de acuerdo a la SUCS			ASTM:D421-58 AASHTO: T-87-70	

Fuente: Autor

En la tabla N°17 se logra apreciar que el 18.38% del total de la muestra pasa por el tamiz #200 cumpliendo con el requerimiento que anuncia que si más del 12% de la muestra pasa por el tamiz #200 se considera un suelo arenoso con partículas limosas.

El segundo suelo se localizó en la ciudad de Puyo en la Vía Puyo-Tena aproximadamente en el Km 2, tiene una clasificación según el SUCS como arcilla de alta plasticidad (CH).

Tabla 18: Granulometría de la Arcilla de Alta Plasticidad (CH)

TIPO SUELO 2				
GRANULOMETRÍA DE LA ARCILLA DE ALTA PLASTICIDAD				
ENSAYO PARA DETERMINAR LA GRANULOMETRÍA DE LOS SUELOS				
TAMIZ #	mm	PESO RET/ACUM. (gr)	% RETENIDO	% QUE PASA
2"	50,80	0,00	0,00	100,00
1 1/2"	38,10	0,00	0,00	100,00
1"	25,40	0,00	0,00	100,00
3/4"	19,05	0,00	0,00	100,00
3/8"	9,53	0,00	0,00	100,00
#4	4,76	0,00	0,00	100,00
PASA #4		900,00	100,00	
#10	2,00	15,60	1,73	98,27
#40	0,43	47,30	5,26	94,74
#200	0,075	436,40	48,49	51,51
PASA #200		463,60	51,51	
TOTAL		900,00		
Peso cuarteo (gr)		900,00		
OBSERVACIONES:			NORMA: ASTM: D421-58	
CUMPLE con las especificaciones de acuerdo al SUCS			AASHTO: T-87-70	

Fuente: Autor

En la Tabla N° 18 el porcentaje de partículas finas que pasa por el tamiz #200 es del 51.51%, cumpliendo así con los requerimientos que anuncia que más del 50% de finos deben pasar el tamiz #200 para considerarse como una arcilla según la clasificación SUCS.

4.2.2. Límites de Atterberg

Los suelos de la sierra poseen bajo contenido de humedad debido a que son suelos áridos, como es el caso del suelo Arena Limosa (SM), por lo tanto su Límite Líquido y Límite Plástico son bajos.

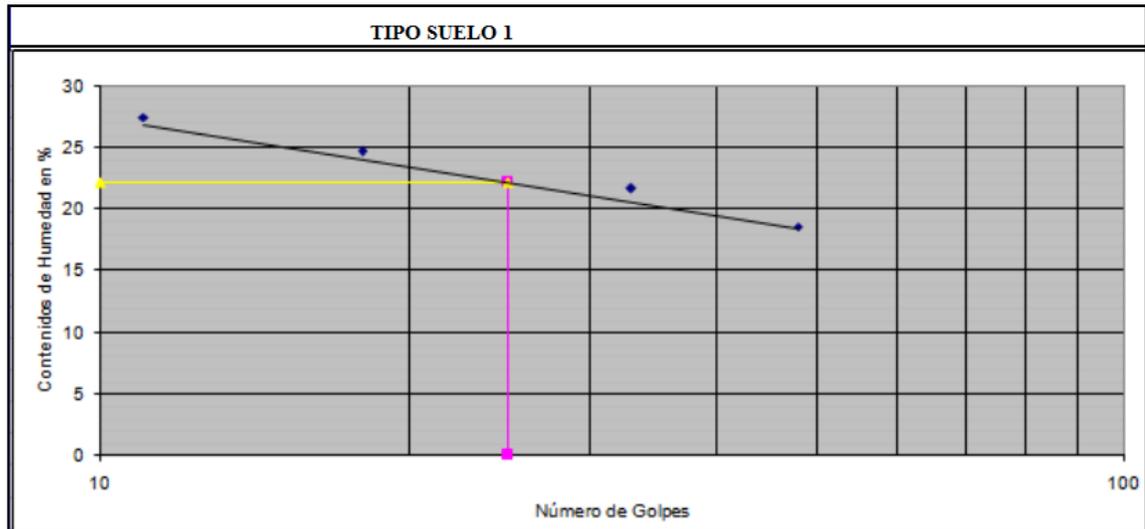
Tabla 19: Límite Líquido de la Arena Limosa (SM)

TIPO SUELO 1								
1 Determinación del Límite Líquido del suelo analizado LI%								
Recipiente número	6	8	11	16	17	41	45	46
Peso húmedo + recipiente W _{m+rec}	18,20	21,70	20,50	21,10	19,60	19,80	20,20	20,40
Peso seco + recipiente W _{s+rec}	16,60	19,40	18,70	19,20	18,10	18,30	18,80	19,10
Peso recipiente rec	10,80	11,00	11,20	11,70	11,10	11,50	11,30	12,10
Peso del agua W _w	1,60	2,30	1,80	1,90	1,50	1,50	1,40	1,30
Peso de los sólidos W _s	5,80	8,40	7,50	7,50	7,00	6,80	7,50	7,00
Contenido de humedad w%	27,59	27,38	24,00	25,33	21,43	22,06	18,67	18,57
Contenido de humedad promedio w%	27,48		24,67		21,74		18,62	
Número de golpes	11,00		18,00		33,00		48,00	

Fuente: Autor

Con los valores obtenidos de la Tabla N° 19 se escoge el número de golpes y el contenido de humedad para representarlos en la siguiente gráfica:

Gráfico 6: Representación gráfica del contenido de humedad del Suelo Tipo SM



Fuente: Autor

De acuerdo al gráfico anterior se obtuvo un contenido de humedad $w\% = 22.13\%$, el cual se encuentra debajo del 40%, como menciona la clasificación AASHTO, cumpliendo los ensayos con las normas ASTM-D424-59-74 y AASHTO: T-90-70. [18]

Tabla 20: Límite Plástico e índice de Plasticidad de la Arena Limosa (SM)

TIPO SUELO 1						
1 Determinación del Límite Plástico del suelo analizado $L_p\%$						
Recipiente número		8	9	18	21	29
Peso húmedo + recipiente	Wm+rec	7,6	7,5	7,9	7,4	7,7
Peso seco + recipiente	Ws+rec	7,3	7,3	7,6	7,2	7,4
Peso recipiente	rec	5,9	5,9	6,2	6	6,1
Peso del agua	Ww	0,30	0,20	0,30	0,20	0,30
Peso de los sólidos	Ws	1,40	1,40	1,40	1,20	1,30
Contenido de humedad	w%	21,43	14,29	21,43	16,67	23,08
Contenido de humedad promedio	w%	19,38				
LIMITE LIQUIDO $L_I\%$		22,13				
LIMITE PLASTICO $L_p\%$		19,38				
INDICE DE PLASTICIDAD $I_p\%$		2,75				

Fuente: Autor

El límite plástico es 19.38% correspondiente al ensayo realizado, y su índice de plasticidad es 2.75%, lo que conlleva atribuir que es un suelo areno limoso (SM) ya que el índice de plasticidad es menor que el 4% como menciona la clasificación SUCS, cumpliendo las normas ASTM-D424-59-74 y AASHTO: T-90-70. [18]

Los suelos de la Amazonía como arcillas de alta plasticidad (CH) son suelos húmedos debido al clima lluvioso, por lo tanto, sus Límite Líquido y Plástico son altos.

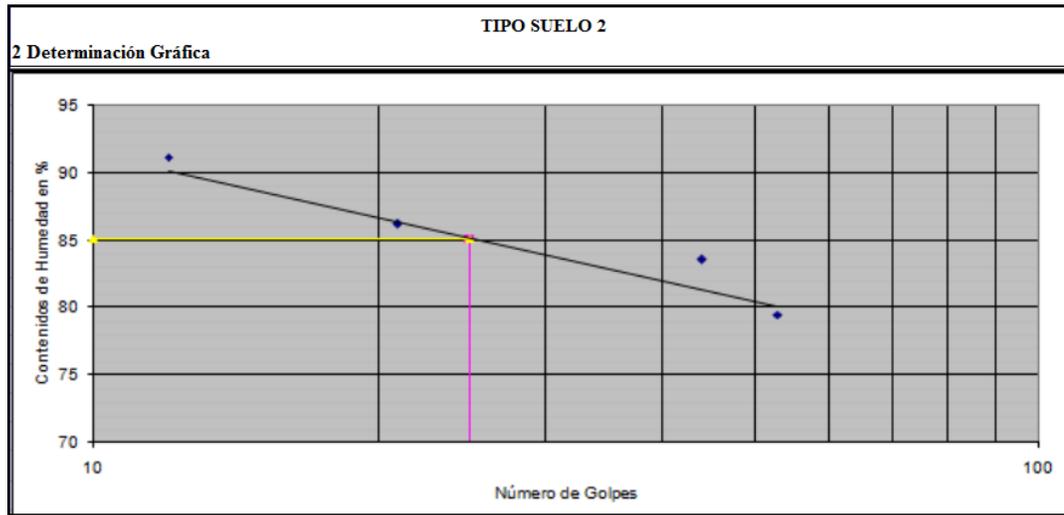
Tabla 21: Límite Líquido de la Arcilla de Alta Plasticidad (CH)

TIPO SUELO 2								
1 Determinación del Límite Líquido del suelo analizado LI%								
Recipiente número	6	8	11	16	17	41	45	46
Peso húmedo + recipiente W_{m+rec}	24,80	25,10	27,10	28,20	26,00	25,60	33,80	34,30
Peso seco + recipiente W_{s+rec}	18,10	18,40	19,70	20,60	19,20	19,20	23,80	24,50
Peso recipiente rec	10,80	11,00	11,20	11,70	11,10	11,50	11,30	12,10
Peso del agua W_w	6,70	6,70	7,40	7,60	6,80	6,40	10,00	9,80
Peso de los sólidos W_s	7,30	7,40	8,50	8,90	8,10	7,70	12,50	12,40
Contenido de humedad w%	91,78	90,54	87,06	85,39	83,95	83,12	80,00	79,03
Contenido de humedad promedio w%	91,16		86,23		83,53		79,52	
Número de golpes	12,00		21,00		44,00		53,00	

Fuente: Autor

De la tabla anterior se escoge los valores del número de golpes y el contenido de humedad promedio w%, para representarlos en la gráfica siguiente:

Gráfico 7: Representación gráfica del contenido de humedad del Suelo Tipo CH



Fuente: Autor

En la Gráfica anterior se obtiene un Contenido de humedad promedio $w\% = 85.15\%$ correspondiente a los 25 golpes, por tal se considera una arcilla de alta plasticidad ya que su valor $w\%$ está sobre el 50%, valor recomendado para arcillas según la clasificación SUCS, cumpliendo los ensayos con las normas ASTM-D424-59-74 y AASHTO: T-90-70. [18]

Tabla 22: Límite Plástico e índice de Plasticidad de la Arcilla de Alta Plasticidad

TIPO SUELO 2						
1 Determinación del Límite Plástico del suelo analizado Lp%						
Recipiente número		8	9	18	21	29
Peso húmedo + recipiente	Wm+rec	7,4	7,4	8	7,3	7,2
Peso seco + recipiente	Ws+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	Ww	0,60	0,60	0,60	0,50	0,40
Peso de los sólidos	Ws	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				
LIMITE LIQUIDO LI%		85,15				
LIMITE PLASTICO Lp%		65,28				
INDICE DE PLASTICIDAD Ip%		19,87				

Fuente: Autor

En resumen el resultado obtenido para el Límite Plástico es del 65.28% y su índice de plasticidad es 19.87%, lo que conlleva atribuir que es un suelo arcilloso de alta plasticidad (CH) ya que el índice de plasticidad es mayor que el 11% como requerimiento según la clasificación SUCS, cumpliendo los ensayos con las Normas ASTM-D424-59-74 y AASHTO: T-90-70. [18]

4.2.3. Compactación Próctor Modificado

Las muestras del suelo de tipo Arena Limosa (SM) tienen una densidad seca alta debido a que su grado de compactación natural es alto, consiguiendo una excelente característica para ser utilizado como sub-rasante, el trabajo a experimentar es combinarlo con porcentajes de cenizas de carbón con el objetivo de conseguir una mejor compactación.

En cambio, en el caso de las arcillas de alta plasticidad (CH), poseen una densidad seca baja y por lo tanto el grado de compactación también es menor, motivo por el cual se va a proceder a combinar con cenizas de carbón para mejorar sus propiedades.

Para el ensayo de compactación Próctor Modificado tanto para muestras normales y muestras combinadas con cenizas de carbón, se utilizó el Método D, representado en la Tabla N° 23.

Tabla 23: Especificaciones del Próctor Modificado

ENSAYO: Modificación AASHTO T-180 y ASTM D1557				
Pisón: Martillo cilíndrico de 10lb				
Impacto: Altura de caída de 18''				
MÉTODOS	A	B	C	D
Diámetro del molde	4''	6''	4''	6''
Número de capas	5	5	5	5
Número de golpes	25	56	25	56
Volumen estándar	1/30ft ³	1/13.33ft ³	1/30ft ³	1/13.33ft ³
Energía de Compactación	2700kNm/m ³	2700kNm/m ³	2700kNm/m ³	2700kNm/m ³

Fuente: AASHTO T-180

Se utilizó el método D, porque los equipos y herramientas como moldes, martillos cumplen con las dimensiones requeridas en el método D, también por sugerencia del instructor de los Laboratorios de la Facultad de Ingeniería Civil y Mecánica.

Para realizar el ensayo del Próctor Modificado se necesita:

- La muestra de suelo debe ser 24 Kg y estar completamente seca.
- El material a utilizar debe pasar por el tamiz #4.
- Se procede a realizar el ensayo pesando 6000 gr, a la cual se le ha de agregar agua en porcentajes determinados.
- El cilindro deberá llenarse con 5 capas y en cada capa se realizarán 56 golpes con el martillo.
- Se procede a recoger la muestra para el contenido de humedad y se lo pone al horno durante 24 horas a una temperatura aproximada de 105°C.
- Las muestras sacadas del horno son pesadas y consecutivamente se procede con Los cálculos correspondientes obteniendo la densidad máxima y su contenido de humedad.

Para la realización del Próctor Modificado para las estabilizaciones se añadió cenizas de carbón en 3 porcentajes como: 20%, 23% y 25% del total de la muestra.

Se tomó el 20% de cenizas de carbón basándose en un proyecto: “Estabilización de suelos arcillosos con cenizas de carbón para su uso como sub-rasante mejorada y/o sub-base de pavimentos” Autores: José Gutiérrez y Roció del Carmen Pérez, Lima-Perú. [3]

El 23% se tomó como un promedio basado del Proyecto Experimental en el que anuncia valores recomendados entre el 20% y 25%. El nombre del Proyecto: “Valoración de las cenizas de carbón para la estabilización de suelos mediante activación alcalina y su uso en vías no pavimentadas”, Daniel Morales Zuluaga, Universidad de Medellín, Medellín – Colombia. [16]

Se tomó el 25% de cenizas de carbón basándose en un proyecto experimental: “Estabilización de suelos con cenizas de carbón para su uso como sub-rasante mejorada”, Autor: Carolina Alejandra Pérez Collantes, Universidad Nacional de Ingeniería, Lima – Perú. [4]

4.2.4. Valor de Soporte de California (CBR)

Para determinar el valor del CBR en los laboratorios, se realizó tres ensayos por cada porcentaje de la combinación del suelo natural con el 20%, 23% y 25% de cenizas de carbón, según indica la Norma (AASHTO T-180 y ASTM D-1557). [18] Con el fin de obtener un promedio de tres resultados de CBR obtenidos.

Para llevar a cabo el análisis comparativo de los ensayos CBR, se deberá analizar cada uno de los porcentajes obtenidos de muestras normales como son de suelos de tipo SM y CH con las estabilizaciones con cenizas de carbón con sus respectivos porcentajes.

Tabla 24: Resultados de suelos SM (Arena Limosa)

TIPO SUELO 1			
ARENA LIMOSA (SM)			
Número de Ensayos	Densidad seca máxima (gr/cm ³)	Contenido de humedad Óptimo (%)	Valor de Soporte de California (CBR)%
1	1.545	13.40	15.0
2	1.550	13.80	15.3
3	1.560	13.00	15.6

Fuente: Autor

De los ensayos realizados se puede obtener una Densidad Seca Máxima promedio de 1,550 gr/cm³.

De los ensayos realizados se puede obtener un Contenido de Humedad promedio w%= 13.40%.

Los valores de CBR obtenidos se encuentran en los rangos establecidos en la tabla N° 5. Categorías de la Sub-rasante, señalando como una Sub-rasante Regular.

Tabla 25: Resultados de suelos SM combinados con el 20% de Ceniza de Carbón

TIPO SUELO 1			
ARENA LIMOSA (SM) CON 20% DE CENIZAS DE CARBÓN			
Número de Ensayos	Densidad seca máxima (gr/cm ³)	Contenido de humedad Óptimo (%)	Valor de Soporte de California (CBR) %
1	1.545	14.90	18.5
2	1.560	14.40	18.7
3	1.565	15.00	18.8

Fuente: Autor

Los valores de CBR de los ensayos aumentaron aproximadamente en un 3% con la adición de cenizas de carbón, se podría concluir que la ceniza de carbón aumenta la capacidad de soporte y también su contenido de humedad aumenta debido a la adición de porcentajes altos como es del 20% de cenizas de carbón.

Tabla 26: Resultados de suelos SM combinados con el 23% de Cenizas de Carbón

TIPO SUELO 1			
ARENA LIMOSA (SM) CON 23% DE CENIZAS DE CARBÓN			
Número de Ensayos	Densidad seca máxima (gr/cm ³)	Contenido de humedad Óptimo (%)	Valor de Soporte de California (CBR) %
1	1.550	15.00	18.9
2	1.555	16.80	18.9
3	1.550	16.30	19.1

Fuente: Autor

Los valores de la Densidad Máxima Seca se mantienen, pero los contenidos de humedad aumentan en 1,5% aproximadamente y los valores de CBR aumentaron de forma muy significativa.

Tabla 27: Resultados de suelos SM combinados con el 25% de Cenizas de Carbón

TIPO SUELO 1			
ARENA LIMOSA (SM) CON 25% DE CENIZAS DE CARBÓN			
Número de Ensayos	Densidad seca máxima (gr/cm ³)	Contenido de humedad Óptimo (%)	Valor de Soporte de California (CBR) %
1	1.555	16.10	19.2
2	1.550	16.70	19.6
3	1.555	16.20	19.0

Fuente: Autor

Se logra apreciar que las Densidades Máximas Seca se mantienen y los contenidos de Humedad Óptimos aumentan en menos del 1% como también con los valores de CBR.

Con la adición del 25% de cenizas de carbón se obtuvo el valor máximo de CBR igual a 19.60% siendo así considerado como una sub-rasante de rango bueno.

Los mismos ensayos y las mismas combinaciones de cenizas de carbón se hicieron para el suelo arcilloso de alta plasticidad.

Tabla 28: Resultados de suelos CH (Arcilla de alta plasticidad)

TIPO SUELO 2			
ARCILLA DE ALTA PLASTICIDAD (CH)			
Número de Ensayos	Densidad seca máxima (gr/cm ³)	Contenido de Humedad Óptimo (%)	Valor de Soporte de California(CBR) %
1	1.300	26.20	9.30
2	1.305	26.80	9.50
3	1.300	27.00	9.10

Fuente: Autor

De los ensayos realizados se puede obtener una Densidad Seca Máxima promedio de 1,300 gr/cm³.

De los ensayos realizados se puede obtener un Contenido de Humedad promedio w%= 26.7%.

Los valores de CBR obtenidos se encuentran en los rangos establecidos en la tabla N°5. Categorías de la Sub-rasante, señalando como una Sub-rasante Mala a Regular.

Tabla 29: Resultados de suelos CH combinados con el 20% de Ceniza de Carbón

TIPO SUELO 2			
ARCILLA DE ALTA PLASTICIDAD (CH)CON 20% DE CENIZAS DE CARBÓN			
Número de Ensayos	Densidad seca máxima (gr/cm ³)	Contenido de Humedad Óptimo (%)	Valor de Soporte de California (CBR) %
1	1.305	28.20	9.50
2	1.318	28.50	9.90
3	1.310	29.10	10.20

Fuente: Autor

Los valores de CBR de los ensayos aumentaron aproximadamente en un 0.53% con la adición de cenizas de carbón, se podría concluir que las cenizas de carbón aumenta la capacidad de soporte en muy bajos porcentajes pero la adición de cenizas de carbón en altos porcentajes hace que aumente el contenido de humedad.

Tabla 30: Resultados de suelos (CH) combinados con el 23% de Cenizas de Carbón

TIPO SUELO 2			
ARCILLA DE ALTA PLASTICIDAD (CH) CON 23% DE CENIZAS DE CARBÓN			
Número de Ensayos	Densidad seca máxima (gr/cm ³)	Contenido de Humedad Óptimo (%)	Valor de Soporte de California (CBR) %
1	1.305	28.60	9.90
2	1.315	29.30	10.00
3	1.320	29.60	10.20

Fuente: Autor

Los valores de la Densidad Máxima Seca se mantienen ya que la adición de ceniza en ambos porcentajes no varía mucho, pero los contenidos de humedad aumentan en menos del 1% aproximadamente y los valores de CBR aumento de forma muy significativa en menos del 1%.

Tabla 31: Resultados de suelos (CH) combinados con el 25% de Cenizas de Carbón

TIPO SUELO 2			
ARCILLA DE ALTA PLASTICIDAD (CH) CON 25% DE CENIZAS DE CARBÓN			
Número de Ensayos	Densidad Seca Máxima (gr/cm ³)	Contenido de Humedad Óptimo (%)	Valor de Soporte de California (CBR)%
1	1.305	29.40	10.60
2	1.310	29.80	10.80
3	1.315	30.40	11.20

Fuente: Autor

Se logra apreciar que al aumentar el porcentaje de ceniza de carbón se obtuvo un CBR con mayor porcentaje que el normal, con contenidos de humedad altos, pero se mantiene las densidades secas máximas.

Con la adición del 25% de cenizas de carbón se obtuvo el valor máximo de CBR igual a 11.20% siendo así considerado como una sub-rasante de rango bueno, pero esto puede

variar según la apreciación de los gráficos y tablas, motivo por el cual la estabilización logró como resultado una sub-rasante de categoría mala a regular.

4.2.5 Resistencia al Corte

Para determinar la Resistencia al Corte de cada tipo de suelo se lo realizó mediante el Ensayo de Compresión No Confinada para dicho ensayo se extrajo la muestra realizando la excavación de pozos a cielo abierto a una profundidad de 1 m, luego se talló la muestra dándole una forma cilíndrica de diámetro de 12 cm y una altura de 24 cm, después se procedió a colocar en la Máquina de Compresión Simple y obtener directamente los resultados de Resistencia al Corte en Kg/cm².

Tabla 32: Valores de Resistencia al Corte de cada tipo de Suelo

TIPO DE SUELO	UBICACIÓN	TIPO DE SUELO SEGÚN (SUCS)	COHESIÓN (Kg/cm ²)	RESISTENCIA AL CORTE (Kg/cm ²)
1	Santa Rosa - Ambato	SM (Arena Limosa)	0.154	0.307
2	Puyo - Pastaza	CH (Arcilla de alta plasticidad)	0.125	0.250

Fuente: Autor

La resistencia al corte de la Arena limosa (SM) es 0,307 Kg/cm² con una cohesión de 0,154, con la adición de ceniza de carbón se procedería a la compactación afectando de manera directa a la cohesión y al ángulo de fricción interna del suelo, logrando mejorar la resistencia al corte. [19]

La influencia del CBR a la resistencia al Corte del suelo es directamente proporcional ya que su comportamiento es similar, a mayor grado de compactación mayor capacidad de soporte y mayor esfuerzo cortante. [20]

La relación entre la Resistencia al Corte de muestras no alteradas y CBR es:

$CBR \% = (1,23 + 0,809Rc * 10)^2$ basado en el proyecto “Correlación del valor de soporte de california (CBR) con la resistencia a la compresión incofinada y la plasticidad del suelo”, Wiliam Rivera, Santiago de Cali, 2013. [20]

En donde:

CBR: Valor de soporte de california.

Rc: Resistencia al Corte

Tabla 33: Resultados de la Resistencia al Corte de las combinaciones con cenizas de carbón

TIPO DE SUELO	PORCENTAJE DE CENIZAS DE CARBÓN	VALOR CBR DE LAS ESTABILIZACIONES (%)	VALOR DE LA RESISTENCIA AL CORTE APLICANDO LA ECUACIÓN (Kg/cm2)
Arena limosa	20%	18.6	0,381
	23%	19.1	0,388
	25%	19.6	0,395
Arcilla de alta plasticidad	20%	9.8	0,235
	23%	10.0	0,238
	25%	11.20	0,261

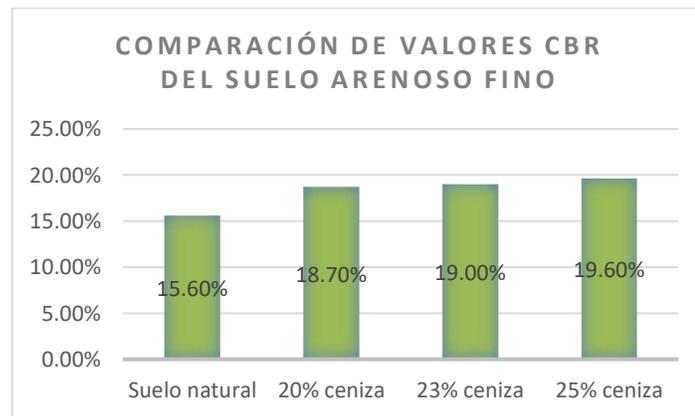
Fuente: Autor

Para los suelos arcillosos (CH) la adición de ceniza de carbón logra llenar los vacíos que existe entre las partículas de arcilla, obteniendo una masa más sólida y por tanto aumenta la cohesión y su resistencia al corte. [19]

4.3. VERIFICACIÓN DE LA HIPÓTESIS

Luego de haber determinado los valores de CBR y la Resistencia al Corte de los suelos y sus respectivas combinaciones con cenizas de carbón se muestra una comparación de resultados como se indica en las gráficas N° 8 y N° 9.

Gráfico 8: Análisis comparativo del CBR en suelo SM



Fuente: Autor

Ho: Hipótesis Nula

Hi: Hipótesis Alternativa

Ho: El uso de las cenizas de carbón no mejora el CBR y su resistencia al corte en suelos arenosos finos.

Hi: El uso de las cenizas de carbón mejora el CBR y su resistencia al corte en suelos arenosos finos.

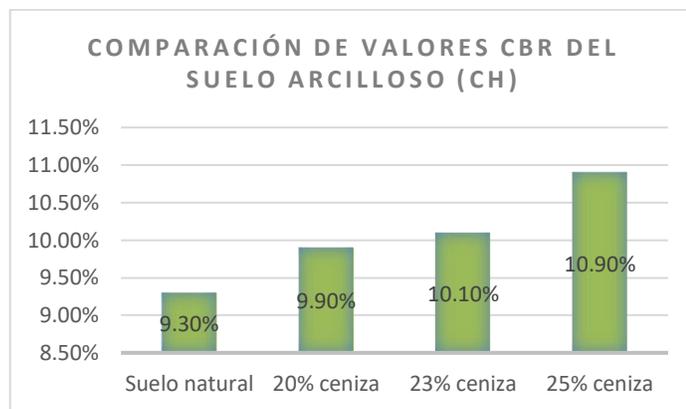
El uso de la ceniza de carbón benefició al mejoramiento de una sub-rasante, se seleccionó el valor más alto de CBR del suelo en condiciones normales para compararlo con el valor de CBR del suelo estabilizado.

Se logró una estabilización ya que mejoró la capacidad de soporte del suelo aumentando su CBR en un 4,0% con un porcentaje óptimo de ceniza de carbón del 25%, mejorando sus propiedades para ser utilizado como una sub-rasante.

Con el análisis realizado se acepta la Hipótesis Alternativa (**Hi**) el uso de las cenizas de carbón mejora el CBR en suelos arenosos finos y por la ecuación de correlación se incrementa la Resistencia al Corte

La combinación de la ceniza de carbón con el suelo arcilloso de alta plasticidad logró en cierta forma mejorar sus propiedades mostrando una estabilización como se muestra en el gráfico N° 9.

Gráfico 9: Análisis comparativo de CBR en suelo CH



Fuente: Autor

Ho: El uso de las cenizas de carbón no mejora el CBR y su resistencia al corte en suelos arcillosos de alta plasticidad.

Hi: El uso de las cenizas de carbón mejora el CBR y su resistencia al corte en suelos arcillosos de alta plasticidad.

El porcentaje de CBR aumentó en 1.6% con el 25% de ceniza de carbón, él cual no es suficiente ya que continúa en el rango de sub-rasante malo y no es posible su utilización. Pero se cumplió con el objetivo del trabajo experimental en mejorar de alguna manera las propiedades como cohesión y la capacidad de soporte del suelo. Con el análisis realizado se acepta la Hipótesis Alternativa (**Hi**) el uso de las cenizas de carbón mejora el CBR y con la utilización de la ecuación de correlación se incrementa la resistencia al corte de suelos arcillosos de alta plasticidad.

CAPÍTULO V

5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1. CONCLUSIONES

- La adición de las cenizas de carbón influye favorablemente en suelos expansivos como es el caso de la arcilla, formando una masa compacta y aumentando el grado de compactación y por lo tanto mejora su CBR y la resistencia al corte.
- La utilización de la ceniza de carbón mejora las propiedades físicas de suelos arcillosos y arenosos finos disminuye la humedad en las arcillas y aumenta su compacidad en los suelos arenosos, pero esto requiere de porcentajes altos de cenizas de carbón.
- Las arcillas en combinación con el 25% de cenizas de carbón, basado en el proyecto experimental “Estabilización de suelos con cenizas de carbón para su uso como sub-rasante mejorada”, Carolina Alejandra Pérez Collantes, Universidad Nacional de Ingeniería, Lima – Perú. [4] Valor escogido como el más alto de los tres porcentajes, mejoró la resistencia del suelo arcilloso desde el 9,10% hasta el 11.20%, pero la resistencia obtenida no es suficiente para utilizarlo como material de sub-rasante.
- Los resultados de ensayos CBR en suelos arenosos finos presenta un aumento del 4.6% al combinarlos con el 25% de cenizas de carbón, mejorando el porcentaje de la resistencia que va desde el 15.0% hasta el 19,60%, indicando que se puede utilizar como una sub-rasante.
- Los ensayos realizados indican que la utilización de cenizas de carbón cumple con el objetivo propuesto para el trabajo experimental, concluyendo que favorece de mejor manera a los suelos arenosos finos.

