

UNIVERSIDAD DE CUENCA



FACULTAD DE INGENIERÍA

ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL

“ESTUDIO COMPARATIVO DEL MÉTODO COLOMBIANO Y LA NEVI-12, PARA VÍAS DE BAJO VOLUMEN DE TRÁNSITO, CON SUBRASANTE DE LA MINA CHOCARSI”

Trabajo de titulación,
previo a la obtención del
título de Ingeniero Civil.

AUTORES:

BYRON FABIÁN LONDA CAÑAR.

LUIS MARCELO MAISINCHO YUNGA.

DIRECTOR:

ING. ROLANDO ARMAS NOVOA, MSc.

CUENCA – ECUADOR

ABRIL, 2016.

RESUMEN

En el presente trabajo se establecen los principales parámetros físicos y mecánicos, de la mina Chocarsi, cantón Cuenca, respaldados por una serie de ensayos de laboratorio. Con los parámetros estudiados se analizó la calidad del material con la finalidad de ser usado en mejoramiento de la subrasante para vías de bajo volumen de tránsito. El análisis de calidad se realizó mediante el índice CBR, en muestras sumergidas por 96 horas.

Adicionalmente, en este estudio utilizando el material de la mina Chocarsi como mejoramiento de la subrasante, se propone estructuras de pavimento para bajo volumen de tránsito, estas estructuras estarán basados en el método descrito en el libro “Ingeniería de Pavimentos para Carreteras” de Montejo Fonseca, 2002. Estas estructuras serán las más económicas propuestas por este método.

También se propondrá una estructura de pavimento conformada por un tratamiento superficial doble colocada sobre el material de la mina Chocarsi. Esta solución se da como la más factible económicamente para vías con bajo volumen de tránsito en Cuenca.

Palabras Clave: Pavimento Flexible, Índice CBR, Subrasante, Bajo Volumen de Tráfico.



ABSTRACT

The purpose of this study is to establish the main physical and mechanical parameters of the “Chocarsi” mine, canton Cuenca, supported by a series of laboratory tests. The parameters examined helped to analyze the quality of the material to be used for the parameters examined helped to analyze the quality of the material to be used for the improvement of the subgrade for low-traffic volume roads. The quality analysis was conducted through the index C.B.R. in samples submerged for 96 hours.

Additionally, in this study by using the material of the “Chocarsi” mine as the improvement of the subgrade, pavement structures for low-traffic volume roads are proposed. These structures will be based on the method described in the book Pavement Engineering “Ingeniería de Pavimentos para Carreteras” by Monejo Fonseca, 2002. These structures will be least expensive ones suggested by this method.

Furthermore, a pavement structure with double superficial treatment placed over the material of the mine “Chocarsi” will be suggested. This is an economical solution for the low-traffic volume roads in Cuenca.

Key Words: Flexible Pavement, Index C.B.R., Subgrade, Low-Traffic Volume.

ÍNDICE GENERAL

RESUMEN	2
ABSTRACT	3
CAPÍTULO I: INTRODUCCIÓN.....	18
1.1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	18
1.2. ANTECEDENTES	18
1.3. JUSTIFICACIÓN	20
1.4. OBJETIVOS	20
1.4.1. Objetivo general.....	20
1.4.2. Objetivos específicos.....	21
1.5. ALCANCE Y LIMITACIONES.....	21
CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO.....	22
2.1. COMPACTACIÓN DE SUELOS	22
2.1.1. Relación entre el peso específico seco (γ_d), la humedad (ω), y la energía de compactación.....	23
2.1.2. Compactación en campo	26
2.2. CAPACIDAD PORTANTE DEL SUELO.....	27
2.2.1. CBR (California Bearing Ratio).....	28
2.3. SUBRASANTE MEJORADA	30
2.4. ESPECIFICACIONES DE LA “NORMA ECUATORIANA VIAL” (NEVI).....	30
2.4.1. Clasificación de la red vial por la capacidad de tráfico	31
2.4.2. Carreteras de dos carriles (Clase C)	31
2.4.3. Especificaciones del mejoramiento de la subrasante.	32
2.5. PAVIMENTOS PARA BAJOS VOLÚMENES DE TRÁNSITO.....	33



CAPÍTULO III: MATERIALES Y MÉTODOS	34
3.1. DESCRIPCIÓN GENERAL DE LA MINA CHOCARSI	34
3.1.1. Geología	34
3.2. RECOLECCIÓN DE MUESTRAS DE LA MINA	35
3.3. METODOLOGÍA PARA OBTENER LOS PARÁMETROS FÍSICOS Y MECÁNICOS DEL MATERIAL	37
3.3.1. Contenido de Humedad (w)	37
3.3.2. Límites de Atterberg	38
3.3.2.1. Límite Líquido (LL)	38
3.3.2.2. Límite Plástico (LP)	39
3.3.3. Análisis Granulométrico	39
3.3.4. Clasificación de los suelos	40
3.3.5. Peso Específico o Densidad Específica (G_s)	40
3.3.6. Ensayo de Compactación (<i>Proctor Modificado</i>)	41
3.3.7. CBR (<i>California Bearing Ratio</i>)	41
3.3.8. Ensayo de Permeabilidad	42
3.3.9. Ensayo de Intemperismo	43
3.4. METODOLOGÍA DE DISEÑO DE PAVIMENTOS PARA BAJOS VOLÚMENES DE TRÁNSITO	44
3.4.1. Categorización del tránsito	45
3.4.2. Clasificación de la subrasante	47
3.4.3. Otras consideraciones de diseño para el caso de estudio	48
CAPÍTULO IV: ANÁLISIS Y RESULTADOS	50
4.1. PROPIEDADES FÍSICAS	50
4.1.1. Límites de Atterberg	50



4.1.2.	Granulometría.....	51
4.1.3.	Clasificación del suelo	52
4.1.4.	Intemperismo	52
4.1.5.	Peso específico o Densidad específica (Gs)	55
4.2.	PROPIEDADES MECÁNICAS	55
4.2.1.	Ensayo de Compactación (Proctor Modificado).....	55
4.2.2.	CBR (<i>California Bearing Ratio</i>).....	56
4.2.3.	Permeabilidad de carga constante	63
4.3.	PROPUESTA DE ESTRUCTURA DE PAVIMENTO.....	64
CAPÍTULO V: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES		66
BIBLIOGRAFÍA		68
ANEXOS		70
Anexo 1: Clasificación de suelos		70
Anexo 2: Intemperismo, análisis granulométrico.....		90
Anexo 3: Calibración de picnómetros.....		92
Anexo 4: Ensayo de peso específico.		93
Anexo 5: Ensayo de compactación, Proctor Modificado.		98
Anexo 6: Ensayo CBR.		108
Anexo 7: Permeabilidad de carga constante.....		123
Anexo 8: Cartillas de diseño.		125

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Curva de compactación Proctor.	24
Figura 2. Curva de compactación Proctor Estandar y Modificado.....	26
Figura 3. Esquema para carreteras de dos carriles, Tipo C3.	32
Figura 4. Mina Chocarsi.	34
Figura 5. Localización satelital del lugar de extracción de las muestras en la mina Chocarsi.....	36
Figura 6. Copa de Casagrande e implementos para el ensayo de límite líquido.....	38
Figura 7. Prueba de límite plástico.Fuente: Elaboración propia.	39
Figura 8. Permeabilidad en cámara triaxial.	42
Figura 9. División política del Cantón Cuenca.....	46
Figura 10. Curva granulométrica del ensayo 1, antes y después del proceso de intemperismo.....	54
Figura 11. Curva granulométrica del ensayo 2, antes y después del proceso de intemperismo.....	54
Figura 12. Curva “Esfuerzo – Deformación”, de los valores medios de las muestras sumergidas.....	61
Figura 13. Densidad seca – CBR.....	63
Figura 14. Estructura de pavimentos con tratamiento superficial doble y subrasante mejorada	65

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Valores de penetración y carga unitaria patrón.	29
Tabla 2. Clasificación del material, en base al CBR.	29
Tabla 3. Clasificación funcional de las vías en base al TPDA.	31
Tabla 4. Coordenadas UTM, del lugar de recolección de la muestra.	35
Tabla 5. Clases de tránsito de diseño.	45
Tabla 6. Determinación de la clase de tránsito en función de la clase de vía.	45
Tabla 7. Población en las Parroquias Rurales y Zona Urbana del Cantón Cuenca. .	47
Tabla 8. Clasificación de la subrasante.	48
Tabla 9. Clasificación de subrasante bajo superficies impermeables en presencia del agua.	48
Tabla 10. Límites de Atterberg de las muestras de la mina de Chocarsi, expresada en tanto por ciento.	50
Tabla 11. Valor promedio de los límites de Atterberg de la mina Chocarsi, expresada en tanto por ciento.	50
Tabla 12. Granulometría de las muestras de la mina de Chocarsi.	51
Tabla 13. Clasificación de suelos, de las muestras de la mina de Chocarsi.	52
Tabla 14. Granulometría antes y después del proceso de intemperismo.	53
Tabla 15. Peso específico de las muestras de la mina Chocarsi.	55
Tabla 16. Resultado de los ensayos de Proctor Modificado, de las muestras de la mina de Chocarsi.	56
Tabla 17. Resultado del ensayo de Compactación.	56
Tabla 18. Densidad seca y humedad de compactación, de las muestras del ensayo CBR.	57



Tabla 19. Resultados de penetración y carga unitaria del ensayo CBR, para el grupo 1 (10 golpes por capa).58

Tabla 20. Resultados de penetración y carga unitaria del ensayo CBR, para el grupo 2 (25 golpes por capa).58

Tabla 21. Resultados de penetración y carga unitaria del ensayo CBR, para el grupo 3 (56 golpes por capa).59

Tabla 22. Carga unitaria media, para cada grupo de energía de compactación, del ensayo CBR.60

Tabla 23. Índice CBR medio, para cada grupo de energía de compactación62

Tabla 24. Densidad media para cada grupo de energía de compactación y su respectivo índice de CBR.62

Tabla 25. Densidad seca y humedad del espécimen del ensayo 1 de permeabilidad.63

Tabla 26. Densidad seca y humedad del espécimen del ensayo 2 de permeabilidad.63

Tabla 27. Permeabilidad de carga constante, resultados del ensayo 1.64

Tabla 28. Permeabilidad de carga constante, resultados del ensayo 2.64

Tabla 29. Tipos de estructuras en centímetros consideradas para una subrasante S5 con una clase de tráfico T1.65



Cláusulas de Responsabilidad y de Reconocimiento del Derecho de la Universidad para publicar el documento.



Universidad de Cuenca
Clausula de derechos de autor

Yo, Byron Fabián Londa Cañar, autor de la tesis “ESTUDIO COMPARATIVO DEL MÉTODO COLOMBIANO Y LA NEVI-12, PARA VÍAS DE BAJO VOLUMEN DE TRÁNSITO, CON SUBRASANTE DE LA MINA CHOCARSI”, reconozco y acepto el derecho de la Universidad de Cuenca, en base al Art. 5 literal c) de su Reglamento de Propiedad Intelectual, de publicar este trabajo por cualquier medio conocido o por conocer, al ser este requisito para la obtención de mi título de INGENIERO CIVIL. El uso que la Universidad de Cuenca hiciere de este trabajo, no implicará afección alguna de mis derechos morales o patrimoniales como autor.

Cuenca, abril de 2016

Byron Fabián Londa Cañar

C.I: 0105160279



Universidad de Cuenca
Clausula de propiedad intelectual

Yo, Byron Fabián Londa Cañar, autor de la tesis “ESTUDIO COMPARATIVO DEL MÉTODO COLOMBIANO Y LA NEVI-12, PARA VÍAS DE BAJO VOLUMEN DE TRÁNSITO, CON SUBRASANTE DE LA MINA CHOCARSI”, certifico que todas las ideas, opiniones y contenidos expuestos en la presente investigación son de exclusiva responsabilidad de su autor.

Cuenca, abril de 2016

Byron Fabián Londa Cañar

C.I: 0105160279



Universidad de Cuenca
Clausula de derechos de autor

Yo, Luis Marcelo Maisincho Yunga, autor de la tesis **“ESTUDIO COMPARATIVO DEL MÉTODO COLOMBIANO Y LA NEVI-12, PARA VÍAS DE BAJO VOLUMEN DE TRÁNSITO, CON SUBRASANTE DE LA MINA CHOCARSI”**, reconozco y acepto el derecho de la Universidad de Cuenca, en base al Art. 5 literal c) de su Reglamento de Propiedad Intelectual, de publicar este trabajo por cualquier medio conocido o por conocer, al ser este requisito para la obtención de mi título de INGENIERO CIVIL. El uso que la Universidad de Cuenca hiciere de este trabajo, no implicará afección alguna de mis derechos morales o patrimoniales como autor.

Cuenca, abril de 2016

Luis Marcelo Maisincho Yunga

C.I: 0105161996



Universidad de Cuenca
Clausula de propiedad intelectual

Yo, Luis Marcelo Maisincho Yunga, autor de la tesis **"ESTUDIO COMPARATIVO DEL MÉTODO COLOMBIANO Y LA NEVI-12, PARA VÍAS DE BAJO VOLUMEN DE TRÁNSITO, CON SUBRASANTE DE LA MINA CHOCARSI"**, certifico que todas las ideas, opiniones y contenidos expuestos en la presente investigación son de exclusiva responsabilidad de su autor.

Cuenca, abril de 2016

Luis Marcelo Maisincho Yunga

C.I.: 0105161996



DEDICATORIA

A mis padres que, con su amor, sus consejos y sobre todo su apoyo en cada instante me brindaron seguridad y optimismo para continuar.

A mis hermanos que con sus palabras siempre me hicieron sentir respaldado.

A mis amigos que por mucho tiempo se convirtieron en más que una familia con quienes compartimos momentos buenos y malos.

Finalmente, se lo dedico a todos quienes estuvieron junto a mí en diferentes momentos de mi vida, mientras adquiría los conocimientos para alcanzar esta noble profesión.

Byron Londa



DEDICATORIA

Este trabajo, como todo lo realizado en mi vida, va dedicado en especial a mi mami Lucita, mi papi Luchito, mi ñaño Diego, mi ñaña Jenny, y a mi abuelita Carmelina, que siempre han estado a mi lado apoyándome en tristezas y alegrías, y con sus concejos me han guiado para dar cada paso en la vida.

A Estela y Diego, que no solo son cuñados, sino son unos hermanos más que me ha dado la vida.

A mis sobrinas Heidy, Nicole y Karelys, que hacen que me olvide de los problemas, poniendo una sonrisa en mi vida.

Marcelo Maisincho Y.



AGRADECIMIENTO

Agradezco a Dios quien ha sido mi principal fortaleza, para alcanzar uno a uno los objetivos que en la carrera se ha presentado, y así poder alcanzar este logro.

A mis padres y familia que me brindaron su confianza y apoyo incondicional.

A la Universidad de Cuenca, de sobremanera a la Facultad de Ingeniería, a sus docentes y a todo su personal administrativo quienes fueron imprescindibles para lograr terminar con éxito esta investigación que va a ser fundamental para desarrollarme como profesional.

A la Red Sísmica del Austro quienes depositar su confianza en mí, y me brindaron conocimientos para la vida diaria y profesional.

De manera especial al Ingeniero Master Rolando Armas tutor de este trabajo de titulación por guiarme y satisfacer las inquietudes surgidas de la investigación.

A mis amigos y enemigos que fueron parte trascendental de este periodo académico porque sin ellos no habría motivación.

Por ultimo a cada una de las personas que desinteresadamente me apoyaron de una u otra manera.

Byron Londa.



AGRADECIMIENTO

Quiero dar un agradecimiento especial al Ingeniero Rolado Armas, una gran persona y excelente profesional. Fue el pilar fundamental en este trabajo, mediante su guía y paciencia nos llevó a un *Happy End*.

A las personas de los laboratorios Stanlin, Sandro, don Fernando, y demás personas como compañeros y amigos, quienes apoyaron en los ensayos de laboratorio.

Marcelo Maisincho Y.

CAPÍTULO I: INTRODUCCIÓN

1.1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

En la ciudad de Cuenca, según la constitución del Ecuador, el Gobierno Autónomo Descentralizado (GAD) Municipal del Cantón Cuenca tiene competencias, para planificar y mantener, sobre la Red Vial Cantonal. La red está constituida por vías urbanas e interparroquiales (Flores Juca, 2013).

En varios proyectos viales se ha visto la necesidad de mejorar la calidad de soporte de la subrasante, esto debido al bajo soporte que presentan los suelos del cantón de Cuenca. El mejorar la calidad de soporte, entre otros factores, garantiza la durabilidad de las estructuras viales. Entonces, el mejoramiento del soporte de la subrasante se realiza con materiales seleccionados que estén cerca, para garantizar la economía de los proyectos.

Varios materiales utilizados en los proyectos desarrollados por el GAD Municipal del Cantón Cuenca son extraídos de las minas que son competencia del mismo. En lo referido al material utilizado para el mejoramiento de subrasantes en proyectos viales, estos materiales han sido motivo de quejas y al no existir un estudio previo, se ha visto la necesidad obtener una caracterización del material de las minas.

De las varias minas competencias del GAD Municipal de Cuenca, el estudio de caracterización realizado se enfoca en la mina Chocarsi. Para la caracterización del material de la mina se ha determinado las propiedades físicas y mecánicas necesarias para ser utilizado en diseño de estructuras de pavimentos.

1.2. ANTECEDENTES

Las carreteras son consideradas un medio de comunicación y de progreso para los pueblos, desarrollándose a través de la historia. En el principio las carreteras se construían con materiales pétreos, cales o cementos naturales. No obstante, los primeros avances significativos en el diseño de pavimentos fueron realizados en el siglo XX, principalmente con fines militares. Las primeras autopistas en Europa se desarrollaron en Italia y Alemania, en los gobiernos de Mussolini y Hitler,



respectivamente; mientras que en América los principales avances se dieron por las agencias federales de los Estados Unidos.

Así, en ingeniería civil, un pavimento se define como un conjunto de capas apoyadas sobre la subrasante natural o mejorada, con el objetivo de soportar cargas vehiculares. Existen varios tipos de pavimentos de acuerdo a la capa de rodadura, pero en diferentes países, como en el Ecuador, las vías se diseñan considerando dos tipos: pavimentos rígidos y pavimentos flexibles. Los primeros conformados por una carpeta rígida de hormigón hidráulico y acero de refuerzo, que se asienta sobre una capa de subbase. Por otra parte, los pavimentos flexibles están conformados por una carpeta bituminosa que se asienta sobre una subbase y una base; dependiendo del caso se puede prescindir de una de estas capas no rígidas.

El presente documento se enfoca en los pavimentos flexibles, por lo tanto, cualquier mención de pavimento hace referencia a tal clase.

En la actualidad para el diseño de pavimentos existen varios métodos, siendo el más utilizado el método AASHTO- 93. Es un método semiempírico dirigido al diseño de vías con volúmenes de tránsito altos y considera como parámetros de diseño un estudio de tráfico, características de los materiales de las capas, condiciones de drenaje y la calidad de la subrasante.

Sin importar del método que se utilice en el diseño, la calidad de la subrasante es uno de los factores más importantes, ya que influye en el espesor de las capas de la estructura del pavimento (Montejo Fonseca, 2002; Quintana & Lizcano, 2015).

Para la valoración de la calidad de la subrasante el método de la AASTHO-93 lo hace por el módulo de resiliencia. Pero debido a las dificultades que se tiene para determinar este módulo, como un alto costo del equipo para el ensayo (triaxial dinámico), se ha optado por utilizar fórmulas empíricas desarrolladas por varios investigadores, en las cuales se correlacionan el índice CBR (California Bearing Ratio), con el Módulo Resiliente (Mr).

Como el método de la AASHTO-93 concidera un alto volumen de tránsito vehicular, las estructuras viales en carreteras de bajos volúmenes de tránsito resultan sobredimensionadas cuando se diseñan por este método semiempírico. Por tal

motivo, en algunos países de Latinoamérica se ha visto la necesidad de realizar diseños considerando bajos volúmenes de tránsito, como es el caso de Colombia con el diseño descrito en el libro de “Ingeniería de Pavimentos para Carreteras” de Montejo Fonseca (2002), y en Argentina el diseño propuesto por Páramo y Cassan (1997), entre otros. Estos diseños se presentan mediante catálogos que pueden ser utilizados ajustándose a condiciones ambientales, de tránsito y de la calidad de la subrasante.