- La ceniza de carbón al combinarse con suelos arenosos y arcillosos disminuye la humedad, expansión y plasticidad de los suelos.

5.2. RECOMENDACIONES

- Realizar los ensayos cumpliendo las normas ASTM Y AASHTO, utilizando el equipo adecuado para obtener mejores resultados.
- Utilizar por lo mínimo 3 muestras por ensayo según la Norma AASHTO T86-70 y ASTM D 420 – 69 sección (Utilización de Muestras del Suelo). [18] con el propósito de evaluar de mejor manera los suelos en cuestión.
- Realizar los ensayos de clasificación de suelos para cada tipo, con el fin de cumplir con los requerimientos necesarios para el trabajo experimental.
- Se recomienda realizar tres veces el mismo ensayo como mínimo para obtener un mayor número de resultados ya que es un trabajo experimental según la Norma (AASHTO T-180 y ASTM D-1557) porque no existen datos establecidos para compáralos con los obtenidos.
- Se recomienda que las muestras de suelos para los diferentes ensayos deberán estar completamente secos.
- Para los ensayos del Próctor Modificado se recomienda que las muestras deberán ser extraídas del horno en un lapso de 18-24 horas a una temperatura controlada a 110° C, de acuerdo a la norma ASTM D 2216-71 (Normas ASTM parte 19). [18] caso contrario los resultados obtenidos no serán confiables alterando el valor real de CBR.
- Se recomienda que para el ensayo de Compresión Simple No Confinada el sitio a extraer la muestra debe estar libre de desecho e incluso de diferentes suelos.

MATERIALES DE REFERENCIA

BIBLIOGRAFÍA

REFERENCIAS

- [1] D. Méndez y J. Camacho y O. Reyes y C. Mayorga , «Evaluación de aditivos usados en el tratamiento de arcillas expansivas,» Ciencia e Ingeniería Neogranadina, vol. 16, n° 2, pp. 45-53, 2006.
- [2] L. Behak y W. Perez , «Caracterización de un material compuesto por suelo arenoso, ceniza de cáscara de arroz y cal potencialmente útil para su uso en pavimentación.,» Revista Ingeniería de Construcción, vol. 23, n° 1, pp. 34-41, 2008.
- [3] R. Pérez y C. Collantes , Estabilización de suelos arcillosos con cenizas de carbón para su uso como subrasante mejorada y/o sub base de pavimentos., Lima, 2012.
- [4] A. Collantes, Estabilizacion de suelos con cenizas de carbón para su uso como subrasante mejorada., Lima, 2015.
- [5] G. Montenegro, Interpretación de las propiedades físicas del suelo textura, estructura, densidad, aireación, etc., Bogotá, 1991.
- [6] M. Alonso y C. Luxán, Aplicaciones de las cenizas activadas en el campo de la construcción, Madrid, 1995.
- [7] J. Pérez y R. Ribero , Evaluacion de la Capacidad cementante de la Ceniza de Caña y Ceniza Volante para Suelos Granulares Limpios., Bucaramanga, 2008.
- [8] D. Nuñez , Eleccion y Dosificacion del Conglomerante en Estabilizacion de suelos, Obregón Sonora, 2011.
- [9] C. Kraemer y J. Pardillo y S. Rocci y M. Romana y V. Sánchez y M. Del Va , Ingeniería de Carreteras, Mdríd: McGraw Hill Interamericana, 2004.
- [10] Fonseca y A. Montejo, Ingeniería de Pavimentos, Bogotá: Stella Valbuena García, 2006.

- [11] D. Ruano , Estabilización de Suelos Cohesivos por Medio de Arenas Volcanicas y Cal Viva, Guatemala, 2012.
- [12] V. Francescato y E. Antonini , Manual de Combustibles de Madera, España: Germinal, 2008.
- [13] H. Rondón y F. Reyes , Pavimentos, materiales, contruccion y diseño, Bogotá: Ecoe, 2015.
- [14] M. Beltrán y J. Copado, Estabilizacion de un suelo arcilloso con cal hidratada, para ser utilizada como capa subrasante de pavimentos en la colonia San Juan Capistrano de Ciudad Obregón, Son, Obregón, 2011.
- [15] A. Rico y H. Del Castillo, La Ingeniería de Suelos en las Vías Terrestres, México: Limusa, 1978.
- [16] D. Morales , Valoración de las cenizas de carbón para la estabilización de suelos mediante activacion alcalina y su uso en vias no pavimentadas, Medellin, 2015.
- [17] H. Del Catillo y A. Rico, La ingenieria de Suelos en las vias Terrestres Carreteras, Ferrocarriles y Autopistas, Mexico: LIMUSA S.A, 2005.
- [18] J. Bowles, Manual de Laboratorio de Suelos en Ingeniería Civil, Bogotá: Mc Graw Hill, 1989.
- [19] G. Marrón, Maquinaria Agrícola y labranza, Bogotá, 2008.
- [20] W. Rivera, Correlación del valor de soporte de california (CBR) con la resietncia a la compresión incofinada y la plasticidad del suelo, Santiago de Cali, 2013.

ANEXOS

TABLAS DE CLASIFICACIÓN DE SUELOS SEGÚN EL SUCS

Tabla N°1. Identificación de los Suelos de acuerdo a la Norma SUCS

PRIMERA LETRA

SÍMBOLO	DEFINICIÓN
G	Grava
S	Arena
M	Limo
C	Arcilla
O	Orgánico

SEGUNDA LETRA

LETRA	DEFINICIÓN
P	Pobremente gradado (tamaño de partículas uniforme)
W	Bien gradado (tamaño de partícula diversos)
H	Alta Plasticidad
L	Baja Plasticidad

Fuente: SUCS, Sistema Unificado de Clasificación de Suelos

Tabla N°2. Clasificación de los Suelos mediante el SUCS

Divisiones mayores	Simbolo del grupo	Nombre de grupo		
Suelos granulares grueso Más del 50% retenido en el matiz n° 200(0.075)	Grava > 50% de la fracción gruesa retenida en el tamiz n°4 (4.75)	Grava limpia menos del 5% pasa el tamiz n°200	GW	Grava bien gradada, grava fina a gruesa
			GP	Grava pobremente gradada
		Grava con más 12% de finos pasantes del tamiz n° 200	GM	Grava limosa
			GC	Grava arcillosa
	Arena ≥ 50% de fracción gruesa que pasa el tamiz n°4	Arena limpia	SW	Arena bien gradada, arena fina a gruesa
			SP	Arena pobremente gradada
		Arena con más de 12% de finos pasantes del tamiz n° 200	SM	Arena limosa
			SC	Arena arcillosa
Suelos de grano fino Más del 50% pasa el tamiz n°200	Limos y arcillas Límite líquido < 50	Inorgánico	ML	Limo
			CL	Arcilla
	Limo y arcilla Límite líquido ≥ 50	Orgánico	OL	Limo orgánico, arcilla orgánica
			Inorgánico	MH
		CH		Arcilla de alta plasticidad
		Orgánico	OH	Arcilla orgánica, limo orgánico
Suelos altamente orgánicos			PT	Turba

Fuente: SUCS

Tabla N°3. Características de los suelos según el SUCS

DIVISIONES PRINCIPALES	SÍMBOLO	COMPORTAMIENTO MECÁNICO	CAPACIDAD DE DRENAJE	Densidad óptima P.M. gr/cm ³	CBR In Situ %
SUELOS DE GRANO GRUESO	GW	Excelente	Excelente	2.00-2.24	60-80
	GP	Buena a excelente	Excelente	1.76-2.08	25-60
	GM _u	Buena a excelente	Acceptable a mala	2.08-2.32	40-80
		Buena	Mala a impermeable	1.91-2.24	20-40
	GC	Buena	Mala a impermeable	1.92-2.24	20-40
	SUELOS DE GRANO FINO	SW	Buena	Excelente	1.76-2.08
SP		Acceptable a buena	Excelente	1.60-1.92	10-25
SM _u		Acceptable a buena	Acceptable a mala	1.92-2.16	20-40
		Acceptable	Mala a impermeable	1.68-2.08	10-20
SUELOS ORGANICOS	SC	Malo a acceptable	Mala a impermeable	1.68-2.08	10-20
	ML	Malo a acceptable	Acceptable a mala	1.60-2.00	5-15
SUELOS DE GRANO FINO	CL	Malo a acceptable	Casi impermeable	1.60-2.00	5-15
	OL	Malo	Mala	1.44-1.70	4-8
	MH	Malo	Acceptable a mala	1.28-1.60	4-8
SUELOS ORGANICOS	CH	Malo a acceptable	Casi impermeable	1.44-1.76	3-5
	OH	Malo a muy malo	Casi impermeable	1.28-1.68	3-5
	Pt	Inacceptable	Acceptable a mala	-	-

Fuente: SUCS

ENSAYOS PARA LA CLASIFICACIÓN DE SUELOS Y LA DETERMINACIÓN DEL CBR DE SUELOS ARENO LIMOSOS DE GRADO SM

Descripción: Suelos Areno Limoso (Cangahua)

Clasificación según el SUCS: SM – Arena limosa

Ubicación:

Provincia: Tungurahua

Cantón: Ambato

Parroquia: Santa Rosa

Ubicación Geo referencial: 1.278869-78662761



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



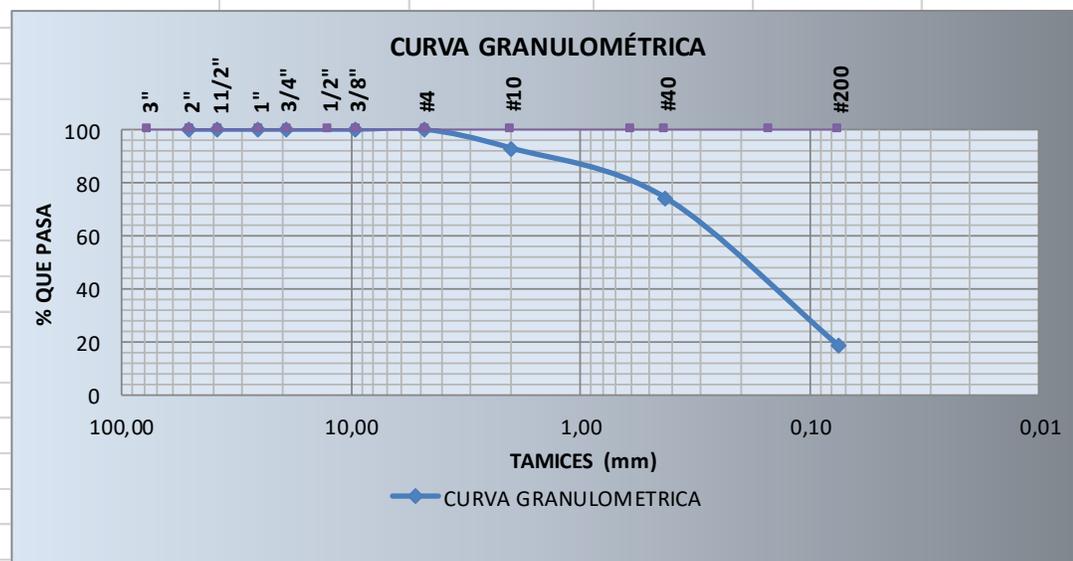
PROYECTO:	Análisis comparativo de la resistencia al corte y la estabilización de suelos arenosos finos y arcillosos combinados con cenizas de carbón		
ENSAYADO:	Edwin Santiago Cañar Tiviano	FECHA:	22-ago-16
REVISADO:	Ing. Mg. Lorena Pérez	DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA	SM(Arena Limosa)
UBICACIÓN:	Santa Rosa-Ambato- Tungurahua		

GRANULOMETRÍA DE UN SUELO TIPO SM

ENSAYO PARA DETERMINAR LA GRANULOMETRÍA DE LOS SUELOS

TAMIZ #	mm	PESO RET/ACUM. (gr)	% RETENIDO	% QUE PASA	BASE CLASE II
2"	50,80	0,00	0,00	100,00	100
1 1/2"	38,10	0,00	0,00	100,00	100
1"	25,40	0,00	0,00	100,00	70-100
3/4"	19,05	0,00	0,00	100,00	60-90
3/8"	9,53	0,00	0,00	100,00	45-75
#4	4,76	0,00	0,00	100,00	30-60
PASA #4		900,00	100,00		
#10	2,00	64,08	7,12	92,88	20-50
#40	0,43	230,58	25,62	74,38	10-25
#200	0,075	734,60	81,62	18,38	2-12
PASA #200		165,40	18,38		
TOTAL		900,00			
Peso cuarteo (gr)				900,00	

OBSERVACIONES:	NORMAS:	ASTM: D421-58
CUMPLE con las especificaciones correspondientes de acuerdo a la SUCS		AASHTO: T-87-70





UNIVERSIDAD TECNICA 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

DETERMINACIÓN DE LOS LÍMITES DE PLASTICIDAD DE SUELOS ARENOSOS FINOS (SM)

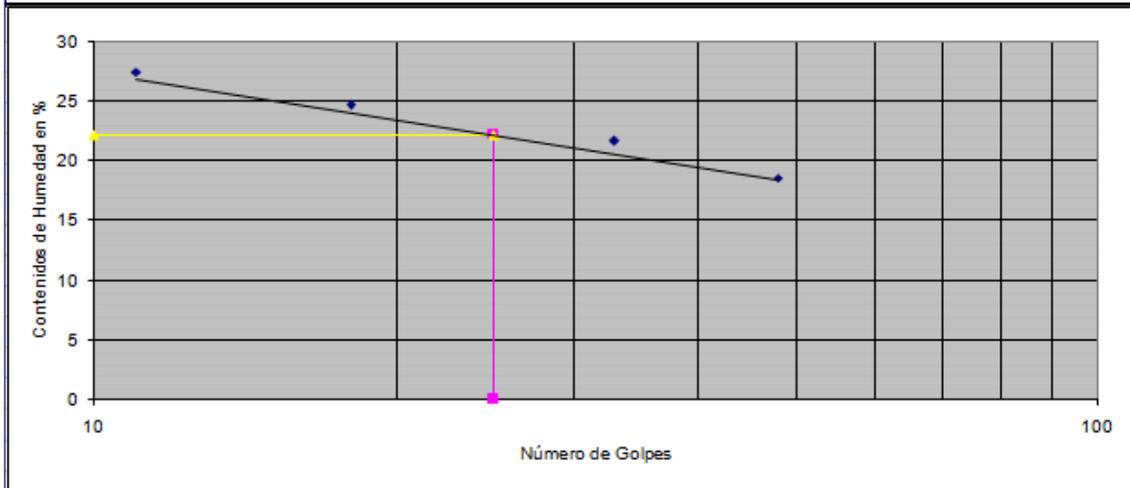
UBICACIÓN: Santa Rosa-Ambato- ENSAYADO POR: Edwin Santiago Cañar Tiviano
 Tungurahua REVISADO POR: Ing. Mg. Lorena Pérez

NORMAS: ASTM-D424-59-74 FECHA: 24-ago-16
 AASHTO: T-90-70 DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA: SM(Arena Limosa)

1 Determinación del Límite Líquido del suelo analizado LI%

Recipiente número		6	8	11	16	17	41	45	46
Peso húmedo + recipiente	Wm+rec	18,20	21,70	20,50	21,10	19,60	19,80	20,20	20,40
Peso seco + recipiente	Ws+rec	16,60	19,40	18,70	19,20	18,10	18,30	18,80	19,10
Peso recipiente	rec	10,80	11,00	11,20	11,70	11,10	11,50	11,30	12,10
Peso del agua	Ww	1,60	2,30	1,80	1,90	1,50	1,50	1,40	1,30
Peso de los sólidos	Ws	5,80	8,40	7,50	7,50	7,00	6,80	7,50	7,00
Contenido de humedad	w%	27,59	27,38	24,00	25,33	21,43	22,06	18,67	18,57
Contenido de humedad promedio	w%	27,48		24,67		21,74		18,62	
Número de golpes		11,00		18,00		33,00		48,00	

2 Determinación Gráfica



1 Determinación del Límite Plástico del suelo analizado Lp%

Recipiente número		8	9	18	21	29
Peso húmedo + recipiente	Wm+rec	7,6	7,5	7,9	7,4	7,7
Peso seco + recipiente	Ws+rec	7,3	7,3	7,6	7,2	7,4
Peso recipiente	rec	5,9	5,9	6,2	6	6,1
Peso del agua	Ww	0,30	0,20	0,30	0,20	0,30
Peso de los sólidos	Ws	1,40	1,40	1,40	1,20	1,30
Contenido de humedad	w%	21,43	14,29	21,43	16,67	23,08
Contenido de humedad promedio	w%	19,38				

LÍMITE LIQUIDO LI%	22,13
LÍMITE PLASTICO Lp%	19,38
INDICE DE PLASTICIDAD Ip%	2,75
CLASIFICACION AASHTO	
CLASIFICACION SUCS	

SERIES DE NUMERO DE GOLPES			
X1	25	Y1	0
X2	25	Y2	22,13
SERIES DE VARIACION DE HUMEDAD			
X1	10	Y1	22,13
X2	25	Y2	22,13

59

3 DESCRIPCIÓN DEL SUELO ENSAYADO

El límite Líquido y el Límite Plástico están en los rangos de acuerdo a las normas establecidas.

Realizado por: Edwin Santiago Cañar

Aprobado por: Ing. Mg. Lorena Pérez



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 arenosos finos y arcillosos combinados con cenizas de carbón

UBICACIÓN: Ambato- Santa Rosa **ENSAYADO POR:** Egdo: Edwin Santiago Cañar
MUESTRA: Suelo arenoso fino de clase SM **REVISADO POR:** Ing. Mg. Lorena Pérez
FECHA: 23 de agosto del 2016

NORMAS: Gravedad específica: AASHTO T-100-70 /ASTM D854-58; Densidad real: ASTM C-188 / INEN 156

GRAVEDAD ESPECÍFICA DEL SUELO			DENSIDAD REAL DE LA CENIZA		
MUESTRA	1	2	MUESTRA	1	2
PICNÓMETRO	ISO	ISO	Masa del picnómetro	161,10	174,20
TEMPERATURA DEL AGUA Y SUELO (°C)	20	20	Masa del picnómetro + muestra	211,10	235,10
PESO DEL RECIPIENTE+ SUELO SECO	159,20	159,60	Masa del picnómetro + muestra + gasolina	549,60	571,80
PESO DEL RECIPIENTE	109,60	109,60	Masa gasolina añadida	338,50	336,70
PESO DEL SUELO SECO (Ws)	49,60	50,00	Masa picnómetro + 500cc de gasolina	521,70	538,70
PESO DEL PICNÓMETRO + AGUA (Wbw)	649,40	661,40	Masa de 500cc de gasolina	360,60	364,50
PESO DEL PICNÓMETRO + SUELO (Ws + Wbw)	658,30	668,20	Densidad de la gasolina	0,72	0,73
PESO DEL PICNÓMETRO + AGUA + SUELO(sumergido) (Wbws)	632,40	642,50	Masa de la gasolina desalojada por la muestra	22,10	27,80
DESPLAZAMIENTO DEL AGUA (Ws+Wbw-Wbws)	25,90	25,70	Masa de la Ceniza	50,00	60,90
FACTOR DE CORRECCIÓN POR TEMPERATURA (K)	0,998	0,998	Volume n de la gasolina desalojada	30,64	38,13
$G_s = (W_s * K) / (W_s + W_{bw} - W_{bws})$	1,911	1,942	DRC=MC/VG	1,63	1,60
PROMEDIO DE LA GRAVEDAD ESPECÍFICA	1,926		PROMEDIO DE LA GRAVEDAD ESPECÍFICA	1,614	
			Descripción	Valor	Unidad
			Gs de la arena limosa (SM)	1,926	gr/cm ³
			Gs del suelo estabilizado con ceniza	1,770	gr/cm ³
			Gs de la ceniza de carbon	1,614	gr/cm ³

OBSERVACIONES:

La gravedad específica de la Arena Limosa es 1,926 gr/cm³ esta en el rango de los límites que va desde 1,68 gr/cm³ -2,08gr/cm³.



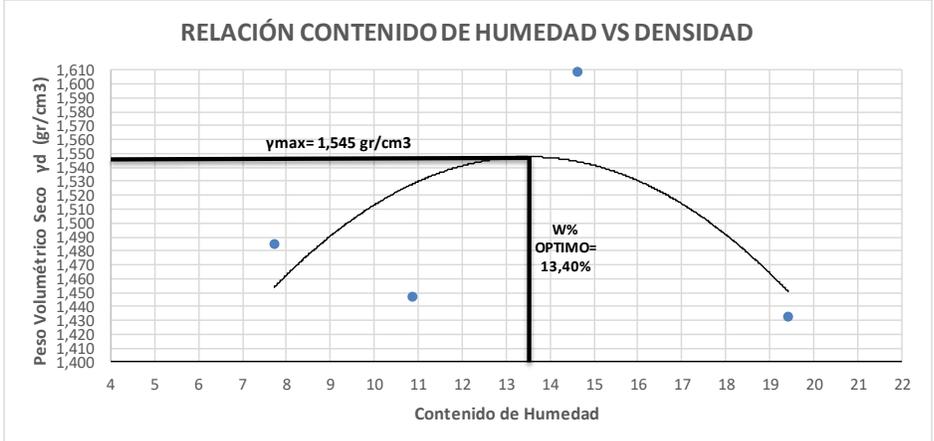
UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS



DETERMINACIÓN DEL CONTENIDO DE HUMEDAD
DETERMINACIÓN DEL CONTENIDO DE HUMEDAD SUELO SM

Recipiente #	23	35
Peso suelo húmedo + recipiente Wm+W _r	105,60	110,30
Peso suelo seco + recipiente W _s +W _r	94,90	99,00
Peso del recipiente W _r	24,60	25,30
Peso de Agua W _w	10,70	11,30
Peso muestra seca W _s	70,30	73,70
Contenido de humedad w%=100 W _w /W _s	15,22	15,33
Promedio W%	15,3	
OBSERVACIONES:		
El contenido de humedad es 15,3% valor apropiado para un suelo tipo SM (cangahua)		

DETERMINACIÓN DE CBR SUELO ARENO LIMOSO (SM)

	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 : 24-ago-16						
REVISADO:	Ing. Mg. Lorena Pérez	DESCRIPCIÓN DE LA						
UBICACIÓN:	Santa Rosa-Ambato- Tungurahua	MUESTRA SM(Arena Limosa)						
ENSAYO DE COMPACTACIÓN PROCTOR MODIFICADO								
ESPECIFICACIONES								
Número de Golpes	56	Altura de Caída	18"	Peso del Molde	15886	gr		
Número de Capas	5	Peso del Martillo	10 lb	Volumen del Molde	2331,26	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 %	4	8	12	16				
P. molde+Suelo húmedo (gr)	19616	19628	20187	19877				
Peso suelo humedo Wm (gr)	3730	3742	4301	3991				
Peso unitario humedo γ_m (gr/cm ³)	1,600	1,605	1,845	1,712				
2. DETERMINACIÓN DE CONTENIDOS DE HUMEDAD								
Recipiente numero	7	11	13	16	38	41	45	47
Peso del recipiente W_r	24,3	26,9	25,2	26,5	23,3	24,7	26,1	24,1
Rec+suelo humedo W_r+W_m	117,6	117,9	111,8	110,2	103	106,5	113,2	111
Rec+suelo seco $W_s + W_m$	111	111,3	103,2	102,1	92,8	96,1	99,1	96,8
Peso solidos W_s	86,7	84,4	78	75,6	69,5	71,4	73	72,7
Peso del agua W_w	6,6	6,6	8,6	8,1	10,2	10,4	14,1	14,2
Cont. Humedad $\omega\%$	7,61	7,82	11,03	10,71	14,68	14,57	19,32	19,53
Cont. Humedad promedio $\omega\%$	7,72		10,87		14,62		19,42	
Peso Volumétrico Seco γ_d (gr/cm ³)	1,485		1,448		1,610		1,434	
3. DETERMINACIÓN GRÁFICA DE LA DENSIDAD MÁXIMA Y HUMEDAD ÓPTIMA								
								
4. DESCRIPCIÓN DEL ENSAYO								
La densidad máxima alcanzada según el ensayo realizado corresponde a 1,545 gr/cm³ , y considerando el grafico su contenido de humedad optimo es 13,40% , 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



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 DE INICIO:** 05/09/2016

REVISADO: Ing. Mg. Lorena Pérez **DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA:** SM(Arena Limosa)

UBICACIÓN: Santa Rosa-Ambato- Tungurahua

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 (%):	13,40

ENSAYO DE COMPACTACION C.B.R.

	1		2		3	
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	19940	19945	19129	19155	19443	19463
Peso Molde	15654	15654	15062	15062	15509	15509
P. Humedo	4286	4291	4067	4093	3934	3954
Volumen Muestra	2331,27	2331,27	2299,63	2299,63	2286,38	2286,38
Densidad Humedad	1,838	1,841	1,769	1,780	1,721	1,729
Densidad Seca	1,557	1,559	1,502	1,511	1,456	1,463
Den. Seca Prom.	1,558		1,507		1,460	

CONTENIDO DE HUMEDAD

Recipiente N°	43	50	1A	45	27	2A	25	6	3A
P. Hum. + Recipiente	120,9	118,6		127,3	141,7		125,3	123	
P. Seco + Recipiente	106	104,4		112,1	123,8		110	107,9	
Peso Recipiente	23,6	26		26	23,7		25,5	25,2	
Peso Agua	14,9	14,2		15,2	17,9		15,3	15,1	
Peso de Sólidos	82,4	78,4		86,1	100,1		84,5	82,7	
Contenido Humedad %	18,08	18,11		17,65	17,88		18,11	18,26	
Con. Hum. Prom. %	18,10			17,77			18,18		



UNIVERSIDAD TECNICA DE AMBATO
FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL Y MECANICA



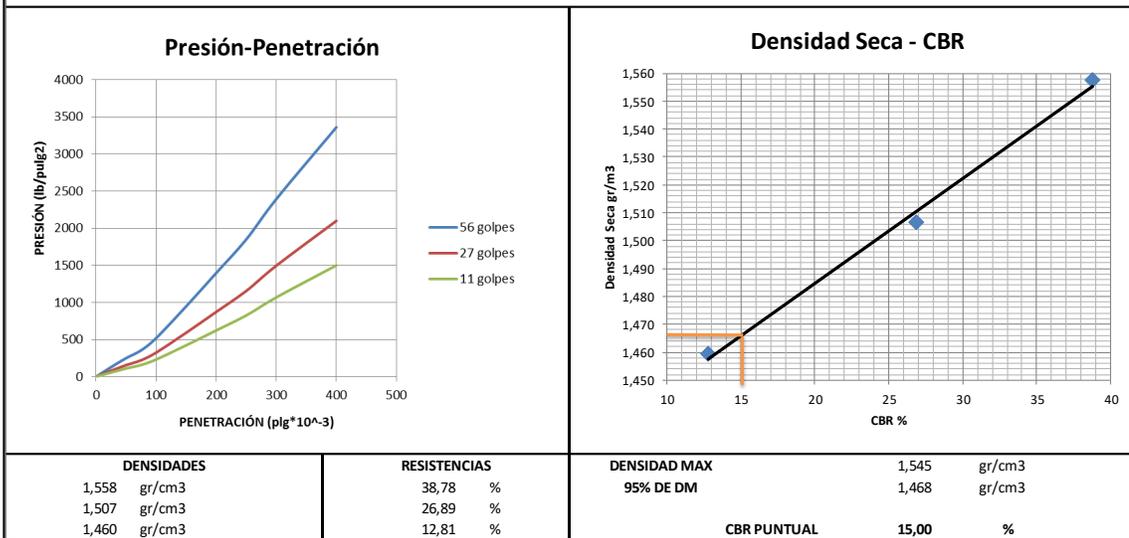
PROYECTO: Análisis comparativo de la resistencia al corte y la estabilización de suelos arenosos finos y arcillosos combinados con cenizas de carbón
FECHA: 07/08/2016

ENSAYADO: Edwin Santiago Cañar
REVISADO: Ing. Mg. Lorena Pérez
UBICACIÓN: Santa Rosa-Ambato-Tungurahua

ENSAYO C.B.R.

ENSAYO DE CARGA - PENETRACIÓN															
Máquina de Compresión Simple (CONTROLS)					AREA DEL PISTÓN = 3 plg2		NORMA: ASTM D-1883		VELOCIDAD DE CARGA = 1,27 mm/min (0,05 pulg/min)						
Molde Número			1				2				3				
TIEMPO		PENET.		Q Carga lb	Presiones		CBR %	Q Carga lb	Presiones		CBR %	Q Carga lb	Presiones		CBR %
Min.	Seg.	mm	plg *10^-3		Leida	Corregida			Leida	Corregida			Leida	Corregida	
					lb/pulg2				lb/pulg2				lb/pulg2		
0	30	0,64	25	413	137,7			223	74,4			0	0,0		
1	0	1,27	50	763	254,4			544	181,3			124	41,4		
1	30	1,91	75	943	314,4			736	245,4			202	67,2		
2	0	2,54	100	1163	387,8	387,77	38,78	807	268,9	26,89	26,89	254	84,8		
3	0	3,81	150	1850	616,7			1089	362,9			384	128,1	12,81	12,81
4	0	5,08	200	2342	780,8			1498	499,3			630	210,1		
5	0	6,35	250	2767	922,2			1903	634,3			943	314,4		
6	0	7,62	300	3173	1057,7			2182	727,4			1255	418,4		
8	0	10,16	400	3404	1134,5			2333	777,7			1463	487,5		
10	0	12,70	500	3788	1262,8			2693	897,8			1765	588,2		
CBR Corregido							38,78				26,89				12,81

GRÁFICOS ENSAYO C.B.R.



OBSERVACIONES: SUELO ARENOSO FINO (SM)

CUMPLE con las especificaciones correspondientes y es considerado como una sub-rasante buena ya que esta en el rango con un CBR de 11-19%.