1.3. JUSTIFICACIÓN

Tomando en cuenta que aún no existe un estudio previo de la mina Chocarsi, que brinde información para mejorar la utilización de este material en proyectos viales, se ha visto la necesidad de comenzar dicho estudio. El estudio permitirá conocer las propiedades físicas y mecánicas del material de la mina. Además, el estudio de la mina pretende dar el sustento técnico al material para ser utilizado de forma racional como mejoramiento de la subrasante en obras viales, con las limitantes del caso.

Al estudiar el uso del material de dicha mina, como se dijo anteriormente competencia del GAD Municipal del Cantón Cuenca, se pretende que las obras proyectadas por el mismo organismo sean de calidad y económicas. Por lo tanto, el presente trabajo presenta algunas alternativas económicas de pavimentos para bajos volúmenes de tránsito.

Adicionalmente, con este estudio se pretende dar la iniciativa del uso del material no solo en obras viales, sino también en la utilización en terraplenes para construcciones habitacionales.

1.4. OBJETIVOS

1.4.1. Objetivo general

Determinar la capacidad portante (CBR) del material de la mina Chocarsi, para su uso en el mejoramiento de la subrasante de las vías de dos carriles tipo C3 y recomendación de tipos de pavimentos asfálticos para dichas vías.



1.4.2. Objetivos específicos

- Evaluar la capacidad portante (CBR) del material para mejoramiento de subrasante.
- Analizar los tipos de pavimentos asfálticos que puedan ser utilizados en vías de dos carriles, tipo C3, a partir de la capacidad portante del material de mejoramiento de la subrasante.
- Recomendar tipos de pavimentos asfálticos para las vías C3, en función del tránsito, la calidad de la subrasante y la economía.

1.5. ALCANCE Y LIMITACIONES

El estudio tiene como alcance determinar las propiedades físicas y mecánicas necesarias para determinar una estructura de pavimento propuesta en la literatura técnica. Además, darán las recomendaciones necesarias para que dicha estructura sea duradera. Las recomendaciones se basarán en las propiedades que sean propensas a alteraciones por el intemperismo y la manipulación.

El estudio se limitará a recomendar una estructura de pavimento dirigida a vías de dos carriles, tipo C3, cuyo valor del TPDA de 0 a 500, es el menor contemplado en la Norma Ecuatoriana Vial (NEVI-12-MTOP). Además, la estructura estará limitada a vías con bajos volúmenes de tránsito pesado.

CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO

Este capítulo tiene como objetivo dar a conocer la teoría de compactación de suelos necesaria al momento de mejorar la superficie natural del terreno, con la finalidad de brindar el mayor soporte con el menor costo. Por tal motivo se presentan el desarrollo y los conceptos más importantes de esta teoría.

Además, se define la capacidad portante de un suelo, en especial cuando forma parte de la estructura de pavimento, y cómo, mediante el índice CBR, se valora la calidad de soporte de la subrasante.

Por otro lado, se da a conocer las especificaciones de la normativa que rige en el país (NEVI-12-MOTP) para las carreteras de dos carriles, en las cuales se propone el uso del material, y también, las especificaciones para materiales que van a ser utilizados como mejoramiento de la subrasante.

Adicionalmente se presenta la concepción que tienen varios autores para los “pavimentos de bajos volúmenes de tránsito”.

2.1. COMPACTACIÓN DE SUELOS

La compactación es un proceso realizado por medios mecánicos (energía de compactación), con el fin de reducir el índice de poros (e) y así incrementar el peso específico seco (γ_d) de cualquier suelo (Armas Novoa, 2002), lo que provoca cambios de volumen, principalmente en el volumen de vacíos.

Con la compactación se desea obtener un suelo mejor estructurado, de tal manera que mejore su comportamiento y propiedades mecánicas tales como: resistencia a la compresión y al corte, permeabilidad y flexibilidad. Por otro lado, la expansión no muestra una mejora frente a este procedimiento, además de que una compactación intensa produce material susceptible al agrietamiento (Das, 2001; Montejo Fonseca, 2002; Valero Alonso, 1963).

2.1.1. Relación entre el peso específico seco (γ_d), la humedad (ω), y la energía de compactación

En el año de 1933, Ralph R. Proctor, establece las bases de la compactación económica, ideando una prueba de compactación dinámica, con el objetivo de mejorar las propiedades mecánicas del suelo, centrándose en la economía.

En la prueba Proctor, en muestras de un mismo suelo, con diferentes humedades, se obtienen diferentes valores del peso específico húmedo, en el material contenido en el molde de compactación. Con estos valores se puede calcular el peso específico seco, según la siguiente fórmula:

$$\gamma_d = \frac{\gamma_f}{1 + \omega}$$

Fórmula 1.

γ_d : Peso específico seco.

γ_f : Peso específico húmedo.

ω : Humedad.

Entonces, manteniendo la misma energía de compactación, el peso específico seco se incrementa a medida que también se incrementa la humedad, debido a que el agua contenida en los poros actúa como lubricante de las partículas, dando como resultado un reacomodo de éstas. El incremento del peso específico seco se da hasta un valor máximo, donde el contenido de agua es conocido como humedad óptima (ω_{opt}) (ver Figura 1). Después del valor máximo, al incrementar la humedad los pesos específicos secos disminuyen, debido que el contenido de agua en los poros absorbe la energía de compactación e impide que las partículas se unan.

Así, se definió la humedad óptima (ω_{opt}), como el valor con el que se obtiene el máximo peso específico seco (γ_{d-max}), para la misma energía de compactación. Por lo tanto, si la energía de compactación está relacionada directamente con el costo, cuando este parámetro se mantiene y la humedad varía para conseguir el mayor peso específico seco, la definición de humedad óptima es puramente económica.

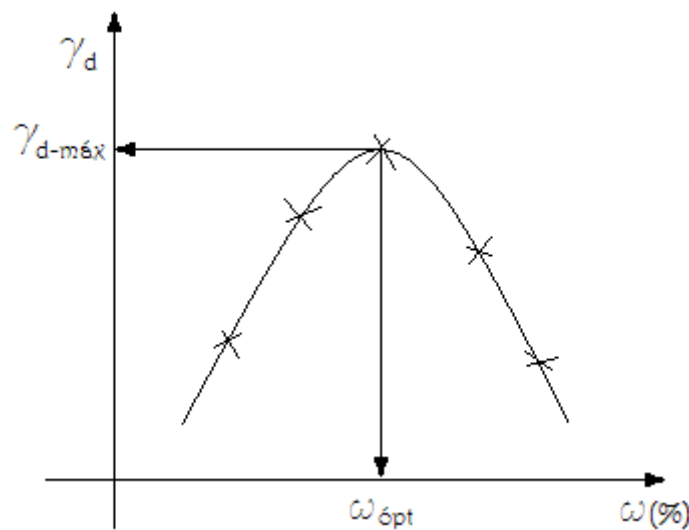


Figura 1. Curva de compactación Proctor.
Fuente: Compactación de suelos, Armas Novoa (2002).

Para la prueba de compactación se han desarrollado dos variantes: Proctor Estándar y Modificado, cuya principal diferencia está en la energía por unidad de volumen que se utiliza en cada prueba. Esta energía compactación se determina mediante la siguiente fórmula:

$$E_c = \frac{W * h * n * N}{V} \quad \text{Fórmula 2.}$$

E_c : Energía específica de compactación.

W : Peso del pisón compactador.

h : Altura de caída de caída del pisón.

n : Número de capas.

N : Número de golpes por capa.

V : Volumen del molde de compactación.

El Proctor Estándar fue ideado para representar en el laboratorio los resultados que se podían obtener en la compactación en campo con los equipos disponible alrededor de los años de 1930. Las características ideadas en este ensayo son:

$W = 5.5 \text{ lb}$, $h = 1 \text{ pie}$, $n = 3 \text{ capas}$, $N = 25 \text{ golpes/capa}$, $V = 1/30 \text{ pie}^3$ (correspondiente a un cilindro de 4 pulg. de diámetro).

Por lo tanto, la energía de compactación para el Proctor Estándar, de acuerdo a la fórmula 2, es:



$$E_c = 12375 \frac{lb - pie}{pie^3}$$

La prueba de Proctor Modificado fue ideada para obtener pesos específicos secos mayores, debido al desarrollo de los equipos de compactación en campo y a las nuevas exigencias en la construcción, que se implementaron en años posteriores.

Las características ideadas para esta prueba son:

$W = 10$ lb, $h = 1.5$ pie, $n = 5$ capas, $N = 25$ golpes/capa, $V = 1/30$ pie³.

La energía de compactación para el Proctor Modificado, de acuerdo a la fórmula 2, es:

$$E_c = 56250 \frac{lb - pie}{pie^3}$$

Entonces, la energía de compactación del Proctor Modificado es aproximadamente 4.55 veces la del Proctor Estándar.

De los resultados de las pruebas de Proctor Estándar y Proctor Modificado, en un mismo suelo, según se muestra en la Figura 2, se concluye: “al incrementar la energía de compactación se obtiene humedades óptimas menores y pesos específicos secos máximos mayores implicando también un mayor costo”

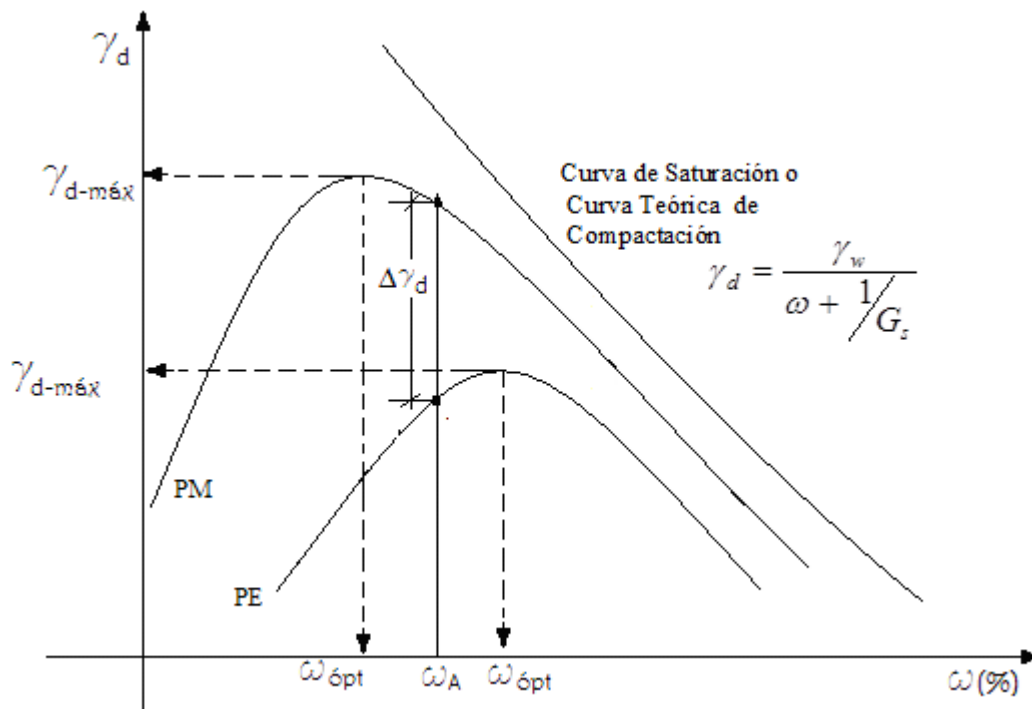


Figura 2. Curva de compactación Proctor Estandar y Modificado.
Fuente: Compactación de suelos, Armas Novoa (2002).

2.1.2. Compactación en campo

En el campo la compactación se realiza con compactadores, aplicando energía que puede ser de presión, impacto o vibración. Tanto en el laboratorio como en el campo los factores que afectan a la compactación son similares, siendo los más importantes la humedad del suelo y la energía de compactación aplicada (Valero Alonso, 1963).

Los principales parámetros que intervienen en la energía de compactación aplicada, para lograr la compactación deseada en campo, son: peso y tipo del equipo compactador, espesor de la capa a compactar y el número de pasadas del equipo. Por tal razón, en caso de obtener energía de compactación baja en campo se podrá realizar algunas de las siguientes acciones para aumentar esta energía: utilizar sobrepesos para aumentar el peso del equipo, reducir el espesor de la capa por compactar, aumentar el número de pasadas, en caso de uso de rodillos de llantas aumentar la presión de inflado de las llantas y en caso de vibradores aumentar la frecuencia o amplitud del equipo.

No obstante, la energía de compactación de campo no puede ser cuantificada, como la utilizada en laboratorio con la energía dinámica tipo Proctor, entre otras cosas, porque la energía aplicada en el campo es de tipo estática, por amasado, por vibración o una combinación de éstas.

La medida del peso específico seco deseado en la compactación en el campo puede variar en una misma área, a pesar de usar el mismo equipo. Entre los factores que influyen en compactación desigual están: mínimos cambios de humedad, tipo de suelo y el área sobre la cual se aplica la presión (Das, 2001).

La medida de la compactación obtenida en el campo es dada por el grado de compactación, que relaciona el peso específico seco alcanzado en campo con el peso específico seco máximo obtenido en laboratorio, expresada en tanto por ciento.

El grado de compactación se fija según las exigencias del proyecto y con relación a los resultados obtenidos en el laboratorio; así, atendiendo a la Norma Ecuatoriana Vial (NEVI-12), el grado de compactación se regirá al Proctor de referencia (Proctor Estándar o Proctor Modificado), según señale el Fiscalizador. Por ejemplo, en las zonas de coronación el grado de compactación exigido será el máximo, 100 por ciento del Proctor de referencia; en las zonas de cimiento, núcleo y espaldones debe ser del 95 por ciento del peso específico seco máximo, establecido en el ensayo de laboratorio. (Ministerio de Transporte y Obras Públicas del Ecuador, 2012b).

2.2. CAPACIDAD PORTANTE DEL SUELO

La capacidad portante del suelo es la capacidad que tiene para soportar cargas aplicadas sobre él, sin que se produzca una falla por corte o una deformación exagerada (Das, 2001).

Para calcular la capacidad portante del suelo se han desarrollado varias teorías, considerando al suelo como elástico o plástico. Considerando un comportamiento plástico del suelo, Prandtl, Terzaghi y Housel, desarrollaron teorías para calcular la carga máxima que es capaz de soportar un terreno. Mientras, en el caso de considerar que el suelo tiene un comportamiento elástico la teoría más utilizada es la de Boussinesq.

En pavimentos la capacidad del suelo, como de las demás capas que conforman la estructura, está dado por un comportamiento elasto-plástico, debido a que la carga transmitida es móvil, experimentando el suelo ciclos de carga y descarga. En un ciclo parte de la deformada no se recupera (deformación plástica) y parte se recupera (deformación elástica). La deformación recuperada una vez sesada la carga es evaluada por el Módulo Resiliente (M_r), que estará en función de las propiedades del material. Según este comportamiento, si las cargas son excesivas pueden dar como resultado grietas en la capa de rodadura y en deformaciones permanentes en la estructura de pavimento, debido a la sobre carga de la subrasante (Iturbide, 2002).

En el diseño de pavimentos, como se mencionó en los antecedentes, se considera como parámetro de diseño el Módulo de Resiliencia, permitiendo utilizar correlaciones con el CBR, por la facilidad y el menor costo de este ensayo.

2.2.1. CBR (California Bearing Ratio)

La relación de soporte California CBR, (por sus siglas en inglés de: California Bearing Ratio), tiene como objetivo evaluar la calidad relativa de un suelo con base a su resistencia.

El ensayo fue desarrollado en 1925 por el Departamento de Transporte de California, con la finalidad de reportar un índice de calidad, y definieron el índice CBR, como la relación entre la carga necesaria para lograr una deformación establecida, en el suelo ensayado, y la carga necesaria para producir la misma deformada en la piedra picada California, material utilizado como patrón.

$$CBR(\%) = \frac{\text{carga unitaria del ensayo}}{\text{carga unitaria patrón}} \times 100 \quad \text{Fórmula 3.}$$

Además, para determinar el índice CBR se realiza el ensayo que esta normado por la ASTM (American Standards for Testing and Materials) y la AASTHO (American Association of State Highway and Transportation Officials). Del ensayo existen dos versiones, para determinar el CBR en el laboratorio (ASTM D1883 Y AASTHO T193), y para determinar el CBR en el campo (ASTM D 4429).

Según la AASTHO T193, para obtener la carga unitaria en el suelo se realiza el ensayo con un pistón de diámetro de 1.954 ± 0.005 pulg, que penetra la muestra compactada a una velocidad preestablecida (0.05 pulg/min), registrándose los datos de la penetración y de la carga, con estos datos se realiza la gráfica de deformación y esfuerzo. Como siguiente paso, con el valor de la carga unitaria que corresponde a la deformación establecida de 0.1 y 0.2 pulg (ver Tabla1), se calcula el índice CBR, tomando como resultado de CBR el menor valor.

*Tabla 1. Valores de penetración y carga unitaria patrón.
Fuente: Elaboración propia.*

PIEDRA PICADA CALIFORNIA (Material patrón)	
Penetración	Carga unitaria
pulg	lb/pulg²
0.1	1000
0.2	1500

El ensayo de penetración se puede realizar en muestras no sumergidas inmediatamente después de la compactación, o en muestras sumergidas en agua por un período de 96 horas, bajo la aplicación de una sobrecarga que no deberá ser menor a 10 lb.

Con el resultado de CBR se puede clasificar el material, para establecer su uso (ver Tabla 2).

*Tabla 2. Clasificación del material, en base al CBR.
Fuente: Mecánica de suelos y cimentaciones, Crespo Villalaz (2004).*

CBR	Clasificación
0 - 5	Subrasante muy mala
5 - 10	Subrasante mala
10 - 20	Subrasante regular a buena
20 - 30	Subrasante muy buena
30 - 50	Subbase buena
50 - 80	Base buena
80 - 100	Base muy buena

Este ensayo es muy aceptado por el bajo costo y, además, por existir varias correlaciones con otros ensayos. La más utilizada en el diseño de pavimentos es la correlación con el Módulo de Resiliencia. A continuación se muestran dos

correlaciones utilizadas para suelos de subrasante en el método de diseño de la AASHTO; la primera recomendada para suelos con CBR sumergido, no mayor a diez, y la segunda para valores de CBR mayores de diez:

Método de Shell, Heukelomm y Klomp (1962), desarrollado en Holanda y Reino Unido:

$$Mr = 1500 \times CBR \quad \text{Fórmula 4.}$$

Mr : Módulo Resiliente (psi).

CBR : California Bearing Ratio (%)

Concilio Sudafricano de Investigaciones Científicas e Industriales:

$$Mr = 3000 \times CBR^{0.65} \quad \text{Fórmula 5.}$$

Mr : Módulo Resiliente (psi).

CBR : California Bearing Ratio (%)

2.3. SUBRASANTE MEJORADA

Debido a las diferentes características y, en general, cuando se presenta baja capacidad portante de la explanada natural, se ve la necesidad de mejorarla. Para mejorar la subrasante se utiliza material seleccionado, adecuadamente preparada y compactada, con el objetivo de brindar una base uniforme y de buena capacidad portante a toda la estructura de pavimento.

Al garantizar una subrasante con características uniforme, se pueden tener capas superiores constantes y de menor espesor (Bañón Blázquez & Beviá García, 2000).

2.4. ESPECIFICACIONES DE LA “NORMA ECUATORIANA VIAL” (NEVI)

En el año 2013 el Ministerio de Transporte y Obras Públicas del Ecuador publica la versión NEVI-12-MTOP, compuesta de varios volúmenes. A continuación se seleccionan las normas y especificaciones de interés. De los seis volúmenes que conforman la NEVI-12, se recapitula el volumen 2A, que contiene los principios normativos para estudios y diseños viales, y el volumen 3, que constituye una unidad de especificaciones técnicas generales requeridas en los proyectos viales.

2.4.1. Clasificación de la red vial por la capacidad de tráfico

La Norma Ecuatoriana Vial, en función del tráfico promedio diario anual (TPDA) para el final del periodo de diseño, propone la clasificación principal de la red vial del país. La clasificación propuesta se muestra en la Tabla 3.

*Tabla 3. Clasificación funcional de las vías en base al TPDA.
Fuente: NEVI-12-2A (Ministerio de Transporte y Obras Públicas del Ecuador, 2012a).*

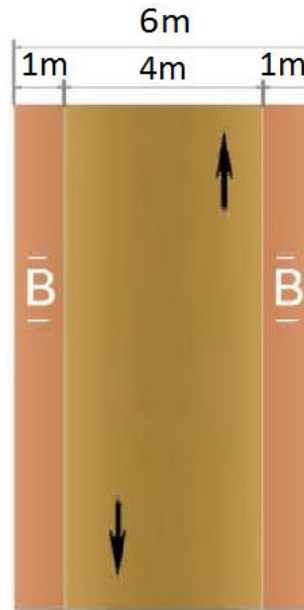
<i>Descripción</i>	<i>Clasificación funcional</i>	<i>Tráfico promedio diario anual al final de periodo de diseño</i>	
		<i>Límite inferior</i>	<i>Límite superior</i>
Autopista	AP2	80000	120000
	AP1	50000	80000
Autovía o Carretera Multicarril	AV2	26000	50000
	AV1	8000	26000
Carretera de dos carriles	C1	1000	8000
	C2	500	1000
	C3	0	500

2.4.2. Carreteras de dos carriles (Clase C)

Las carreteras de dos carriles, aparte de su clasificación en función del TPDA, tienen una clasificación según su desempeño, establecido por el Plan Estratégico de Movilidad.

Para las carreteras tipo C1, según su desempeño, equivalen a carreteras de mediana capacidad, y en este tipo de carreteras las velocidades del proyecto son de 100 km/h. De manera similar, las carreteras tipo C2 equivalen a carreteras convencionales básicas y caminos básicos, cuyas velocidades de diseño son de 80 y 60 km/h, respectivamente.

Las carreteras tipo C3 se denominan según su desempeño como camino agrícola / forestal, cuyos parámetros de diseño en el proyecto son: velocidad de 40 km/h y pendiente de 16%. En la Figura 3, se muestra los anchos básicos mínimos de la calzada y bordillos, recomendados por la NEVI-12, para una carretera de dos carriles tipo C3.



* B: Bordillo.

Figura 3. Esquema para carreteras de dos carriles, Tipo C3.
Fuente: NEVI-12-2A (Ministerio de Transporte y Obras Públicas del Ecuador, 2012a)

2.4.3. Especificaciones del mejoramiento de la subrasante.

La NEVI-12 (volumen 3 - capítulo 400), establece las especificaciones que debe cumplir la subrasante, tanto en autopistas como en carreteras de dos carriles. Las especificaciones dadas son:

El material de mejoramiento de la subrasante deberá ser granular, material rocoso o combinaciones de ambos, libre de material orgánico.

La granulometría que debe tener: el 100% pasa el tamiz de 4 pulgadas (100mm) y no más del 20% pasará el tamiz N° 200 (0.075mm). “El Material de tamaño mayor al especificado, deberá ser retirado antes de que se incorpore a la obra. Se deberá desmenuzar, cribar, mezclar o quitar el material, para cumplir con las especificaciones correspondientes”.

Lo referido a los límites de Atterberg: deberá tener un índice de plasticidad hasta de 9% y límite líquido hasta 35%, siempre que el valor del CBR sea mayor al 10%, tal como se determina en el ensayo AASTHO T-91.

La densidad seca de la capa compactada deberá ser del 95% de la densidad seca máxima obtenida del Proctor Modificado.

2.5. PAVIMENTOS PARA BAJOS VOLÚMENES DE TRÁNSITO

“Los pavimentos para bajos volúmenes de tránsito constituyen soluciones de pavimentos cuyo diseño está justificado estructuralmente para las tensiones y deformaciones de trabajo y el comportamiento a la fatiga” (Thenoux, Halles, Barrera, & Miranda, 2002).

En trabajos realizados por varios autores se han desarrollado guías de estudio para estructuras de pavimentos con bajos volúmenes de tránsito (Montejo Fonseca, 2002; Páramo & Cassan, 1997; Thenoux et al., 2002). En las guías desarrolladas presentan cartillas estructurales como soluciones de pavimentos. En las cartillas cada estructura propuesta se basa en consideraciones de diseño, como son: el tránsito, condiciones climáticas y soporte de la subrasante, entre otras.

En este tipo de estructuras para bajos volúmenes de tránsito se pueden presentar dos variantes de caso de estudio, como son: estructuras de pavimentos para tránsito liviano y estructuras de pavimentos para tránsito pesado.

En el primer caso, estructuras de pavimentos para tránsito liviano, se espera que el tránsito de vehículos pesados sea bajo, y en esta categoría están, por ejemplo: caminos a poblados pequeños, accesos a zonas turísticas o zonas de servicio. Según esta consideración la estructura no se rige por un comportamiento a la fatiga (Thenoux et al., 2002). Los estados tensionales de trabajo esperados en las capas de la estructura del pavimento son limitados.

Para el segundo caso, para estructuras de pavimentos para tránsito pesado, generalmente asociado a zonas con actividad industrial, agrícola o ganadera. Por las características de peso del tránsito se considera que se rige por un comportamiento a la fatiga (Thenoux et al., 2002), por lo tanto, se espera estados tensionales que pueden ser superior a las máximas permitidas.

CAPÍTULO III: MATERIALES Y MÉTODOS

3.1. DESCRIPCIÓN GENERAL DE LA MINA CHOCARSI

La mina de Chocarsi se encuentra a cargo del GAD Municipal de la Ciudad de Cuenca, ciudad del centro sur de Ecuador y capital de la provincia del Azuay. La mina está situada en sector de Chocarsi, perteneciente a la Parroquia Nulti de la ciudad de Cuenca. Según la ubicación geográfica, está sujeta a un clima con temperatura variable entre 7 a 15 °C, en invierno, y 12 a 25 °C, en verano. Además, se encuentra sometido a lluvias torrenciales o esporádicas debido a la variedad climatológica propia de la zona andina ecuatoriana.



*Figura 4. Mina Chocarsi.
Fuente: Elaboración propia.*

3.1.1. Geología

La información geológica se obtiene por medio de mapas del Instituto Geográfico Militar (IGM), en donde se orienta el estudio de la zona y en la definición de los parámetros geomecánicos.

De acuerdo a mapas geológicos la mina se encuentra ubicada en la “Formación Yunguilla”, formada por sedimentos del periodo cretáceo superior, cuya litología predominante es la argilita negra, pasando a arcillas cafés oscuras o negras. El área es erosionable por los agentes climatológicos, vegetales y ocupación humana.

La morfología del terreno corresponde a una zona montañosa, con variaciones de altura, con taludes de pendiente pronunciada, capa vegetal en la zona superior propia de la zona, incluyendo también la modificación del área debido a la explotación del material.

3.2. RECOLECCIÓN DE MUESTRAS DE LA MINA

En el proceso de recolección de muestras se contó con la colaboración del personal del Laboratorio de Suelos de la Municipalidad de Cuenca y con la asesoría del director de este estudio. Con el objetivo de que las muestras sean representativas de la mina, las mismas fueron recolectadas a diferentes distancias y diferentes alturas. En total, se tomaron cinco muestras en las cantidades suficientes para realizar los ensayos que nos permitan caracterizar el material.

La ubicación geográfica de las muestras fueron tomadas con un GPS (Garmin GPSMap 62), proporcionado por el Municipio de Cuenca. El día de la recolección de las muestras se tenía un clima templado con cielo despejado, lo que favoreció la exactitud de la localización por medio del GPS (ver Tabla 4 y Figura 5)

*Tabla 4. Coordenadas UTM, del lugar de recolección de la muestra.
Fuente: Elaboración propia.*

Descripción	Huso	Hemisferio	Este	Norte
Muestra 1	17	Sur	735338	9682617
Muestra 2	17	Sur	735336	9682655
Muestra 3	17	Sur	735351	9682677
Muestra 4	17	Sur	735357	9682687
Muestra 5	17	Sur	735376	9682732

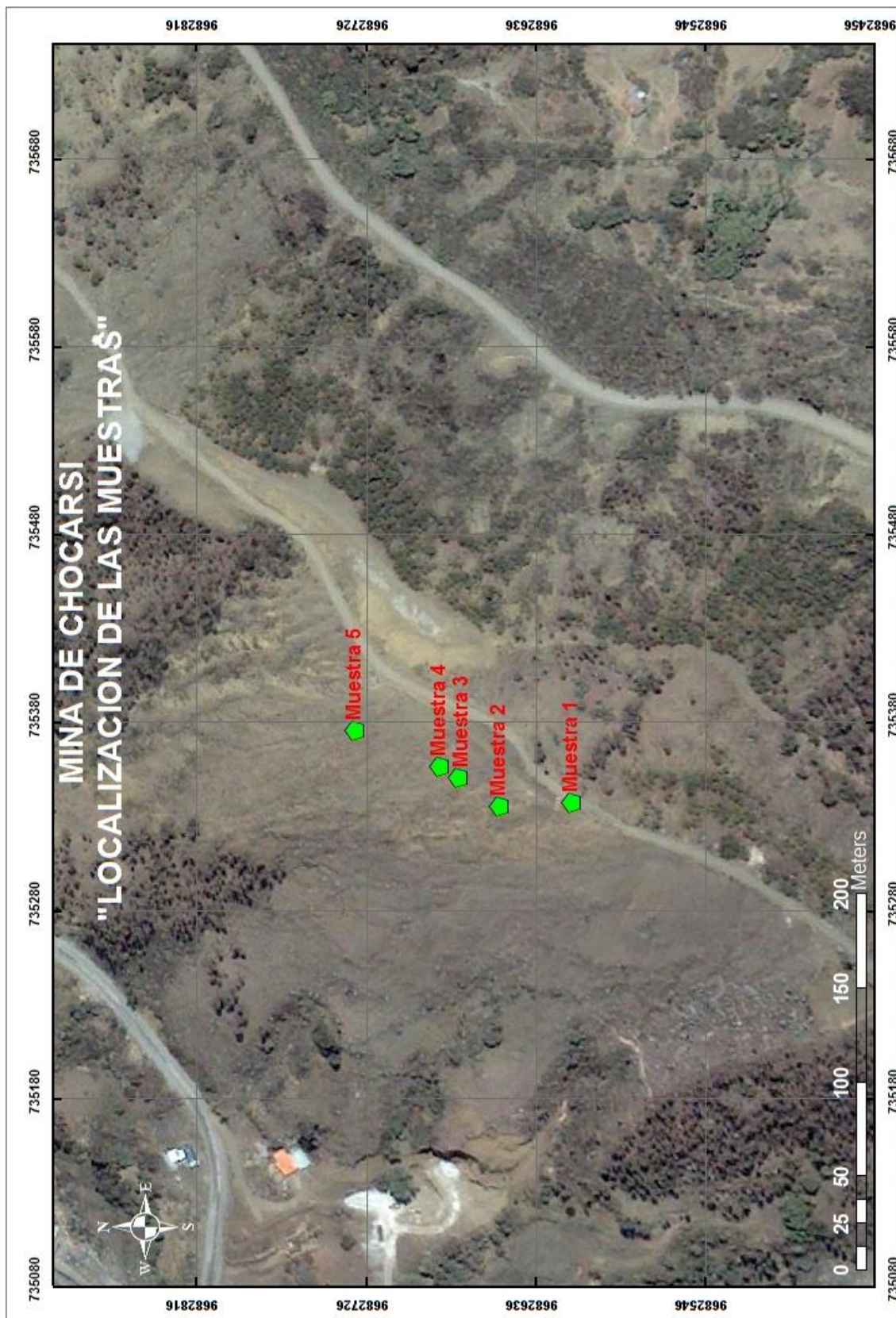


Figura 5. Localización satelital del lugar de extracción de las muestras en la mina Chocarsi.
Fuente: Elaboración propia.

3.3. METODOLOGÍA PARA OBTENER LOS PARÁMETROS FÍSICOS Y MECÁNICOS DEL MATERIAL

Con el material, que se obtuvo de la explotación de la mina, se realizarán los ensayos para determinar los parámetros físicos y mecánicos. Los ensayos realizados en este estudio tuvieron la guía y colaboración del Laboratorio de Suelos de la Municipalidad de Cuenca y del Laboratorio de Geotecnia y Estructuras de la Universidad de Cuenca.

Referido a las características físicas del suelo, se realizará la clasificación del material para dar una primera idea de su comportamiento. La clasificación del suelo se realizará por dos sistemas: el primero SUCS (Sistema Unificado de Clasificación de Suelos) y el segundo AASHTO (American Association of State Highway and Transportation Officials). Entonces, para realizar la clasificación por los métodos antes mencionados, se requirió obtener: la humedad, el análisis granulométrico, límite líquido y límite plástico.

Por otra parte, referido a las propiedades mecánicas se comenzará con el ensayo Proctor Modificado, parámetro previo a la obtención del índice CBR.

3.3.1. Contenido de Humedad (ω)

Para determinar la de humedad de las muestras, el ensayo se realiza según la norma INEN 690.

La humedad es la cantidad de agua que está presente en la masa de suelo y se determina mediante el secado de una porción de la muestra en un horno, que mantenga una temperatura de $105 \pm 5^\circ\text{C}$. Esta cantidad de agua se expresa en porcentaje de la masa seca.

La determinación de la humedad se realizará en varios ensayos como: en la granulometría, en los límites de Atterberg y en la compactación, entre otros, y para obtener su valor se efectuará por duplicado sobre diferentes porciones de la muestra ensayada.

3.3.2. Límites de Atterberg

Los límites de Atterberg que se determinarán son el límite líquido y el límite plástico. El objetivo de determinar estos límites es clasificar e identificar el comportamiento de las muestras ensayadas. Para realizar el ensayo según las normas que se señalan, se utiliza el material que pasa el tamiz N°40. En total se realizara tres ensayos en cada muestra, tanto para determinar el límite líquido y plástico.

3.3.2.1. Límite Líquido (LL)

La determinación del límite líquido se realiza según la norma INEN 691.



*Figura 6. Copa de Casagrande e implementos para el ensayo de límite líquido.
Fuente: Elaboración propia.*

El ensayo determina el contenido de agua, en porcentaje, de un suelo, cuando el suelo está entre el estado líquido y el estado plástico.

El ensayo se realiza mediante el método de la copa de Casagrande (ver Figura 6). En resumen, el dispositivo permite determinar el número de golpes necesarios para que dos mitades de suelo se unan continuamente (aprox. 10 mm), por fluencia del suelo. Como siguiente paso, los datos registrados (número de golpes y humedad) son graficados en una escala semilogarítmica, para determinar la curva de flujo y mediante interpolación se determina el contenido de agua a los 25 golpes. Este contenido de agua se asume como el límite líquido.

Adicionalmente, en el resultado del ensayo influyen las condiciones de los instrumentos y la experiencia del laboratorista.

3.3.2.2. Límite Plástico (LP)

La determinación del límite plástico se realiza según la norma INEN 692.

El ensayo determina el contenido de agua en porcentaje de un suelo, en el cual el suelo está entre el estado plástico y el estado semisólido.

La prueba se lleva a cabo con la palma de la mano sobre una placa de vidrio (ver Figura 7). El límite plástico es la menor humedad con la cual se puede formar con el suelo un rollo de diámetro de 3.2 mm, sin que este se fisure, disgregue o se desmorone. Para una misma muestra se realiza la prueba por triplicado.

Al ser una prueba manual los resultados pueden diferir, según la persona que la lleve a cabo.



Figura 7. Prueba de límite plástico. Fuente: Elaboración propia.

3.3.3. Análisis Granulométrico

El análisis granulométrico se realiza según la norma INEN 696, mediante el método de cribado.

El método de cribado se realiza con una muestra de suelo que esté en condiciones secas y con la disgregación de grumos; la muestra de suelo se la hace pasar por una serie de tamices, ordenados según su abertura de manera descendente.

El objetivo del cribado es obtener los valores de la masa retenida en cada tamiz para su posterior interpretación; esta interpretación se la puede realizar mediante la denominada curva granulométrica. Por lo tanto, con los valores del cribado en cada

ensayo se genera la curva granulométrica, expresando en porcentaje el valor de la masa retenida con el valor de la masa total ensayada.

Para cada una de las cinco muestras recolectadas se realizarán tres procesos de cribado, donde se obtendrá su respectivo análisis granulométrico.

3.3.4. Clasificación de los suelos

La clasificación del material se realizará por los dos métodos mencionados, SUCS y AASHTO.

La clasificación SUCS se realiza según la norma ASTM D-2487. El método clasifica al suelo por dos categorías; suelos de grano grueso (tipos gravas y arenas), con menos del 50% pasando por el tamiz N° 200; los suelos de grano fino (tipos limos y arcillas), con el 50% o más pasando por el tamiz N° 200.

Por otra parte, para la clasificación por el método AASHTO se sigue la norma ASTM D-3282, donde, se clasifica el suelo en siete grupos, del A-1 al A-7, que a su vez se dividen por el porcentaje que pasa el tamiz N° 200 y los límites de consistencia. Los suelos donde el 35% o menos de las partículas pasan por el tamiz N° 200 son clasificados en los grupos A-1, A-2 y A-3, siendo materiales granulares. Los suelos de los que más del 35% pasan por el tamiz N° 200 son clasificados en los grupos A4, A-5, A-6 y A-7, en donde la mayoría están formados por materiales tipo limos y arcillas.

3.3.5. Peso Específico o Densidad Específica (Gs)

El ensayo para determinar el peso específico se ejecuta de acuerdo a la norma ASTM D 854 – 02.

El ensayo tiene como objetivo determinar el peso específico de los sólidos de una muestra de suelo. Este parámetro da la relación que existe entre la densidad de los sólidos del suelo y la densidad del agua.

También, al determinar este valor para las diferentes muestras, permite conocer la homogeneidad del material de la mina, sabiendo que la gravedad específica depende de la composición química y de la estructura mineralógica.

La determinación del peso específico de las muestras recolectadas se realiza por medio de dos picnómetros, los mismos que fueron calibrados previamente. Las curvas de calibración se presentan en el Anexo 3.

3.3.6. Ensayo de Compactación (*Proctor Modificado*)

El ensayo consiste en la modificación del Proctor Estándar, y se llevará a cabo según la norma ASTM D 1557 – 02.

El objetivo de este ensayo es determinar el peso específico seco máximo y la humedad óptima, de la energía de compactación del Proctor Modificado. Por tal motivo, el ensayo se realizará compactando el suelo en un molde de 6 pulg de diámetro y 4.5 pulg de altura, con un pisón de peso de 10 lb, con una caída del martillo de 1.5 pie (457.2 mm), en 5 capas con 56 golpes por cada una, produciéndose una energía de compactación de 56000 lb-pie/pie³.

A cada una de las cinco muestras recolectadas se les realizara el ensayo por duplicado. Para obtener un valor representativo del ensayo (peso específico seco máximo y humedad óptima), se calculará un promedio de todos los valores que se obtendrán.

3.3.7. CBR (*California Bearing Ratio*)

Este ensayo se efectúa de acuerdo a la norma ASTM D 1883 – 07, que permite establecer el Índice de Soporte California (CBR) de la subrasante, subbase o base, de muestras elaboradas en laboratorio.

Para evaluar de una mejor manera, el ensayo se realizará considerando las peores condiciones en que el material puede estar expuesto; por tal razón, antes de realizar el ensayo de penetración, se dejara saturar las muestras mediante inmersión por cuatro días.

Para preparar las muestras se usará material con diámetro menor o igual a 3/4 de pulgada, según se indica en la norma, y la compactación de cada muestra se realizará en cinco capas. Además, para obtener resultados más confiables se ensayará un total de 15 muestras, las mismas que estarán divididas en grupos de cinco, según la energía de compactación (10, 25 y 56 golpes por capa).

El objetivo de realizar el ensayo es determinar el índice CBR, para el 95 por ciento de una densidad seca máxima del Proctor Modificado.

Para obtener un índice CBR representativo, de cada grupo de las muestras ensayadas se realizará el análisis de: las humedades y densidades alcanzadas en la compactación, y de los resultados obtenidos en la penetración y la carga unitaria resistida.

3.3.8. Ensayo de Permeabilidad

Este método de ensayo, regido por la norma ASTM D 2434 – 68, cubre las mediciones de laboratorio de la conductividad hidráulica o coeficiente de permeabilidad de suelos granulares en agua, con un permeámetro.



*Figura 8. Permeabilidad en cámara triaxial.
Fuente: Elaboración propia.*

Este método de prueba puede utilizarse con muestras inalteradas o compactadas, que su composición granular no pase más del 10 por ciento el tamiz No. 200. Se realizará el ensayo a volumen y carga constante por remoldeo de una muestra con alrededor de 36mm y 120mm de diámetro y altura respectivamente. El diámetro de partícula máximo será de 9.52mm. La realización del ensayo se efectuará en la cámara triaxial (ver Figura 8).

No obstante, la permeabilidad depende de varios factores tales como la viscosidad del fluido, distribución de los poros, distribución granulométrica, relación de vacíos, rugosidad de las partículas y grado de saturación (Das, 2001). Se puede atribuir las pequeñas diferencias que puedan existir en los resultados a estos factores.