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:** 24/08/2016

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

UBICACIÓN: Santa Rosa-Ambato- Tungurahua **LA MUESTRA** SM(Arena Limosa)

ENSAYO DE COMPACTACIÓN PROCTOR MODIFICADO

ESPECIFICACIONES

Número de Golpes	56	Altura de Caída	18"	Peso del Molde	15611	gr
Número de Capas	5	Peso del Martillo	10 lb	Volumen del Molde	2226,07	cm3
Energía de Compactación		Normas:	AASHTO T-180			
Peso Inicial Deseado	6000		6000		6000	

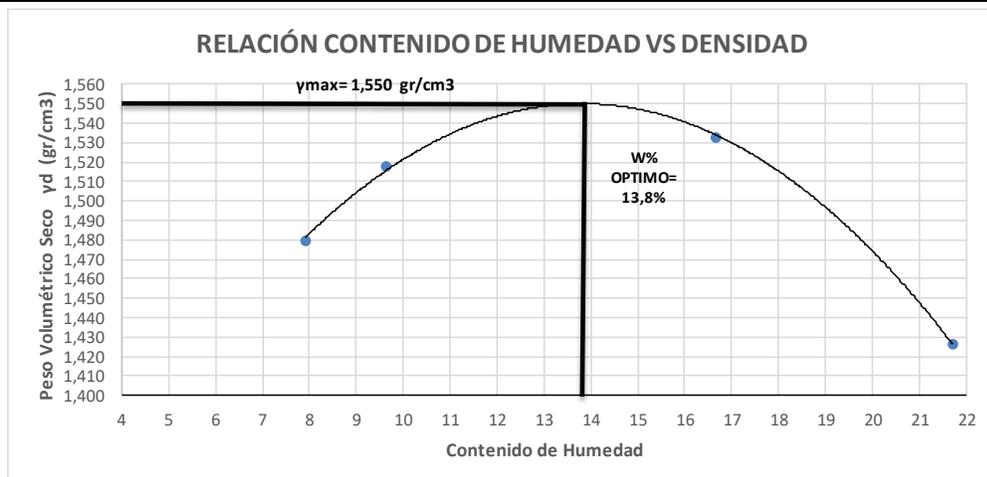
1. PROCESO DE COMPACTACIÓN

Ensayo Numero	1	2	3	4
Humedad inicial añadida en %	4	8	12	16
P. molde+Suelo húmedo (gr)	19165	19316	19592	19477
Peso suelo humedo Wm (gr)	3554	3705	3981	3866
Peso unitario humedo γ_m (gr/cm3)	1,597	1,664	1,788	1,737

2. DETERMINACIÓN DE CONTENIDOS DE HUMEDAD

Recipiente numero	7	11	13	16	22	25	26	30
Peso del recipiente Wr	24,2	26,7	25,2	26,3	26,3	25,5	24	24,6
Rec+suelo humedo Wr+Wm	112,6	111,9	113,1	112,4	114,3	113,9	115,4	115,9
Rec+suelo seco Ws + Wm	106,6	105,2	105,3	104,9	101,9	101,1	99,1	99,6
Peso sólidos Ws	82,4	78,5	80,1	78,6	75,6	75,6	75,1	75
Peso del agua Ww	6	6,7	7,8	7,5	12,4	12,8	16,3	16,3
Cont. Humedad $\omega\%$	7,28	8,54	9,74	9,54	16,40	16,93	21,70	21,73
Cont. Humedad promedio $\omega\%$	7,91		9,64		16,67		21,72	
Peso Volumétrico Seco γ_d (gr/cm3)	1,480		1,518		1,533		1,427	

3. DETERMINACIÓN GRÁFICA DE LA DENSIDAD MÁXIMA Y HUMEDAD ÓPTIMA



4. DESCRIPCIÓN DEL ENSAYO

La densidad máxima alcanzada según el ensayo realizado corresponde a **1,550 gr/cm³**, y considerando el grafico su contenido de humedad es **13,80%**, 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 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:

ENSAYADO: Edwin Santiago Cañar Tiviano

FECHA: 06/09/2016

REVISADO: Ing. Mg. Lorena Pérez

DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA: SM(Arena Limosa)

UBICACIÓN: Santa Rosa-Ambato- Tungurahua

LA MUESTRA

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 (%):	13,80

ENSAYO DE COMPACTACION C.B.R.

	1		2		3	
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	19966	19975	19194	19199	19441	19450
Peso Molde	15657	15657	15061	15061	15510	15510
P. Humedo	4309	4318	4133	4138	3931	3940
Volumen Muestra	2331,27	2331,27	2299,63	2299,63	2286,38	2286,38
Densidad Humedad	1,848	1,852	1,797	1,799	1,719	1,723
Densidad Seca	1,560	1,563	1,519	1,521	1,456	1,459
Den. Seca Prom.	1,561		1,520		1,458	

CONTENIDO DE HUMEDAD

Recipiente N°	6	3	1A	5	9	2A	39	40	3A
P. Hum. + Recipiente	123,8	124,6		127,6	124,3		120,6	118,5	
P. Seco + Recipiente	108,8	108,4		111,5	108,8		106,5	103,8	
Peso Recipiente	24,2	24,4		24,9	22,7		27,9	23,2	
Peso Agua	15	16,2		16,1	15,5		14,1	14,7	
Peso de Sólidos	84,6	84		86,6	86,1		78,6	80,6	
Contenido Humedad %	17,73	19,29		18,59	18,00		17,94	18,24	
Con. Hum. Prom. %	18,51			18,30			18,09		



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

REVISADO: Ing. Mg. Lorena Pérez

FECHA: 08/09/2016

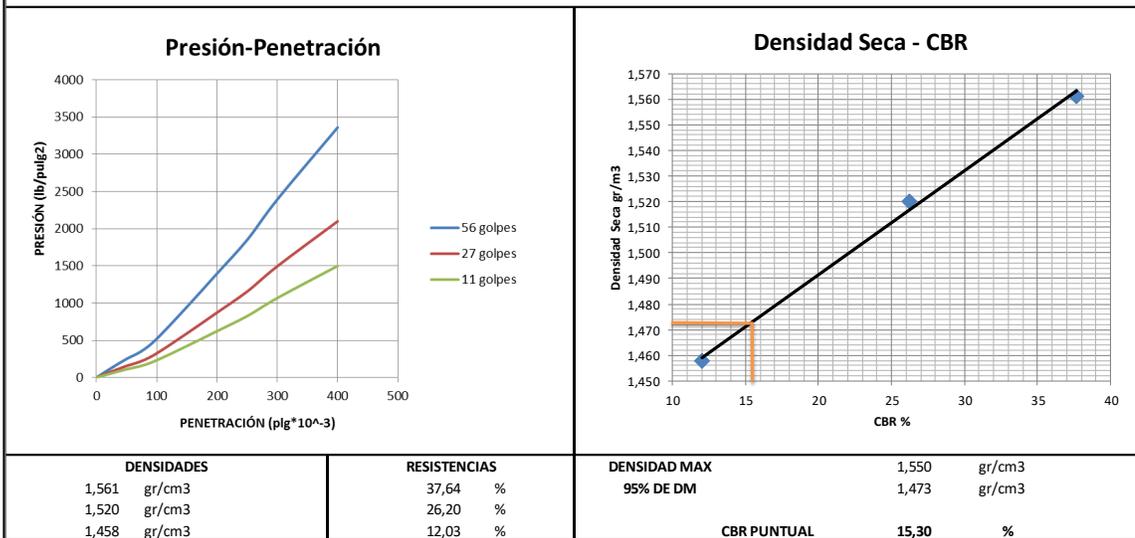
UBICACIÓN: Santa Rosa-Ambato- Tungurahua

ENSAYO C.B.R.

ENSAYO DE CARGA - PENETRACIÓN

Máquina de Compresión Simple (CONTROLS)					AREA DEL PISTÓN = 3 plg2	NORMA: ASTM D-1883	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
Min.	Seg.	mm	plg *10 ⁻³	lb	Leida	Corregida	%	lb	Leida	Corregida	%	lb	Leida	Corregida	%
					lb/pulg2				lb/pulg2				lb/pulg2		
0	30	0,64	25	356	118,7			214	71,3			154	51,3		
1	0	1,27	50	545	181,7			357	119,0			209	69,7		
1	30	1,91	75	785	261,7			520	173,3			280	93,3		
2	0	2,54	100	1129	376,4	376,40	37,64	786	262,0	26,20	26,20	361	120,3	12,03	12,03
3	0	3,81	150	1664	554,7			846	282,0			474	158,0		
4	0	5,08	200	2236	745,3			1147	382,3			598	199,3		
5	0	6,35	250	2457	819,0			1241	413,7			623	207,7		
6	0	7,62	300	2652	884,0			1315	438,3			747	249,0		
8	0	10,16	400	3006	1002,0			1508	502,7			839	279,7		
10	0	12,70	500	3341	1113,5			1671	557,0			902	300,7		
CBR Corregido							37,64				26,20				12,03

GRÁFICOS ENSAYO C.B.R.



OBSERVACIONES: SUELO ARENOSO FINO (SM)

CUMPLE con las especificaciones correspondientes y es considerado como una sub-rasante buena ya que esta en el rango con un CBR de 11-19%.



UNIVERSIDAD TECNICA 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:** 24/08/2016

REVISADO: Ing. Mg. Lorena Pérez **DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA:** SM(Arena Limosa)

UBICACIÓN: Santa Rosa-Ambato- Tungurahua

ENSAYO DE COMPACTACIÓN PROCTOR MODIFICADO

ESPECIFICACIONES

Número de Golpes	56	Altura de Caída	18"	Peso del Molde	15611	gr
Número de Capas	5	Peso del Martillo	10 lb	Volumen del Molde	2331,25	cm ³
Energía de Compactación		Normas:	AASHTO	T-180		
Peso Inicial Deseado	6000		6000		6000	

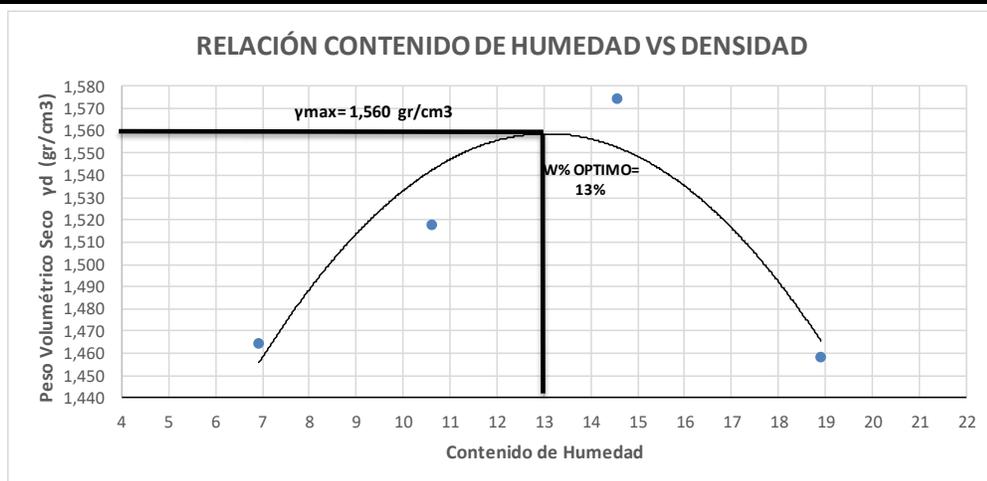
1. PROCESO DE COMPACTACIÓN

Ensayo Numero	1	2	3	4
Humedad inicial añadida en %	4	8	12	16
P. molde+Suelo húmedo (gr)	19262	19526	19818	19654
Peso suelo húmedo Wm (gr)	3651	3915	4207	4043
Peso unitario húmedo γ_m (gr/cm ³)	1,566	1,679	1,805	1,734

2. DETERMINACIÓN DE CONTENIDOS DE HUMEDAD

Recipiente numero	30	26	25	22	16	13	11	7
Peso del recipiente W _r	24,6	24	25,5	26,3	26,3	25,2	26,7	24,2
Rec+suelo húmedo W _r +W _m	109,7	110,2	110,9	111,7	112,1	110,8	113,7	111,4
Rec+suelo seco W _s + W _m	104,6	104,2	102,8	103,4	100,8	100,3	99,6	97,8
Peso solidos W _s	80	80,2	77,3	77,1	74,5	75,1	72,9	73,6
Peso del agua W _w	5,1	6	8,1	8,3	11,3	10,5	14,1	13,6
Cont. Humedad $\omega\%$	6,38	7,48	10,48	10,77	15,17	13,98	19,34	18,48
Cont. Humedad promedio $\omega\%$	6,93		10,62		14,57		18,91	
Peso Volumétrico Seco γ_d (gr/cm ³)	1,465		1,518		1,575		1,458	

3. DETERMINACIÓN GRÁFICA DE LA DENSIDAD MÁXIMA Y HUMEDAD ÓPTIMA



4. DESCRIPCIÓN DEL ENSAYO

La densidad máxima alcanzada según el ensayo realizado corresponde a **1,560 gr/cm³**, y considerando el grafico su contenido de humedad es **13,0%**, 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: 07/09/2016

REVISADO: Ing. Mg. Lorena Pérez

DESCRIPCIÓN DE SM(Arena Limosa)

UBICACIÓN: Santa Rosa-Ambato- Tungurahua

LA MUESTRA

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 (%)	13,00

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	19958	19985	19119	19133	19480	19493
Peso Molde	15657	15657	15062	15062	15509	15509
P. Humedo	4301	4328	4057	4071	3971	3984
Volumen Muestra	2331,27	2331,27	2299,63	2299,63	2286,38	2286,38
Densidad Humedad	1,845	1,857	1,764	1,770	1,737	1,742
Densidad Seca	1,561	1,571	1,494	1,499	1,473	1,477
Den. Seca Prom.	1,566		1,497		1,475	

CONTENIDO DE HUMEDAD

Recipiente N°	40	39	1A	9	6	2A	5	3	3A
P. Hum. + Recipiente	126,5	130,8		118,6	122,4		130,5	129,8	
P. Seco + Recipiente	110,7	114,9		103,9	107,4		114,4	113,8	
Peso Recipiente	23,2	27,9		22,7	24,2		24,9	24,4	
Peso Agua	15,8	15,9		14,7	15		16,1	16	
Peso de Sólidos	87,5	87		81,2	83,2		89,5	89,4	
Contenido Humedad %	18,06	18,28		18,10	18,03		17,99	17,90	
Con. Hum. Prom. %	18,17			18,07			17,94		



**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

FECHA: 09/09/2016

ENSAYADO: Edwin Santiago Cañar

REVISADO: Ing. Mg. Lorena Pérez

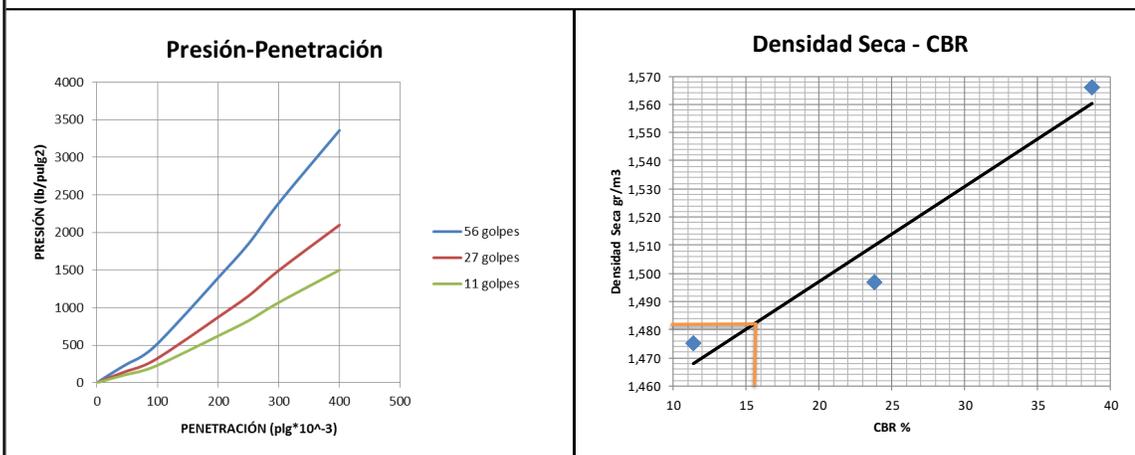
UBICACIÓN: Santa Rosa-Ambato- Tungurahua

ENSAYO C.B.R.

ENSAYO DE CARGA - PENETRACIÓN

Máquina de Compresión Simple (CONTROLS)					AREA DEL PISTÓN = 3 plg2	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	plg *10^-3	lb	Leida	Corregida	%	lb	Leida	Corregida	%	lb	Leida	Corregida	%
0	30	0,64	25	348				245	81,7			124	41,3		
1	0	1,27	50	567	189,0			398	132,7			152	50,7		
1	30	1,91	75	780	260,0			577	192,3			261	87,0		
2	0	2,54	100	1162	387,3	387,33	38,73	715	238,3	23,83	23,83	341	113,7	11,37	11,37
3	0	3,81	150	1538	512,7			865	288,3			487	162,3		
4	0	5,08	200	1997	665,7			984	328,0			502	167,3		
5	0	6,35	250	2336	778,7			1195	398,3			614	204,7		
6	0	7,62	300	2588	862,7			1261	420,3			827	275,7		
8	0	10,16	400	2819	939,7			1336	445,3			889	296,3		
10	0	12,70	500	3196	1065,3			1641	547,0			972	324,0		
CBR Corregido							38,73					23,83			11,37

GRÁFICOS ENSAYO C.B.R.

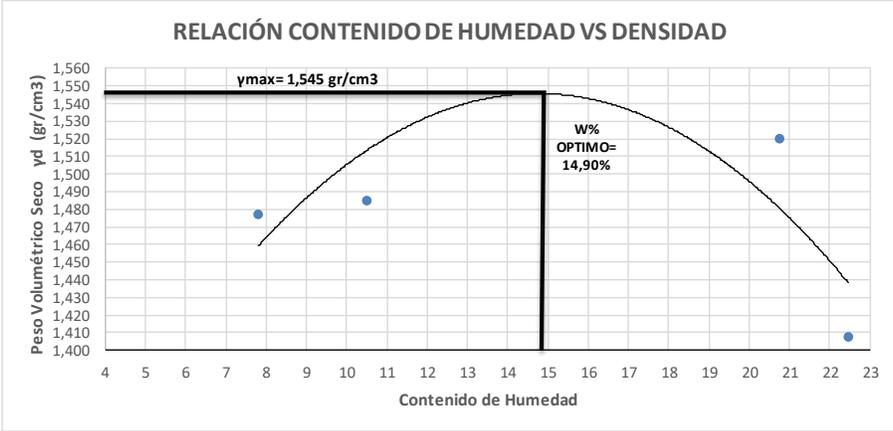


DENSIDADES		RESISTENCIAS		DENSIDAD MAX	1,560	gr/cm3
1,566	gr/cm3	38,73	%	95% DE DM	1,482	gr/cm3
1,497	gr/cm3	23,83	%	CBR PUNTUAL	15,60	%
1,475	gr/cm3	11,37	%			

OBSERVACIONES: SUELO ARENOSO FINO SM

CUMPLE con las especificaciones correspondientes y es considerado como una sub-rasante buena ya que esta en el rango con un CBR de 11-19%.

ESTABILIZACIÓN DEL SUELO ARENA LIMOSA CON 20% DE CENIZA DE CARBÓN.

 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:	25/08/2016
REVISADO:	Ing. Mg. Lorena Pérez	DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA:	SM(Arena Limosa)
UBICACIÓN:	Santa Rosa-Ambato- Tungurahua		
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
1. PROCESO DE COMPACTACIÓN			
Ensayo Numero	1	2	3
Humedad inicial añadida en %	5	10	15
P. molde+Suelo húmedo (gr)	18720	18833	19281
Peso suelo humedo Wm (gr)	3662	3775	4223
Peso unitario humedo γ_m (gr/cm ³)	1,592	1,642	1,836
2. DETERMINACIÓN DE CONTENIDOS DE HUMEDAD			
Recipiente numero	12	21	24
Peso del recipiente W_r	23,4	25,8	26
Rec+suelo humedo W_r+W_m	107,5	106,2	110
Rec+suelo seco $W_s + W_m$	101,5	100,3	102,1
Peso solidos W_s	78,1	74,5	76,1
Peso del agua W_w	6	5,9	7,9
Cont. Humedad $\omega\%$	7,68	7,92	10,38
Cont. Humedad promedio $\omega\%$	7,80		10,49
Peso Volumétrico Seco γ_d (gr/cm ³)	1,477		1,486
3. DETERMINACIÓN GRÁFICA DE LA DENSIDAD MÁXIMA Y HUMEDAD ÓPTIMA			
			
4. DESCRIPCIÓN DEL ENSAYO			
La densidad máxima alcanzada según el ensayo realizado corresponde a 1,545 gr/cm³ , y considerando el gráfico su contenido de humedad óptimo es 14,90% , 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:** 12/09/2016
REVISADO: Ing. Mg. Lorena Pérez **DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA:** SM(Arena Limosa)
UBICACIÓN: Santa Rosa-Ambato- Tungurahua

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 (%):	14,90

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	19740	19753	19059	19095	19408	19428
Peso Molde	15654	15654	15062	15062	15509	15509
P. Humedo	4086	4099	3997	4033	3899	3919
Volumen Muestra	2331,27	2331,27	2299,63	2299,63	2286,38	2286,38
Densidad Humedad	1,753	1,758	1,738	1,754	1,705	1,714
Densidad Seca	1,501	1,506	1,479	1,502	1,459	1,468
Den. Seca Prom.	1,503		1,490		1,463	

CONTENIDO DE HUMEDAD

Recipiente N°	38	48	1A	15	16	2A	11	13	3A
P. Hum. + Recipiente	124,8	134,7		128,2	154		140,7	134,6	
P. Seco + Recipiente	110,2	119,1		113,1	135		124,3	118,7	
Peso Recipiente	23,4	25,8		26,9	26,5		26,8	25,3	
Peso Agua	14,6	15,6		15,1	19		16,4	15,9	
Peso de Sólidos	86,8	93,3		86,2	108,5		97,5	93,4	
Contenido Humedad %	16,82	16,72		17,52	17,51		16,82	17,02	
Con. Hum. Prom. %	16,77			17,51			16,92		



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
FECHA: 14/09/2016

ENSAYADO: Edwin Santiago Cañar
REVISADO: Ing. Mg. Lorena Pérez
UBICACIÓN: Santa Rosa-Ambato- Tungurahua

ENSAYO C.B.R.

ENSAYO DE CARGA - PENETRACIÓN

Máquina de Compresión Simple (CONTROLS)					AREA DEL PISTÓN = 3 plg2	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	plg *10 ⁻³	lb	Leida	Corregida	lb		Leida	Corregida	lb		Leida	Corregida		
					lb/pulg2		%	lb/pulg2		%	lb/pulg2		%			
0	30	0,64	25	635	211,67			447	149,00		241	80,20				
1	0	1,27	50	1064	354,67			787	262,33		384	128,00				
1	30	1,91	75	1364	454,67			1036	345,33		410	136,67				
2	0	2,54	100	1701	567,00	567,00	56,70	1177	392,33	392,33	39,23	435	145,00	145,00	14,50	
3	0	3,81	150	2056	685,33			1520	506,67		767	255,53				
4	0	5,08	200	2395	798,33			1739	579,67		854	284,50				
5	0	6,35	250	2751	917,00			1899	633,00		923	307,73				
6	0	7,62	300	3053	1017,67			2050	683,33		951	317,10				
8	0	10,16	400	3596	1198,67			2129	709,67		980	326,60				
10	0	12,70	500	4088	1362,67			2739	913,00		1134	378,10				
CBR Corregido							56,70				39,23		14,50			

GRÁFICOS ENSAYO C.B.R.

Presión-Penetración

Densidad Seca - CBR

DENSIDADES		RESISTENCIAS		DENSIDAD MAX		95% DE DM		CBR PUNTUAL	
1,503	gr/cm3	56,70	%	1,545	gr/cm3	1,468	gr/cm3	18,50	%
1,490	gr/cm3	39,23	%						
1,463	gr/cm3	14,50	%						

OBSERVACIONES: SUELO ARENOSO COMBINADO CON EL 20% DE CENIZA DE CARBÓN

CUMPLE con las especificaciones correspondientes y es considerado como una sub-rasante buena ya que esta en el rango con un CBR de 11-19%



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:** 25/08/2016
REVISADO: Ing. Mg. Lorena Pérez **DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA:** SM(Arena Limosa)
UBICACIÓN: Santa Rosa-Ambato- Tungurahua

ENSAYO DE COMPACTACIÓN PRÓCTOR MODIFICADO

ESPECIFICACIONES

Número de Golpes	56	Altura de Caída	18"	Peso del Molde	15058	gr
Número de Capas	5	Peso del Martillo	10 lb	Volumen del Molde	2299,63	cm ³
Energía de Compactación		Normas:	AASHTO T-180			
Peso Inicial Deseado	6000		6000		6000	6000

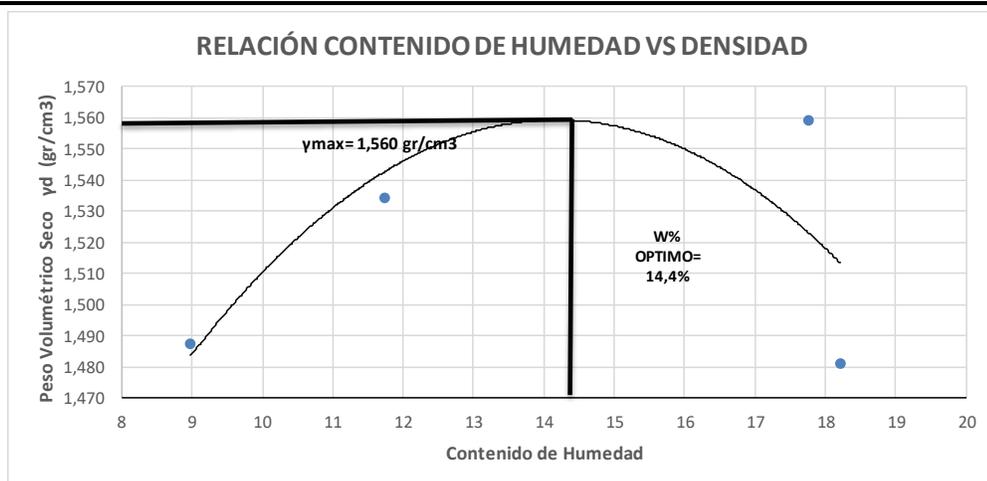
1. PROCESO DE COMPACTACIÓN

Ensayo Numero	1	2	3	4
Humedad inicial añadida en %	5	10	15	20
P. molde+Suelo húmedo (gr)	18786	19002	19281	19085
Peso suelo húmedo Wm (gr)	3728	3944	4223	4027
Peso unitario húmedo γ_m (gr/cm ³)	1,621	1,715	1,836	1,751

2. DETERMINACIÓN DE CONTENIDOS DE HUMEDAD

Recipiente numero	9	13	14	16	21	24	26	28
Peso del recipiente W _r	24,7	24	24,1	25,8	26,3	24,2	24,3	23,2
Rec+suelo húmedo W _r +W _m	111,9	112,7	110,6	110,5	109,8	110,4	109,1	109,1
Rec+suelo seco W _s + W _m	104,8	105,3	101,2	101,9	97,5	97,1	96	95,9
Peso sólidos W _s	80,1	81,3	77,1	76,1	71,2	72,9	71,7	72,7
Peso del agua W _w	7,1	7,4	9,4	8,6	12,3	13,3	13,1	13,2
Cont. Humedad $\omega\%$	8,86	9,10	12,19	11,30	17,28	18,24	18,27	18,16
Cont. Humedad promedio $\omega\%$	8,98		11,75		17,76		18,21	
Peso Volumétrico Seco γ_d (gr/cm ³)	1,488		1,535		1,559		1,481	

3. DETERMINACIÓN GRÁFICA DE LA DENSIDAD MÁXIMA Y HUMEDAD ÓPTIMA



4. DESCRIPCIÓN DEL ENSAYO

La densidad máxima alcanzada según el ensayo realizado corresponde a **1,560 gr/cm³**, y considerando el grafico su contenido de humedad optimo es **14,40%**, 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:

ENSAYADO: Edwin Santiago Cañar Tiviano

FECHA: 13/09/2016

REVISADO: Ing. Mg. Lorena Pérez

DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA: SM(Arena Limosa)

UBICACIÓN: Santa Rosa-Ambato- Tungurahua

LA MUESTRA

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 (%)	14,40

ENSAYO DE COMPACTACION C.B.R.

	1		2		3	
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	19866	19885	19144	19146	19430	19425
Peso Molde	15654	15654	15062	15062	15509	15509
P. Humedo	4212	4231	4082	4084	3921	3916
Volumen Muestra	2331,27	2331,27	2299,63	2299,63	2286,38	2286,38
Densidad Humedad	1,807	1,815	1,775	1,776	1,715	1,713
Densidad Seca	1,547	1,554	1,513	1,521	1,459	1,467
Den. Seca Prom.	1,551		1,517		1,463	

CONTENIDO DE HUMEDAD

Recipiente Nº	15	16	1A	11	13	2A	40	49	3A
P. Hum. + Recipiente	131,4	132,9		136,5	157,4		128	138,6	
P. Seco + Recipiente	116,4	117,6		120,5	137,7		112,1	122,2	
Peso Recipiente	26,9	26,4		26,7	25,2		23,1	26,7	
Peso Agua	15	15,3		16	19,7		15,9	16,4	
Peso de Sólidos	89,5	91,2		93,8	112,5		89	95,5	
Contenido Humedad %	16,76	16,78		17,06	17,51		17,87	17,17	
Con. Hum. Prom. %	16,77			17,28			17,52		



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

FECHA: 15/09/2016

ENSAYADO: Edwin Santiago Cañar

REVISADO: Ing. Mg. Lorena Pérez

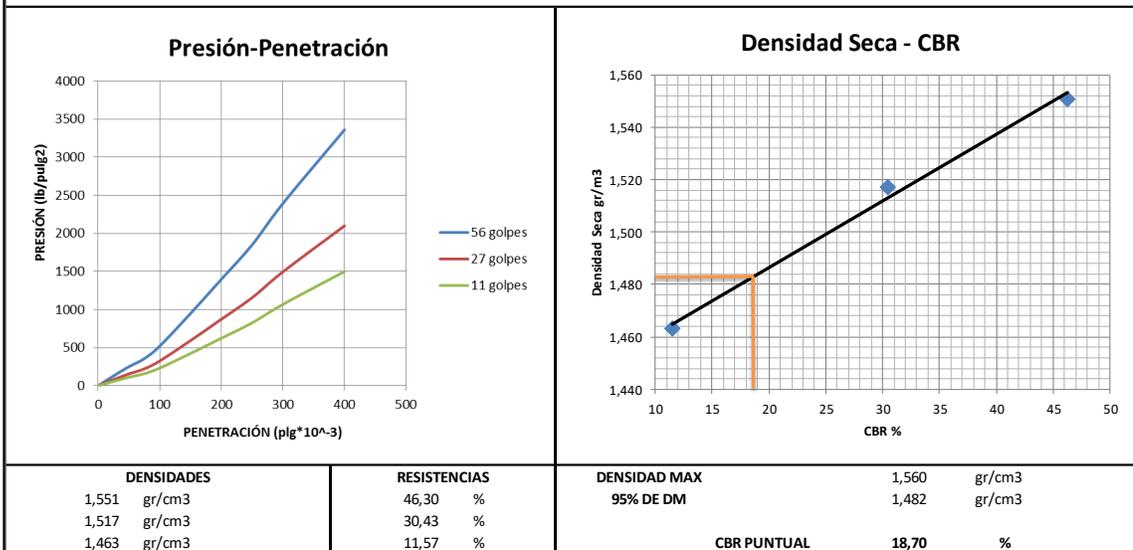
UBICACIÓN: Santa Rosa-Ambato- Tungurahua

ENSAYO C.B.R.