3.3.9. Ensayo de Intemperismo

Se llama intemperismo a la acción combinada de procesos físicos, químicos y biológicos, donde debido a una exposición prolongada a dichos procesos, la roca se ve afectada y da como resultado la descomposición y desintegración de la misma (Tamayo, Guevara, & Vargas, 1983).

Debido a las quejas que se ha tenido del material que se estudia en el presente trabajo, que cuando es colocado en las carreteras en el transcurso del tiempo se disgrega, eventualmente produciendo polvo; por tal razón, se ha visto la necesidad de realizar un ensayo, que tiene como objetivo determinar qué variación se produce en la granulometría del material, cuando se expone a un proceso de intemperismo acelerado, en especial la variación de las partículas gruesas.

Para identificar los se realizaraefectos a futuro del intemperismo, existen equipos como cámaras de intemperismo acelerado, las que reproducen el daño causado por la lluvia, el rocío y la luz solar (Cano et al., 2011). Sin embargo, el acceso a una de estas cámaras no estaba al alcance, por lo que se optó por realizar ciclos de inmersión y de secado al horno, simulando los efectos del intemperismo de la naturaleza, para una muestra de masa dada, con el objetivo de observar e interpretar el cambio en su composición granulométrica.

Para realizar el ensayo se utilizaran dos muestras, las cuales se dejaran en ciclos de inmersión en agua y secado en el horno, de la siguiente manera:

Primero el material se secara en el horno, se pesara y se realiza el cribado para determinar la granulometría inicial. Con el material cribado mayor al tamiz No. 4, se realiza el proceso de inmersión y secado. La inmersión se realiza colocando el material en una bandeja y llenándola de agua; se deja reposar por un día aproximadamente. Para el secado del material primero se escurrirá el agua a través del tamiz No. 4, procurando no perder material, después se coloca el material en el

horno a una temperatura de 60 °C, por un día aproximadamente. Estos ciclos se realizarán varias veces por cinco días, y al final de este periodo se realizará otro cribado, para determinar cuál fue la variación granulométrica.

3.4. METODOLOGÍA DE DISEÑO DE PAVIMENTOS PARA BAJOS VOLÚMENES DE TRÁNSITO

De acuerdo a la norma que está en vigencia en el Ecuador (NEVI-12-MTOP), el diseño de pavimentos se rige por el método de la AASHTO-93, donde se necesitan estudios de tránsito detallados.

La AASHTO-93 establece dos métodos de diseño considerando altos y bajos volúmenes de tránsito. El primero establecido para un nivel de tráfico de más de 50000 ejes equivalentes y el segundo para un nivel de tráfico entre 10000 a 50000 ejes equivalentes. (AASHTO, 1993)

Para un nivel de tráfico menor a 10000 ejes equivalentes, la NEVI-12-MTOP, indica: *“Cuando el tráfico previsto sea inferior a 10000 ejes equivalentes se deberá estudiar soluciones más económicas, cuyo comportamiento en casos análogos hayan sido satisfactorios”*. (Volumen 2b, sección 102.3.1)

Colombia tiene métodos empíricos de diseño de pavimentos para niveles de tránsito menores a 10000 ejes equivalentes, basados en la hipótesis de que la deformación permanente ocurre solo en la subrasante de las estructuras y que las demás capas son lo suficientemente rígidas para que no se produzcan deflexiones.

Por lo anterior, para proponer la estructura de pavimento se considerará el método colombiano descrito en el libro “Ingeniería de Pavimentos para Carreteras”, de Montejo Fonseca (2002), en el cual se presentan cartillas o catálogos de diseño, que son desarrolladas para un período de diseño de 10 años, y son establecidas para pavimentos con bajos volúmenes de tránsito pesado.

La selección de las estructuras dadas en las cartillas se realiza mediante las variables de categorización del tránsito y el índice de calidad de la subrasante, como se establece a continuación:

3.4.1. Categorización del tránsito

Para el diseño de las estructuras de pavimento, los vehículos pesados son de mayor influencia por la carga que éstos implican. En vista de la circulación de vehículos pesados en vías de bajos volúmenes de tránsito, este manual presenta una clasificación del tránsito de diseño en tres niveles. En la Tabla 5 se muestra la clasificación en función del número de vehículos pesados previsto para el año inicial de servicio del pavimento. Para valores mayores, que no se encuentren en la Tabla 5, se recomienda usar un diseño convencional, como el AASHTO-93.

*Tabla 5. Clases de tránsito de diseño.
Fuente: Ingeniería de Pavimentos para carreteras, Montejo Fonseca (2002).*

Clase de Tránsito	Número diario de vehículos pesados al año inicial en el carril de diseño
T1	1 – 10
T2	11 – 25
T3	26 – 50

Eventualmente, el manual se presenta una tabla complementaria que permite determinar la clase de tránsito en función de los núcleos de servicios que brinda la vía (ver Tabla 6).

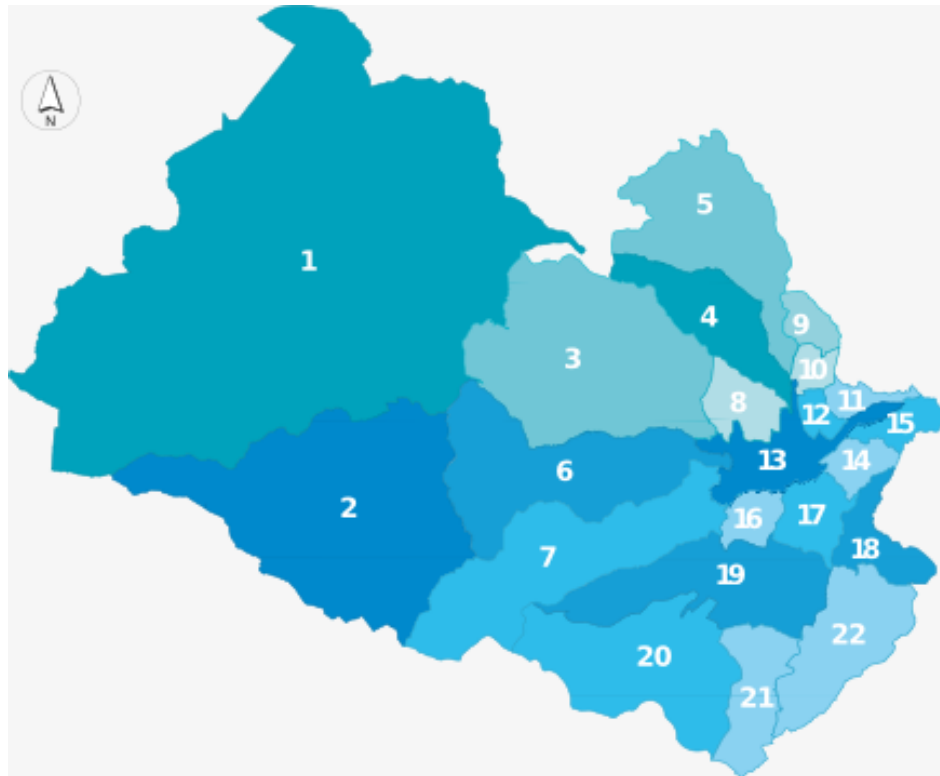
*Tabla 6. Determinación de la clase de tránsito en función de la clase de vía.
Fuente: Ingeniería de Pavimentos para carreteras, Montejo Fonseca (2002).*

Clase de tránsito	Tipo de vía
T1	Vía que sirve núcleos de no más de 500 habitantes.
T2	Vía que sirve núcleos hasta de 2000 habitantes.
T3	Vía que sirve núcleos hasta de 10000 habitantes.

La Figura 9 muestra la división política del cantón Cuenca la cual sirve de referencia para la Tabla 7, con la finalidad de identificar la localización de las 21 zonas rurales.

En la Tabla 7, se observa las zonas que de acuerdo a la población salen del rango de aplicación del método, desde el punto de vista de los núcleos habitacionales (población mayor de 10000 habitantes). Según la Tabla 6, estas son las parroquias de Baños, Ricaurte, Sinincay, Tarqui, El Valle y la zona urbana. Sin embargo, se debe tener en cuenta que dentro de estas zonas pueden existir núcleos donde el método sea aplicable, pero al no poseer información no se puede asegurar su aplicación. Como consecuencia, la Tabla 6, tiene más utilidad para problemas de origen-destino.

Para proponer las estructuras de pavimento, la categorización del tránsito se regirá considerando zonas de posible aplicación e imponiéndonos una categorización T1 de acuerdo a la Tabla 5, en las zonas donde sea aplicable. No obstante, se establece que este procedimiento no es válido para las vías principales de acceso parroquial con la zona urbana, sino para las carreteras que se encuentran dentro de la parroquia rural.



*Figura 9. División política del Cantón Cuenca.
Fuente: online (http://www.cuenca.gob.ec/?q=page_divisionpolitica)*

*Tabla 7. Población en las Parroquias Rurales y Zona Urbana del Cantón Cuenca.
Fuente: INEC, censo del 2010.*

No.	DESCRIPCIÓN	POBLACIÓN
1	Molleturo	7166
2	Chaucha	1297
3	Sayausi	8392
4	Chiquintad	4826
5	Checa	2741
6	San Joaquín	7455
7	Baños	16851
8	Sinincay	15859
9	Octavio Cordero Palacios	2271
10	Sidcay	3964
11	Llacao	5342
12	Ricaurte	19361
13	Zona Urbana	331888
14	Paccha	6467
15	Nulti	4324
16	Turi	8964
17	Valle	24314
18	Santa Ana	5366
19	Tarqui	10490
20	Victoria del Portete	5251
21	Cumbe	5546
22	Quingeo	7450

La selección de la clase de tránsito T1, se justifica debido a que dentro de las parroquias rurales, donde se puede aplicar este método sin ninguna duda, pueden existir carreteras donde el número de camiones que circularán no sobrepasará el rango establecido en la Tabla 5, puesto que generalmente los camiones que significarían una carga considerable, son los que abastecerían de productos comerciales hasta dos veces por semana. Además, la utilización de camionetas de alquileres es el medio transporte de mayor uso en zonas rurales.

3.4.2. Clasificación de la subrasante

El método propuesto por Montejo Fonseca (2002), clasifica la subrasante natural en función del índice de calidad (CBR), como se observa en la Tabla 8, o mediante el índice de plasticidad o a profundidad que se encuentre el nivel freático, como se observa en la Tabla 9.

*Tabla 8. Clasificación de la subrasante.
Fuente: Ingeniería de Pavimentos para carreteras, Montejo Fonseca (2002).*

Clasificación de la subrasante	CBR %
S 1	2
S 2	3-5
S 3	6-10
S 4	11-20
S 5	>20

*Tabla 9. Clasificación de subrasante bajo superficies impermeables en presencia del agua.
Fuente: Ingeniería de Pavimentos para carreteras, Montejo Fonseca (2002).*

Profundidad del Nivel freático (m)	Clasificación de la subrasante				
	Arena NP	arcillosa IP=10	arenosa IP=20	IP=30	IP=40
0,5	S 3	S 3	S 2	S 2	S 1
1	S 4	S 3	S 3	S 2	S 1
2	S 4	S 4	S 3	S 3	S 2
3 o mas	S 5	S 4	S 4	S 4	S 2

Para clasificar la subrasante natural se utilizó la Tabla 8, de acuerdo al índice CBR. Puesto que se desconoce la posición del nivel freático y el valor de los índice plástico representativos en los suelos de las zonas rurales del cantón Cuenca, no se optará por utilizar la Tabla 9, para la clasificación de la subrasante en este trabajo.

3.4.3. Otras consideraciones de diseño para el caso de estudio

En la construcción de las estructuras de pavimentos que serán propuestas se debe tener en cuenta la accesibilidad de los materiales a conformar las capas del pavimento (canteras y depósitos del área), su calidad. Otro de los factores en la selección del material es la distancia desde las canteras a la obra, ya que una menor distancia involucra un ahorro que se puede ver reflejado en la disminución del costo total de la obra.

Para la capa de rodadura en la NEVI-12-MTOP, en el tercer volumen “Especificaciones Generales para la Construcción de Caminos y Puentes”, en la sección 405, establece las especificaciones para las capas de rodaduras, como el tratamiento superficial bituminoso, capa de sellado con lechada asfáltica, hormigón asfáltico en caliente, entre otros. En la sección 402, señala capas de rodadura básicas, considerando capa granular y superficie de agregados no tratados. Para las



capas granulares hace la siguiente descripción: “... *una capa estabilizada de grava y arcilla o arena y arcilla, según sea la granulometría del árido, sobre una subrasante terminada con los alineamientos, pendientes y secciones transversales indicados en los plano contractuales, a fin de dotar al camino de una superficie uniforme y resistente para circulación vehicular de baja intensidad*”. Para capa de rodadura con superficie de agregados no tratados, describe: “... *una capa de agregados no tratados, colocada sobre la subrasante terminada con los alineamientos, pendientes y secciones transversales indicados en los plano, con el fin de proveer a la vía de una superficie estable, resistente e impermeable para circulación vehicular de baja intensidad*”. Sin embargo, no se establece en qué tipos de vías o cual es la consideración que define una circulación vehicular de baja intensidad, aunque provee de libertad para establecer otra alternativa a la posible estructura de pavimento.

CAPÍTULO IV: ANÁLISIS Y RESULTADOS

4.1. PROPIEDADES FÍSICAS

De los ensayos de laboratorio realizados a las muestras obtenidas de la mina Chocarsi, se obtuvieron los siguientes resultados.

4.1.1. Límites de Atterberg

En la Tabla 10 se muestran los resultados promedios de los tres ensayos de límite líquido y límite plástico realizados a cada una de las cinco muestras, obtenidas de la mina Chocarsi.

Tabla 10. Límites de Atterberg de las muestras de la mina de Chocarsi, expresada en tanto por ciento.

Fuente: Elaboración propia.

Descripción	Muestra				
	1	2	3	4	5
Límite líquido (%)	38.6	38.0	33.4	36.1	34.8
Límite plástico (%)	22.0	20.6	19.2	20.5	20.4
Índice plástico (%)	16.6	17.4	14.2	15.6	14.4

En la Tabla 11 se presenta el valor promedio de las cinco muestras seleccionadas, o sea, el promedio de quince ensayos de límite líquido y quince ensayos de límite plástico (ver Anexo 1).

Los valores del índice plástico son obtenidos de la diferencia entre los valores promedio de los límite líquido y los de límite plástico.

Tabla 11. Valor promedio de los límites de Atterberg de la mina Chocarsi, expresada en tanto por ciento.

Fuente: Elaboración propia.

LÍMITES DE ATTERBERG	
Límite líquido (%)	36.2
Límite plástico (%)	20.5
Índice plástico (%)	15.7

Los resultados de las cinco muestras ensayadas son muy similares, por lo que los valores dados en la Tabla 11 pueden considerarse confiables y representativos del material ensayado

4.1.2. Granulometría

Tabla 12. Granulometría de las muestras de la mina de Chocarsi.
Fuente: Elaboración propia.

Tamiz N°	Abertura (mm)	Muestra											
		1		2		3		4		5			
		% Retenido	% Pasa Acum.	% Retenido	% Pasa Acum.	% Retenido	% Pasa Acum.	% Retenido	% Pasa Acum.	% Retenido	% Pasa Acum.		
3"	76.2	0	100	0	100	0	100	0	100	0	100	0	100
2 1/2"	63.5	0	100	1.21	98.79	1.78	98.22	1.50	98.50	0	100	0	100
2"	50.8	1.43	98.57	2.67	96.12	5.22	92.99	6.54	91.97	2.70	97.30	2.70	97.30
1 1/2"	38.1	5.14	93.43	3.92	92.20	3.56	89.44	8.67	83.30	3.46	93.84	6.16	93.84
1"	25.4	9.71	83.71	9.07	83.13	12.58	76.86	17.01	66.29	10.49	83.35	16.65	83.35
3/4"	19.05	9.14	74.58	7.88	24.74	10.14	33.28	11.02	44.73	10.37	27.02	27.02	72.98
1/2"	12.7	17.38	42.81	13.17	37.91	16.59	49.88	18.12	62.85	22.82	49.83	49.83	50.17
3/8"	9.52	9.89	52.69	7.28	45.19	8.76	58.64	8.21	71.06	12.78	62.61	62.61	37.39
4	4.75	21.03	73.73	17.26	62.45	17.85	76.48	13.59	84.65	22.02	84.63	84.63	15.37
10	2	10.36	84.09	15.79	78.24	9.17	85.65	6.09	90.74	10.64	95.27	95.27	4.73
40	0.425	7.35	91.44	10.87	89.11	7.36	93.01	4.05	94.79	2.54	97.81	97.81	2.19
200	0.075	2.36	93.80	3.39	92.50	2.45	95.47	1.57	96.37	0.40	98.21	98.21	1.79



En la Tabla 12 se muestran los resultados promedios de los tres ensayos de granulometría por cribado realizados a cada una de las cinco muestras obtenidas de la mina Chocarsi (ver Anexo 1).

Se observa que el suelo ensayado presenta menos del 8 por ciento de material que pasa el tamiz No. 200, por lo que estamos en presencia de un suelo grueso (grava o arena).

De la misma Tabla 12 se puede observar, que el porcentaje de material que se retiene en el tamiz No. 4 (4.75mm) está entre 62% y 85%, por lo que predominan las partículas, de grava en su composición granulométrica. Lo anterior nos permite pronosticar una capacidad de soporte a los terraplenes que se construyan con este material.

4.1.3. Clasificación del suelo

Después de analizar los parámetros de granulometría y límites de Atterberg, se realizó la clasificación de las muestras (ver Tabla 13).

*Tabla 13. Clasificación de suelos, de las muestras de la mina de Chocarsi.
Fuente: Elaboración propia.*

Sistema	Muestra				
	1	2	3	4	5
SUCS	GW-GC	GW-GC	GW	GW	GW
AASHTO	A-2-6 (0)	A-2-6 (0)	A-2-6 (0)	A-2-6 (0)	A-2-6 (0)

Según el SUCS, las muestras 1 y 2, clasifican como GW-GC, grava bien graduada con arcilla y arena; por otra parte, las muestras 3, 4 y 5, clasifican como GW, es decir, grava bien graduada. Por el sistema AASHTO todas las muestras clasifican como A-2-6, grava y arena arcillosa. Se concluye que por ambos métodos el suelo de la mina Chocarsi es una grava bien graduada con contenido de arcilla, por lo que puede pronosticarse buena capacidad portante una vez compactado en obra.

4.1.4. Intemperismo

Como se mencionó en el capítulo anterior, el objetivo de este ensayo es simular de forma acelerada las condiciones de intemperismo de la naturaleza,



determinando la variación granulométrica de la porción gruesa del material, en otras palabras, la variación de las partículas retenidas por el tamiz No. 4.

En total se realizaron dos ensayos de simulación de intemperismo, alternando secado e inmersión del material por cinco días; los días 1, 3 y 5, se realizó el secado, mientras que los días 2 y 4, se realizó la inmersión.

En la Tabla 14 se presenta la variación del porcentaje del material retenido acumulado y el porcentaje que pasa cada tamiz, antes y después del proceso de intemperismo propuesto.

*Tabla 14. Granulometría antes y después del proceso de intemperismo.
Fuente: Elaboración propia.*

Tamiz N°	Abertura (mm)	Ensayo 1				Ensayo 2			
		Antes		Después		Antes		Después	
		% Retenido Acumulado	% Pasa	% Retenido Acumulado	% Pasa	% Retenido Acumulado	% Pasa	% Retenido Acumulado	% Pasa
3"	76.2	0	100	0	100	0	100	0	100
2 1/2"	63.5	0	100	0	100	0	100	0	100
2"	50.8	0	100	0	100	0	100	0	100
1 1/2"	38.1	2.32	97.68	0	100	0	100	0	100
1"	25.4	8.13	91.87	3.00	97.00	10.42	89.58	4.80	95.20
3/4"	19.05	18.45	81.55	10.45	89.55	18.46	81.54	11.71	88.29
1/2"	12.7	29.24	70.76	21.12	78.88	27.88	72.12	20.49	79.51
3/8"	9.52	35.76	64.24	28.88	71.12	36.36	63.64	29.49	70.51
4	4.75	53.38	46.62	47.59	52.41	55.79	44.21	50.43	49.57

Comparando los valores del porcentaje que pasa antes y después, ha aumentado en alrededor del 8 por ciento en cada tamiz, por lo que se evidencia la alteración del material retenido en cada tamiz.

Lo que se refiere al porcentaje retenido en el tamiz No. 4, se reduce el porcentaje retenido acumulado después del proceso de secado e inmersión, pero la reducción es mínima. En los dos ensayos realizados la reducción es menor al 6 por ciento.

De lo expuesto anteriormente, el material experimenta una alteración granulométrica después de haber sido sometido al ensayo de intemperismo, pero la alteración experimentada no representa una variación significativa en la granulometría. Esta

variación también se evidencia en las curvas granulométricas, mostradas en las Figuras 10 y 11, donde se presentan las curvas antes y después del ensayo.

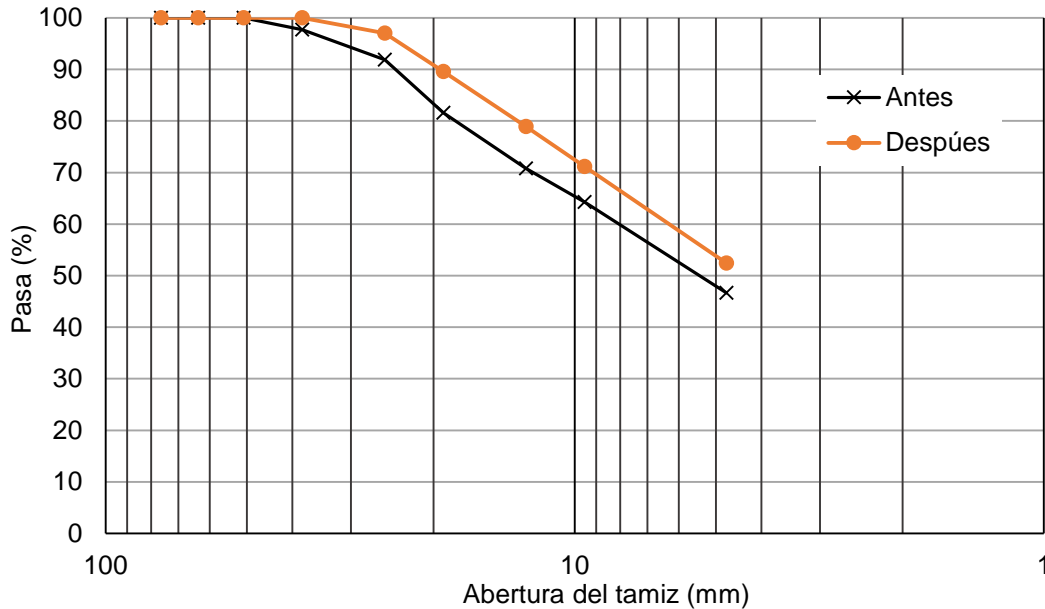


Figura 10. Curva granulométrica del ensayo 1, antes y después del proceso de intemperismo. Fuente: Elaboración propia.

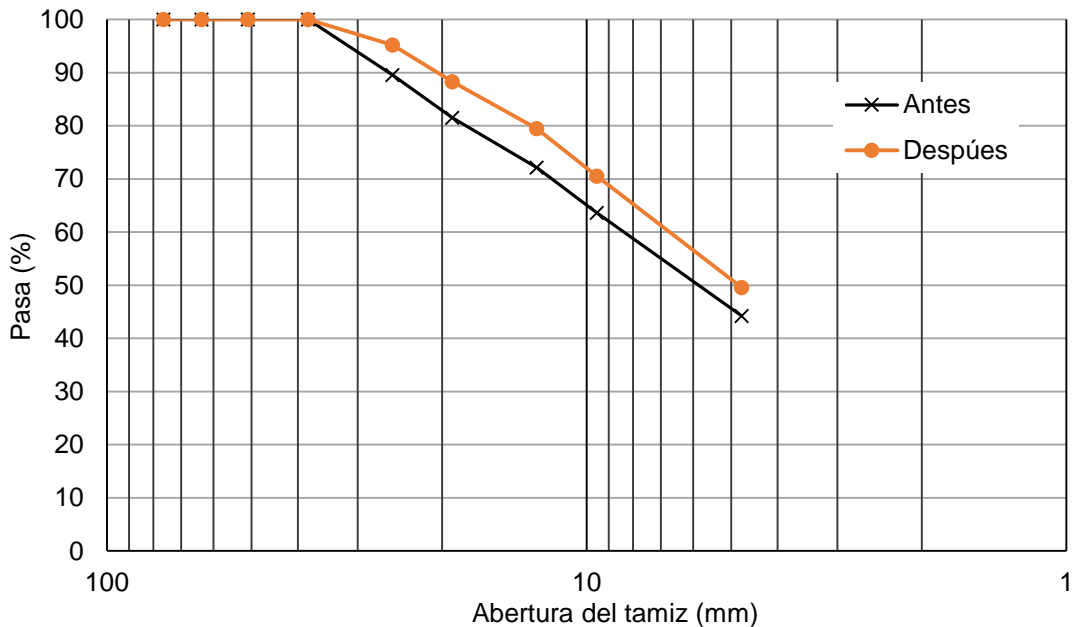


Figura 11. Curva granulométrica del ensayo 2, antes y después del proceso de intemperismo. Fuente: Elaboración propia.

Adicionalmente, como la alteración granulométrica provocada por el ensayo de intemperismo se estudió en la porción del material retenido por el tamiz No. 4, esta

alteración es mínima, se concluye que el material después del ensayo aún conserva una porción de material grueso significativo, en el caso de las dos muestras ensayadas el valor es mayor al 45 por ciento (porcentaje de material retenido por el tamiz No. 4), y por tanto continua siendo un suelo grueso por el sistema de clasificación SUCS y también por el AASHTO.

4.1.5. Peso específico o Densidad específica (Gs)

El ensayo se realizó por duplicado para cada muestra, tomadas de los cinco lugares representativos de la mina (ver Anexo 4). En la Tabla 15 se presentan los resultados promedios que se obtuvieron de la densidad específica de cada muestra; se observa que no existe una variación considerable entre resultados de cada muestra. Por tal motivo se concluye que el material de la mina presenta una característica uniforme, de acuerdo a la densidad específica.

*Tabla 15. Peso específico de las muestras de la mina Chocarsi.
Fuentes Elaboración propia.*

Muestra	Gs
1	2.69
2	2.71
3	2.70
4	2.70
5	2.71

Por lo explicado anteriormente sobre la homogeneidad de los resultados se optó por obtener un valor promedio de las muestras. Por lo tanto, el valor del peso específico o densidad específica del material de la mina Chocarsi se asume igual a Gs=2.70.

4.2. PROPIEDADES MECÁNICAS

4.2.1. Ensayo de Compactación (Proctor Modificado).

A cada una de las cinco muestras tomadas como representativas de la mina Chocarsi, se le hicieron de compactación Proctor Modificado, según la norma ASTM D-1557-2, por lo que se obtuvieron diez valores de densidad seca máxima y humedad óptima. En la Tabla 16 se observan los resultados de los dos ensayos realizados a cada muestra (ver Anexo 5).



Tabla 16. Resultado de los ensayos de Proctor Modificado, de las muestras de la mina de Chocarsi.
Fuente: Elaboración propia.

Ensayo 1					
Muestra	1	2	3	4	5
Densidad seca máxima: $\rho_{d-m\acute{a}x}$ (kg/m ³)=	2070	2101	2140	2054	2053
Humedad óptima: $\omega_{\acute{o}pt}$ (%)=	9.6	9.7	8.8	10.8	10.2
Ensayo 2					
Muestra	1	2	3	4	5
Densidad seca máxima: $\rho_{d-m\acute{a}x}$ (kg/m ³)=	2080	2055	2160	2025	2068
Humedad óptima: $\omega_{\acute{o}pt}$ (%)=	10.4	10.9	9	11.4	9.7

Aquí también se evidencia la homogeneidad del material de la mina Chocarsi, por lo que se considera, como valor representativo del ensayo de compactación Proctor Modificado el promedio de los ensayos realizados, cuyos valores se muestran en la Tabla 17.

Tabla 17. Resultado del ensayo de Compactación.
Fuente: Elaboración propia.

COMPACTACIÓN (Proctor Modificado)			
Densidad seca máxima:	$\rho_{d-m\acute{a}x}$ =	2081	kg/m ³
Humedad óptima:	$\omega_{\acute{o}pt}$ =	10	%

Debido a la Norma Ecuatoriana Vial acepta un grado de compactación del 95 por ciento de la energía del Proctor de referencia, en este caso Proctor Modificado, entonces, del valor medio presentado en la Tabla 17 resulta una densidad seca de 1977 kg/m³, a obtener en obra.

4.2.2. CBR (California Bearing Ratio)

Para la realización de los ensayos CBR, según la norma ASTM D1883-07, cada una de las cinco muestras tomadas como representativas del material de la mina Chocarsi, se compactaron, en el molde de CBR, con la humedad óptima de la energía del Proctor Modificado y tres energías de compactacion, dadas por 10, 25 y 56 golpes del martillo Proctor Modificado, en cada una de las cinco capas (ver Anexo 6)

*Tabla 18. Densidad seca y humedad de compactación, de las muestras del ensayo CBR.
Fuente: Elaboración propia.*

Grupo 1: 10 golpes por capa.					
Muestra	1	2	3	4	5
Densidad seca (kg/cm ³)	1667	1731	1708	1821	1755
Humedad (%)	8.75	10.74	10.72	9.11	9.49
Grupo 2: 25 golpes por capa.					
Muestra	1	2	3	4	5
Densidad seca (kg/cm ³)	1813	1841	1890	1933	1935
Humedad (%)	8.05	10.96	10.38	8.99	8.62
Grupo 3: 56 golpes por capa.					
Muestra	1	2	3	4	5
Densidad seca (kg/cm ³)	1875	2025	2019	1978	1928
Humedad (%)	7.25	10.15	10.75	9.12	8.21

Los resultados de densidad seca y humedad de las muestras compactadas con los tres tipos de energía señalados, para cada una de las cinco muestras obtenidas de la mina Chocarsi, se muestran en la Tabla 18. Aunque estas muestras deben ser compactadas con la humedad óptima del Proctor Modificado (10%), no es posible alcanzar esta precisión en el laboratorio. Es por ello que se obtienen variaciones de $\pm 2\%$.

Los resultados de la penetración y la carga unitaria del ensayo de CBR, a las muestras sometidas a inmersión durante 96 horas (4 días), se presentan en las Tablas 19, 20 y 21, para 10 golpes por capa, 10 golpes por capa, 25 golpes por capa y 56 golpes por capa, respectivamente. Así la Tabla 19, presenta los resultados para los moldes compactados con 10 golpes por capa; la Tabla 20, los resultados para los moldes compactados con 25 golpes por capa; y la Tabla 21, los resultados para los moldes compactados con 56 golpes por capa.

Tabla 19. Resultados de penetración y carga unitaria del ensayo CBR, para el grupo 1 (10 golpes por capa).

Fuente: Elaboración propia.

Grupo 1: 10 golpes por capa.					
Penetración	Muestra				
	1	2	3	4	5
	Carga unitaria				
(pulg)	(lb/pulg²)	(lb/pulg²)	(lb/pulg²)	(lb/pulg²)	(lb/pulg²)
0	0	0	0	0	0
0.025	10.02	90.93	64.44	49.51	23.45
0.050	17.18	131.74	90.93	72.96	39.08
0.075	27.21	155.36	108.11	88.59	62.53
0.100	33.65	172.54	135.31	101.62	72.96
0.150	40.81	202.61	161.81	106.83	96.41
0.200	47.25	236.26	192.59	132.88	119.86
0.250	60.86	257.03	222.66	161.55	143.31
0.300	88.06	283.52	253.45	192.81	166.76
0.400	108.11	324.33	310.72	244.92	218.87
0.500	122.43	357.98	351.53	294.43	257.95

Tabla 20. Resultados de penetración y carga unitaria del ensayo CBR, para el grupo 2 (25 golpes por capa).

Fuente: Elaboración propia.

Grupo 2: 25 golpes por capa.					
Penetración	Muestra				
	1	2	3	4	5
	Carga unitaria				
(pulg)	(lb/pulg²)	(lb/pulg²)	(lb/pulg²)	(lb/pulg²)	(lb/pulg²)
0	0	0	0	0	0
0.025	20.05	70.88	155.36	36.48	101.62
0.050	37.23	114.55	246.29	67.74	156.33
0.075	57.28	138.18	354.40	96.41	216.26
0.100	78.04	168.96	436.01	132.88	257.95
0.150	101.67	226.24	570.61	192.81	343.94
0.200	128.16	277.07	652.23	247.53	411.68
0.250	151.78	330.77	723.11	304.85	492.45
0.300	178.99	416.68	780.39	367.39	573.23
0.400	233.40	479.69	888.50	427.31	677.45
0.500	287.10	585.65	979.42	482.03	776.46

Tabla 21. Resultados de penetración y carga unitaria del ensayo CBR, para el grupo 3 (56 golpes por capa).

Fuente: Elaboración propia.

Grupo 3: 56 golpes por capa.					
Penetración	Muestra				
	1	2	3	4	5
	Carga unitaria				
(pulg)	(lb/pulg²)	(lb/pulg²)	(lb/pulg²)	(lb/pulg²)	(lb/pulg²)
0	0	0	0	0	0
0.025	40.81	84.48	47.25	62.53	127.67
0.050	88.06	175.41	169.68	112.04	247.53
0.075	135.31	253.45	266.33	151.12	372.60
0.100	165.38	307.14	385.18	192.81	479.43
0.150	219.80	391.63	594.24	299.64	703.50
0.200	263.47	468.95	763.20	398.65	872.87
0.250	304.28	560.59	882.05	502.88	1013.57
0.300	436.01	648.65	993.03	594.07	1159.48
0.400	638.63	806.88	1199.22	747.80	1550.32
0.500	905.68	965.82	1394.67	891.11	1646.72

De los resultados mostrados de carga unitaria, se aprecia que los valores de la muestra 1, para todos los grupos, de diferentes energías de compactación, tienen demasiada dispersión con los valores de las demás muestras. Esta situación se pudo dar porque las humedades de los especímenes de la muestra 1, estaban por debajo de la humedad de referencia y por tal motivo en el proceso de saturación, el espécimen absorbió mayor cantidad de agua, dando como resultado valores bajos de carga unitaria en el ensayo de penetración. Por ello, para el cálculo del valor del CBR del material de la mina Chocarsi tomaremos el promedio de las cargas unitarias de las muestras, descartando los resultados de la muestra No.1, en cada grupo de golpes por capa, como se muestra en la Tabla 22.

Tabla 22. Carga unitaria media, para cada grupo de energía de compactación, del ensayo CBR.
Fuente: Elaboración propia.

Penetración	Grupo		
	1	2	3
	10	25	56
	(golpes/capa)	(golpes/capa)	(golpes/capa)
Carga unitaria media.			
(pulg)	(lb/pulg²)	(lb/pulg²)	(lb/pulg²)
0	0.00	0.00	0.00
0.025	57.08	91.08	80.49
0.050	83.68	146.23	176.16
0.075	103.65	201.31	260.88
0.100	120.61	248.95	341.14
0.150	141.91	333.40	497.25
0.200	170.40	397.13	625.92
0.250	196.13	462.80	739.77
0.300	224.13	534.42	848.81
0.400	274.71	618.24	1076.05
0.500	315.47	705.89	1224.58

Con los resultados de las cargas unitarias medias se desarrolló la curva de “esfuerzo vs deformación”, por grupo de energía de compactación, que se observa en la Figura 12, donde se demuestra que para lograr una misma deformación en las muestras compactadas con mayor energía, se necesita aplicar mayor esfuerzo. Además, las curvas presentan una concavidad hacia abajo, cumpliendo con lo establecido por la norma que rige el ensayo.

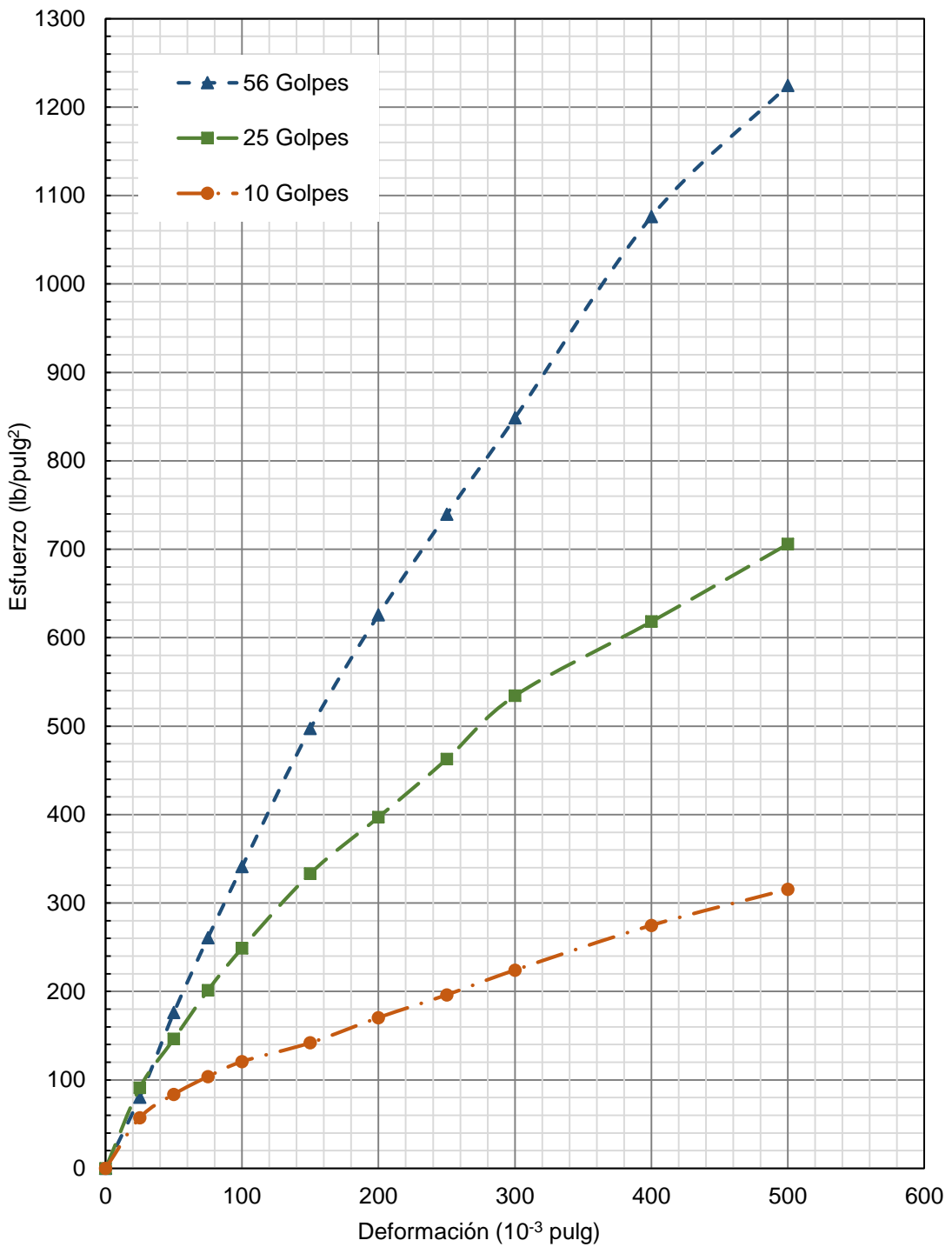


Figura 12. Curva “Esfuerzo – Deformación” de los valores medios de las muestras, después de 4 días de inmersión.

Fuente: Elaboración propia.

Para obtener un valor característico del CBR por grupo de energía de compactación, de los resultados de la carga unitaria media se calculó el índice CBR utilizando la Fórmula 3.

Tabla 23. Índice CBR medio, para cada grupo de energía de compactación
Fuente: Elaboración propia.

Penetración	Grupo					
	1		2		3	
	10 (golpes/capa)		25 (golpes/capa)		56 (golpes/capa)	
	Carga unitaria media. (pulg)	CBR	Carga unitaria media. (lb/pulg ²)	CBR	Carga unitaria media. (lb/pulg ²)	CBR
	(lb/pulg ²)	(%)	(lb/pulg ²)	(%)	(lb/pulg ²)	(%)
0.1	120.61	12	248.95	25	341.14	34
0.2	170.4	11	397.13	26	625.92	42

De los resultados expuestos para cada grupo en la Tabla 23, se tomó como índice de CBR, el menor valor entre el calculado para la deformación de 0.1 y 0.2 pulgadas, según se establece en la norma.