ENSAYO DE CARGA - PENETRACIÓN

Máquina de Compresión Simple (CONTROLS)					AREA DEL PISTÓN = 3 plg2	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	plg *10 ⁻³	lb	Leida	Corregida	lb		Leida	Corregida	lb		Leida	Corregida		
					lb/pulg2		%	lb/pulg2		%	lb/pulg2		%			
0	30	0,64	25	426	142,0			243	81,0		94	31,3				
1	0	1,27	50	689	229,7			435	144,9		186	62,0				
1	30	1,91	75	966	322,0			600	199,9		257	85,7				
2	0	2,54	100	1389	463,0	46,30		913	304,3	304,33	30,43	347	115,7	115,67	11,57	
3	0	3,81	150	1541	513,7			984	328,0		535	178,3				
4	0	5,08	200	1945	648,3			1073	357,7		721	240,5				
5	0	6,35	250	2193	731,0			1278	426,0		802	267,3				
6	0	7,62	300	2503	834,3			1474	491,3		978	326,0				
8	0	10,16	400	3112	1037,3			1808	602,7		1117	372,3				
10	0	12,70	500	3914	1304,7			2145	715,0		1343	447,7				
CBR Corregido							46,30				30,43			11,57		

GRÁFICOS ENSAYO C.B.R.



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

CUMPLE con las especificaciones correspondientes y es considerado como una sub-rasante buena ya que esta en el rango con un CBR de 11-19%



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:** 25/08/2016
REVISADO: Ing. Mg. Lorena Pérez **DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA:** SM(Arena Limosa)
UBICACIÓN: Santa Rosa-Ambato- Tungurahua

ENSAYO DE COMPACTACIÓN PROCTOR MODIFICADO

ESPECIFICACIONES

Número de Golpes	56	Altura de Caída	18"	Peso del Molde	15058	gr
Número de Capas	5	Peso del Martillo	10 lb	Volumen del Molde	2299,63	cm ³
Energía de Compactación		Normas:	AASHTO	T-180		
Peso Inicial Deseado	6000		6000		6000	6000

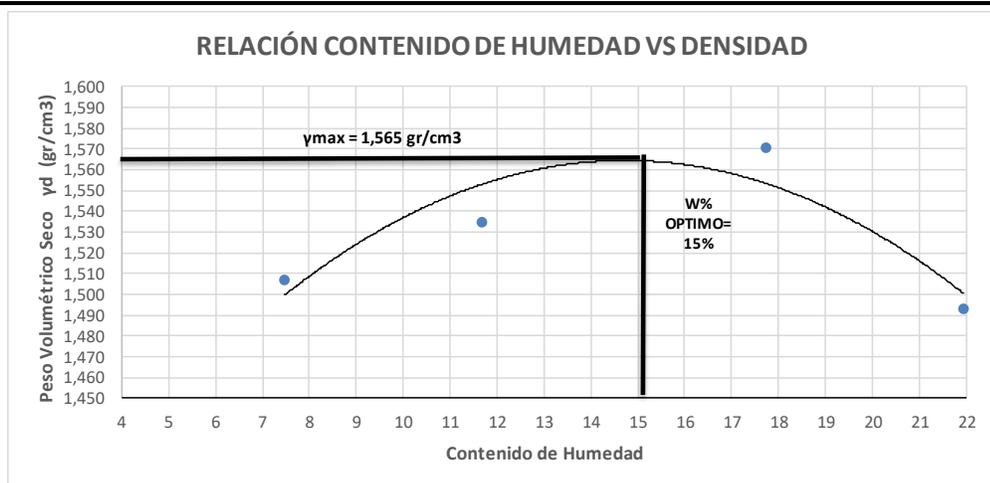
1. PROCESO DE COMPACTACIÓN

Ensayo Numero	1	2	3	4
Humedad inicial añadida en %	5	10	15	20
P. molde+Suelo húmedo (gr)	18783	19002	19312	19245
Peso suelo humedo Wm (gr)	3725	3944	4254	4187
Peso unitario humedo γm (gr/cm ³)	1,620	1,715	1,850	1,821

2. DETERMINACIÓN DE CONTENIDOS DE HUMEDAD

Recipiente numero	48	47	45	41	38	24	21	12
Peso del recipiente Wr	25,8	23,2	24,3	24,2	26,3	24,1	24	24,7
Rec+suelo humedo Wr+Wm	110,6	110,8	111,8	111,5	110,7	109,6	110,3	111,8
Rec+suelo seco Ws + Wm	104,9	104,5	102,4	102,6	97,9	96,8	95,1	95,8
Peso solidos Ws	79,1	81,3	78,1	78,4	71,6	72,7	71,1	71,1
Peso del agua Ww	5,7	6,3	9,4	8,9	12,8	12,8	15,2	16
Cont. Humedad ω%	7,21	7,75	12,04	11,35	17,88	17,61	21,38	22,50
Cont. Humedad promedio ω%	7,48		11,69		17,74		21,94	
Peso Volumétrico Seco γd (gr/cm ³)	1,507		1,535		1,571		1,493	

3. DETERMINACIÓN GRÁFICA DE LA DENSIDAD MÁXIMA Y HUMEDAD ÓPTIMA



4. DESCRIPCIÓN DEL ENSAYO

La densidad máxima alcanzada según el ensayo realizado corresponde a **1,565 gr/cm³**, y considerando el grafico su contenido de humedad optimo es **15,00%**, 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: 14/09/2016

REVISADO: Ing. Mg. Lorena Pérez

DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA: SM(Arena Limosa)

UBICACIÓN: Santa Rosa-Ambato- Tungurahua

LA MUESTRA

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 (%):	15,00

ENSAYO DE COMPACTACION C.B.R.

	1		2		3	
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	19881	19901	19135	19153	19487	19505
Peso Molde	15654	15654	15062	15062	15509	15509
P. Humedo	4227	4247	4073	4091	3978	3996
Volumen Muestra	2331,27	2331,27	2299,63	2299,63	2286,38	2286,38
Densidad Humedad	1,813	1,822	1,771	1,779	1,740	1,748
Densidad Seca	1,535	1,542	1,495	1,506	1,468	1,479
Den. Seca Prom.	1,538		1,500		1,474	

CONTENIDO DE HUMEDAD

Recipiente N°	3	5	1A	6	9	2A	35	40	3A
P. Hum. + Recipiente	130,2	132,1		133,7	135,2		129,8	130,6	
P. Seco + Recipiente	113,9	115,7		116,7	117,6		113,9	113,8	
Peso Recipiente	24,4	24,9		24,2	22,7		27,9	23,2	
Peso Agua	16,3	16,4		17	17,6		15,9	16,8	
Peso de Sólidos	89,5	90,8		92,5	94,9		86	90,6	
Contenido Humedad %	18,21	18,06		18,38	18,55		18,49	18,54	
Con. Hum. Prom. %	18,14			18,46			18,52		



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

FECHA: 16/09/2016

ENSAYADO: Edwin Santiago Cañar
REVISADO: Ing. Mg. Lorena Pérez
UBICACIÓN: Santa Rosa-Ambato- Tungurahua

ENSAYO C.B.R.

ENSAYO DE CARGA - PENETRACIÓN

Máquina de Compresión Simple (CONTROLS)					AREA DEL PISTÓN = 3 plg2	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	plg *10 ⁻³	lb	Leida	Corregida	lb		Leida	Corregida	lb		Leida	Corregida		
					lb/pulg2		%	lb/pulg2		%	lb/pulg2		%			
0	30	0,64	25	526	175,3			264	88,0		99	33,0				
1	0	1,27	50	889	296,3			457	152,3		194	64,7				
1	30	1,91	75	1166	388,7			581	193,7		241	80,3				
2	0	2,54	100	1574	524,7	524,67	52,47	826	275,3	275,33	27,53	297	99,0	99,00	9,90	
3	0	3,81	150	1741	580,3			985	328,3		495	165,0				
4	0	5,08	200	2145	715,0			1224	408,0		642	214,0				
5	0	6,35	250	2596	865,3			1478	492,7		722	240,7				
6	0	7,62	300	3054	1018,0			1674	558,0		878	292,7				
8	0	10,16	400	3845	1281,7			2010	670,0		1117	372,3				
10	0	12,70	500	4456	1485,3			2374	791,3		1342	447,3				
CBR Corregido							52,47				27,53			9,90		

GRÁFICOS ENSAYO C.B.R.

Presión-Penetración

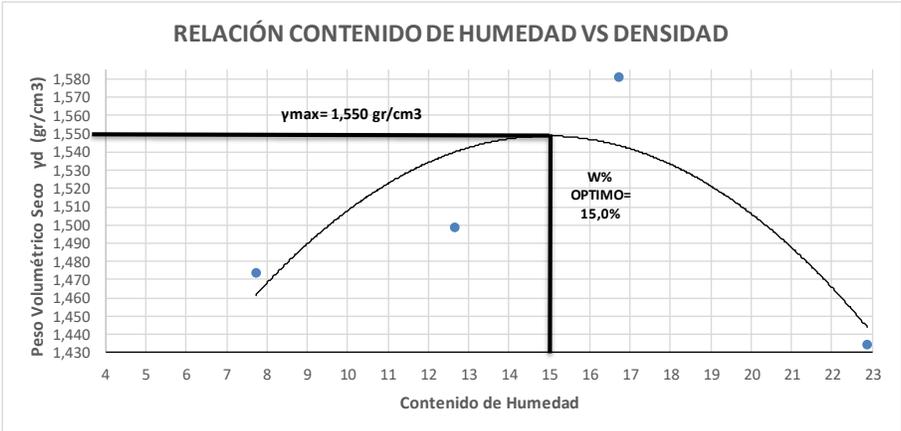
Densidad Seca - CBR

DENSIDADES		RESISTENCIAS		DENSIDAD MAX		95% DE DM		CBR PUNTUAL	
1,538	gr/cm3	52,47	%	1,565	gr/cm3	1,487	gr/cm3	18,80	%
1,500	gr/cm3	27,53	%						
1,474	gr/cm3	9,90	%						

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

CUMPLE con las especificaciones correspondientes y es considerado como una sub-rasante buena ya que esta en el rango con un CBR de 11-19%

ESTABILIZACIÓN DEL SUELO ARENA LIMOSA CON 23% DE CENIZA DE CARBÓN.

 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:	29/08/2016
REVISADO:	Ing. Mg. Lorena Pérez	DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA:	SM(Arena Limosa)
UBICACIÓN:	Santa Rosa-Ambato- Tungurahua		
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
1. PROCESO DE COMPACTACIÓN			
Ensayo Numero	1	2	3
Humedad inicial añadida en %	6	12	18
P. molde+Suelo húmedo (gr)	19268	19500	19862
Peso suelo humedo Wm (gr)	3657	3889	4251
Peso unitario humedo γ_m (gr/cm ³)	1,588	1,688	1,846
			1,763
2. DETERMINACIÓN DE CONTENIDOS DE HUMEDAD			
Recipiente numero	6	8	1
	32	15	33
	43	50	
Peso del recipiente W_r	25,3	24,9	24,8
	24,4	26,8	24,1
	23,7	26,1	
Rec+suelo humedo W_r+W_m	111,5	110,5	109,5
	108,8	110,2	111,9
	111,5	111,5	112,8
Rec+suelo seco $W_s + W_m$	105,5	104,2	100,2
	99,1	98,1	99,5
	94,6	97,2	
Peso solidos W_s	80,2	79,3	75,4
	74,7	71,3	75,4
	70,9	71,1	
Peso del agua W_w	6	6,3	9,3
	9,7	12,1	12,4
	16,9	15,6	
Cont. Humedad $\omega\%$	7,48	7,94	12,33
	12,99	16,97	16,45
	23,84	21,94	
Cont. Humedad promedio $\omega\%$	7,71	12,66	16,71
	22,89		
Peso Volumétrico Seco γ_d (gr/cm ³)	1,474	1,499	1,581
			1,435
3. DETERMINACIÓN GRÁFICA DE LA DENSIDAD MÁXIMA Y HUMEDAD ÓPTIMA			
			
4. DESCRIPCIÓN DEL ENSAYO			
La densidad máxima alcanzada según el ensayo realizado corresponde a 1,550 gr/cm³ , y considerando el grafico su contenido de humedad optimo es 15,00% , 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: 19/09/2016

REVISADO: Ing. Mg. Lorena Pérez

DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA: SM(Arena Limosa)

UBICACIÓN: Santa Rosa-Ambato- Tungurahua

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 (%):	15,00

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	19946	19950	19191	19205	19285	19288
Peso Molde	15654	15654	15062	15062	15409	15409
P. Humedo	4292	4296	4129	4143	3876	3879
Volumen Muestra	2331,27	2331,27	2299,63	2299,63	2286,38	2286,38
Densidad Humedad	1,841	1,843	1,796	1,802	1,695	1,697
Densidad Seca	1,564	1,565	1,528	1,533	1,443	1,444
Den. Seca Prom.	1,564		1,530		1,443	

CONTENIDO DE HUMEDAD

Recipiente Nº	39	40	1A	3	49	2A	5	9	3A
P. Hum. + Recipiente	134,2	141,9		126,5	121,2		135,4	119,9	
P. Seco + Recipiente	118,1	124,1		111,3	107,1		119,1	105,3	
Peso Recipiente	27,9	23,2		24,4	26,8		24,9	22,7	
Peso Agua	16,1	17,8		15,2	14,1		16,3	14,6	
Peso de Sólidos	90,2	100,9		86,9	80,3		94,2	82,6	
Contenido Humedad %	17,85	17,64		17,49	17,56		17,30	17,68	
Con. Hum. Prom. %	17,75			17,53			17,49		



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

FECHA: 21/09/2016

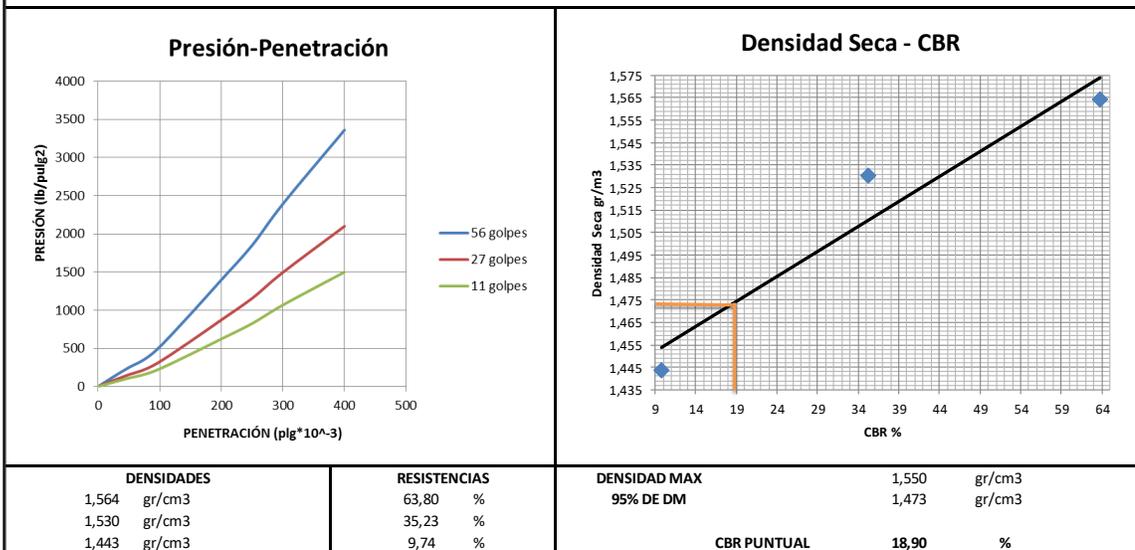
ENSAYADO: Edwin Santiago Cañar
REVISADO: Ing. Mg. Lorena Pérez
UBICACIÓN: Santa Rosa-Ambato- Tungurahua

ENSAYO C.B.R.

ENSAYO DE CARGA - PENETRACIÓN

Máquina de Compresión Simple (CONTROLS)					AREA DEL PISTÓN = 3 plg2	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	plg *10-3	lb	Leida	Corregida	lb		Leida	Corregida	lb		Leida	Corregida		
					lb/pulg2		%	lb/pulg2		%	lb/pulg2		%			
0	30	0,64	25	787	262,3			354		118,0		98		32,6		
1	0	1,27	50	1226	408,7			593		197,7		136		45,2		
1	30	1,91	75	1600	533,3			854		284,7		226		75,4		
2	0	2,54	100	1914	638,0	638,00	63,80	1057	352,3	352,33	35,23	292	97,4	97,43	9,74	
3	0	3,81	150	2509	836,3			1313		437,6		487		162,2		
4	0	5,08	200	3113	1037,7			1626		542,1		651		217,1		
5	0	6,35	250	3702	1234,0			2006		668,8		792		263,8		
6	0	7,62	300	4170	1390,0			2305		768,2		851		283,7		
8	0	10,16	400	4896	1632,0			2854		951,3		989		329,8		
10	0	12,70	500	5194	1731,3			3272		1090,8		1252		417,4		
CBR Corregido					63,80			35,23			9,74					

GRÁFICOS ENSAYO C.B.R.



OBSERVACIONES: SUELO ARENOSO COMBINADO CON 23% DE CENIZA DE CARBÓN

CUMPLE con las especificaciones correspondientes y es considerado como una sub-rasante buena ya que esta en el rango con un CBR de 11-19%



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:** 29/08/2016
REVISADO: Ing. Mg. Lorena Pérez **DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA:** SM(Arena Limosa)

ENSAYO DE COMPACTACIÓN PROCTOR MODIFICADO

ESPECIFICACIONES

Número de Golpes	56	Altura de Caída	18"	Peso del Molde	15611	gr
Número de Capas	5	Peso del Martillo	10 lb	Volumen del Molde	2331,26	cm ³
Energía de Compactación		Normas:	AASHTO T-180			
Peso Inicial Deseado	6000		6000		6000	

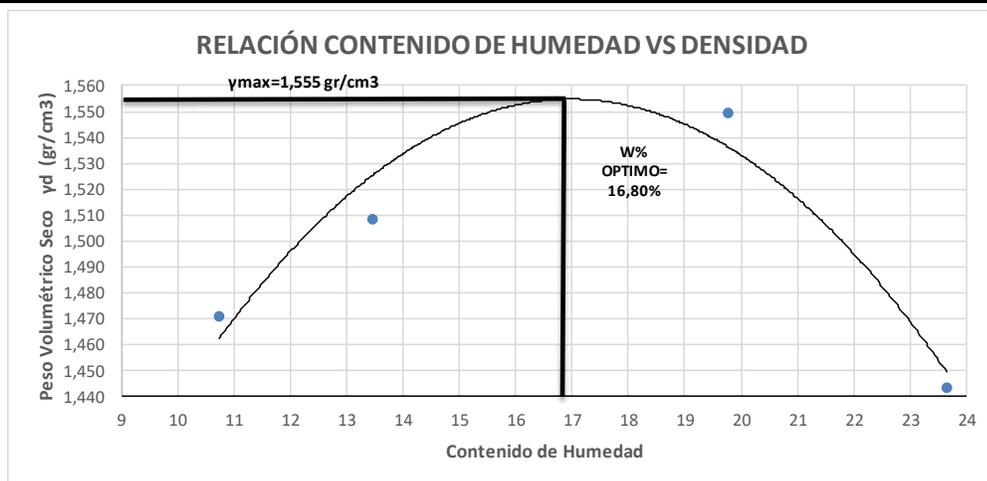
1. PROCESO DE COMPACTACIÓN

Ensayo Numero	1	2	3	4
Humedad inicial añadida en %	6	12	18	24
P. molde+Suelo húmedo (gr)	19409	19602	19938	19773
Peso suelo humedo Wm (gr)	3798	3991	4327	4162
Peso unitario humedo γ_m (gr/cm ³)	1,629	1,712	1,856	1,785

2. DETERMINACIÓN DE CONTENIDOS DE HUMEDAD

Recipiente numero	1	3	6	15	18	23	25	30
Peso del recipiente W _r	26,8	26,9	23,4	25,8	25,2	26,3	24,8	24,2
Rec+suelo humedo W _r +W _m	111	111	111,9	110,4	112,3	112,4	114,7	114,2
Rec+suelo seco W _s + W _m	102,9	102,8	102,1	99,7	97,8	98,3	97,3	97,2
Peso solidos W _s	76,1	75,9	78,7	73,9	72,6	72	72,5	73
Peso del agua W _w	8,1	8,2	9,8	10,7	14,5	14,1	17,4	17
Cont. Humedad $\omega\%$	10,64	10,80	12,45	14,48	19,97	19,58	24,00	23,29
Cont. Humedad promedio $\omega\%$	10,72		13,47		19,78		23,64	
Peso Volumétrico Seco γ_d (gr/cm ³)	1,471		1,509		1,550		1,444	

3. DETERMINACIÓN GRÁFICA DE LA DENSIDAD MÁXIMA Y HUMEDAD ÓPTIMA



4. DESCRIPCIÓN DEL ENSAYO

La densidad máxima alcanzada según el ensayo realizado corresponde a **1,555 gr/cm³**, y considerando el grafico su contenido de humedad optimo es **16,80%**, 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 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:** 20/09/2016
REVISADO: Ing. Mg. Lorena Pérez **DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA:** SM(Arena Limosa)
UBICACIÓN: Santa Rosa-Ambato- Tungurahua

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 (%):	16,80

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	20080	20091	19225	19238	19491	19510
Peso Molde	15654	15654	15062	15062	15509	15509
P. Humedo	4426	4437	4163	4176	3982	4001
Volumen Muestra	2331,27	2331,27	2299,63	2299,63	2286,38	2286,38
Densidad Humedad	1,899	1,903	1,810	1,816	1,742	1,750
Densidad Seca	1,589	1,593	1,525	1,530	1,460	1,467
Den. Seca Prom.	1,591		1,527		1,463	

CONTENIDO DE HUMEDAD

Recipiente N°	6	10	1A	29	30	2A	35	41	3A
P. Hum. + Recipiente	124	133,1		137,6	138,9		138,1	135,6	
P. Seco + Recipiente	107,8	114,9		119,3	121,1		119,9	117,4	
Peso Recipiente	24,2	21,9		23,8	23,6		25	23,6	
Peso Agua	16,2	18,2		18,3	17,8		18,2	18,2	
Peso de Sólidos	83,6	93		95,5	97,5		94,9	93,8	
Contenido Humedad %	19,38	19,57		19,16	18,26		19,18	19,40	
Con. Hum. Prom. %	19,47			18,71			19,29		



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

FECHA: 22/09/2016

ENSAYADO: Edwin Santiago Cañar
REVISADO: Ing. Mg. Lorena Pérez
UBICACIÓN: Santa Rosa-Ambato- Tungurahua

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	plg *10 ⁻³	lb	Leida	Corregida		lb	Leida	Corregida		lb	Leida	Corregida	
					lb/pulg ²		%		lb/pulg ²		%		lb/pulg ²		%
0	30	0,64	25	627	208,9			329	109,6			165	55,1		
1	0	1,27	50	1177	392,3			620	206,6			259	86,2		
1	30	1,91	75	1624	541,3			917	305,6			340	113,3		
2	0	2,54	100	2037	678,9	678,93	67,89	1173	390,9	390,90	39,09	393	130,8	130,83	13,08
3	0	3,81	150	2667	889,1			1646	548,6			660	219,9		
4	0	5,08	200	3183	1061,0			2064	687,9			895	298,4		
5	0	6,35	250	3793	1264,4			2506	835,4			1097	365,7		
6	0	7,62	300	4364	1454,5			2939	979,6			1203	400,9		
8	0	10,16	400	4794	1597,9			3584	1194,6			1381	460,2		
10	0	12,70	500	5260	1753,3			3873	1291,1			1574	524,8		
CBR Corregido							67,89				39,09				13,08

GRÁFICOS ENSAYO C.B.R.

Presión-Penetración

Densidad Seca - CBR

DENSIDADES		RESISTENCIAS		DENSIDAD MAX		95% DE DM		CBR PUNTUAL	
1,591	gr/cm ³	67,89	%	1,555	gr/cm ³	1,477	gr/cm ³	18,90	%
1,527	gr/cm ³	39,09	%						
1,463	gr/cm ³	13,08	%						

OBSERVACIONES: SUELO ARENOSO COMBINADO CON 23% DE CENIZA DE CARBÓN

CUMPLE con las especificaciones correspondientes y es considerado como una sub-rasante buena ya que esta en el rango con un CBR de 11-19%



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:** 29/08/2016

REVISADO: Ing. Mg. Lorena Pérez **DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA:** SM(Arena Limosa)

UBICACIÓN: Santa Rosa-Ambato- Tungurahua

ENSAYO DE COMPACTACIÓN PROCTOR MODIFICADO

ESPECIFICACIONES

Número de Golpes	56	Altura de Caída	18"	Peso del Molde	15611	gr
Número de Capas	5	Peso del Martillo	10 lb	Volumen del Molde	2331,26	cm ³
Energía de Compactación		Normas:	AASHTO T-180			
Peso Inicial Deseado	6000		6000		6000	

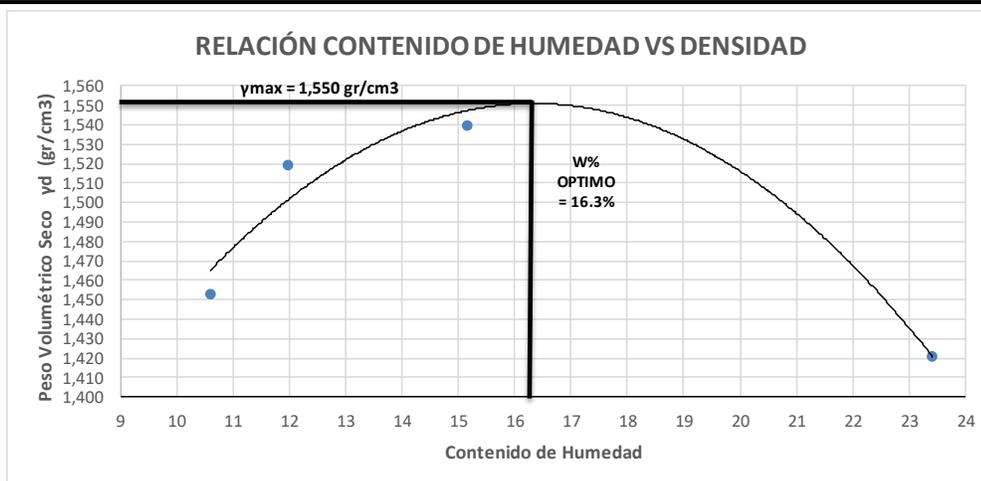
1. PROCESO DE COMPACTACIÓN

Ensayo Numero	1	2	3	4
Humedad inicial añadida en %	6	12	18	24
P. molde+Suelo húmedo (gr)	19359	19578	19745	19701
Peso suelo humedo Wm (gr)	3748	3967	4134	4090
Peso unitario humedo γ_m (gr/cm ³)	1,608	1,702	1,773	1,754

2. DETERMINACIÓN DE CONTENIDOS DE HUMEDAD

Recipiente numero	1	6	8	15	32	33	43	50
Peso del recipiente Wr	23,4	26,8	26,9	25,2	25,8	26,3	24,8	24,2
Rec+suelo humedo Wr+Wm	112,5	115,1	113,1	112,2	110,5	111,7	113,4	113,7
Rec+suelo seco Ws + Wm	103,5	107,1	103,9	102,9	99,9	99,9	96,8	96,5
Peso solidos Ws	80,1	80,3	77	77,7	74,1	73,6	72	72,3
Peso del agua Ww	9	8	9,2	9,3	10,6	11,8	16,6	17,2
Cont. Humedad $\omega\%$	11,24	9,96	11,95	11,97	14,30	16,03	23,06	23,79
Cont. Humedad promedio $\omega\%$	10,60		11,96		15,17		23,42	
Peso Volumétrico Seco γ_d (gr/cm ³)	1,454		1,520		1,540		1,421	

3. DETERMINACIÓN GRÁFICA DE LA DENSIDAD MÁXIMA Y HUMEDAD ÓPTIMA



4. DESCRIPCIÓN DEL ENSAYO

La densidad máxima alcanzada según el ensayo realizado corresponde a **1,550 gr/cm³**, y considerando el grafico su contenido de humedad optimo es **16,30%**, los valores pueden variar al momento de apreciar la gráfica, por tal motivo los valores a seleccionar se podría escoger entre un rango del 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:** 21/09/2016
REVISADO: Ing. Mg. Lorena Pérez **DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA** SM(Arena Limosa)
UBICACIÓN: Santa Rosa-Ambato- Tungurahua

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 (%)	16,80

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	19896	19898	19109	19120	19613	19623
Peso Molde	15654	15654	15062	15062	15649	15649
P. Humedo	4242	4244	4047	4058	3964	3974
Volumen Muestra	2331,27	2331,27	2299,63	2299,63	2286,38	2286,38
Densidad Humedad	1,820	1,820	1,760	1,765	1,734	1,738
Densidad Seca	1,541	1,542	1,486	1,490	1,459	1,463
Den. Seca Prom.	1,541		1,488		1,461	

CONTENIDO DE HUMEDAD

Recipiente N°	3	5	1A	6	9	2A	35	40	3A
P. Hum. + Recipiente	127,3	128,4		135,2	133,7		134,6	130,8	
P. Seco + Recipiente	111,5	112,6		117,9	116,5		117,7	113,8	
Peso Recipiente	24,4	24,9		24,2	22,7		27,9	23,2	
Peso Agua	15,8	15,8		17,3	17,2		16,9	17	
Peso de Sólidos	87,1	87,7		93,7	93,8		89,8	90,6	
Contenido Humedad %	18,14	18,02		18,46	18,34		18,82	18,76	
Con. Hum. Prom. %	18,08			18,40			18,79		



PROYECTO:

UNIVERSIDAD TECNICA DE AMBATO
FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL Y MECANICA
 Análisis comparativo de la resistencia al corte y la estabilización de suelos arenosos finos y arcillosos combinados con cenizas de carbón



FECHA:

23/09/2016

ENSAYADO: Edwin Santiago Cañar

REVISADO: Ing. Mg. Lorena Pérez

UBICACIÓN: Santa Rosa-Ambato- Tungurahua

ENSAYO C.B.R.

ENSAYO DE CARGA - PENETRACIÓN

Máquina de Compresión Simple (CONTROLS)					AREA DEL PISTÓN = 3 plg2		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	plg *10-3	lb	lb/pulg2	Leida	Corregida	lb		lb/pulg2	Leida	Corregida	lb		lb/pulg2	Leida	Corregida	%			
0	30	0,64	25	520	173,2			0	0,0			0	0,0			265	88,4				
1	0	1,27	50	1068	355,9			1020	339,9			459	152,9			590	196,6				
1	30	1,91	75	1624	541,3			1417	472,3			590	196,6			304	101,2	101,17	10,12		
2	0	2,54	100	2130	709,9	709,93	70,99	938	312,5	312,50	31,25	304	101,2			860	286,6				
3	0	3,81	150	2867	955,7			2246	748,6			860	286,6			995	331,7				
4	0	5,08	200	3581	1193,7			2664	887,9			995	331,7			1097	365,7				
5	0	6,35	250	4093	1364,4			3006	1002,0			1203	400,9			1381	460,2				
6	0	7,62	300	4565	1521,5			3339	1112,9			1574	524,8								
8	0	10,16	400	5196	1731,9			3984	1328,0												
10	0	12,70	500	5860	1953,3			4473	1491,1												
CBR Corregido								70,99								31,25				10,12	

GRÁFICOS ENSAYO C.B.R.

Presión-Penetración

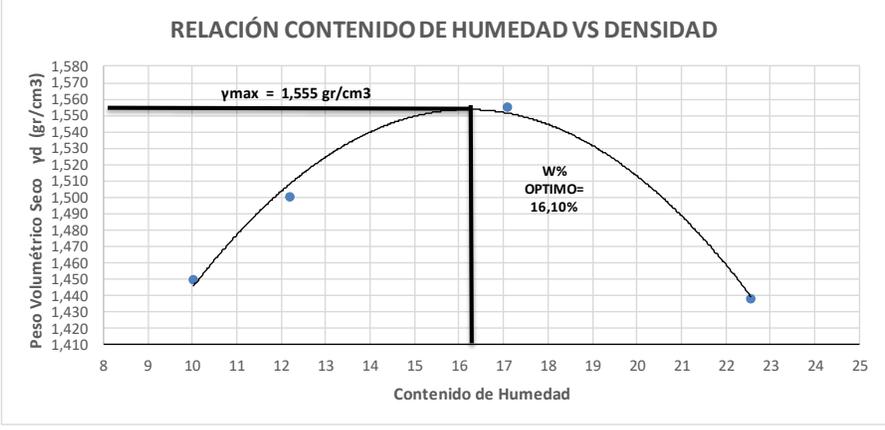
Densidad Seca - CBR

DENSIDADES		RESISTENCIAS		DENSIDAD MAX		95% DE DM		CBR PUNTUAL	
1,541	gr/cm3	70,99	%	1,551	gr/cm3	1,473	gr/cm3	19,10	%
1,488	gr/cm3	31,25	%						
1,461	gr/cm3	10,12	%						

OBSERVACIONES: SUELO ARENOSO COMBINADO CON 23% DE CENIZA DE CARBÓN

CUMPLE con las especificaciones correspondientes y es considerado como una sub-rasante buena ya que esta en el rango con un CBR de 11-19%

ESTABILIZACIÓN DEL SUELO ARENA LIMOSA CON 25% DE CENIZA DE CARBÓN.

 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:	30/08/2016
REVISADO:	Ing. Mg. Lorena Pérez	DESCRIPCIÓN DE	SM(Arena Limosa)
UBICACIÓN:	Santa Rosa-Ambato- Tungurahua	LA MUESTRA	
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
1. PROCESO DE COMPACTACIÓN			
Ensayo Numero	1	2	3
Humedad inicial añadida en %	6	12	18
P. molde+Suelo húmedo (gr)	19330	19535	19858
Peso suelo húmedo Wm (gr)	3719	3924	4247
Peso unitario húmedo γ_m (gr/cm ³)	1,595	1,683	1,822
			1,763
2. DETERMINACIÓN DE CONTENIDOS DE HUMEDAD			
Recipiente numero	26	30	22
Peso del recipiente W _r	24	24,6	26,3
Rec+suelo húmedo W _r +W _m	111,9	111,3	110,3
Rec+suelo seco W _s + W _m	103,9	103,4	101,1
Peso solidos W _s	79,9	78,8	74,8
Peso del agua W _w	8	7,9	9,2
Cont. Humedad $\omega\%$	10,01	10,03	12,30
			12,07
			17,15
			17,04
			22,71
			22,41
Cont. Humedad promedio $\omega\%$	10,02		12,19
			17,09
			22,56
Peso Volumétrico Seco γ_d (gr/cm ³)	1,450		1,500
			1,556
			1,438
3. DETERMINACIÓN GRÁFICA DE LA DENSIDAD MÁXIMA Y HUMEDAD ÓPTIMA			
			
4. DESCRIPCIÓN DEL ENSAYO			
La densidad máxima alcanzada según el ensayo realizado corresponde a 1,555 gr/cm³ , y considerando el grafico su contenido de humedad optimo es 16,10% , los valores pueden variar al momento de apreciar la gráfica, por tal motivo los valores a seleccionar se podría es coger 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: FECHA: 26/09/2016
ENSAYADO: Edwin Santiago Cañar Tiviano DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA: SM(Arena Limosa)
REVISADO: Ing. Mg. Lorena Pérez
UBICACIÓN: Santa Rosa-Ambato- Tungurahua

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 (%):	16,10

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	19890	19899	19122	19136	19484	19492
Peso Molde	15654	15654	15062	15062	15509	15509
P. Humedo	4236	4245	4060	4074	3975	3983
Volumen Muestra	2331,27	2331,27	2299,63	2299,63	2286,38	2286,38
Densidad Humedad	1,817	1,821	1,765	1,772	1,739	1,742
Densidad Seca	1,539	1,542	1,492	1,497	1,465	1,468
Den. Seca Prom.	1,540		1,494		1,466	

CONTENIDO DE HUMEDAD

Recipiente N°	10	2	1A	8	22	2A	29	41	3A
P. Hum. + Recipiente	123,4	131,5		132,5	145		139,4	117,5	
P. Seco + Recipiente	108	115,2		115,8	126,6		121,4	102,8	
Peso Recipiente	22,9	25,2		24,8	26,3		24,8	24,5	
Peso Agua	15,4	16,3		16,7	18,4		18	14,7	
Peso de Sólidos	85,1	90		91	100,3		96,6	78,3	
Contenido Humedad %	18,10	18,11		18,35	18,34		18,63	18,77	
Con. Hum. Prom. %	18,10			18,35			18,70		



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

FECHA: 28/09/2016

ENSAYADO: Edwin Santiago Cañar

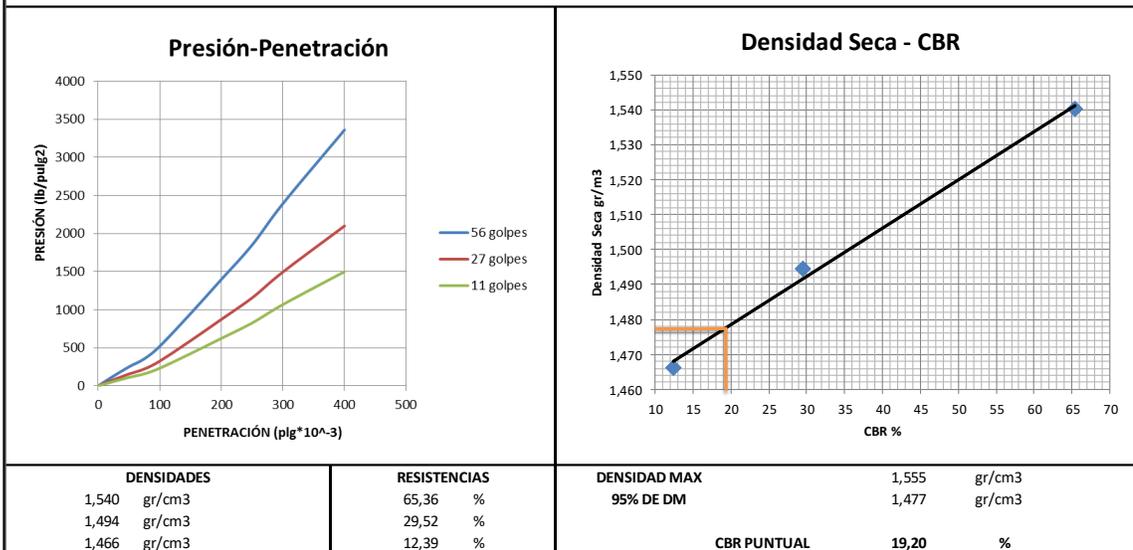
REVISADO: Ing. Mg. Lorena Pérez

ENSAYO C.B.R.

ENSAYO DE CARGA - PENETRACIÓN

Máquina de Compresión Simple (CONTROLS)					AREA DEL PISTÓN = 3 plg2	NORMA: ASTM D-1883	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
Min.	Seg.	mm	plg *10^-3	lb	Leida	Corregida			Leida	Corregida			Leida	Corregida	
					lb/pulg2		%	lb	lb/pulg2		%	lb	lb/pulg2		%
0	30	0,64	25	489	162,9			234	77,8			76	25,3		
1	0	1,27	50	873	291,1			379	126,2			145	48,4		
1	30	1,91	75	1173	391,1			562	187,2			279	92,9		
2	0	2,54	100	1961	653,6	653,63	65,36	886	295,2	295,20	29,52	372	123,9	123,93	12,39
3	0	3,81	150	2246	748,5			1104	368,0			754	251,4		
4	0	5,08	200	2862	954,0			1384	461,3			915	304,9		
5	0	6,35	250	3593	1197,8			1828	609,5			1049	349,6		
6	0	7,62	300	4140	1379,8			2112	704,0			1187	395,8		
8	0	10,16	400	5804	1934,5			2920	973,3			1328	442,6		
10	0	12,70	500	6499	2166,4			3985	1328,4			1553	517,8		
CBR Corregido							65,36				29,52				12,39

GRÁFICOS ENSAYO C.B.R.



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

CUMPLE con las especificaciones correspondientes y es considerado como una sub-rasante buena ya que esta en el rango con un CBR de 11-19%



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:** 30/09/2016

REVISADO: Ing. Mg. Lorena Pérez **DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA:** SM(Arena Limosa)

UBICACIÓN: Santa Rosa-Ambato- Tungurahua

ENSAYO DE COMPACTACIÓN PROCTOR MODIFICADO

ESPECIFICACIONES

Número de Golpes	56	Altura de Caída	18"	Peso del Molde	15611	gr
Número de Capas	5	Peso del Martillo	10 lb	Volumen del Molde	2331,26	cm ³
Energía de Compactación		Normas: AASHTO	T-180			
Peso Inicial Deseado	6000	6000	6000	6000	6000	

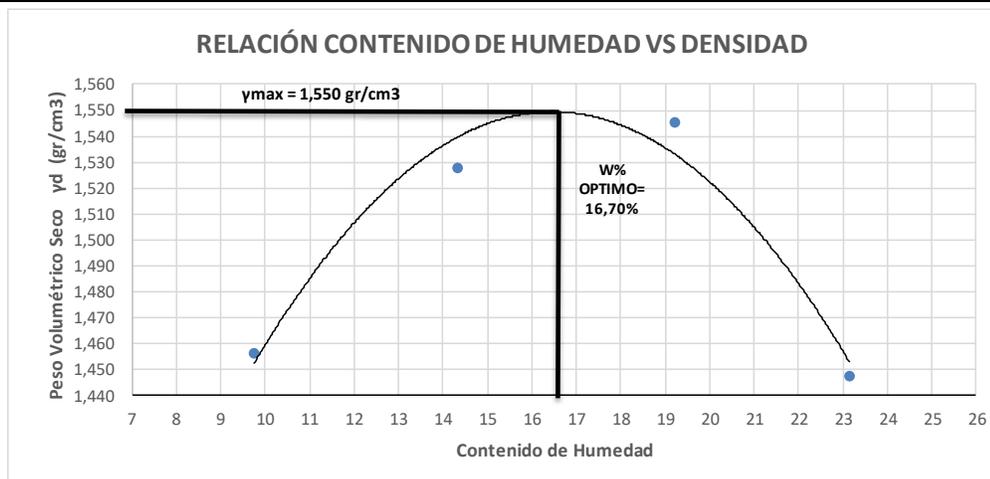
1. PROCESO DE COMPACTACIÓN

Ensayo Numero	1	2	3	4
Humedad inicial añadida en %	6	12	18	24
P. molde+Suelo húmedo (gr)	19338	19683	19907	19768
Peso suelo humedo Wm (gr)	3727	4072	4296	4157
Peso unitario humedo γm (gr/cm ³)	1,599	1,747	1,843	1,783

2. DETERMINACIÓN DE CONTENIDOS DE HUMEDAD

Recipiente numero	22	25	10	27	29	39	2	9
Peso del recipiente Wr	26,5	25,7	22,8	23,8	24,8	27,7	25,2	23
Rec+suelo humedo Wr+Wm	109,7	109	112,9	113,3	111,4	108,6	111,3	112
Rec+suelo seco Ws + Wm	102,1	101,8	101,7	102	97,4	95,6	94,9	95,5
Peso solidos Ws	75,6	76,1	78,9	78,2	72,6	67,9	69,7	72,5
Peso del agua Ww	7,6	7,2	11,2	11,3	14	13	16,4	16,5
Cont. Humedad ω%	10,05	9,46	14,20	14,45	19,28	19,15	23,53	22,76
Cont. Humedad promedio ω%	9,76		14,32		19,21		23,14	
Peso Volumétrico Seco γd (gr/cm ³)	1,457		1,528		1,546		1,448	

3. DETERMINACIÓN GRÁFICA DE LA DENSIDAD MÁXIMA Y HUMEDAD ÓPTIMA



4. DESCRIPCIÓN DEL ENSAYO

La densidad máxima alcanzada según el ensayo realizado corresponde a **1,550 gr/cm³**, y considerando el grafico su contenido de humedad optimo es **16,70%**, 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:

27/09/2016

REVISADO:

Ing. Mg. Lorena Pérez

DESCRIPCIÓN DE

SM(Arena Limosa)

UBICACIÓN:

Santa Rosa-Ambato- Tungurahua

LA MUESTRA

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 (%)	16,70

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	19861	19876	19111	19126	19442	19450
Peso Molde	15654	15654	15062	15062	15509	15509
P. Humedo	4207	4222	4049	4064	3933	3941
Volumen Muestra	2331,27	2331,27	2299,63	2299,63	2286,38	2286,38
Densidad Humedad	1,805	1,811	1,761	1,767	1,720	1,724
Densidad Seca	1,538	1,544	1,502	1,507	1,458	1,461
Den. Seca Prom.	1,541		1,504		1,460	

CONTENIDO DE HUMEDAD

Recipiente N°	25	18	1A	17	15	2A	36	8	3A
P. Hum. + Recipiente	158,2	154		171,9	181,5		181,3	155,9	
P. Seco + Recipiente	139,7	135,7		151,1	159,6		158,8	137,1	
Peso Recipiente	32,5	30,4		30,4	32,9		34,5	31,7	
Peso Agua	18,5	18,3		20,8	21,9		22,5	18,8	
Peso de Sólidos	107,2	105,3		120,7	126,7		124,3	105,4	
Contenido Humedad %	17,26	17,38		17,23	17,28		18,10	17,84	
Con. Hum. Prom. %	17,32			17,26			17,97		



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

FECHA: 29/09/2016

ENSAYADO: Edwin Santiago Cañar

REVISADO: Ing. Mg. Lorena Pérez

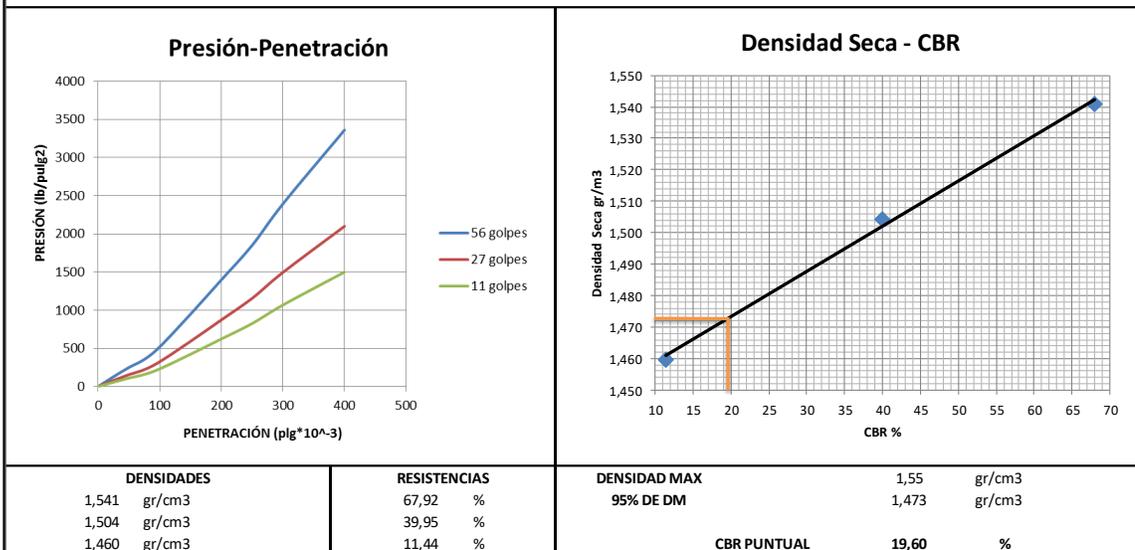
UBICACIÓN: Santa Rosa-Ambato- Tungurahua

ENSAYO C.B.R.

ENSAYO DE CARGA - PENETRACIÓN

Máquina de Compresión Simple (CONTROLS)					AREA DEL PISTÓN = 3 plg2	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	plg *10-3	lb	Leida	Corregida	%	lb	Leida	Corregida	%	lb	Leida	Corregida	%	
0	30	0,64	25	630	209,9			318	106,1			79	26,4			
1	0	1,27	50	1253	417,7			669	222,9			206	68,5			
1	30	1,91	75	1640	546,5			960	320,1			291	96,9			
2	0	2,54	100	2038	679,2	679,23	67,92	1198	399,5	399,47	39,95	343	114,43	114,43	11,44	
3	0	3,81	150	2956	985,4			1663	554,5			530	176,6			
4	0	5,08	200	3778	1259,4			1949	649,6			724	241,4			
5	0	6,35	250	4358	1452,8			2184	727,9			939	313,1			
6	0	7,62	300	4804	1601,3			2438	812,6			1091	363,7			
8	0	10,16	400	5531	1843,6			2901	967,0			1406	468,6			
10	0	12,70	500	6036	2012,1			3327	1108,9			1523	507,6			
CBR Corregido							67,92					39,95			11,44	

GRÁFICOS ENSAYO C.B.R.



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

CUMPLE con las especificaciones correspondientes y es considerado como una sub-rasante buena ya que esta en el rango con un CBR de 11-19%



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:** 30/09/2016

REVISADO: Ing. Mg. Lorena Pérez **DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA:** SM(Arena Limosa)

UBICACIÓN: Santa Rosa-Ambato- Tungurahua

ENSAYO DE COMPACTACIÓN PROCTOR MODIFICADO

ESPECIFICACIONES

Número de Golpes	56	Altura de Caída	18"	Peso del Molde	15611	gr
Número de Capas	5	Peso del Martillo	10 lb	Volumen del Molde	2331,27	cm ³
Energía de Compactación		Normas:	AASHTO T-180			
Peso Inicial Deseado	6000		6000		6000	6000

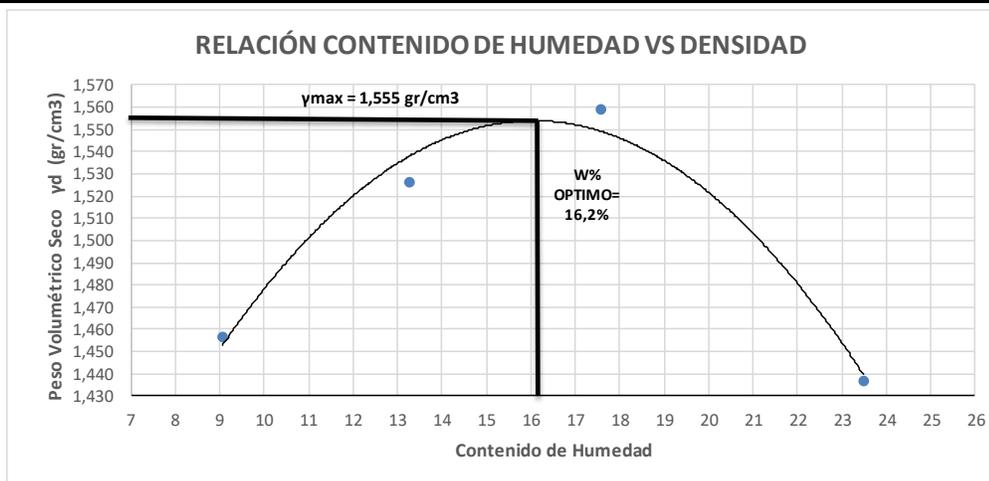
1. PROCESO DE COMPACTACIÓN

Ensayo Numero	1	2	3	4
Humedad inicial añadida en %	6	12	18	24
P. molde+Suelo húmedo (gr)	19315	19642	19885	19748
Peso suelo humedo Wm (gr)	3704	4031	4274	4137
Peso unitario humedo γm (gr/cm ³)	1,589	1,729	1,833	1,775

2. DETERMINACIÓN DE CONTENIDOS DE HUMEDAD

Recipiente numero	2	7	9	10	11	13	16	22
Peso del recipiente Wr	25,2	26,7	23	22,8	26,7	25,2	26,3	26,3
Rec+suelo humedo Wr+Wm	110,5	111,2	115,6	114,4	110,7	111,1	110,2	110,7
Rec+suelo seco Ws + Wm	103,4	104,2	104,5	103,9	98,1	98,3	94	94,9
Peso solidos Ws	78,2	77,5	81,5	81,1	71,4	73,1	67,7	68,6
Peso del agua Ww	7,1	7	11,1	10,5	12,6	12,8	16,2	15,8
Cont. Humedad ω%	9,08	9,03	13,62	12,95	17,65	17,51	23,93	23,03
Cont. Humedad promedio ω%	9,06		13,28		17,58		23,48	
Peso Volumétrico Seco γd (gr/cm ³)	1,457		1,526		1,559		1,437	

3. DETERMINACIÓN GRÁFICA DE LA DENSIDAD MÁXIMA Y HUMEDAD ÓPTIMA



4. DESCRIPCIÓN DEL ENSAYO

La densidad máxima alcanzada según el ensayo realizado corresponde a **1,555 gr/cm³**, y considerando el grafico su contenido de humedad optimo es **16,20%**, 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
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:** 28/09/2016
REVISADO: Ing. Mg. Lorena Pérez **DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA:** SM(Arena Limosa)
UBICACIÓN: Santa Rosa-Ambato- Tungurahua

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 (%)	16,20

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	20081	20093	19210	19222	19449	19461
Peso Molde	15661	15661	15065	15065	15509	15509
P. Humedo	4420	4432	4145	4157	3940	3952
Volumen Muestra	2331,27	2331,27	2299,63	2299,63	2286,38	2286,38
Densidad Humedad	1,896	1,901	1,802	1,808	1,723	1,728
Densidad Seca	1,605	1,609	1,523	1,527	1,453	1,458
Den. Seca Prom.	1,607		1,525		1,455	

CONTENIDO DE HUMEDAD

Recipiente N°	8	15	1A	17	18	2A	25	36	3A
P. Hum. + Recipiente	144,5	148,7		152,7	157,6		138,6	137,1	
P. Seco + Recipiente	127,2	130,9		133,8	137,8		121,9	121,1	
Peso Recipiente	31,7	32,9		30,4	30,4		32,5	34,5	
Peso Agua	17,3	17,8		18,9	19,8		16,7	16	
Peso de Sólidos	95,5	98		103,4	107,4		89,4	86,6	
Contenido Humedad %	18,12	18,16		18,28	18,44		18,68	18,48	
Con. Hum. Prom. %	18,14			18,36			18,58		



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

FECHA: 30/09/2016

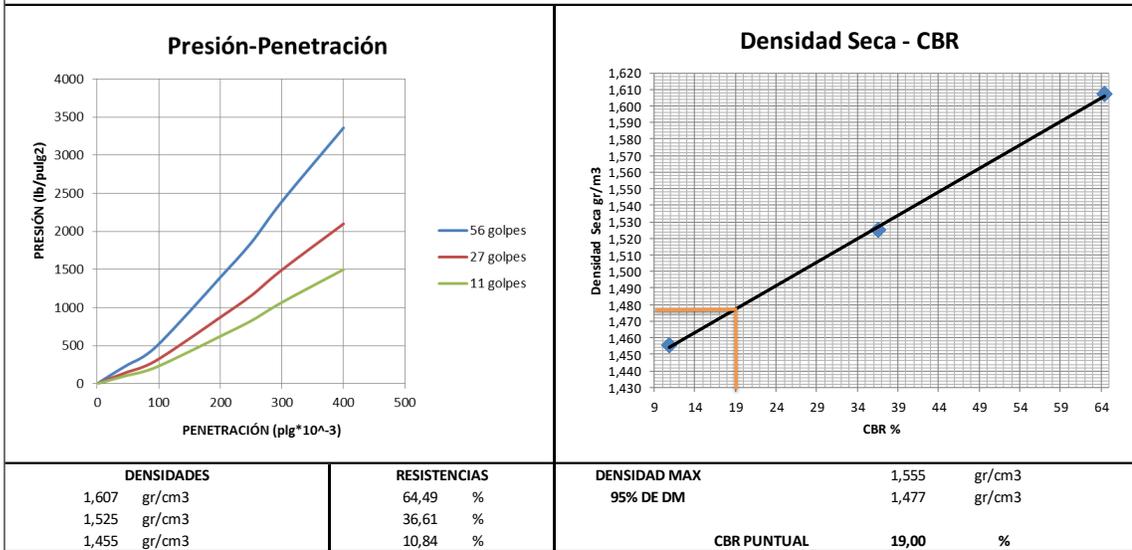
ENSAYADO: Edwin Santiago Cañar
REVISADO: Ing. Mg. Lorena Pérez
UBICACIÓN: Santa Rosa-Ambato- Tungurahua

ENSAYO C.B.R.

ENSAYO DE CARGA - PENETRACIÓN

Máquina de Compresión Simple (CONTROLS)				AREA DEL PISTÓN = 3 plg2		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	plg *10^-3		Leida	Corregida			Leida	Corregida			Leida	Corregida	
				lb	lb/pulg2	%	lb	lb/pulg2	%	lb	lb/pulg2	%			
0	30	0,64	25	508	169,2		298,4	99,5		109,3	36,4				
1	0	1,27	50	997	332,4		598,8	199,6		205,6	68,5				
1	30	1,91	75	1440	479,9		860,3	286,8		290,6	96,9				
2	0	2,54	100	1935	644,9	64,49	1098,4	366,1	36,61	325,3	108,4	108,43	10,84		
3	0	3,81	150	2781	927,1		1537,4	512,5		534,8	178,3				
4	0	5,08	200	3545	1181,7		1900,8	633,6		754	251,3				
5	0	6,35	250	4258	1419,4		2174,6	724,9		889	296,3				
6	0	7,62	300	4799	1599,7		2447,9	816,0		1043	347,7				
8	0	10,16	400	5846	1948,6		2901,1	967,0		1354	451,3				
10	0	12,70	500	6847	2282,4		3341,8	1113,9		1548	516,0				
CBR Corregido						64,49				36,61					10,84

GRÁFICOS ENSAYO C.B.R.