A partir de los resultados de la Tabla 23 y tomando los valores promedios de la densidad seca, obtenidas para cada grupo de energía de compactación, mostradas en la Tabla 19, desechando de la muestra No. 1, resulta la Tabla 24.

Tabla 24. Densidad media para cada grupo de energía de compactación y su respectivo índice de CBR.

Fuente: Elaboración propia.

Golpes por capa	Densidad seca media	CBR
	kg/cm ³	%
10	1754	11
25	1900	25
56	1987	34

Con los valores de densidad seca media y CBR de la Tabla 24, se generó la curva de “densidad seca vs índice CBR”, que se muestra en la Figura 13.

Mediante esta curva se establece, que para un grado de compactación del 95 por ciento de la densidad seca máxima del Proctor Modificado (1977 kg/m³), el índice CBR es del 28 por ciento. Según la tabla 2, en base a este índice CBR el material de la mina Chocarsi es muy bueno para su uso en el mejoramiento de subrasantes.

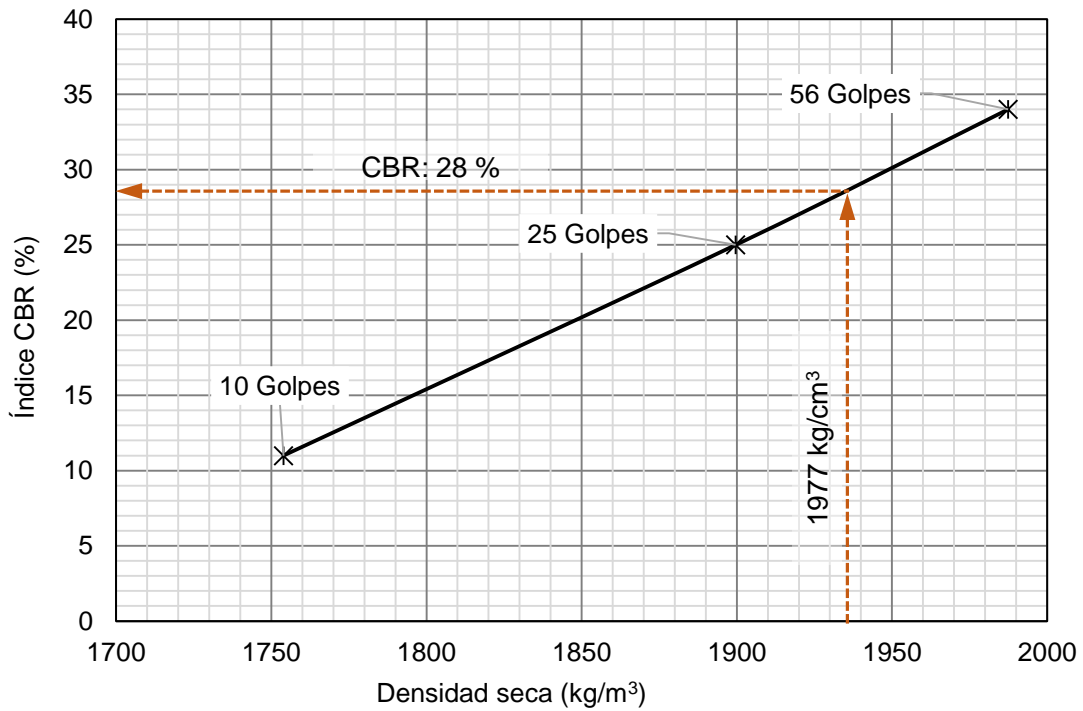


Figura 13. Densidad seca – CBR.
Fuente: Elaboración propia.

4.2.3. Permeabilidad de carga constante

Para la elaboración de los dos especímenes de prueba se utilizó material con un diámetro máximo de 3/8 pulgada (9.52 mm), las cuales fueron compactadas, con una humedad y una densidad seca cercanas a la humedad óptima y densidad seca máxima de la energía del Proctor Modificado, ver Tablas 25 y 26.

Tabla 25. Densidad seca y humedad del espécimen del ensayo 1 de permeabilidad.
Fuente: Elaboración propia.

Densidad Seca	Humedad
ρ_d	ω
kg/cm ³	%
2065	9.31

Tabla 26. Densidad seca y humedad del espécimen del ensayo 2 de permeabilidad.
Fuente: Elaboración propia.

Densidad Seca	Humedad
ρ_d	ω
kg/cm ³	%
2051	9.02



En las Tablas 27 y 28 se presentan los resultados de la permeabilidad bajo carga constante, que se desarrolló en la cámara de triaxial. Los especímenes fueron saturados previamente en esta cámara y los datos del ensayo se muestran en el Anexo 7.

*Tabla 27. Permeabilidad de carga constante, resultados del ensayo 1.
Fuente: Elaboración propia.*

Temperatura (°C)	Coefficiente de permeabilidad (cm/s)
A la temperatura del ensayo: 18°C	2.031E-06
A la temperatura de: 20 °C	2.134E-06

*Tabla 28. Permeabilidad de carga constante, resultados del ensayo 2.
Fuente: Elaboración propia.*

Temperatura (°C)	Coefficiente de permeabilidad (cm/s)
A la temperatura del ensayo: 18°C	6.113E-07
A la temperatura de: 20 °C	6.424E-07

Teniendo en cuenta el contenido de finos arcillosos que posee el material de la mina Chocarsi y lo resultado en la permeabilidad baja, que se observa en las Tablas 27 y 28, se puede pronosticar poca variabilidad a la ascensión capilar una vez compactada a la subrasante con la energía del Proctor Modificado.

4.3. PROPUESTA DE ESTRUCTURA DE PAVIMENTO

Partiendo como hipótesis en que las zonas donde se van a aplicar las propuestas de diseño tendrán niveles de tráfico bajos, por ser zonas rurales, se considera una categorización de tránsito T1, de acuerdo a la Tabla 5, para proponer las estructuras del pavimento.

Considerando la colocación de una capa del material de la mina Chocarsi de 20 cm de espesor y compactando con la energía equivalente al ensayo Proctor Modificado, se tiene una subrasante con valor de CBR de 28 por ciento, por lo que de acuerdo a la Tabla 8, dada por el método de diseño utilizado, Montejo Fonseca, la subrasante así obtenida clasifica como S5.

De acuerdo a lo anterior, esto es, para nivel de tráfico categorizado como T1 y subrasante clasificada como S5, las cartillas dadas por Montejo Fonseca (ver Anexo 8), propone las estructuras de pavimento flexible, que se muestran en la Tabla 29, como las más económicas.

Tabla 29. Tipos de estructuras en centímetros consideradas para una subrasante S5 con una clase de tráfico T1.

Fuente: Ingeniería de Pavimentos para carreteras, Montejo Fonseca (2002).

		Simbología
Tratamiento superficial doble y base y subbase granulares.		<p>T.S.D Tratamiento superficial doble</p> <p>Base granular</p> <p>Sub base granular</p>
Lechada asfáltica sobre mezcla abierta en frío y base granular.		<p>Subrasante mejorada</p> <p>Capa de Rodadura de arena-asfalto</p> <p>Lechada asfáltica</p>
Rodadura arena-asfalto y base granular.		<p>Mezcla abierta en frío</p>

En los casos que estas estructuras de pavimento flexible se consideren no viables económicamente, existen otros tipos de soluciones para algunas zonas rurales, como la mostrada en la Figura 14.

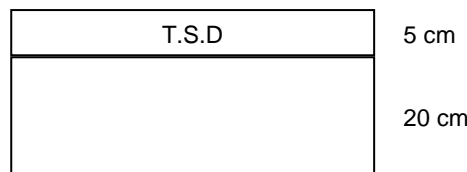


Figura 14. Estructura de pavimentos con tratamiento superficial doble y subrasante mejorada
Fuente: Elaboración propia.

La estructura que se propone en la Figura 14, consta de un sistema de capas conformada por: una capa de la subrasante mejorada con material de la mina de Chocarsi de espesor de 20 cm, y como capa de rodadura un tratamiento superficial doble de 5 cm, que también servirá de protección de agua de lluvia para la subrasante.

CAPÍTULO V: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

De acuerdo a los objetivos trazados del presente trabajo, sobre el estudio de la mina Chocarsi para ser utilizado como subrasante de vías de bajos volúmenes de tráfico, como las existentes en las zonas rurales del cantón Cuenca, hemos alcanzado las siguientes conclusiones:

1. De los resultados de los ensayos de laboratorio de suelos, el material de la mina Chocarsi presenta muy buena capacidad portante, para ser utilizada como subrasante de carreteras tipo C3, avalado por los siguientes resultados:
 - Suelo granular clasificado por el SUCS como una grava bien graduada, con contenido de finos arcillosos (GW-GC), y por el AASHTO, como una grava y arena arcillosa (A-2-6 (0)).
 - Excelentes condiciones de compactación, resultado de valores de densidad seca máxima entre 2025 y 2260 kg/m³, con humedades óptimas entre 8.8 y 11.4%, de la energía del Proctor Modificado.
 - Permeabilidades bajas, 2.13E-6 y 6.42E-7 cm/s, que unido al porcentaje de finos menores al 8%, permiten su utilización como subrasante poco vulnerable a la acción del agua de lluvia y al humedecimiento por ascensión capilar.
 - Resultado del CBR de 28%, considerado por la literatura técnica como “muy buena subrasante”.
 - Por los resultados del ensayo de intemperismo acelerado, el material se sigue considerando, por los sistemas de clasificación SUCS y AASHTO, como una grava.
2. Aunque la metodología de diseño de pavimentos flexibles que propone el libro del Ing. Montejo, decide dar soluciones a vías de bajo volumen de tráfico, las soluciones más económicas que permite adoptar y que se muestran en la Tabla 29, no son viables económicamente, ya que plantea pavimentos con espesores de subbase, base y capa de rodadura, que no se justifican para los caminos de baja o casi nulo volumen de tráfico.



3. El método de diseño de pavimentos flexibles que establece la Norma Ecuatoriana Vial, NEVI-12, es el AASHTO-93, aplicable a pavimentos con volúmenes de tráfico y cargas por eje propios de autopista y carreteras de dos carriles, no aplicable a vías de bajo o casi nulo volumen de tráfico, como es el caso de las vías donde se pretende utilizar por la Municipalidad de Cuenca, el material de la mina Chocarsi.
4. En la Norma Ecuatoriana Vial, NEVI-12, no existe metodología de diseño de pavimento para vías de bajo o casi nulo volumen de tráfico, aunque en el Volumen 3, Sección 402, deja abierta la posibilidad de dar soluciones más viables económicamente, según podemos deducir del siguiente párrafo de la Norma: “... *la construcción de una capa estabilizada de grava y arcilla o arena y arcilla, según sea la granulometría del árido, sobre una subrasante terminada con los alineamientos, pendientes y secciones transversales indicados en los planos contractuales, a fin de dotar al camino de una superficie uniforme y resistente para circulación vehicular de baja intensidad*”, ó “... *la construcción de una capa de agregados no tratados, colocada sobre la subrasante terminada con los alineamientos, pendientes y secciones transversales indicados en los planos, con el fin de proveer a la vía de una superficie estable, resistente e impermeable para circulación vehicular de baja intensidad*”, como se ve no resuelve el problema de las vías rurales de poco tráfico.

Por todo lo anterior, se concluye recomendar a la Municipalidad de Cuenca para las vías rurales de bajo o casi nulo volumen de tráfico el sistema de capas propuesto en la Figura 14, conformada por una subrasante mejorada de 20 cm del material de la mina Chocarsi, compactada con la energía de compactación del Proctor Modificado y una capa de 5 cm de tratamiento superficial doble.

BIBLIOGRAFÍA

- AASHTO, G. (1993). 'Guide for Design of Pavement Structures. *American Association of State Highway and Transportation Officials, Washington, DC.*
- Armas Novoa, R. (2002). Compactación de suelos. *La Habana, Cuba.*
- Bañón Blázquez, L., & Beviá García, J. F. (2000). *Manual de carreteras. Volumen II: construcción y mantenimiento. Universidad de Alicante. Departamento de Ingeniería de la Construcción, Obras Públicas e Infraestructura Urbana.* Ortiz e Hijos, Contratista de Obras, SA, España.
- Cano, M., Aragón, G., León, A., Osada, M. H., Fernanda, M., Rabell, C., & Vázquez, A. (2011). Construcción de una cámara de intemperismo acelerado UV para evaluación de la degradación de plásticos en el ambiente. México.
- Das, B. M. (2001). *Fundamentos de ingeniería geotécnica. Ed. Thomson SA, México.*
- Flores Juca, G. E. (2013). *La ordenación de la red vial del cantón Cuenca.* Universidad de Cuenca, Ecuador.
- Iturbide, J. C. (2002). Manual centroamericano para diseño de pavimentos. *SIECA. Guatemala.*
- Ministerio de Transporte y Obras Públicas del Ecuador. (2012a). Volumen No. 2 - Libro A, Norma para estudios y diseños viales. *Ministerio de Transporte y Obras Públicas del Ecuador, Volumen 2A, 1–382.*
- Ministerio de Transporte y Obras Públicas del Ecuador. (2012b). Volumen No. 3 - Especificaciones generales para la construcción de caminos y puentes. *Ministerio de Transporte y Obras Públicas del Ecuador, Volumen 3, 1–1028.*
- Montejo Fonseca, A. (2002). *Ingeniería de Pavimentos para carreteras. Tomo I. Ediciones y Publicaciones Universidad Católica de Colombia. Colombia.*



- Páramo, J. A., & Cassan, R. B. (1997). Manual de diseño para pavimentos de bajos volúmenes de tránsito. Región Litoral Argentina. *Laboratorio Vial del Instituto de Mecánica Aplicada y Estructuras (IMAE)-Facultad de Ciencias Exactas, Ingeniería y Agrimensura, Universidad Nacional de Rosario, Argentina.*
- Quintana, H. A. R., & Lizcano, F. A. R. (2015). Metodologías de diseño de pavimentos flexibles: Tendencias, alcances y limitaciones. *Ciencia e Ingeniería Neogranadina. Colombia, 17(2), 41–65.*
- Tamayo, J. T., Guevara, C. G., & Vargas, J. C. (1983). Estudio de la degradación de los agregados pétreos durante la vida útil de los pavimentos. *Ingeniería e Investigación, Colombia, (5), 13–21.*
- Thenoux, G., Halles, F., Barrera, E., & Miranda, J. C. (2002). Guía de diseño estructural de pavimentos para caminos de bajo volumen de tránsito. *Dirección de Vialidad, Ministerio de Obras Públicas de Chile, Chile.*
- Valero Alonso, L. (1963). *Mecánica del suelo para ingenieros de carreteras y aeropuertos (Traducción de "Soil Mechanics for Road Engineers")*. Centro Biográfico - Centro de Estudios y Experimentación de Obras Públicas. Madrid.
- Villalaz, C. C. (2004). *Mecánica de suelos y cimentaciones*. Editorial Limusa, México.

ANEXOS

Anexo 1: Clasificación de suelos

Clasificación de suelos, muestras 1, ensayo 1.

LABORATORIO DE SUELOS Y MATERIALES FACULTAD DE INGENIERÍA
laboratorio.suelos@ucuenca.edu.ec
Teléfono: 405-1000 Ext: 2354

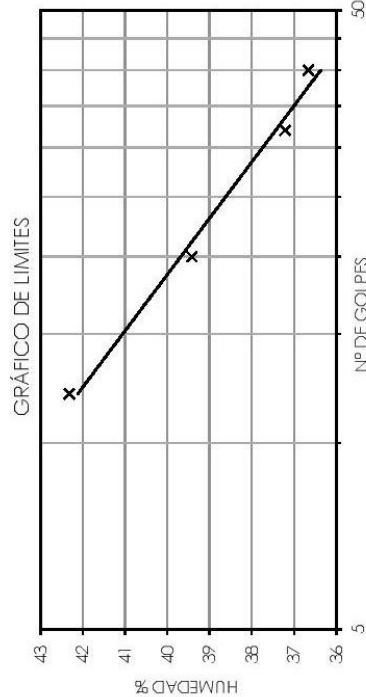


PROYECTO: TITULACIÓN
UBICACIÓN: CHOCAISI
SOLICITADO POR: ING. ROLANDO ARMAS
DESCRIPCIÓN DEL MATERIAL: MEJORAMIENTO PARA SUBRASANTE MUESTRA 1 ENSAYO 1
FECHA: 21/09/2015

CLASIFICACIÓN

GRANULOMETRÍA			
SERIE GRUESA			
Tamiz N°	PESO RETENIDO PARCIAL	PESO RETENIDO ACUMULADO	% RETENIDO
3"	0	0	0.00
2 1/2"	0	0	0.00
2"	269	269	2.63
1 1/2"	415	684	4.06
1"	1003	1687	9.82
3/4"	986	2673	9.66
1/2"	1803	4476	17.66
3/8"	1112	5588	10.89
Nº4	1945	7533	19.05
PASA Nº4	2678	10211	26.23
TOTAL	10211		
SERIE FINA			
10	162.00		8.88
40	148.20	310.20	8.12
200	55.10	365.30	3.02
PASA 200	113.41	478.71	6.21
TOTAL	478.71		

HUMEDAD NATURAL			
TARRO N°	N° DE GOLPES	PESO HUMEDAD	PESO SECO
25		65.59	63.31
40		78.23	75.71
LIMITE LIQUIDO			
6	40	28.4	23.66
8	32	29.74	24.5
33	20	28.92	23.52
15	12	29.8	24.13
LIMITE PLÁSTICO			
38		16.91	16.36
39		15.59	14.98
31		16.98	16.37
			13.86
			12.36
			13.6
			22.00
			23.28
			22.02
			22.43



P. INICIAL HUMEDO=	500	g
P. INICIAL SECO=	478.71	g
P. DESP. DE LAVAR=	365.7	g

CLASIFICACIÓN	Humedad natural	4.26
SUCS	G-W-GC	Límite líquido
AASHO	A-2-6	Límite plástico
ÍNDICE DE GRUPO	0	Índice plástico



Clasificación de suelos, muestras 1, ensayo 2.

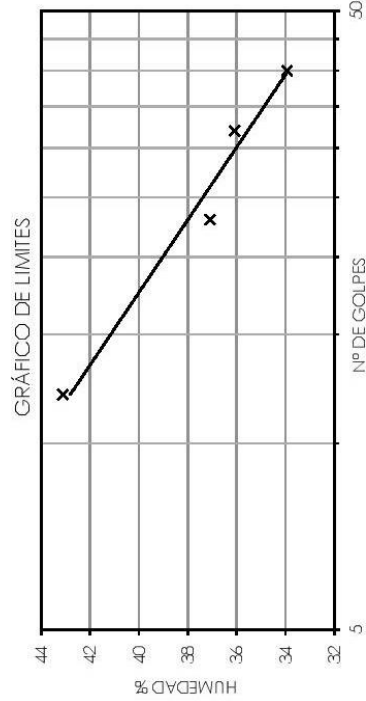
LABORATORIO DE SUELOS Y MATERIALES FACULTAD DE INGENIERÍA
laboratorio.suelos@ucuenca.edu.ec
Teléfono: 405-1000 Ext: 2354



PROYECTO: TITULACIÓN
UBICACIÓN: CHOCAIBSI
SOLICITADO POR: ING. ROLANDO ARMAS
DESCRIPCIÓN DEL MATERIAL: MEJORAMIENTO PARA SUBRASANTE MUESTRA 1 ENSAYO 2
FECHA: 30/09/2015

CLASIFICACIÓN

GRANULOMETRÍA				CLASIFICACIÓN								
SERIE GRUESA				HUMEDAD NATURAL								
Tamiz N°	PESO RETENIDO PARCIAL	PESO RETENIDO ACUMULADO	% RETENIDO	% PASA	% ESPECÍFICO	TARRO N°	N° DE GOLPES	PESO HUMEDAD	PESO SECO	TARRO	% HUMEDAD	% PROMEDIO
3"	0	0	0.00	100		34		80.45	77.92	11.46	3.81	3.85
2 1/2"	0	0	0.00	100		40		89.42	86.54	12.72	3.90	
2"	0	0	0.00	100.00		LIMITE LIQUIDO						
1 1/2"	723	723	8.06	91.94		37	40	32.66	27.03	10.44	33.94	
1"	956	1679	10.66	81.28		4	32	24.46	20.96	11.26	36.08	
3/4"	638	2317	7.11	74.17		32	23	29.847	24.85	11.38	37.10	
1/2"	1618	3935	18.04	56.13		22	12	29.48	24.03	11.39	43.12	
3/8"	927	4862	10.34	45.79		LIMITE PLÁSTICO						
Nº4	1891	6753	21.08	24.71		28		16.4	15.93	13.78	21.86	
PASA Nº4	2216	6969	24.71	0.00		11		14.79	14.45	12.84	21.12	
TOTAL	8969					17		11.66	11.34	9.81	20.92	21.30
SERIE FINA												
10	171.00	171.00	6.79	15.92								
40	131.90	302.90	6.78	9.14								
200	33.40	336.30	1.72	7.42								
PASA 200	144.43	480.73	7.42	0.00								
TOTAL	480.73											



P. INICIAL HUMEDO=	500	g
P. INICIAL SECO=	480.73	g
P. DESP. DE LAVAR=	336.5	g

CLASIFICACIÓN	Humedad natural	3.85
SUGS	GW-GC	37.3
A-Asho	A-2-6	21.3
INDICE DE GRUPO	0	16.0

Clasificación de suelos, muestras 1, ensayo 3.