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

CUMPLE con las especificaciones correspondientes y es considerado como una sub-rasante buena ya que esta en el rango con un CBR de 11-19%

ENSAYOS PARA LA CLASIFICACIÓN DE SUELOS Y LA DETERMINACIÓN DEL CBR DE SUELOS ARCILLOSOS DE ALTA PLASTICIDAD DE TIPO CH

Descripción: Suelo Arcilloso

Clasificación según el SUCS: CH – Arcilla de alta plasticidad

Ubicación:

Provincia: Pastaza

Cantón: Puyo

Dirección: Via Puyo-Tena

Ubicación Geo referencial: 1.498608 - 78023042



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:** 22-ago-16

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

UBICACIÓN: Vía Puyo-Tena -Prov. Pastaza

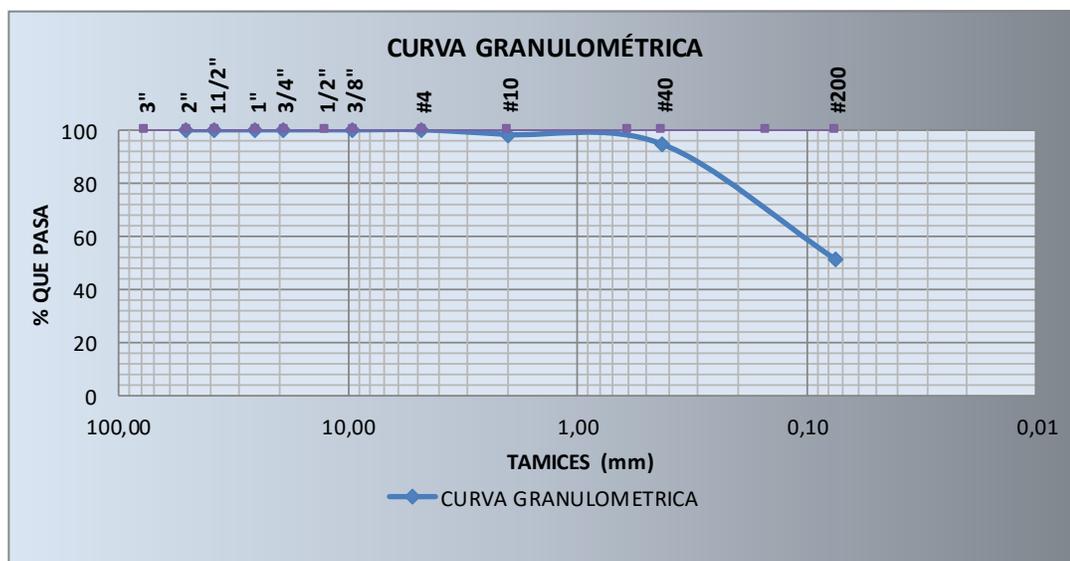
GRANULOMETRÍA DE LA ARCILLA DE ALTA PLASTICIDAD

ENSAYO PARA DETERMINAR LA GRANULOMETRÍA DE LOS SUELOS

TAMIZ #	mm	PESO RET/ACUM. (gr)	% RETENIDO	% QUE PASA	BASE CLASE II
2"	50,80	0,00	0,00	100,00	100
1 1/2"	38,10	0,00	0,00	100,00	100
1"	25,40	0,00	0,00	100,00	70-100
3/4"	19,05	0,00	0,00	100,00	60-90
3/8"	9,53	0,00	0,00	100,00	45-75
#4	4,76	0,00	0,00	100,00	30-60
PASA #4		900,00	100,00		
#10	2,00	15,60	1,73	98,27	20-50
#40	0,43	47,30	5,26	94,74	10-25
#200	0,075	436,40	48,49	51,51	2-12
PASA #200		463,60	51,51		
TOTAL		900,00			
Peso cuarteo (gr)			900,00		

OBSERVACIONES: **NORMA:** ASTM: D421-58

CUMPLE con las especificaciones de acuerdo al SUCS **AASHTO:** T-87-70





UNIVERSIDAD TECNICA 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

DETERMINACIÓN DE LOS LÍMITES DE PLASTICIDAD DE SUELOS ARCILLOSOS DE ALTA PLASTICIDAD (CH)

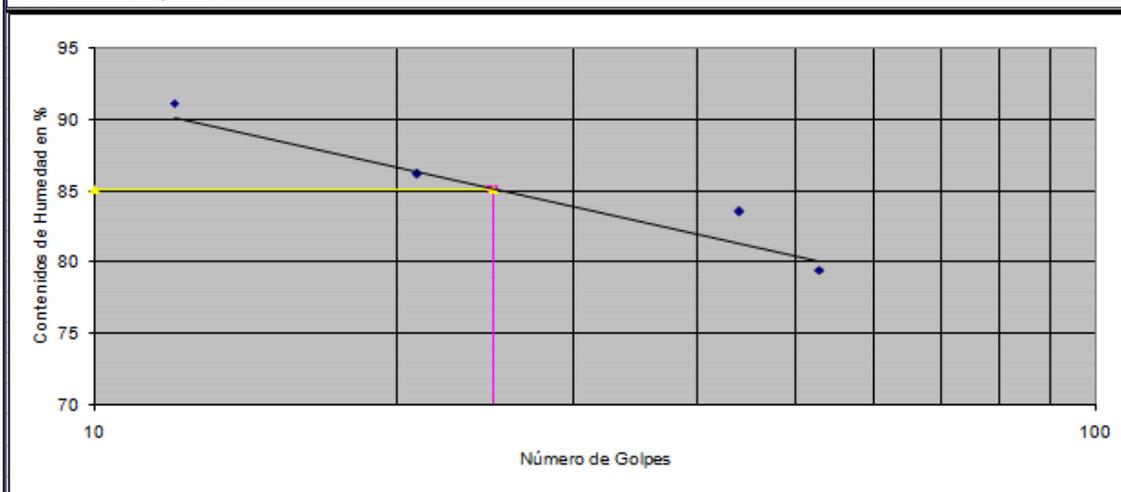
UBICACIÓN: Vía Puyo-Tena -Prov. Pastaza
ENSAYADO POR: Edwin Santiago Cañar Tiviano
REVISADO POR: Ing. Mg. Lorena Pérez

NORMAS: ASTM-D424-59-74
FECHA: 24-ago-16
AASHTO: T-90-70
DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA: Arcilla de alta plasticidad CH

1 Determinación del Límite Líquido del suelo analizado LI%

Recipiente número		6	8	11	16	17	41	45	46
Peso húmedo + recipiente	Wm+rec	24,80	25,10	27,10	28,20	26,00	25,60	33,80	34,30
Peso seco + recipiente	Ws+rec	18,10	18,40	19,70	20,60	19,20	19,20	23,80	24,50
Peso recipiente	rec	10,80	11,00	11,20	11,70	11,10	11,50	11,30	12,10
Peso del agua	Ww	6,70	6,70	7,40	7,60	6,80	6,40	10,00	9,80
Peso de los sólidos	Ws	7,30	7,40	8,50	8,90	8,10	7,70	12,50	12,40
Contenido de humedad	w%	91,78	90,54	87,06	85,39	83,95	83,12	80,00	79,03
Contenido de humedad promedio	w%	91,16		86,23		83,53		79,52	
Número de golpes		12,00		21,00		44,00		53,00	

2 Determinación Gráfica



1 Determinación del Límite Plástico del suelo analizado Lp%

Recipiente número		8	9	18	21	29
Peso húmedo + recipiente	Wm+rec	7,4	7,4	8	7,3	7,2
Peso seco + recipiente	Ws+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	Ww	0,60	0,60	0,60	0,50	0,40
Peso de los sólidos	Ws	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				

LIMITE LIQUIDO LI%	85,15
LIMITE PLASTICO Lp%	65,28
INDICE DE PLASTICIDAD Ip%	19,87
CLASIFICACION AASHTO	
CLASIFICACION SUCS	

SERIES DE NUMERO DE GOLPES			
X1	25	Y1	0
X2	25	Y2	85,15
SERIES DE VARIACION DE HUMEDAD			
X1	10	Y1	85,15
X2	25	Y2	85,15

99

3 DESCRIPCION DEL SUELO ENSAYADO

Realizado por: Edwin Santiago Cañar

Aprobado por: Ing. Mg. Lorena Pérez



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 arenosos finos y arcillosos combinados con cenizas de carbón

UBICACIÓN: Via- Tena Prov. Pastaza **ENSAYADO POR:** Egdo: 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 D854-58; Densidad real: ASTM C-188 / INEN 156

GRAVEDAD ESPECÍFICA DEL SUELO			DENSIDAD REAL DE LA CENIZA		
MUESTRA	1	2	MUESTRA	1	2
PICNÓMETRO	ISO	ISO	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	159,60	Masa del picnómetro + muestra + gasolina	549,60	571,80
PESO DEL RECIPIENTE	259,40	109,60	Masa gasolina añadida	338,50	336,70
PESO DEL SUELO SECO (Ws)	50,00	50,00	Masa picnómetro + 500cc de gasolina	521,70	538,70
PESO DEL PICNÓMETRO + AGUA (Wbw)	657,50	649,40	Masa de 500cc de gasolina	360,60	364,50
PESO DEL PICNÓMETRO + SUELO (Ws + Wbw)	659,10	664,50	Densidad de la gasolina	0,72	0,73
PESO DEL PICNÓMETRO + AGUA + SUELO(sumergido) (Wbws)	623,40	631,50	Masa de la gasolina desalojada por la muestra	22,10	27,80
DESPLAZAMIENTO DEL AGUA (Ws+Wbw-Wbws)	35,70	33,00	Masa de la Ceniza	50,00	60,90
FACTOR DE CORRECCIÓN POR TEMPERATURA (K)	0,998	0,998	Volumen de la gasolina desalojada	30,64	38,13
$G_s = (W_s * K) / (W_s + W_{bw} - W_{bws})$	1,398	1,512	DRC=MC/VG	1,63	1,60
PROMEDIO DE LA GRAVEDAD ESPECÍFICA	1,455		PROMEDIO DE LA GRAVEDAD ESPECÍFICA	1,614	

Descripción	Valor	Unidad
Gs de la arcilla de alta plasticidad	1,455	gr/cm3
Gs del suelo estabilizado con ceniza	1,535	gr/cm3
Gs de la ceniza de carbon	1,614	gr/cm3

OBSERVACIONES:

La gravedad específica de la Arcilla de alta plasticidad es 1,455 gr/cm3 esta en el rango de los límites que va desde 1,440 gr/cm3 - 1,760gr/cm3.



UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS
DETERMINACIÓN DEL CONTENIDO DE HUMEDAD



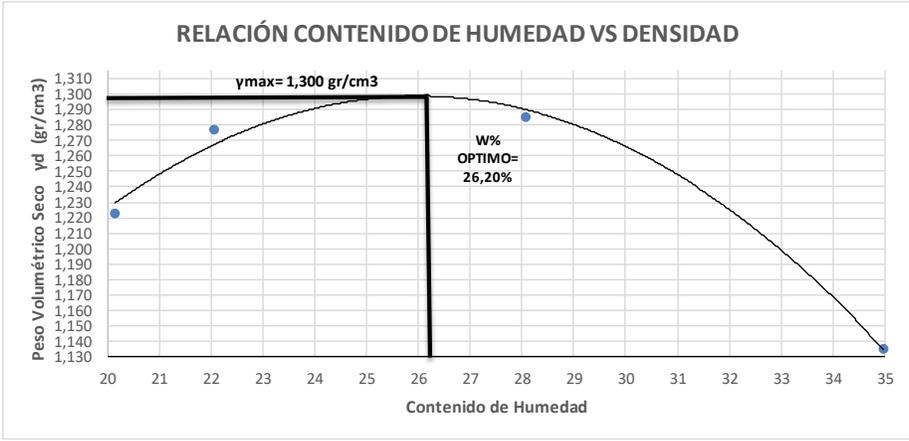
DETERMINACIÓN DEL CONTENIDO DE HUMEDAD SUELO CH

Recipiente #	21	48
Peso suelo húmedo + recipiente Wm+W _r	115,60	120,20
Peso suelo seco + recipiente W _s +W _r	95,20	98,00
Peso del recipiente W _r	25,70	25,80
Peso de Agua W _w	20,40	22,20
Peso muestra seca W _s	69,50	72,20
Contenido de humedad w%=100 W _w /W _s	29,35	30,75
Promedio W%	30,1	

OBSERVACIONES:

El contenido de humedad es 30,1% valor apropiado para una arcilla de alta plasticidad.

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"	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					
Humedad inicial añadida en %	6	12	18					
P. molde+Suelo húmedo (gr)	18893	19101	19303					
Peso suelo humedo Wm (gr)	3400	3608	3810					
Peso unitario humedo γm (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 Wr	26,4	27,8	25,7	25,8	25,8	24,3	24	24,8
Rec+suelo humedo Wr+Wm	110,6	111,8	110,2	110,7	111,9	111,2	109,6	110,5
Rec+suelo seco Ws + Wm	96,5	97,7	94,7	95,6	92,5	92,7	87,5	88,2
Peso solidos Ws	70,1	69,9	69	69,8	66,7	68,4	63,5	63,4
Peso del agua Ww	14,1	14,1	15,5	15,1	19,4	18,5	22,1	22,3
Cont. Humedad ω%	20,11	20,17	22,46	21,63	29,09	27,05	34,80	35,17
Cont. Humedad promedio ω%	20,14		22,05		28,07		34,99	
Peso Volumétrico Seco γd (gr/cm ³)	1,223		1,277		1,286		1,136	
3. DETERMINACIÓN GRÁFICA DE LA DENSIDAD MÁXIMA Y HUMEDAD ÓPTIMA								
								
4. DESCRIPCIÓN DEL ENSAYO								
La densidad máxima alcanzada según el ensayo realizado corresponde a 1,300 gr/cm³ , y considerando el grafico su contenido de humedad optimo 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 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:** 03/10/2016
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 (%)	26,20

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	19455	18621	18925
Peso Molde	14729	14729	15493	15493	15132	15132
P. Humedo	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	1,646	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

FECHA: 05/10/2016

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

ENSAYO C.B.R.

ENSAYO DE CARGA - PENETRACIÓN

Máquina de Compresión Simple (CONTROLS)					AREA DEL PISTÓN = 3 plg2		NORMA: ASTM D-1883		VELOCIDAD DE CARGA = 1,27 mm/min (0,05 pulg/min)						
Molde Número					1			2			3				
TIEMPO		PENET.		Q Carga lb	Presiones		CBR %	Q Carga lb	Presiones		CBR %	Q Carga lb	Presiones		CBR %
Min.	Seg.	mm	plg *10^-3		Leida	Corregida			Leida	Corregida			Leida	Corregida	
				lb/pulg2				lb/pulg2				lb/pulg2			
0	30	0,64	25	351	117,1			193	64,2			59	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	762	254,0	254,03	25,40	375	124,8	12,48	12,48	141	46,9	4,69	4,69
3	0	3,81	150	951	317,1			447	149,1			227	75,8		
4	0	5,08	200	1107	369,0			493	164,2			261	87,0		
5	0	6,35	250	1248	415,9			510	170,0			297	98,8		
6	0	7,62	300	1364	454,7			537	179,1			336	111,9		
8	0	10,16	400	1563	521,1			565	188,3			386	128,7		
10	0	12,70	500	1727	575,7			601	200,4			409	136,5		
CBR Corregido							25,40				12,48				4,69

GRÁFICOS ENSAYO C.B.R.

Presión-Penetración

— 56 golpes
— 27 golpes
— 11 golpes

Densidad Seca - CBR

DENSIDADES		RESISTENCIAS		DENSIDAD MAX		95% DE DM		CBR PUNTUAL	
1,398	gr/cm3	25,40	%	1,300	gr/cm3			9,30	%
1,254	gr/cm3	12,48	%	1,235	gr/cm3				
1,189	gr/cm3	4,69	%						

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	6000	

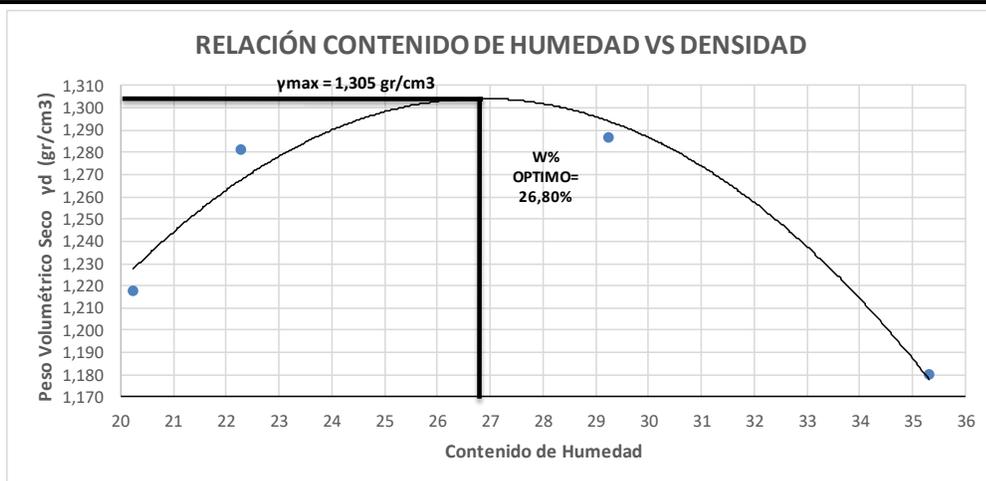
1. PROCESO DE COMPACTACIÓN

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 γm (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 Wr	24,8	25,2	24,1	23,9	24,2	24,4	25,6	23,1
Rec+suelo húmedo Wr+Wm	104,8	106,2	108,4	106,5	113,6	110,4	120,9	119,4
Rec+suelo seco Ws + Wm	91,3	92,6	93,2	91,3	93,3	91	95,7	94,6
Peso solidos Ws	66,5	67,4	69,1	67,4	69,1	66,6	70,1	71,5
Peso del agua Ww	13,5	13,6	15,2	15,2	20,3	19,4	25,2	24,8
Cont. Humedad ω%	20,30	20,18	22,00	22,55	29,38	29,13	35,95	34,69
Cont. Humedad promedio ω%	20,24		22,27		29,25		35,32	
Peso Volumétrico Seco γd (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 grafico su contenido de humedad optimo 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

FECHA: 06/10/2016

ENSAYADO: Edwin Santiago Cañar

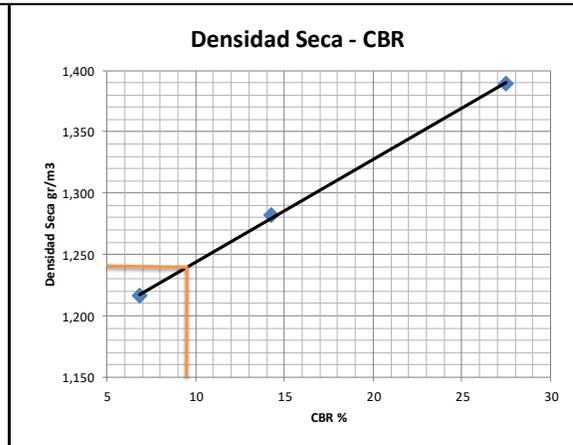
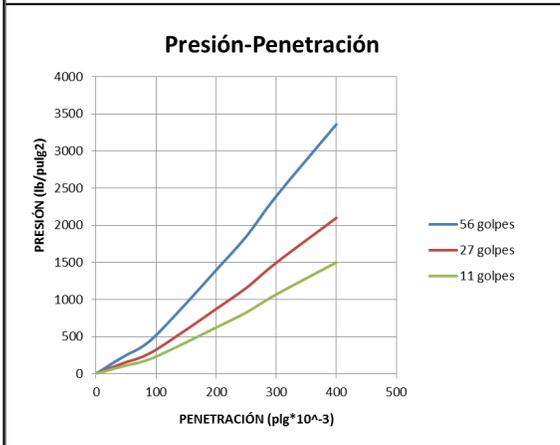
REVISADO: Ing. Mg. Lorena Pérez

ENSAYO C.B.R.

ENSAYO DE CARGA - PENETRACIÓN

Máquina de Compresión Simple (CONTROLS)					AREA DEL PISTÓN = 3 plg 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	plg *10 ⁻³		Leida	Corregida			Leida	Corregida			Leida	Corregida		
				lb	lb/pulg ²	%	lb	lb/pulg ²	%	lb	lb/pulg ²	%				
0	30	0,64	25	390,200	130,0666667		195,7	65,23		83,1	27,7					
1	0	1,27	50	550	183,4333333		300,7	100,23		120,4	40,13333					
1	30	1,91	75	701	233,7666667		350,9	116,97		150,9	50,3					
2	0	2,54	100	824	274,8	27,48	427,6	142,53	14,25	204,6	68,2	6,82				
3	0	3,81	150	1003	334,2333333		496,5	165,50		191,8	63,93333					
4	0	5,08	200	1225	408,1666667		512,9	170,97		234,6	78,2					
5	0	6,35	250	1392	463,9		681,3	227,10		273,6	91,2					
6	0	7,62	300	1438	479,3666667		713,4	237,80		298,8	99,6					
8	0	10,16	400	1683	560,8666667		794,6	264,87		327,7	109,2333					
10	0	12,70	500	1892	630,8		814,1	271,37		363,6	121,2					
CBR Corregido						27,48				14,25						6,82

GRÁFICOS ENSAYO C.B.R.



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

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	15137	gr
Número de Capas	5	Peso del Martillo	10 lb	Volumen del Molde	2320,31	cm ³
Energía de Compactación		Normas: AASHTO	T-180			
Peso Inicial Deseado	6000	6000	6000	6000	6000	

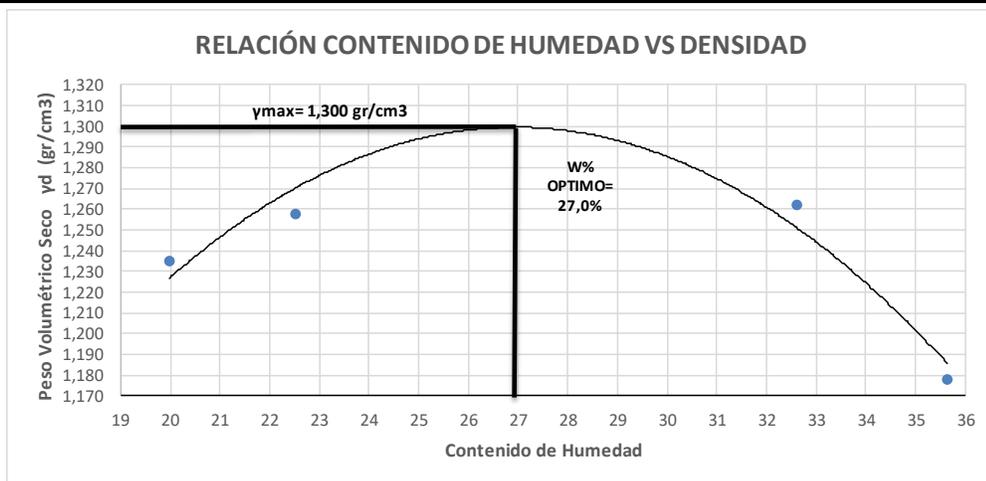
1. PROCESO DE COMPACTACIÓN

Ensayo Numero	1	2	3	4
Humedad inicial añadida en %	6	12	18	24
P. molde+Suelo húmedo (gr)	18575	18713	19021	18846
Peso suelo humedo Wm (gr)	3438	3576	3884	3709
Peso unitario humedo γm (gr/cm ³)	1,482	1,541	1,674	1,598

2. DETERMINACIÓN DE CONTENIDOS DE HUMEDAD

Recipiente numero	23	35	20	39	18	36	41	45
Peso del recipiente Wr	23,1	26	24,8	27,7	24	24,5	24,7	26,1
Rec+suelo humedo Wr+Wm	103,1	107,1	109,1	110,9	113,4	111,6	119,9	122,3
Rec+suelo seco Ws + Wm	90,8	92,6	93,8	95,4	91,5	90,1	94,8	97,1
Peso solidos Ws	67,7	66,6	69	67,7	67,5	65,6	70,1	71
Peso del agua Ww	12,3	14,5	15,3	15,5	21,9	21,5	25,1	25,2
Cont. Humedad ω%	18,17	21,77	22,17	22,90	32,44	32,77	35,81	35,49
Cont. Humedad promedio ω%	19,97		22,53		32,61		35,65	
Peso Volumétrico Seco γd (gr/cm ³)	1,235		1,258		1,262		1,178	

3. DETERMINACIÓN GRÁFICA DE LA DENSIDAD MÁXIMA Y HUMEDAD ÓPTIMA



4. DESCRIPCIÓN DEL ENSAYO

La densidad máxima alcanzada según el ensayo realizado corresponde a **1,300 gr/cm³**, y considerando el grafico su contenido de humedad optimo es **27,0%**, 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:** 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

FECHA: 07/10/2016

ENSAYADO: Edwin Santiago Cañar

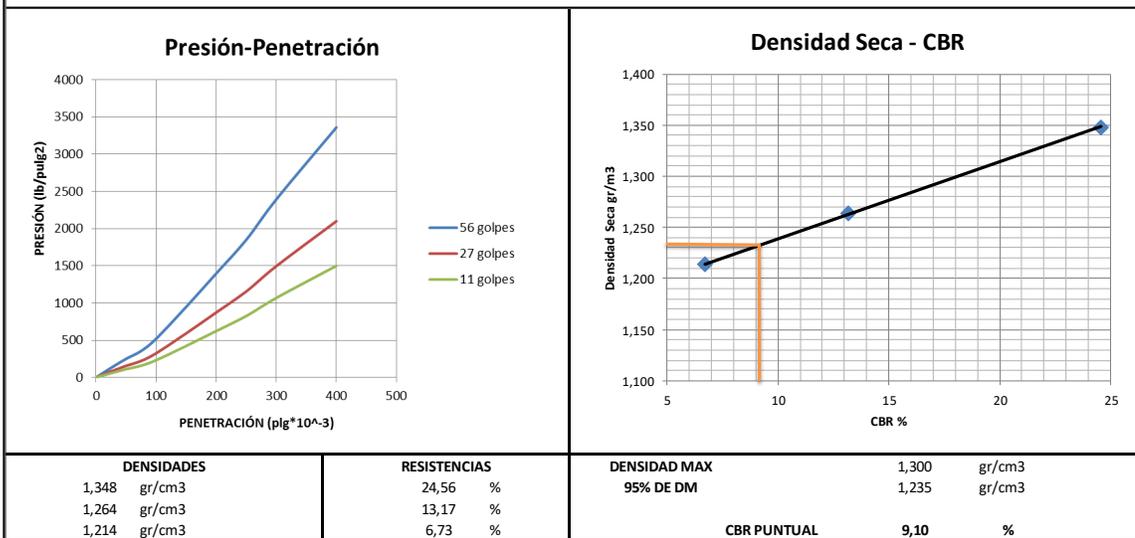
REVISADO: Ing. Mg. Lorena Pérez

ENSAYO C.B.R.

ENSAYO DE CARGA - PENETRACIÓN

Máquina de Compresión Simple (CONTROLS)					AREA DEL PISTÓN = 3 plg 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	plg *10 ⁻³		Leída	Corregida			Leída	Corregida			Leída	Corregida	
				lb	lb/pulg ²		%	lb	lb/pulg ²		%	lb	lb/pulg ²		%
0	30	0,64	25	296,400	98,8			0	0,00			0	0		
1	0	1,27	50	510	169,9			143,6	47,87			74,6	24,86667		
1	30	1,91	75	675	225,1			267,9	89,30			136,7	45,56667		
2	0	2,54	100	737	245,6333333	245,63	24,56	310,4	103,47			185,3	61,76667		
3	0	3,81	150	957	318,8666667			395,1	131,70	13,17	13,17	201,9	67,3	6,73	6,73
4	0	5,08	200	1108	369,4666667			481,2	160,40			273,5	91,16667		
5	0	6,35	250	1268	422,7666667			567,3	189,10			329,4	109,8		
6	0	7,62	300	1483	494,4			620,8	206,93			369,1	123,0333		
8	0	10,16	400	1587	529,0333333			692,7	230,90			416,7	138,9		
10	0	12,70	500	1765	588,4666667			728,7	242,90			473,5	157,8333		
CBR Corregido							24,56				13,17				6,73

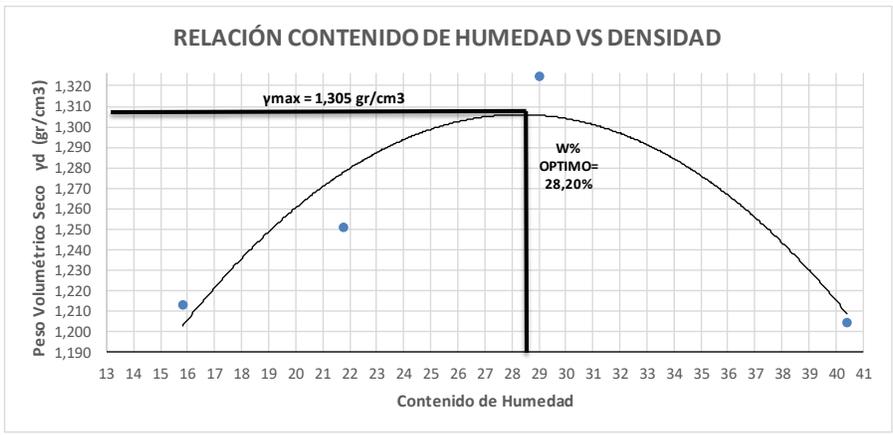
GRÁFICOS ENSAYO C.B.R.



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%

ESTABILIZACIÓN DEL SUELO ARCILLOSO DE ALTA PLASTICIDAD COMBINADO CON EL 20% 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 : 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 humedo Wm (gr)	3261	3536	3967	3925				
Peso unitario humedo γ_m (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 humedo 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 solidos 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 $\omega\%$	15,81	15,80	21,60	21,93	28,28	29,78	40,21	40,58
Cont. Humedad promedio $\omega\%$	15,80		21,77		29,03		40,40	
Peso Volumétrico Seco γ_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 grafico su contenido de humedad optimo 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 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: 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.

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	18931	18998	19383	19519	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.	1,383		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 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

FECHA: 12/10/2016

ENSAYADO: Edwin Santiago Cañar

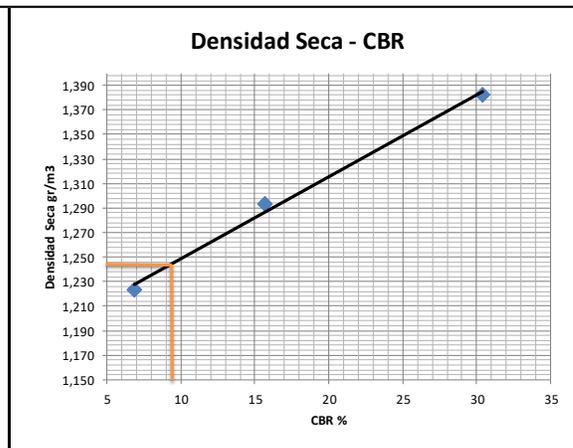
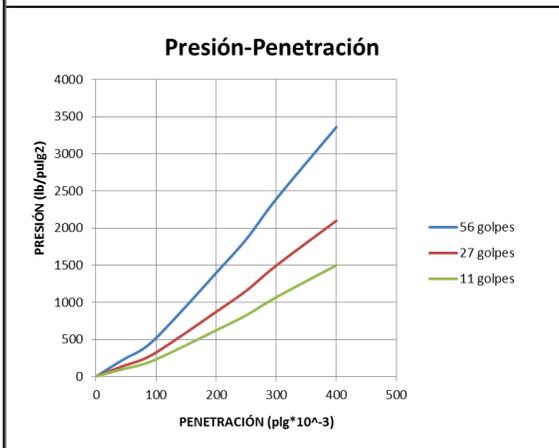
REVISADO: Ing. Mg. Lorena Pérez

ENSAYO C.B.R.

ENSAYO DE CARGA - PENETRACIÓN

Máquina de Compresión Simple (CONTROLS)					AREA DEL PISTÓN = 3 plg 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	plg *10 ⁻³		Leida	Corregida			Leida	Corregida			Leida	Corregida		
				lb	lb/pulg ²	%	lb	lb/pulg ²	%	lb	lb/pulg ²	%				
0	30	0,64	25	395	131,8		192	63,8		60	19,9					
1	0	1,27	50	517	172,2		295	98,4		72	24,1					
1	30	1,91	75	771	256,8		354	118,0		106	35,2					
2	0	2,54	100	912	304,1	304,10	30,41	471	157,1	15,71	15,71	206	68,6	6,86	6,86	
3	0	3,81	150	1279	426,4		1024	341,2		945	315,1					
4	0	5,08	200	1405	468,5		1149	383,1		1076	358,5					
5	0	6,35	250	1495	498,4		1275	424,9		1170	390,1					
6	0	7,62	300	1564	521,2		1396	465,2		1261	420,4					
8	0	10,16	400	1686	561,9		1616	538,7		1402	467,4					
10	0	12,70	500	1780	593,4		1854	618,1		1526	508,5					
CBR Corregido							30,41			15,71						6,86

GRÁFICOS ENSAYO C.B.R.



DENSIDADES		RESISTENCIAS		DENSIDAD MAX		95% DE DM		CBR PUNTUAL	
1,383	gr/cm ³	30,41	%	1,306	gr/cm ³			9,50	%
1,293	gr/cm ³	15,71	%	1,241	gr/cm ³				
1,223	gr/cm ³	6,86	%						

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

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 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 : 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	10 lb	Volumen del Molde	2320,31	cm ³
Energía de Compactación		Normas: AASHTO	T-180			
Peso Inicial Deseado	6000	6000	6000	6000	6000	

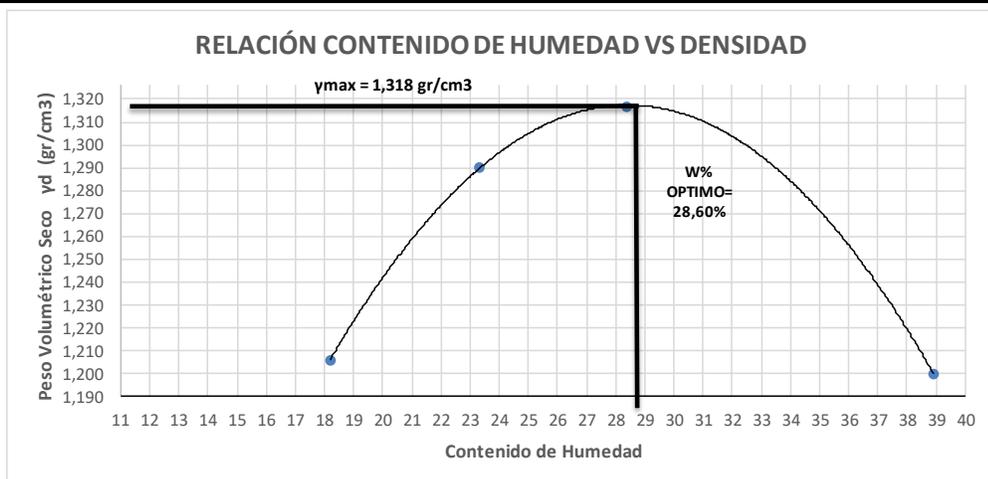
1. PROCESO DE COMPACTACIÓN

Ensayo Numero	1	2	3	4
Humedad inicial añadida en %	8	16	24	32
P. molde+Suelo húmedo (gr)	18445	18830	19059	19006
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 solidos 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 $\omega\%$	18,33	18,09	23,15	23,48	28,17	28,57	38,67	39,14
Cont. Humedad promedio $\omega\%$	18,21	23,32	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 gr/cm³**, y considerando el grafico su contenido de humedad optimo 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 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: 11/10/2016
ENSAYADO: Edwin Santiago Cañar Tiviano **FECHA:**
REVISADO: Ing. Mg. Lorena Pérez **DESCRIPCIÓN DE**
UBICACIÓN: Vía Puyo-Tena -Prov. Pastaza **LA MUESTRA** Arcilla de alta 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 (%)	28,60

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	18675	18742	19308	19444	18845	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	2280,33
Densidad Humedad	1,715	1,744	1,664	1,723	1,624	1,740
Densidad Seca	1,279	1,300	1,239	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	2A	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 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

FECHA: 13/10/2016

ENSAYADO: Edwin Santiago Cañar

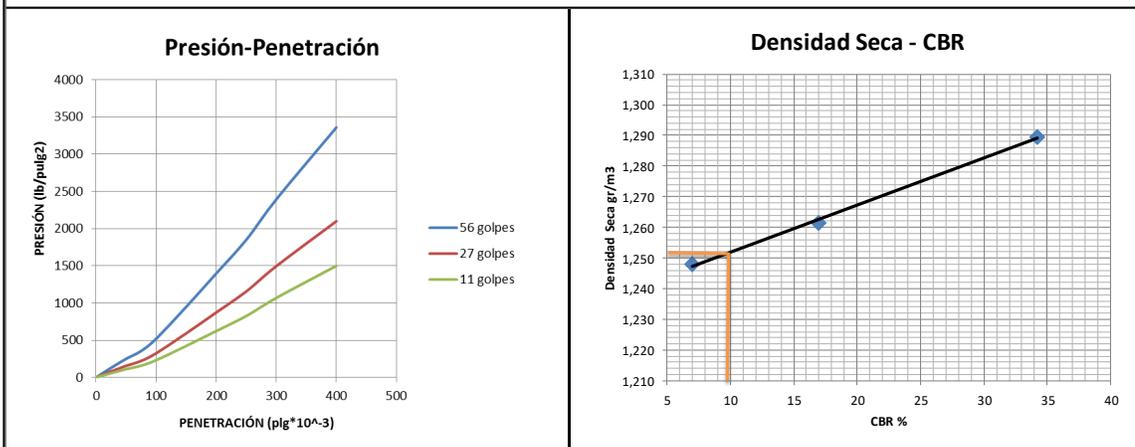
REVISADO: Ing. Mg. Lorena Pérez

ENSAYO C.B.R.

ENSAYO DE CARGA - PENETRACIÓN

Máquina de Compresión Simple (CONTROLS)					AREA DEL PISTÓN = 3 plg2	NORMA: ASTM D-1883	VELOCIDAD DE CARGA = 1,27 mm/min (0,05 pulg/min)									
Molde Número		1				2				3						
TIEMPO		PENET.		Q Carga lb	Presiones		CBR %	Q Carga lb	Presiones		CBR %	Q Carga lb	Presiones		CBR %	
Min.	Seg.	mm	plg *10^-3		Leída lb/pulg2	Corregida lb/pulg2			Leída lb/pulg2	Corregida lb/pulg2			Leída lb/pulg2	Corregida lb/pulg2		
0	30	0,64	25	400	133,4			0	0,0			0	0,0			
1	0	1,27	50	624	208,1			111	36,8			50	16,7			
1	30	1,91	75	835	278,4			223	74,2			95	31,7			
2	0	2,54	100	1026	341,8	341,83	34,18	393	130,8			135	45,0			
3	0	3,81	150	1305	435,1			510	170,1	17,01	17,01	210	70,0	7,00	7,00	
4	0	5,08	200	1562	520,7			836	278,5			448	149,3			
5	0	6,35	250	1761	587,0			1149	383,1			684	228,0			
6	0	7,62	300	1836	612,0			1346	448,5			870	290,1			
8	0	10,16	400	1952	650,6			1455	484,9			1100	366,8			
10	0	12,70	500	2100	700,1			1656	552,1			1224	408,0			
CBR Corregido							34,18				17,01					7,00

GRÁFICOS ENSAYO C.B.R.



DENSIDADES		RESISTENCIAS		DENSIDAD MAX	1,318	gr/cm3
1,290	gr/cm3	34,18	%	95% DE DM	1,252	gr/cm3
1,261	gr/cm3	17,01	%	CBR PUNTUAL	9,90	%
1,248	gr/cm3	7,00	%			

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

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 :** 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	10 lb	Volumen del Molde	2320,31	cm ³
Energía de Compactación		Normas: AASHTO	T-180			
Peso Inicial Deseado	6000	6000	6000	6000	6000	

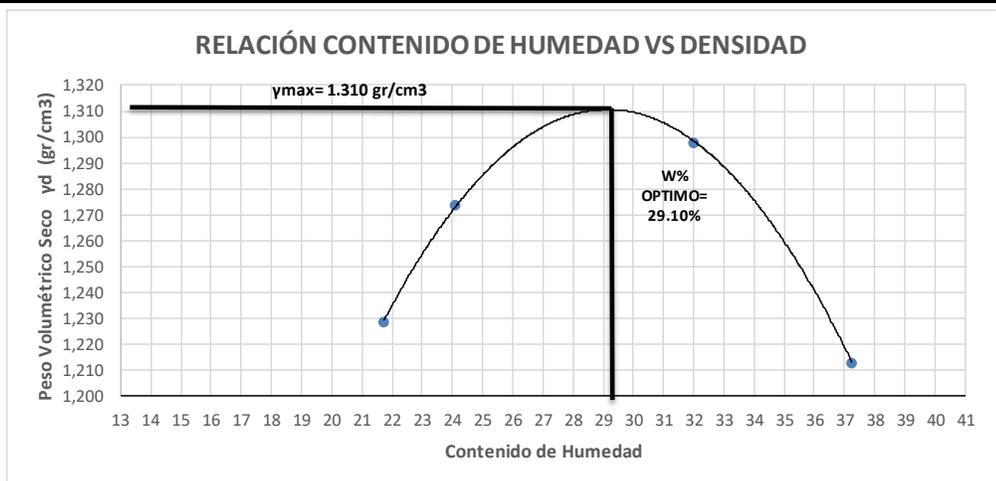
1. PROCESO DE COMPACTACIÓN

Ensayo Numero	1	2	3	4
Humedad inicial añadida en %	8	16	24	32
P. molde+Suelo húmedo (gr)	18608	18805	19112	19001
Peso suelo humedo Wm (gr)	3471	3668	3975	3864
Peso unitario humedo γm (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 Wr	30,9	30,5	30,4	30,5	30,2	30,6	31,1	30,4
Rec+suelo humedo Wr+Wm	110,2	110,8	111,1	112,1	112,8	111,4	112,4	118,2
Rec+suelo seco Ws + Wm	96,1	96,4	95,3	96,4	91,9	92,7	90,4	94,3
Peso solidos Ws	65,2	65,9	64,9	65,9	61,7	62,1	59,3	63,9
Peso del agua Ww	14,1	14,4	15,8	15,7	20,9	18,7	22	23,9
Cont. Humedad ω%	21,63	21,85	24,35	23,82	33,87	30,11	37,10	37,40
Cont. Humedad promedio ω%	21,74	24,08	31,99	37,25				
Peso Volumétrico Seco γd (gr/cm ³)	1,229	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 gr/cm³**, y considerando el grafico su contenido de humedad optimo 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 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: 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-180	ALTURA DE CAIDA:	18"
PESO MUESTRA (gr):	6000	CONT. HUMEDAD ÓPTIMO (%):	29,10

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	18651	18718	19292	19428	18816	19080
Peso Molde	14731	14731	15492	15492	15138	15138
P. Humedo	3920	3987	3800	3936	3678	3942
Volumen Muestra	2301,50	2301,50	2292,90	2292,90	2280,33	2280,33
Densidad Humedad	1,703	1,732	1,657	1,717	1,613	1,729
Densidad Seca	1,269	1,291	1,232	1,276	1,197	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 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

FECHA: 14/10/2016

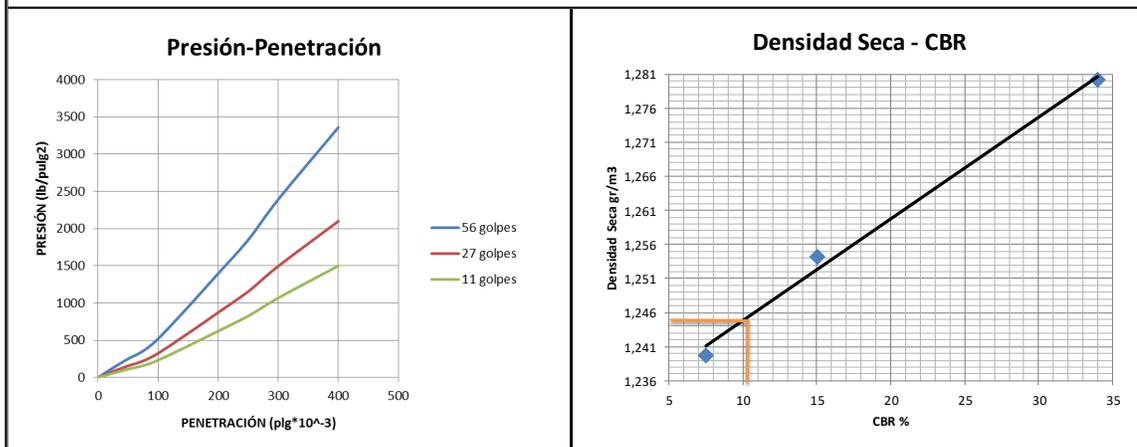
ENSAYADO: Edwin Santiago Cañar

REVISADO: Ing. Mg. Lorena Pérez

ENSAYO C.B.R.

ENSAYO DE CARGA - PENETRACIÓN															
Máquina de Compresión Simple (CONTROLS)						AREA DEL PISTÓN = 3 plg2		NORMA: ASTM D-1883		VELOCIDAD DE CARGA = 1,27 mm/min (0,05 pulg/min)					
Molde Número				1				2				3			
TIEMPO		PENET.		Q Carga lb	Presiones		CBR %	Q Carga lb	Presiones		CBR %	Q Carga lb	Presiones		CBR %
Min.	Seg.	mm	plg *10 ⁻³		Leída	Corregida			Leída	Corregida			Leída	Corregida	
				lb/pulg2				lb/pulg2				lb/pulg2			
0	30	0,64	25	456,300	152,1			187	62,2			70	23,2		
1	0	1,27	50	726	241,9			284	94,8			127	42,4		
1	30	1,91	75	901	300,2			334	111,3			196	65,2		
2	0	2,54	100	1020	340,0	340,03	34,00	451	150,4	15,04	15,04	226	75,3	7,53	7,53
3	0	3,81	150	1301	433,7			754	251,2			445	148,4		
4	0	5,08	200	1500	500,1			1005	335,1			786	261,9		
5	0	6,35	250	1615	538,4			1135	378,2			900	300,1		
6	0	7,62	300	1724	574,5			1289	429,6			1016	338,8		
8	0	10,16	400	1856	618,6			1469	489,7			1272	424,0		
10	0	12,70	500	1980	660,0			1671	557,1			1326	441,8		
CBR Corregido							34,00				15,04				7,53

GRÁFICOS ENSAYO C.B.R.

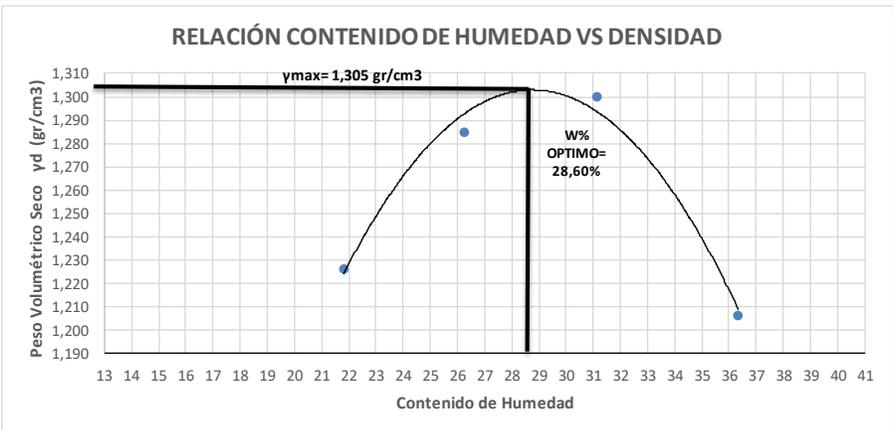


DENSIDADES		RESISTENCIAS		DENSIDAD MAX		95% DE DM		CBR PUNTUAL	
1,280	gr/cm3	34,00	%	1,31	gr/cm3			10,20	%
1,254	gr/cm3	15,04	%	1,245	gr/cm3				
1,240	gr/cm3	7,53	%						

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

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 23% 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 : 06-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	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	6000			
1. PROCESO DE COMPACTACIÓN								
Ensayo Numero	1	2	3	4				
Humedad inicial añadida en %	8	16	24	32				
P. molde+Suelo húmedo (gr)	18951	19248	19440	19301				
Peso suelo humedo Wm (gr)	3458	3755	3947	3808				
Peso unitario humedo γm (gr/cm ³)	1,494	1,623	1,706	1,645				
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 humedo 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	98,3	99,8	102,4	103,6	100,2	99,8	101,1	99,9
Peso solidos W _s	67,4	68,9	71,2	72,8	69,3	68,8	70	69,5
Peso del agua W _w	15,6	14,1	18,6	19,2	21,6	21,4	25,6	25,1
Cont. Humedad ω%	23,15	20,46	26,12	26,37	31,17	31,10	36,57	36,12
Cont. Humedad promedio ω%	21,80		26,25		31,14		36,34	
Peso Volumétrico Seco γ _d (gr/cm ³)	1,227		1,285		1,301		1,207	
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 grafico su contenido de humedad optimo 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
arenosos finos y arcillosos combinados con cenizas de carbón

PROYECTO:

ENSAYADO:

Edwin Santiago Cañar Tiviano

FECHA:

17/10/2016

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 (%)	28,60

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	18682	18739	19332	19446	18787	19015
Peso Molde	14731	14731	15492	15492	15137	15137
P. Humedo	3951	4008	3840	3954	3650	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
Den. 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 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

FECHA: 19/10/2016

ENSAYADO: Edwin Santiago Cañar

REVISADO: Ing. Mg. Lorena Pérez

ENSAYO C.B.R.

ENSAYO DE CARGA - PENETRACIÓN

Máquina de Compresión Simple (CONTROLS)					AREA DEL PISTÓN = 3 plg2		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	plg *10 ⁻³	lb	Leida	Corregida	lb/pulg2	%		lb	Leida	Corregida	lb/pulg2		%	lb	Leida	Corregida		lb/pulg2
0	30	0,64	25	495	165,1				165	55,00				82,8				27,6		
1	0	1,27	50	654	217,9				293,9	97,97				102,4	34,13333					
1	30	1,91	75	858	286,1				370,8	123,60				183,3	61,1					
2	0	2,54	100	956	318,5	318,53	31,85		520,7	173,57	173,57	17,36		215,1	71,7	71,70				7,17
3	0	3,81	150	1475	491,6				861,6	287,20				423,4	141,1333					
4	0	5,08	200	1705	568,2				1062,7	354,23				627,6	209,2					
5	0	6,35	250	1886	628,7				1212,9	404,30				853,9	284,6333					
6	0	7,62	300	2053	684,4				1324,3	441,43				900,5	300,1667					
8	0	10,16	400	2346	781,9				1512,8	504,27				960,2	320,0667					
10	0	12,70	500	2594	864,5				1663,6	554,53				1017,3	339,1					
CBR Corregido								31,85						17,36						7,17

GRÁFICOS ENSAYO C.B.R.

Presión-Penetración

Densidad Seca - CBR

DENSIDADES		RESISTENCIAS		DENSIDAD MAX		95% DE DM		CBR PUNTUAL	
1,295	gr/cm3	31,85	%	1,304	gr/cm3	1,239	gr/cm3	9,90	%
1,265	gr/cm3	17,36	%						
1,227	gr/cm3	7,17	%						

OBSERVACIONES: SUELO ARCILLOSO COMBINADO CON 23% DE CENIZA DE CARBÓN

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 TÉCNICA 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
FECHA: 19/10/2016

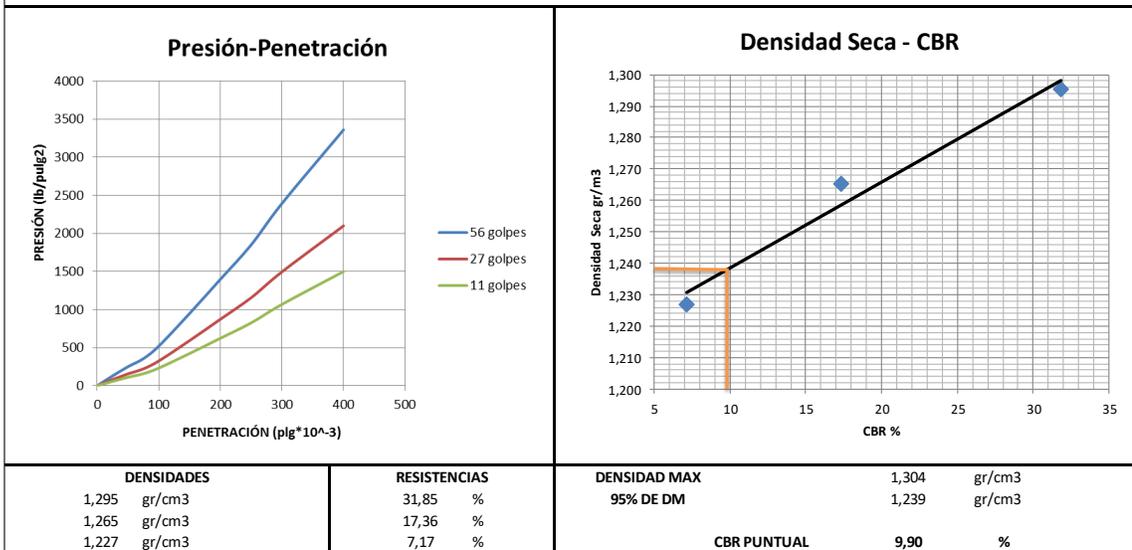
ENSAYADO: Edwin Santiago Cañar
REVISADO: Ing. Mg. Lorena Pérez

ENSAYO C.B.R.

ENSAYO DE CARGA - PENETRACIÓN

Máquina de Compresión Simple (CONTROLS)					AREA DEL PISTÓN = 3 plg 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
			Leida	Corregida			Leida	Corregida			Leida	Corregida	
Min.	Seg.	mm	plg *10 ⁻³	lb	lb/pulg ²	%	lb	lb/pulg ²	%	lb	lb/pulg ²	%	
0	30	0,64	25	495	165,1		165	55,00		82,8	27,6		
1	0	1,27	50	654	217,9		293,9	97,97		102,4	34,1333		
1	30	1,91	75	858	286,1		370,8	123,60		183,3	61,1		
2	0	2,54	100	956	318,5	318,53	520,7	173,57	173,57	215,1	71,7	71,70	
3	0	3,81	150	1475	491,6		861,6	287,20		423,4	141,1333		
4	0	5,08	200	1705	568,2		1062,7	354,23		627,6	209,2		
5	0	6,35	250	1886	628,7		1212,9	404,30		853,9	284,6333		
6	0	7,62	300	2053	684,4		1324,3	441,43		900,5	300,1667		
8	0	10,16	400	2346	781,9		1512,8	504,27		960,2	320,0667		
10	0	12,70	500	2594	864,5		1663,6	554,53		1017,3	339,1		
CBR Corregido						31,85			17,36			7,17	

GRÁFICOS ENSAYO C.B.R.



OBSERVACIONES: SUELO ARCILLOSO COMBINADO CON 23% DE CENIZA DE CARBÓN

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 :** 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	10 lb	Volumen del Molde	2314,23	cm ³
Energía de Compactación		Normas: AASHTO	T-180			
Peso Inicial Deseado	6000	6000	6000	6000	6000	

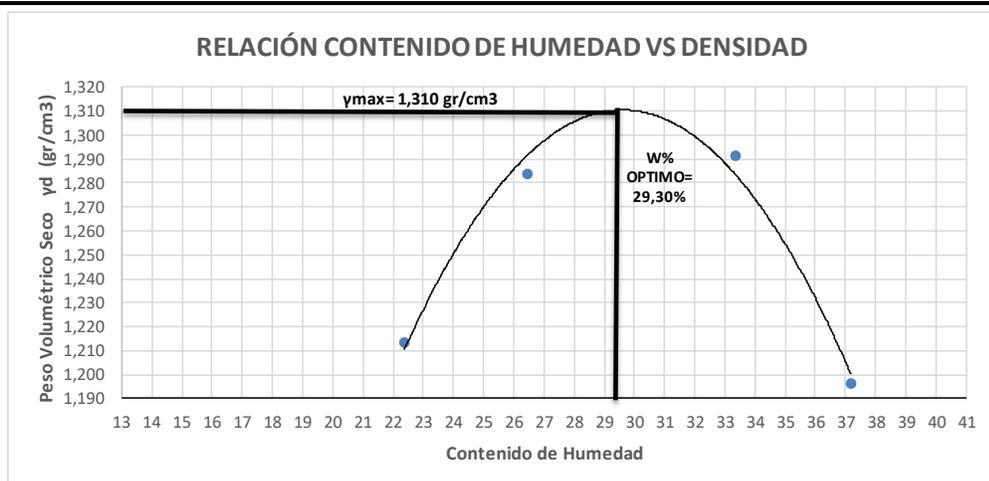
1. PROCESO DE COMPACTACIÓN

Ensayo Numero	1	2	3	4
Humedad inicial añadida en %	8	16	24	32
P. molde+Suelo húmedo (gr)	18930	19251	19479	19291
Peso suelo humedo Wm (gr)	3437	3758	3986	3798
Peso unitario humedo γm (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 Wr	30,9	31	30,9	30,9	31	30,8	31	31,2
Rec+suelo humedo Wr+Wm	112,5	111,9	113,5	114,1	115,2	114,5	113,6	113,9
Rec+suelo seco Ws + Wm	97,6	97,1	96,3	96,6	94,2	93,5	91,1	91,6
Peso solidos Ws	66,7	66,1	65,4	65,7	63,2	62,7	60,1	60,4
Peso del agua Ww	14,9	14,8	17,2	17,5	21	21	22,5	22,3
Cont. Humedad ω%	22,34	22,39	26,30	26,64	33,23	33,49	37,44	36,92
Cont. Humedad promedio ω%	22,36		26,47		33,36		37,18	
Peso Volumétrico Seco γd (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 grafico su contenido de humedad optimo es **29,30%**, los valores pueden variar al momento de apreciar la gráfica, por tal motivo los valores a seleccionar se podría escoger entre un rango del 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: 18/10/2016
ENSAYADO: Edwin Santiago Cañar Tiviano **FECHA:**
REVISADO: Ing. Mg. Lorena Pérez **DESCRIPCIÓN DE**
UBICACIÓN: Vía Puyo-Tena -Prov. Pastaza **LA MUESTRA** Arcilla de alta 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 (%)	29,30

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	18693	18750	19310	19424	18835	19063
Peso Molde	14730	14730	15491	15491	15136	15136
P. Humedo	3963	4020	3819	3933	3699	3927
Volumen Muestra	2301,50	2301,50	2292,90	2292,90	2280,33	2280,33
Densidad Humedad	1,722	1,747	1,666	1,715	1,622	1,722
Densidad Seca	1,281	1,299	1,239	1,276	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		34,52	34,41		34,57	35,08	
Con. Hum. Prom. %	34,42			34,46			34,83		



UNIVERSIDAD TÉCNICA 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
FECHA: 20/10/2016

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

ENSAYO C.B.R.

ENSAYO DE CARGA - PENETRACIÓN

Máquina de Compresión Simple (CONTROLS)					AREA DEL PISTÓN = 3 plg2		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	plg *10 ⁻³	lb	lb/pulg2	Leida	Corregida	lb		lb/pulg2	Leida	Corregida	lb		lb/pulg2	Leida	Corregida	lb	
0	30	0,64	25	385	128,5			0	0,0			0	0			0	0		
1	0	1,27	50	707	235,6			138	46,1			70	23,3			115	38,5		
1	30	1,91	75	800	266,8			260	86,6			159	53,1			237	79,0		
2	0	2,54	100	1001	333,5	333,53	33,35	314	104,6			496	165,2	165,23	16,52	408	136,1		
3	0	3,81	150	1390	463,3			904	301,2			669	222,9			930	310,0		
4	0	5,08	200	1815	604,9			1144	381,2			1051	350,2			1183	394,4		
5	0	6,35	250	2086	695,4			1362	454,0			1252	417,4						
6	0	7,62	300	2135	711,8			1472	490,8										
8	0	10,16	400	2301	766,9			1656	551,9										
10	0	12,70	500	2655	884,9			1804	601,2										
CBR Corregido																			
							33,35								16,52				7,90

GRÁFICOS ENSAYO C.B.R.