LABORATORIO DE SUELOS Y MATERIALES FACULTAD DE INGENIERÍA
laboratorio.suelos@ucuenca.edu.ec
Teléfono: 405-1000 Ext: 2354



PROYECTO: TITULACIÓN
UBICACIÓN: CHOCARSI
SOLICITADO POR: ING. ROLANDO ARMAS
DESCRIPCIÓN DEL MATERIAL: MEJORAMIENTO PARA SUBSANTIE MUESTRA 1 ENSAYO 3
FECHA: 02/10/2015

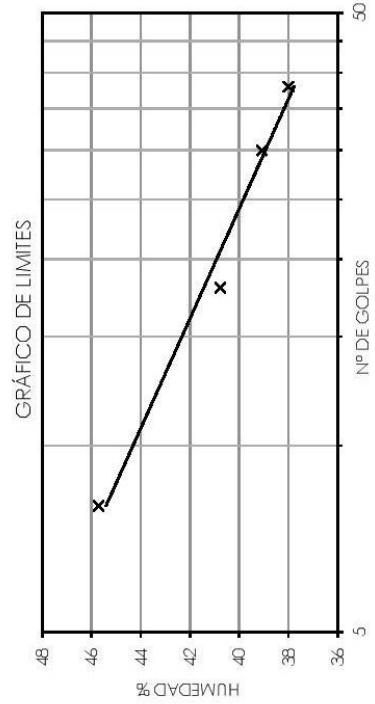
CLASIFICACIÓN

GRANULOMETRÍA				
SERIE GRUESA				
Tamiz N°	PESO RETENIDO PARCIAL	PESO RETENIDO ACUMULADO	% RETENIDO	% PASA
3"	0	0	0.00	100
2 1/2"	0	0	0.00	100
2"	210	210	1.66	98.34
1 1/2"	419	629	3.31	95.04
1"	1097	1726	8.66	86.38
3/4"	1349	3075	10.64	75.74
1/2"	2085	5160	16.45	59.29
3/8"	1069	6229	8.43	50.85
NP4	2911	9140	22.97	27.88
PASA NP4	3534	12674	27.88	0.00
TOTAL	12674			
SERIE FINA				
10	231.00	231.00	13.42	14.47
40	123.40	354.40	7.17	7.30
200	40.50	394.90	2.35	4.95
PASA 200	85.23	480.13	4.95	0.00
TOTAL	480.13			

P. INICIAL HUMEDO=	500	g
P. INICIAL SECO=	480.13	g
P. DESP. DE LAVAR=	395.1	g

CLASIFICACIÓN	
SUCS	Humedad natural
AASHO	Humedad natural
ÍNDICE DE GRUPO	0

HUMEDAD NATURAL					
TARRO N°	N° DE GOLPES	PESO HUMEDAD	PESO SECO	PESO TARRO	% HUMEDAD
34		67.95	65.72	11.48	4.11
37		65.08	63.06	10.42	3.84
LIMITE LIQUIDO					
8	38	28.14	23.26	10.42	38.01
11	30	30.13	25.05	12.05	39.08
5	18	28.32	23.27	10.88	40.76
18	8	34.73	28.07	13.5	45.71
LIMITE PLÁSTICO					
14		13.88	13.59	12.29	22.31
12		12.66	12.38	11.11	22.05
39		14.63	14.25	12.56	22.49
					22.28





Clasificación de suelos, análisis de los tres ensayos, muestra 1.



Fundada en 1867
UNIVERSIDAD DE CUENCA

LABORATORIO DE SUELOS Y MATERIALES FACULTAD DE INGENIERÍA
laboratorio.suelos@ucuenca.edu.ec
Teléfono: 405-1000 Ext: 2354

PROYECTO:	TITULACIÓN
UBICACIÓN:	CHOCARSI
SOLICITADO POR:	ING. ROLANDO ARMAS
DESCRIPCION DEL MATERIAL:	MEJORAMIENTO PARA SUBRASANTE MUESTRA 1
FECHA:	12/10/2015

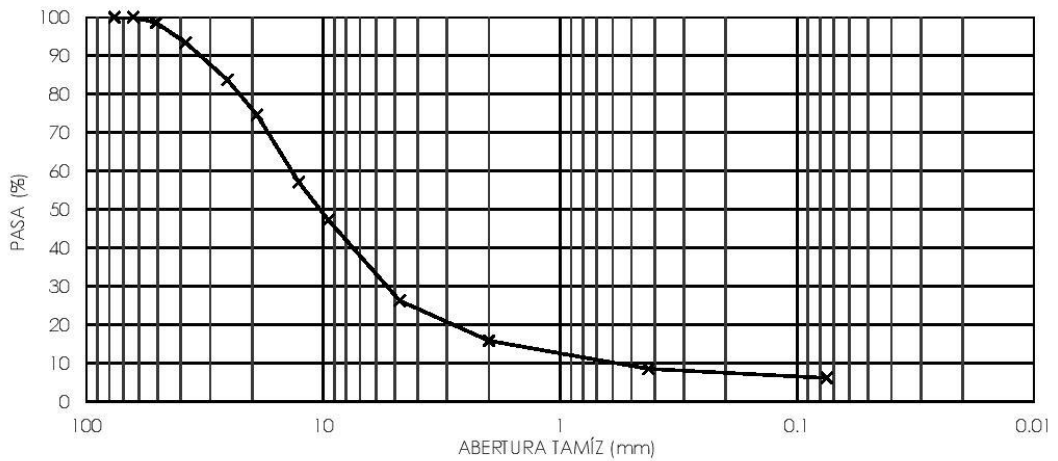
ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO

GRANULOMETRÍA			
Tamiz N°	Abertura (mm)	% Retenido	% PASA
3"	76.20	0.00	100.00
2 1/2"	63.50	0.00	100.00
2"	50.80	1.43	98.57
1 1/2"	38.10	5.14	93.43
1"	25.40	9.71	83.71
3/4"	19.05	9.14	74.58
1/2"	12.70	17.38	57.19
3/8"	9.52	9.89	47.31
4	4.75	21.03	26.27
10	2.00	10.36	15.91
40	0.425	7.35	8.56
200	0.075	2.36	6.20

Datos de la Gráfica		
D10=	1.37	mm
D30=	5.37	mm
D60=	13.64	mm

Coefficiente de Uniformidad=	9.96	$C_u = \frac{D_{60}}{D_{10}}$
Coefficiente de Curvatura=	1.54	$C_c = \frac{D_{30}^2}{D_{10} * D_{60}}$

CURVA GRANULOMÉTRICA



CLASIFICACIÓN			
SUCS	GW-GC	Limite líquido	38.6
AASHO	A-2-6	Limite plástico	22.0
ÍNDICE DE GRUPO	0	Índice plástico	16.6



Clasificación de suelos, muestras 2, ensayo 1.

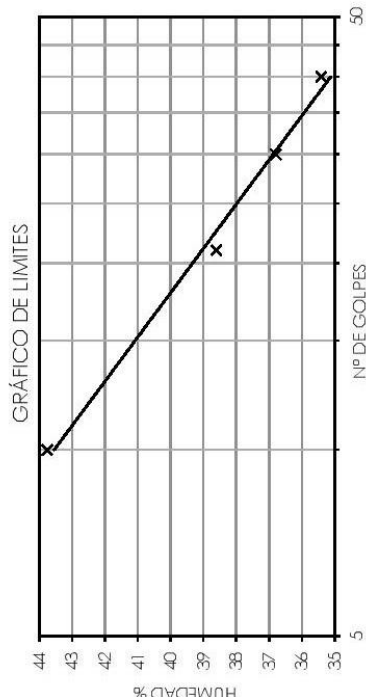
LABORATORIO DE SUELOS Y MATERIALES FACULTAD DE INGENIERÍA
laboratorio.suelos@ucuenca.edu.ec
Teléfono: 405-1000 Ext: 2354



PROYECTO: TITULACIÓN
UBICACIÓN: CHOCARSI
SOLICITADO POR: ING. ROLANDO ARMAS
DESCRIPCIÓN DEL MATERIAL: MEJORAMIENTO PARA SUBSANTANTE MUESTRA 2 ENSAYO 1
FECHA: 22/09/2015

CLASIFICACIÓN

GRANULOMETRÍA				HUMEDAD NATURAL						
SERIE GRUESA				SERIE FINA						
Tamiz N°	PESO RETENIDO PARCIAL	PESO RETENIDO ACUMULADO	% RETENIDO	% PASA	% ESPECIFICA DO	N° DE GOLPES	PESO SECO	PESO TARRO	% HUMEDAD	% PROMEDIO
3"	0	0	0.00	100		40	82.29	11.84	8.57	8.59
2 1/2"	0	0	0.00	100		38	74.28	9.77	8.62	
2"	332	332	2.61	97.39		40	25.61	22.54	35.41	
1 1/2"	767	1099	6.03	91.36		30	23.13	20.33	36.79	
1"	1522	2621	11.96	79.40		10	22.64	19.03	43.76	
3/4"	932	3553	7.33	72.07		21	29.79	25.15	38.60	
1/2"	1556	5109	12.23	59.84		LIMITE LIQUIDO				
3/8"	922	6031	7.25	52.59		LIMITE PLÁSTICO				
NP4	2036	8067	16.01	36.59		32	12.72	12.43	19.59	
PASA NP4	4654	12721	36.59	0.00		8	12.73	12.34	20.21	20.31
TOTAL	12721					29	14.03	13.5	21.12	



P. INICIAL HUMEDO=	500	g
P. INICIAL SECO=	457.03	g
P. DESP. DE LAVAR=	390.3	g

CLASIFICACIÓN	Humedad natural	Índice de grupo
SUCS	Humedad natural	8.59
AASHO	Limite líquido	38.0
	Limite plástico	20.3
	Índice plástico	17.7



Clasificación de suelos, muestras 2, ensayo 2.

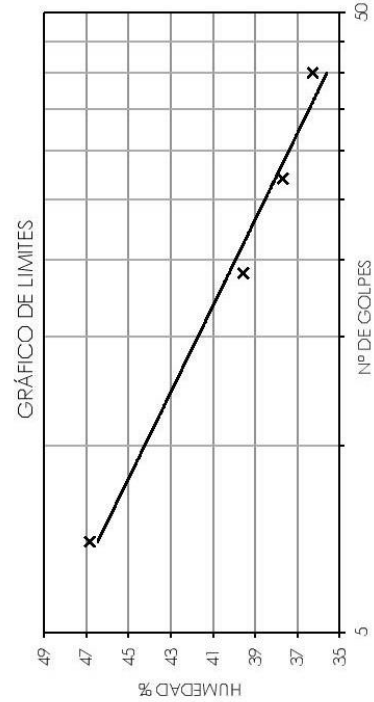
LABORATORIO DE SUELOS Y MATERIALES FACULTAD DE INGENIERÍA
laboratorio.suelos@ucuenca.edu.ec
Teléfono: 405-1000 Ext: 2354



PROYECTO: TITULACIÓN
UBICACIÓN: CHOCARSI
SOLICITADO POR: ING. ROLANDO ARMAS
DESCRIPCIÓN DEL MATERIAL: MEJORAMIENTO PARA SUBSANTIE MUESTRA 2 ENSAYO 2
FECHA: 05/10/2015

CLASIFICACIÓN

GRANULOMETRÍA				HUMEDAD NATURAL						
Tamiz N°	PESO RETENIDO PARCIAL	PESO RETENIDO ACUMULADO	% RETENIDO	% PASA	% ESPECÍFICA	N° DE GOLPES	PESO SECO	PESO TARRO	% HUMEDAD	% PROMEDIO
3"	0	0	0.00	100			80	11.51	6.21	6.39
2 1/2"	404	404	3.63	96.3665797			69.4	10.67	6.57	
2"	382	786	3.44	92.93						
1 1/2"	460	1246	4.14	88.79						
1"	798	2044	7.18	81.62			68.1	46.16	36.27	
3/4"	905	2949	8.14	73.48			66.02	45.67	37.69	
1/2"	1405	4354	12.64	60.84			66.67	46.95	39.56	
3/8"	717	5071	6.45	54.39			62.73	47.18	46.84	
NP4	1881	6952	16.92	37.48						
PASA NP4	4167	11119	37.48	0.00						
TOTAL	11119									
LIMITE LIQUIDO										
2							13.21	11.06	21.47	
112							15.08	10.79	21.53	21.62
117							14.84	11.72	21.68	
LIMITE PLÁSTICO										
2										
112										
117										



P. INICIAL HUMEDO=	500	g
P. INICIAL SECO=	468.06	g
P. DESP. DE LAVAR=	347.5	g

CLASIFICACIÓN	Humedad natural	6.39
SUCS	GW-GC	38.5
AASHO	A-2-6	21.6
ÍNDICE DE GRUPO	0	Índice plástico 16.9

Clasificación de suelos, muestras 2, ensayo 3.

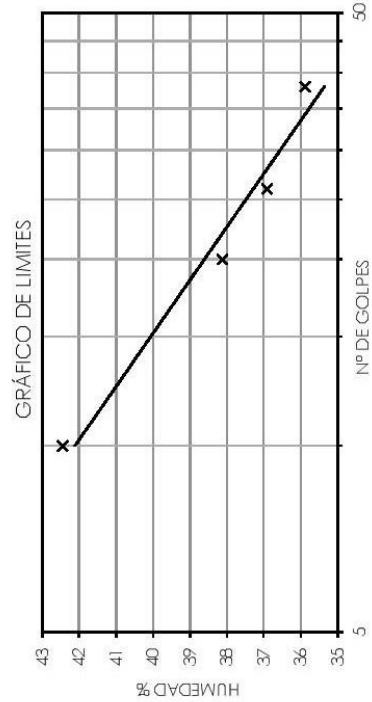
LABORATORIO DE SUELOS Y MATERIALES FACULTAD DE INGENIERÍA
laboratorio.suelos@ucuenca.edu.ec
Teléfono: 405-1000 Ext: 2354



PROYECTO: TITULACIÓN
UBICACIÓN: CHOCARSI
SOLICITADO POR: ING. ROLANDO ARMAS
DESCRIPCIÓN DEL MATERIAL: MEJORAMIENTO PARA SUBSANTIE MUESTRA 2 ENSAYO 3
FECHA: 05/10/2015

CLASIFICACIÓN

GRANULOMETRÍA				HUMEDAD NATURAL								
SERIE GRUESA				Nº DE GOLPES	PESO HUMEDAD	PESO SECO	PESO TARRO	% HUMEDAD	% PROMEDIO			
Tamiz N°	PESO RETENIDO PARCIAL	PESO RETENIDO ACUMULADO	% RETENIDO	% PASA	% ESPECIFICA DO	TARRO N°	Nº DE GOLPES	PESO HUMEDAD	PESO SECO	PESO TARRO	% HUMEDAD	% PROMEDIO
3"	0	0	0.00	100		35	38	69	65.08	10.21	7.14	6.75
2 1/2"	0	0	0.00	100		10		63.48	60.33	10.74	6.35	
2"	240	240	1.96	98.04		LIMITE LIQUIDO						
1 1/2"	195	435	1.59	96.45								
1"	987	1422	8.06	88.38		LIMITE PLÁSTICO						
3/4"	999	2421	8.16	80.22								
1/2"	1793	4214	14.65	65.38		29	10	27.96	23.49	11.03	35.87	19.74
3/8"	996	5210	8.14	57.44		4	26	26.7	22.54	11.27	36.91	
NP4	2307	7517	18.84	38.60		39	20	30.25	25.37	12.57	38.13	
PASA NP4	4725	12242	38.60	0.00		42	10	25.24	20.63	9.77	42.45	
TOTAL	12242					1		14.55	14.02	11.34	19.78	
						17		13.41	12.95	10.56	19.25	
						33		12.33	11.91	9.83	20.19	



SERIE FINA

10	210.50	210.50	17.43	21.17
40	129.10	339.60	10.69	10.48
200	37.40	377.00	3.10	7.39
PASA 200	89.26	466.26	7.39	0.00
TOTAL	466.26			

P. INICIAL HUMEDO=	500	g
P. INICIAL SECO=	466.26	g
P. DESP. DE LAVAR=	377.1	g

CLASIFICACIÓN	Humedad natural	6.75
SUCS	GW-GC	limite liquido 37.6
AASHO	A-2-6	limite plástico 19.7
ÍNDICE DE GRUPO	0	Índice plástico 17.9



Clasificación de suelos, análisis de los tres ensayos, muestra 2.



Fundada en 1867
UNIVERSIDAD DE CUENCA

LABORATORIO DE SUELOS Y MATERIALES FACULTAD DE INGENIERÍA
laboratorio.suelos@ucuenca.edu.ec
Teléfono: 405-1000 Ext: 2354

PROYECTO:	TITULACIÓN
UBICACIÓN:	CHOCARSI
SOLICITADO POR:	ING. ROLANDO ARMAS
DESCRIPCIÓN DEL MATERIAL:	MEJORAMIENTO PARA SUBRASANTE MUESTRA 2
FECHA:	05/10/2015

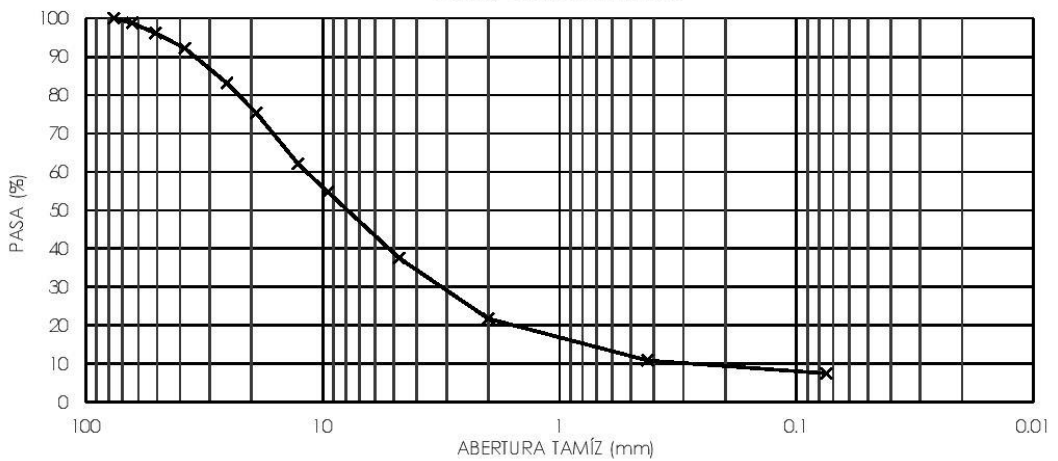
CLASIFICACIÓN
ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO

GRANULOMETRÍA			
Tamiz N°	Abertura (mm)	% Retenido	% PASA
3"	76.20	0.00	100.00
2 1/2"	63.50	1.21	98.79
2"	50.80	2.67	96.12
1 1/2"	38.10	3.92	92.20
1"	25.40	9.07	83.13
3/4"	19.05	7.88	75.26
1/2"	12.70	13.17	62.09
3/8"	9.52	7.28	54.81
4	4.75	17.26	37.55
10	2.00	15.79	21.76
40	0.425	10.87	10.89
200	0.075	3.39	7.50

Datos de la Gráfica		
D10=	0.50	mm
D30=	3.37	mm
D60=	11.68	mm

Coefficiente de Uniformidad=	23.36	$C_u = \frac{D_{60}}{D_{10}}$
Coefficiente de Curvatura=	1.94	$C_c = \frac{D_{30}^2}{D_{10} * D_{60}}$

CURVA GRANULOMÉTRICA



CLASIFICACIÓN			
SUCS	GW-GC	Limite líquido	38.0
AASHO	A-2-6	Limite plástico	20.6
ÍNDICE DE GRUPO	0	Índice plástico	17.5



Clasificación de suelos, muestras 3, ensayo 1.