Presión-Penetración

Densidad Seca - CBR

DENSIDADES		RESISTENCIAS		DENSIDAD MAX		95% DE DM		CBR PUNTUAL	
1,290	gr/cm3	33,35	%	1,310	gr/cm3			10,00	%
1,257	gr/cm3	16,52	%	1,245	gr/cm3				
1,240	gr/cm3	7,90	%						

OBSERVACIONES: SUELO ARCILLOSO COMBINADO CON 23% DE CENIZA DE CARBÓN

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 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 :** 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	10 lb	Volumen del Molde	2314,23	cm ³
Energía de Compactación		Normas:	AASHTO T-180			
Peso Inicial Deseado	6000		6000		6000	6000

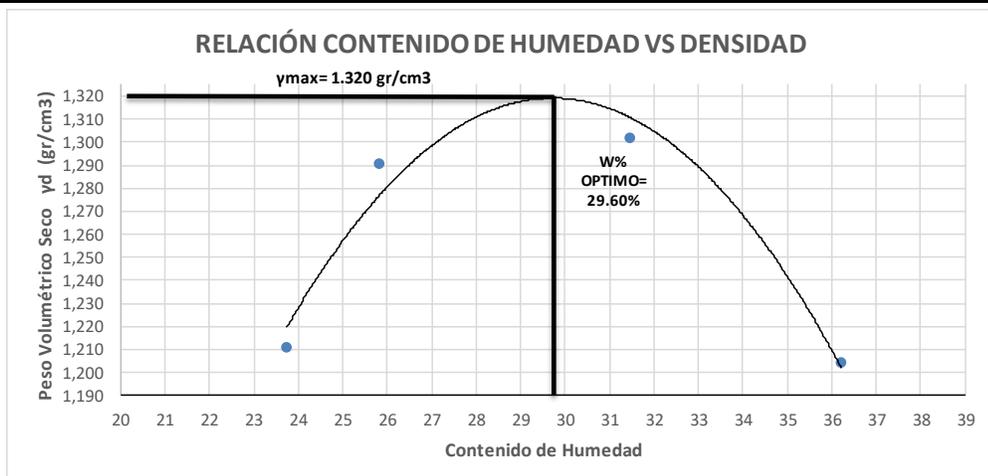
1. PROCESO DE COMPACTACIÓN

Ensayo Numero	1	2	3	4
Humedad inicial añadida en %	8	16	24	32
P. molde+Suelo húmedo (gr)	18961	19253	19455	19291
Peso suelo húmedo Wm (gr)	3468	3760	3962	3798
Peso unitario húmedo γ_m (gr/cm ³)	1,499	1,625	1,712	1,641

2. DETERMINACIÓN DE CONTENIDOS DE HUMEDAD

Recipiente numero	3	6	7	10	11	12	13	17
Peso del recipiente Wr	30,9	30,5	30,4	30,5	30,2	30,6	31,1	30,4
Rec+suelo húmedo Wr+Wm	112,5	113,1	114,3	114,7	115,2	114,8	114,6	113,9
Rec+suelo seco Ws + 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	22,2	22,2
Cont. Humedad $\omega\%$	24,01	23,47	25,41	26,24	31,58	31,36	36,22	36,22
Cont. Humedad promedio $\omega\%$	23,74		25,82		31,47		36,22	
Peso Volumétrico Seco γ_d (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 grafico su contenido de humedad óptimo es **29,60%**, 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** 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 (%)	29,60

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	18659	18716	19335	19449	18863	19091
Peso Molde	14731	14731	15492	15492	15137	15137
P. Humedo	3928	3985	3843	3957	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		1,250	

CONTENIDO DE HUMEDAD

Recipiente N°	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 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

FECHA: 21/10/2016

ENSAYADO: Edwin Santiago Cañar

REVISADO: Ing. Mg. Lorena Pérez

ENSAYO C.B.R.

ENSAYO DE CARGA - PENETRACIÓN

Máquina de Compresión Simple (CONTROLS)					AREA DEL PISTÓN = 3 plg2		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	plg *10 ⁻³	lb	Leida	Corregida	lb		Leida	Corregida	lb		Leida	Corregida		
					lb/pulg2		%	lb/pulg2		%	lb/pulg2		%			
0	30	0,64	25	305	101,8			158	52,67		81,8	27,26667				
1	0	1,27	50	639	212,9333			360,9	120,30		126,4	42,13333				
1	30	1,91	75	841	280,4333			525,8	175,27		195,3	65,1				
2	0	2,54	100	1036	345,2	345,20	34,52	620,7	206,90	206,90	225,1	75,03333	75,03	7,50		
3	0	3,81	150	1359	452,9667			836,6	278,87		538,4	179,4667				
4	0	5,08	200	1522	507,2333			1105,7	368,57		736,6	245,5333				
5	0	6,35	250	1735	578,4			1236,9	412,30		881,9	293,9667				
6	0	7,62	300	2010	670,1			1348,3	449,43		942,5	314,1667				
8	0	10,16	400	2358	785,8667			1467,8	489,27		986,2	328,7333				
10	0	12,70	500	2533	844,2			1516,6	505,53		1040,3	346,7667				
CBR Corregido							34,52				20,69		7,50			

GRÁFICOS ENSAYO C.B.R.

Presión-Penetración

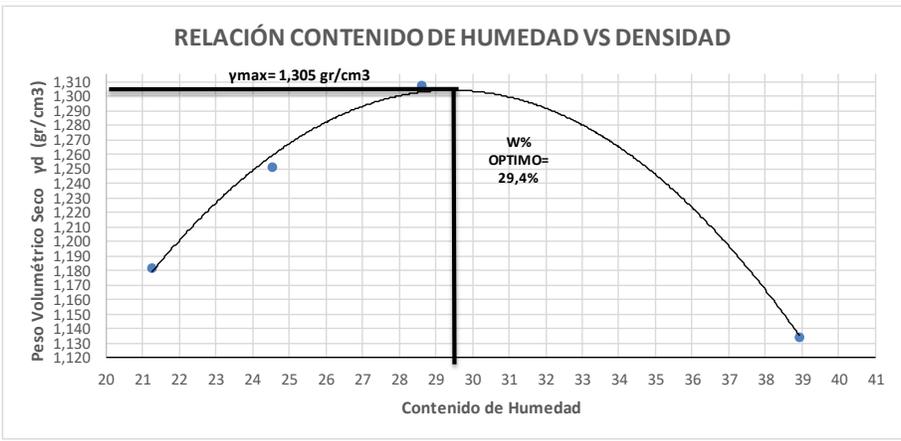
Densidad Seca - CBR

DENSIDADES		RESISTENCIAS		DENSIDAD MAX		95% DE DM		CBR PUNTUAL	
1,284	gr/cm3	34,52	%	1,320	gr/cm3			10,20	%
1,268	gr/cm3	20,69	%	1,254	gr/cm3				
1,250	gr/cm3	7,50	%						

OBSERVACIONES: SUELO ARCILLOSO COMBINADO CON 23% DE CENIZA DE CARBÓN

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 25% DE CENIZAS DE CARBÓN.

	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 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	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 humedo Wm (gr)	3318	3608	3892	3648				
Peso unitario humedo 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 humedo 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 $\omega\%$	21,35	21,17	25,24	23,82	28,03	29,23	38,75	39,12
Cont. Humedad promedio $\omega\%$	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/cm³ , 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** 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 (%)	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	19065	19112	19473	19567	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	1,736	1,777	1,589	1,671
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	35	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 TÉCNICA 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

FECHA: 26/10/2016

ENSAYADO: Edwin Santiago Cañar

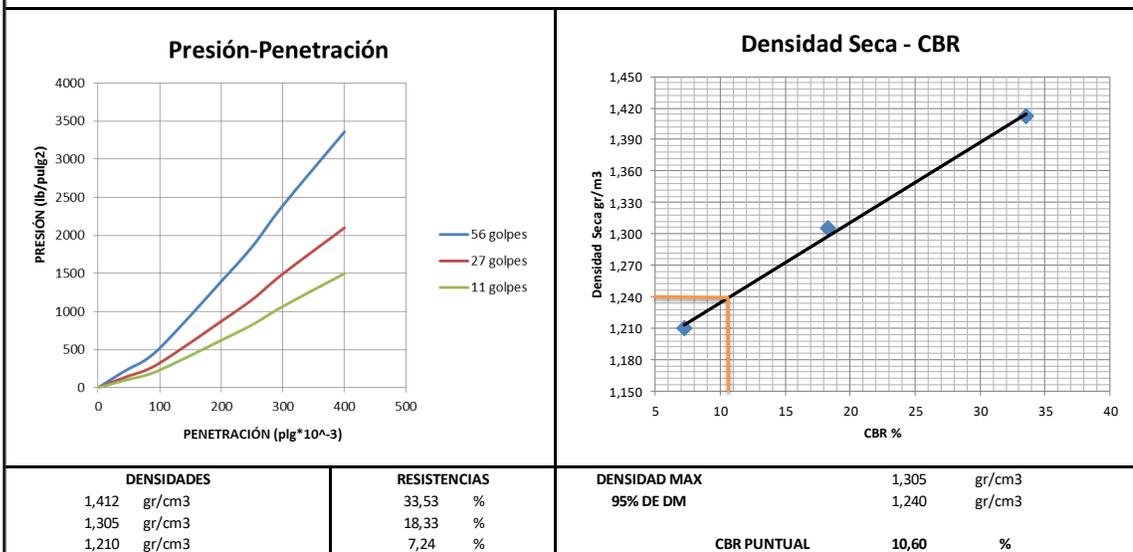
REVISADO: Ing. Mg. Lorena Pérez

ENSAYO C.B.R.

ENSAYO DE CARGA - PENETRACIÓN

Máquina de Compresión Simple (CONTROLS)					AREA DEL PISTÓN = 3 plg2		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	plg *10 ⁻³	lb	Leida	Corregida	lb		Leida	Corregida	lb		Leida	Corregida		
					lb	lb/pulg2		%	lb	lb/pulg2		%	lb	lb/pulg2		%
0	30	0,64	25	394	131,2				103	34,5			77,3	25,8		
1	0	1,27	50	609	203,1				330	110,1			110,8	36,9		
1	30	1,91	75	924	307,9				403	134,4			150,2	50,1		
2	0	2,54	100	1006	335,3	335,27	33,53		550	183,3	183,27	18,33	217,1	72,4	72,37	7,24
3	0	3,81	150	1665	555,1				1314	437,9			403,3	134,4		
4	0	5,08	200	1870	623,5				1333	444,3			687,2	229,1		
5	0	6,35	250	2009	669,8				1388	462,6			963,7	321,2		
6	0	7,62	300	2291	763,6				1427	475,5			1027,7	342,6		
8	0	10,16	400	2336	778,5				1449	483,0			1170,5	390,2		
10	0	12,70	500	2623	874,5				1513	504,4			1300,4	433,5		
CBR Corregido								33,53					18,33			7,24

GRÁFICOS ENSAYO C.B.R.



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 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	2314,23	cm ³
Energía de Compactación		Normas: AASHTO	T-180			
Peso Inicial Deseado	6000	6000	6000	6000	6000	

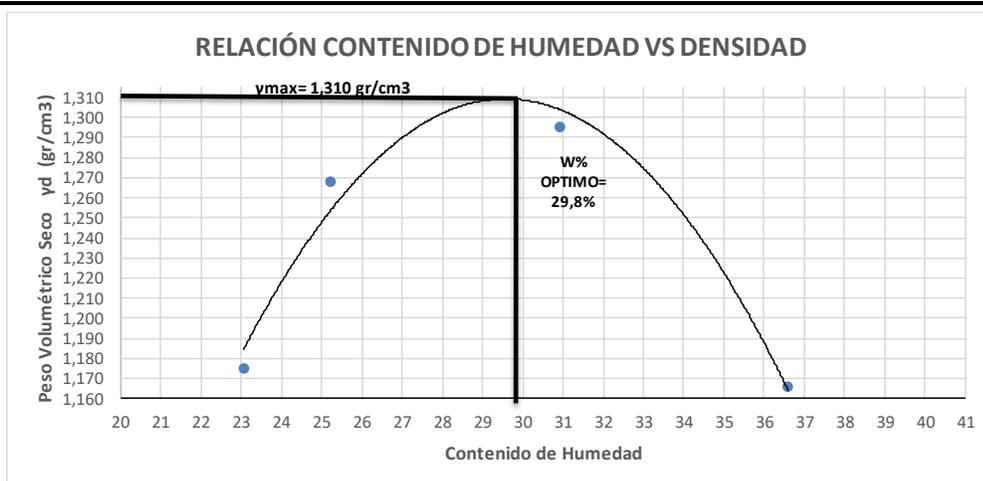
1. PROCESO DE COMPACTACIÓN

Ensayo Numero	1	2	3	4
Humedad inicial añadida en %	8	16	24	32
P. molde+Suelo húmedo (gr)	18840	19168	19419	19180
Peso suelo humedo Wm (gr)	3347	3675	3926	3687
Peso unitario humedo γm (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 Wr	30,9	30,5	30,4	30,5	30,2	30,6	31,1	30,4
Rec+suelo humedo Wr+Wm	112,4	111,8	112,6	113,2	114,1	113,5	113,9	111,8
Rec+suelo seco Ws + Wm	97,1	96,6	96,1	96,5	94,1	94,1	91,6	90,1
Peso solidos Ws	66,2	66,1	65,7	66	63,9	63,5	60,5	59,7
Peso del agua Ww	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 γd (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 grafico su contenido de humedad optimo 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
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:** 25/10/2016
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 (%)	29,80

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	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 N°	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 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

FECHA: 27/10/2016

ENSAYADO: Edwin Santiago Cañar

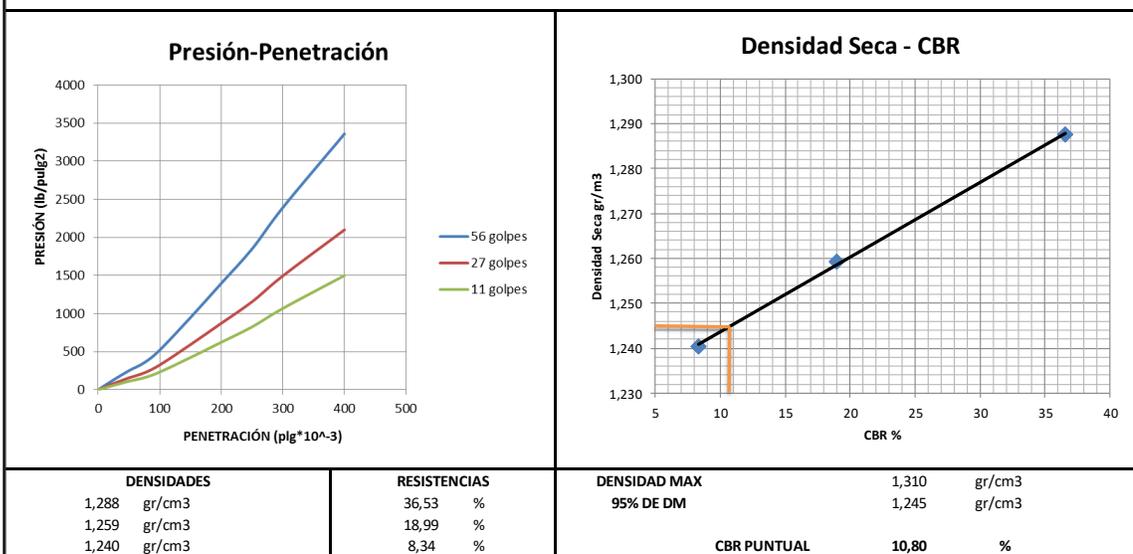
REVISADO: Ing. Mg. Lorena Pérez

ENSAYO C.B.R.

ENSAYO DE CARGA - PENETRACIÓN

Máquina de Compresión Simple (CONTROLS)					AREA DEL PISTÓN = 3 plg2		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	plg *10 ⁻³	lb	Leida	Corregida	lb		Leida	Corregida	lb		Leida	Corregida		
					lb	lb/pulg2		%	lb	lb/pulg2		%	lb	lb/pulg2		%
0	30	0,64	25	409	136,2				132	44,1			75,6	25,2		
1	0	1,27	50	627	209,1				246	81,9			100,8	33,6		
1	30	1,91	75	868	289,2				386	128,8			162,7	54,2		
2	0	2,54	100	1096	365,3	365,27	36,53		570	189,9	189,93	18,99	250,1	83,4	83,37	8,34
3	0	3,81	150	1569	523,1				981	326,9			467,3	155,8		
4	0	5,08	200	1736	578,8				1090	363,3			703,2	234,4		
5	0	6,35	250	1908	636,1				1239	413,0			980,7	326,9		
6	0	7,62	300	2106	701,9				1396	465,2			1103,7	367,9		
8	0	10,16	400	2299	766,2				1511	503,6			1170,5	390,2		
10	0	12,70	500	2713	904,5				1621	540,4			1290,4	430,1		
CBR Corregido							36,53					18,99				8,34

GRÁFICOS ENSAYO C.B.R.



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 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

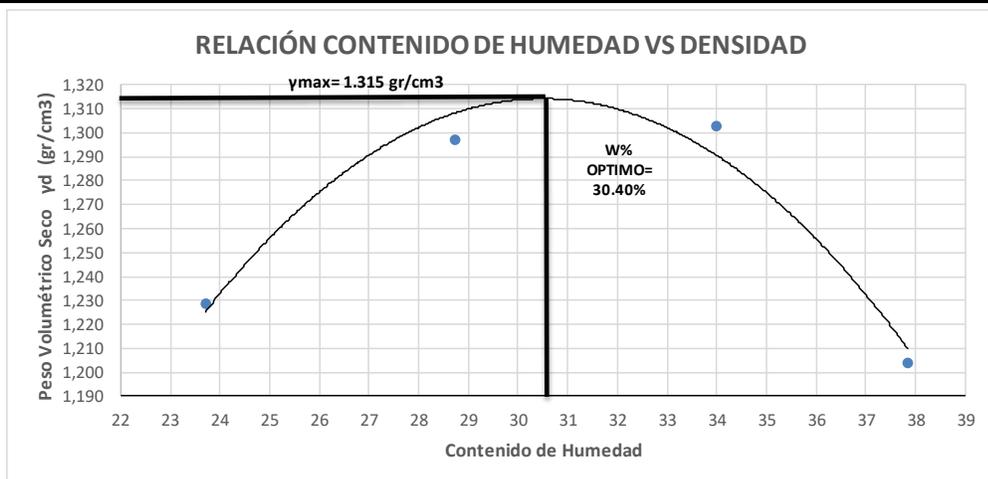
1. PROCESO DE COMPACTACIÓN

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 $\omega\%$	23,99	23,42	28,64	28,84	33,61	34,39	37,56	38,14
Cont. Humedad promedio $\omega\%$	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 grafico su contenido de humedad optimo 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
arenosos finos y arcillosos combinados con cenizas de carbón

PROYECTO:

ENSAYADO: Edwin Santiago Cañar Tiviano

FECHA: 26/10/2016

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 (%)	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	1,676	1,717	1,637	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	35	6A2	3A
P. Hum. + Recipiente	135,6	130,5		126,7	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 TÉCNICA 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

FECHA: 28/10/2016

ENSAYADO: Edwin Santiago Cañar

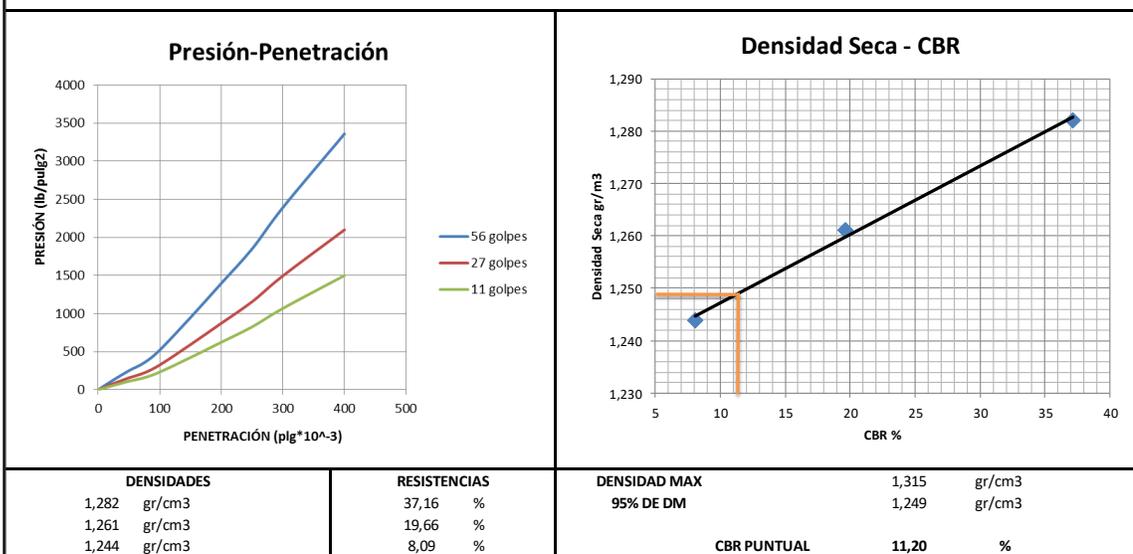
REVISADO: Ing. Mg. Lorena Pérez

ENSAYO C.B.R.

ENSAYO DE CARGA - PENETRACIÓN

Máquina de Compresión Simple (CONTROLS)					AREA DEL PISTÓN = 3 plg2		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	plg *10 ⁻³	lb	Leida	Corregida	lb		Leida	Corregida	lb		Leida	Corregida		
					lb	lb/pulg2		%	lb	lb/pulg2		%	lb	lb/pulg2		%
0	30	0,64	25	362	120,6				258	86,0			84	28,1		
1	0	1,27	50	562	187,3				348	115,9			116	38,8		
1	30	1,91	75	847	282,4				424	141,2			194	64,8		
2	0	2,54	100	1115	371,6	371,60	37,16		590	196,6	196,60	19,66	243	80,9	80,87	8,09
3	0	3,81	150	1453	484,3				865	288,2			590	196,5		
4	0	5,08	200	1663	554,3				1026	341,9			852	283,9		
5	0	6,35	250	18624	6208,1				1236	412,1			1104	367,9		
6	0	7,62	300	2185	728,2				1422	473,9			1156	385,4		
8	0	10,16	400	2481	827,1				1637	545,8			1274	424,8		
10	0	12,70	500	2700	900,1				1801	600,2			1369	456,2		
CBR Corregido							37,16					19,66				8,09

GRÁFICOS ENSAYO C.B.R.



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 esta en el rango con un CBR de 6-10%

RESISTENCIA AL CORTE DE SUELOS ARENO LIMOSOS (SM)

UNIVERSIDAD TECNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS ENSAYOS PARA DETERMINAR LA RESISTENCIA AL CORTE ARENA LIMOSA (SM)					
PROYECTO:	Análisis comparativo de la resistencia al corte y la estabilización de suelos arenosos finos y arcillosos combinados con cenizas de carbón				
DIRECCION:	Santa Rosa-Ambato-Tungurahua		REALIZADO POR:	Edwin Santiago Cañar	
MUESTRA:	SM (Cangahua)		REVISADO POR:	Ing. Mg. Lorena Pérez	
1 ESPECIFICACIONES GENERALES					
Constante k (Del anillo dinamométrico): Kp/mm de def			1,14	NORMAS:	
Dimensiones de la muestra:			AASHTO:	T-208-70	
Diámetro en cm:	12,00	Volumen en cm³	27143,42	ASTM:	D-2166
Sección en cm²:	113,10	Peso en gramos	40715,14	INEN:	
Altura en mm:	240	γm gr/cm³	1,550		
2 EJECUCION DEL ENSAYO					
Def Vert mmx 10 ⁻² δ	Lectura del anillo dinamométrico Lec	P Carga (Kp) Lec *k Kp/0.01	Deformación unitaria ε	Area corregida Ac	Esfuerzo Normal q (Kg/cm ²) P/Ac
0	0,0	0,00	0,000	113,10	0,00
25	4,0	4,56	0,001	113,22	0,04
50	9,0	10,26	0,002	113,33	0,09
75	12,5	14,25	0,003	113,45	0,13
100	15,5	17,67	0,004	113,57	0,16
150	20,5	23,37	0,006	113,81	0,21
200	24,0	27,36	0,008	114,05	0,24
250	27,0	30,78	0,010	114,29	0,27
300	29,5	33,63	0,013	114,53	0,29
350	30,5	34,77	0,015	114,77	0,30
400	31,0	35,34	0,017	115,01	0,31
500	30,5	34,77	0,021	115,50	0,30
600					
700					
800					
900					
1000					
3 GRAFICO DE LA RELACION ESFUERZO DEFORMACION					
<p style="text-align: center;">RESISTENCIA A LA COMPRESION SIMPLE DEL SUELO COHESIVO q_u</p>			<p style="text-align: center;">Determinación de la Cohesión en kg/cm²</p>		
4 DETERMINACION DE LOS PARAMETROS RESISTENTES DEL SUELO					
SERIE X	SERIE Y	Resistencia del suelo	Kg/cm ²	Ton/m ²	
0	0,31	Compresión simple q _u	0,307	3,07	
500	0,31	Cohesión del suelo "c"	0,154	1,54	

RESISTENCIA AL CORTE DE SUELOS ARCILLOSOS (CH)

UNIVERSIDAD TECNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS ENSAYOS PARA DETERMINAR LA RESISTENCIA AL CORTE ARCILLA DE ALTA PLASTICIDAD (CH)					
PROYECTO:	Análisis comparativo de la resistencia al corte y la estabilización de suelos arenosos finos y arcillosos combinados con cenizas de carbón				
DIRECCION:	Santa Rosa-Ambato- Tungurahua	REALIZADO POR: Edwin Santiago Cañar			
MUESTRA:	CH (Arcilla de alta plasticidad)	REVISADO POR: Ing. Mg. Lorena Pérez			
1 ESPECIFICACIONES GENERALES					
Constante k (Del anillo dinamométrico): Kp/mm de def		1,14		NORMAS:	
Dimensiones de la muestra:				AASHTO:	T-208-70
Diámetro en cm:	12,00	Volumen en cm³	27143,42	ASTM:	D-2166
Sección en cm²:	113,10	Peso en gramos	40715,14	INEN:	
Altura en mm:	240	γm gr/cm³	1,305		
2 EJECUCION DEL ENSAYO					
Def Vert mmx 10 ⁻² δ	Lectura del anillo dinamométrico Lec	P Carga (Kp) Lec *k Kp/0.01	Deformación unitaria ε	Area corregida Ac	Esfuerzo Normal q (Kg/cm ²) P/Ac
0	0,0	0,00	0,000	113,10	0,00
25	3,0	3,42	0,001	113,22	0,03
50	7,0	7,98	0,002	113,33	0,07
75	11,5	13,11	0,003	113,45	0,12
100	13,5	15,39	0,004	113,57	0,14
150	18,5	21,09	0,006	113,81	0,19
200	21,0	23,94	0,008	114,05	0,21
250	22,5	25,65	0,010	114,29	0,22
300	24,0	27,36	0,013	114,53	0,24
350	24,5	27,93	0,015	114,77	0,24
400	25,0	28,50	0,017	115,01	0,25
500	24,5	27,93	0,021	115,50	0,24
600					
700					
800					
900					
1000					
3 GRAFICO DE LA RELACION ESFUERZO DEFORMACION					
RESISTENCIA A LA COMPRESION SIMPLE DEL SUELO COHESIVO q_u			Determinación de la Cohesión en kg/cm²		
4 DETERMINACION DE LOS PARAMETROS RESISTENTES DEL SUELO					
SERIE X	SERIE Y	Resistencia del suelo	Kg/cm2	Ton/m2	
0	0,25	Compresión simple q _u	0,250	2,50	
500	0,25	Cohesión del suelo "c"	0,125	1,25	

ANEXO FOTOGRAFICO

EQUIPOS UTILIZADOS



Balanza electrónica de precisión



Recipientes Metálicos para toma de muestras



Guantes



Horno a 110°C



Maquina Tamizadora para el ensayo de la granulometría



Martillo de compactación peso=10 lb.

EQUIPOS UTILIZADOS



Probetas

Recipientes Metálicos



Palustres

Enrasador



Brocha

Martillo

EQUIPOS UTILIZADOS



Balanza electrónica



Flexómetro



Bandejas Metálicas



Tamices para partículas finas



Máquina de compresión para CBR.



Moldes Cilíndricos

ENSAYOS DE GRANULOMETRÍA



Peso de la muestra de 900gr.



Colocación de los tamizes incluido la muestra de suelo en la mesa vibratoria.



Recolección de la muestra



Toma de la muestra de cada tamiz



Peso de suelo que queda de cada tamiz

ENSAYO PARA DETERMINAR LA GRAVEDAD ESPECÍFICA



Peso de la muestra aproximadamente de 50gr



Toma de temperatura del agua y peso del picnómetro con agua.



Introducción de la muestra en el picnómetro



Peso del suelo, agua y picnómetro



Agitar el picnómetro con el fin de sacar el aire del interior del picnómetro.



Vaciado del picnómetro y toma del peso en un recipiente de aluminio.

ENSAYO PARA DETERMINAR LA PLASTICIDAD



Preparación de la masa del suelo.



Conteo de golpes con la Copa de Casagrande



División de la muestra en 6 partes.



Toma de muestra luego de los golpes.



Toma de pesos de cada muestra.



Muestra de suelo para el contenido de humedad para el límite líquido.

ENSAYO PARA DETERMINAR LA PLASTICIDAD	
	
<p>Muestra del suelo para contenido de humedad del límite plástico.</p>	<p>Toma del peso de la muestra</p>
	
<p>Total de muestras para determinar el límite plástico.</p>	

ENSAYOS PRÓCTOR Y CBR



Localización de la muestra de cangahua

Localización de la muestra de la arcilla



Aditivo como es la ceniza de carbón

La muestra debe pasar por el tamiz #4



Peso de la muestra de 6000 gr.

Colocar la muestra en una bandeja metálica



Adicionar agua según los porcentajes dados.



Dividir la muestra en 5 partes iguales



Cada parte colocar en el cilindro y realizar la compactación.



Realizar 25 golpes con el martillo de 10 lb.



Quitar el collarín y enrasar el cilindro.



Pesar el molde compactado.



Tomar la muestra de la superficie y de la base del molde para graficar la curva del contenido de humedad.



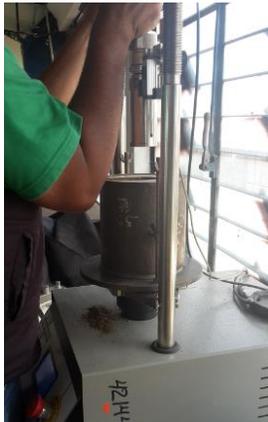
Colocar las muestras en el horno por 24 horas y realizar los cálculos necesarios.



Para el CBR debe hacer tres moldes de 5 capas con 56,27 y 11 golpes.



Preparación del molde para colocarlo en la máquina de compresión simple.



Colocación del molde en la máquina de compresión simple.



Molde listo para ensayar.

	
<p>Control de datos CBR.</p>	<p>Falla producida por la aplicación de cargas.</p>
	
<p>Toma de muestras alrededor de la falla</p>	<p>ENSAYO DE COMPRESIÓN NO CONFINADA PARA DETERMINAR LA RESISTENCIA AL CORTE.</p>
	
<p>Falla producida por aplicación de cargas.</p>	