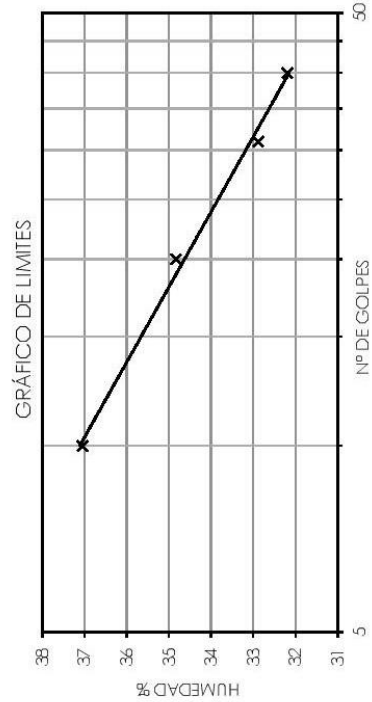
LABORATORIO DE SUELOS Y MATERIALES FACULTAD DE INGENIERÍA
laboratorio.suelos@ucuenca.edu.ec
Teléfono: 405-1000 Ext: 2354



PROYECTO: TITULACIÓN
UBICACIÓN: CHOCARSI
SOLICITADO POR: ING. ROLANDO ARMAS
DESCRIPCIÓN DEL MATERIAL: MEJORAMIENTO PARA SUBSANTIE MUESTRA 3 ENSAYO 1
FECHA: 23/09/2015

CLASIFICACIÓN

GRANULOMETRÍA				HUMEDAD NATURAL							
Tamiz N°	PESO RETENIDO PARCIAL	PESO RETENIDO ACUMULADO	% RETENIDO	% PASA	% ESPECIFICA DO	N° DE GOLPES	PESO HUMEDAD	PESO SECO	PESO TARRO	% HUMEDAD	% PROMEDIO
3"	0	0	0.00	100			90.15	85.77	11.39	5.89	5.77
2 1/2"	605	605	5.35	94.65			106.37	101.38	13.13	5.65	
2"	172	777	1.52	93.13			LIMITE LIQUIDO				
1 1/2"	557	1334	4.93	88.20			LL	24.95	21.85	12.22	32.19
1"	1479	2813	13.09	75.11			5	25.69	22.03	10.9	32.88
3/4"	1045	3858	9.25	65.86			30	26.24	22.6	12.15	34.83
1/2"	1869	5727	16.54	49.33			39	24.51	21.28	12.56	37.04
3/8"	943	6670	8.34	40.98			LIMITE PLÁSTICO				
NP4	2006	8676	17.75	23.23			21	14.74	14.18	11.33	19.65
PASA NP4	2626	11302	23.23	0.00			42	12.45	12.04	9.77	18.06
TOTAL	11302						23	16.22	15.86	14.02	19.57



P. INICIAL HUMEDO=	500	g
P. INICIAL SECO=	471.14	g
P. DESP. DE LAVAR=	384.1	g

CLASIFICACIÓN	Humedad natural	5.77	
SUCS	GW-GC	limite liquido	33.8
AASHO	A-2-6	limite plástico	19.1
ÍNDICE DE GRUPO	0	Índice plástico	14.7

Clasificación de suelos, muestras 3, ensayo 2.

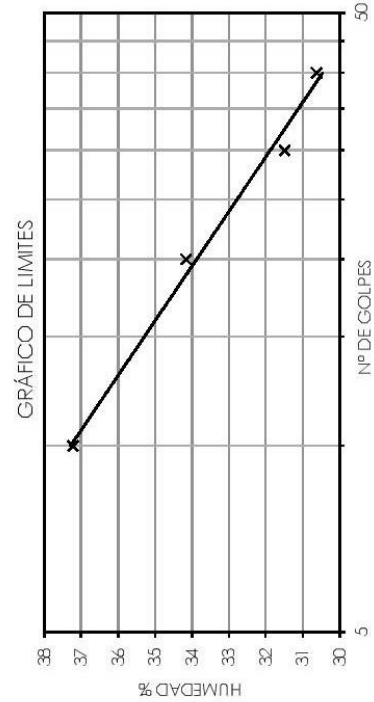
LABORATORIO DE SUELOS Y MATERIALES FACULTAD DE INGENIERÍA
laboratorio.suelos@ucuenca.edu.ec
Teléfono: 405-1000 Ext: 2354



PROYECTO: TITULACIÓN
UBICACIÓN: CHOCARSI
SOLICITADO POR: ING. ROLANDO ARMAS
DESCRIPCIÓN DEL MATERIAL: MEJORAMIENTO PARA SUBSANTIE MUESTRA 3 ENSAYO 2
FECHA: 05/10/2015

CLASIFICACIÓN

GRANULOMETRÍA				HUMEDAD NATURAL								
SERIE GRUESA				LIMITE LIQUIDO								
Tamiz N°	PESO RETENIDO PARCIAL	PESO RETENIDO ACUMULADO	% RETENIDO	% PASA	% ESPECIFICA DO	TARRO N°	N° DE GOLPES	PESO HUMEDAD	PESO SECO	PESO TARRO	% HUMEDAD	% PROMEDIO
3"	0	0	0.00	100.00		2	40	66.83	64.21	11.51	4.97	4.93
2 1/2"	0	0	0.00	100.00		6	30	70.98	68.17	10.67	4.89	
2"	880	880	7.03	92.97		1	20	31.22	26.33	10.36	30.62	
1 1/2"	211	1091	1.68	91.29		2	10	35.74	30.09	12.15	31.49	
1"	1698	2789	13.56	77.73		3	10	29.63	24.82	10.74	34.16	
3/4"	1357	4146	10.83	66.90		4	10	26.59	21.61	8.23	37.22	
1/2"	1931	6077	15.42	51.48		5	10	13.59	13.17	10.93	18.75	
3/8"	1070	7147	8.54	42.94		6	10	13.01	12.64	10.79	20.00	19.36
NP4	2111	9258	16.85	26.08		7	10	12.34	12	10.24	19.32	
PASA NP4	3267	12525	26.08	0.00								
TOTAL	12525											
SERIE FINA				LIMITE PLASTICO								
10	174.40	174.40	9.57	16.51								
40	152.90	327.30	8.39	8.12								
200	49.00	376.30	2.69	5.44								
PASA 200	99.05	475.35	5.44	0.00								
TOTAL	475.35											



P. INICIAL HUMEDO=	500	g
P. INICIAL SECO=	475.35	g
P. DESP. DE LAVAR=	376.6	g

CLASIFICACIÓN	Humedad natural	4.93
SUCS	GW-GC	limite liquido 32.8
AASHO	A-2-6	limite plástico 19.4
ÍNDICE DE GRUPO	0	Índice plástico 13.4



Clasificación de suelos, muestras 3, ensayo 3.

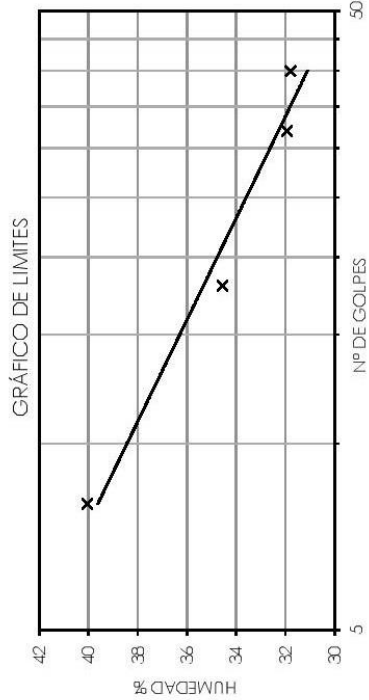
LABORATORIO DE SUELOS Y MATERIALES FACULTAD DE INGENIERÍA
laboratorio.suelos@ucuenca.edu.ec
Teléfono: 405-1000 Ext: 2354



PROYECTO: TITULACIÓN
UBICACIÓN: CHOCARSI
SOLICITADO POR: ING. ROLANDO ARMAS
DESCRIPCIÓN DEL MATERIAL: MEJORAMIENTO PARA SUBSANTIE MUESTRA 3 ENSAYO 3
FECHA: 05/10/2015

CLASIFICACIÓN

GRANULOMETRÍA				HUMEDAD NATURAL					
SERIE GRUESA				Nº DE GOLPES	PESO HUMEDAD	PESO SECO	PESO TARRO	% HUMEDAD	% PROMEDIO
Tamiz N°	PESO RETENIDO PARCIAL	PESO RETENIDO ACUMULADO	% RETENIDO	TARRO N°	PESO HUMEDAD	PESO SECO	PESO TARRO	% HUMEDAD	% PROMEDIO
3"	0	0	0.00	24	65.08	62.49	8.92	4.83	4.70
2 1/2"	0	0	0.00	30	79.23	76.3	12.15	4.57	
2"	808	808	7.12	LIMITE LIQUIDO					
1 1/2"	460	1268	4.05	29	50.91	47.62	37.27	31.79	
1"	1261	2529	11.11	62	59.65	55.91	44.2	31.94	
3/4"	1173	3702	10.33	2	56.4	53.2	43.94	34.56	
1/2"	2024	5726	17.83	67	65.76	59.16	42.68	40.05	
3/8"	1066	6792	9.39	LIMITE PLÁSTICO					
NP4	2150	8942	18.94	2	14.23	13.68	10.81	19.16	
PASA Nº4	2410	11352	21.23	117	14.46	14	11.64	19.49	
TOTAL	11352			12	14.13	13.64	11.07	19.07	



SERIE FINA

10	220.60	9.83	11.40
40	138.70	6.18	5.22
200	32.20	1.43	3.79
PASA 200	85.19	476.69	0.00
TOTAL	476.69		

P. INICIAL HUMEDO=	500	g
P. INICIAL SECO=	476.49	g
P. DESP. DE LAVAR=	391.4	g

CLASIFICACIÓN	Humedad natural	Índice de grupo
SUCS	Humedad natural	4.70
AASHO	Limite líquido	33.6
	Limite plástico	19.2
	Índice plástico	14.3



Clasificación de suelos, análisis de los tres ensayos, muestra 3.



Fundada en 1867
UNIVERSIDAD DE CUENCA

LABORATORIO DE SUELOS Y MATERIALES FACULTAD DE INGENIERÍA
laboratorio.suelos@ucuenca.edu.ec
Teléfono: 405-1000 Ext: 2354

PROYECTO:	TITULACIÓN
UBICACIÓN:	CHOCARSI
SOLICITADO POR:	ING. ROLANDO ARMAS
DESCRIPCION DEL MATERIAL:	MEJORAMIENTO PARA SUBRASANTE MUESTRA 3
FECHA:	05/10/2015

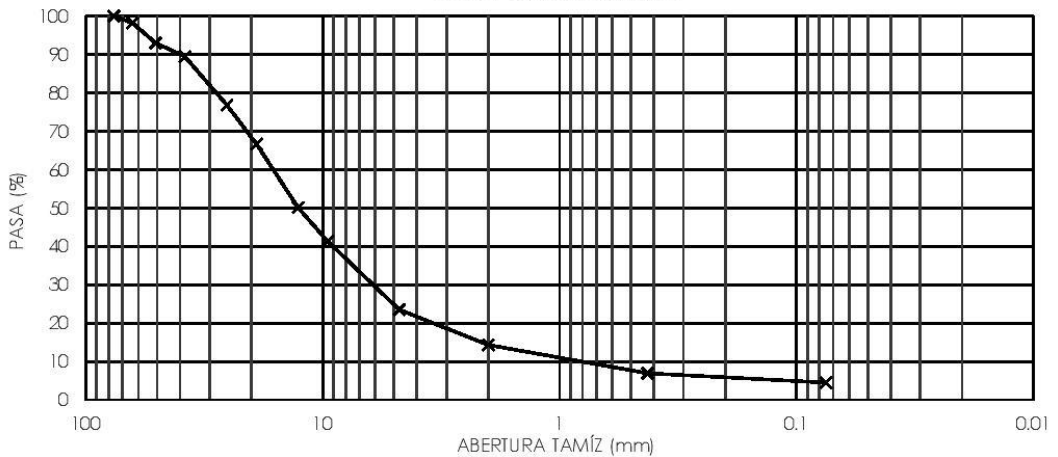
ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO ASTM D-422-63

GRANULOMETRÍA			
Tamiz N°	Abertura (mm)	% Retenido	% PASA
3"	76.20	0.00	100.00
2 1/2"	63.50	1.78	98.22
2"	50.80	5.22	92.99
1 1/2"	38.10	3.56	89.44
1"	25.40	12.58	76.86
3/4"	19.05	10.14	66.72
1/2"	12.70	16.59	50.12
3/8"	9.52	8.76	41.36
4	4.75	17.85	23.52
10	2.00	9.17	14.35
40	0.425	7.36	6.99
200	0.075	2.45	4.53

Datos de la Gráfica		
D10=	1.55	mm
D30=	6.08	mm
D60=	16.45	mm

Coefficiente de Uniformidad=	10.61	$C_u = \frac{D_{60}}{D_{10}}$
Coefficiente de Curvatura=	1.45	$C_c = \frac{D_{30}^2}{D_{10} * D_{60}}$

CURVA GRANULOMÉTRICA



CLASIFICACIÓN			
SUCS	GW	Límite líquido	33.4
AASHTO	A-2-6	Límite plástico	19.2
ÍNDICE DE GRUPO	0	Índice plástico	14.2

Clasificación de suelos, muestras 4, ensayo 1.

LABORATORIO DE SUELOS Y MATERIALES FACULTAD DE INGENIERÍA
 laboratorio.suelos@ucuenca.edu.ec
 Teléfono: 405-1000 Ext: 2354



PROYECTO: TITULACIÓN
UBICACIÓN: CHOCARSI
SOLICITADO POR: ING. ROLANDO ARMAS
DESCRIPCIÓN DEL MATERIAL: MEJORAMIENTO PARA SUBSANTANTE MUESTRA 4 ENSAYO 1
FECHA: 23/10/2015

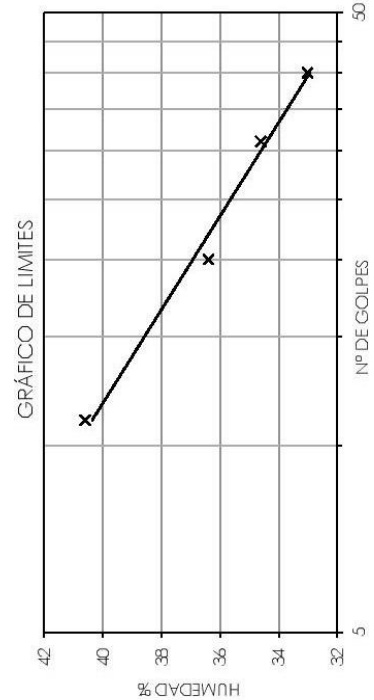
CLASIFICACIÓN

GRANULOMETRÍA					
SERIE GRUESA					
Tamiz N°	PESO RETENIDO PARCIAL	PESO RETENIDO ACUMULADO	% RETENIDO	% PASA	% ESPECÍFICA
					DO
3"	0	0	0.00	100	
2 1/2"	601	601	4.49	95.51	
2"	414	1015	3.09	92.42	
1 1/2"	1127	2142	8.42	84.00	
1"	1854	3996	13.85	70.14	
3/4"	1308	5304	9.77	60.37	
1/2"	2223	7527	16.61	43.76	
3/8"	1077	8604	8.05	35.71	
Nº4	2030	10634	15.17	20.55	
PASA Nº4	2750	13384	20.55	0.00	
TOTAL	13384				
SERIE FINA					
10	170.80		7.91	12.63	
40	127.00	297.80	5.88	6.75	
200	47.30	345.10	2.19	4.56	
PASA 200	98.32	443.42	4.56		
TOTAL	443.42				

P. INICIAL HÚMEDO=	500	g
P. INICIAL SECO=	443.42	g
P. DESP. DE LAVAR=	345.5	g

CLASIFICACIÓN	
SUCS	Humedad natural
AASHO	Limite líquido
INDICE DE GRUPO	Limite plástico
	Indice plástico

HUMEDAD NATURAL					
TARRO N°	N° DE GOLPES	PESO HUMEDAD	PESO SECO	PESO TARRO	% HUMEDAD
					PROMEDIO
15		67.09	61.38	10.73	11.27
40		74.29	68.15	14.1	11.36
LIMITE LIQUIDO					
20	40	25.39	22.23	12.66	33.02
23	31	27.04	23.69	14.01	34.61
2	20	23.09	20	11.51	36.40
3	11	25.66	22.16	13.54	40.60
LIMITE PLÁSTICO					
19.12		13.71	13.37	11.62	19.43
12		13.53	13.12	11.11	20.40
25		12.76	12.28	9.93	20.43





Clasificación de suelos, muestras 4, ensayo 2.

LABORATORIO DE SUELOS Y MATERIALES FACULTAD DE INGENIERÍA
laboratorio.suelos@ucuenca.edu.ec
Teléfono: 405-1000 Ext: 2354



PROYECTO: TITULACIÓN
UBICACIÓN: CHOCARSI
SOLICITADO POR: ING. ROLANDO ARMAS
DESCRIPCIÓN DEL MATERIAL: MEJORAMIENTO PARA SUBSANTIE MUESTRA 4 ENSAYO 2
FECHA: 06/10/2015

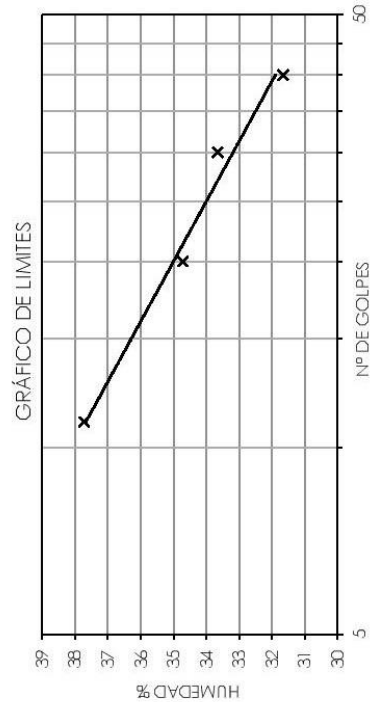
CLASIFICACIÓN

GRANULOMETRÍA				
SERIE GRUESA				
Tamiz N°	PESO RETENIDO PARCIAL	PESO RETENIDO ACUMULADO	% RETENIDO	% PASA
3"	0	0	0.00	100.00
2 1/2"	0	0	0.00	100.00
2"	852	852	7.22	92.78
1 1/2"	769	1621	6.52	86.27
1"	2278	3899	19.30	66.97
3/4"	1579	5478	13.38	53.59
1/2"	2298	7776	19.47	34.12
3/8"	998	8714	7.95	26.17
NP4	1571	10285	13.31	12.86
PASA NP4	1518	11803	12.86	0.00
TOTAL	11803			
SERIE FINA				
10	198.50	198.50	5.36	7.51
40	117.60	316.10	3.17	4.33
200	43.30	359.40	1.17	3.16
PASA 200	117.95	477.35	3.18	
TOTAL	477.35			

P. INICIAL HUMEDO=	500	g
P. INICIAL SECO=	476.65	g
P. DESP. DE LAVAR=	359.2	g

CLASIFICACIÓN	
SUCS	Humedad natural
AASHO	Limite liquido
ÍNDICE DE GRUPO	Limite plástico
	Índice plástico

TARRO N°	HUMEDAD NATURAL			
	N° DE GOLPES	PESO HUMEDAD	PESO SECO	PESO TARRO
6		60.17	57.95	10.67
39		76.54	73.7	12.56
LIMITE LIQUIDO				
1	40	26.41	22.55	10.36
2	30	30.51	25.89	12.16
3	20	29.96	25.01	10.75
4	11	26.01	21.14	8.23
LIMITE PLÁSTICO				
7		12.95	12.48	10.23
6		13.95	13.42	10.8
5		13.64	13.19	10.98
				20.49





Clasificación de suelos, muestras 4, ensayo 3.

LABORATORIO DE SUELOS Y MATERIALES FACULTAD DE INGENIERÍA
laboratorio.suelos@ucuenca.edu.ec
Teléfono: 405-1000 Ext: 2354



PROYECTO: TITULACIÓN
UBICACIÓN: CHOCARSI
SOLICITADO POR: ING. ROLANDO ARMAS
DESCRIPCIÓN DEL MATERIAL: MEJORAMIENTO PARA SUBSANTIE MUESTRA 4 ENSAYO 3
FECHA: 06/10/2015

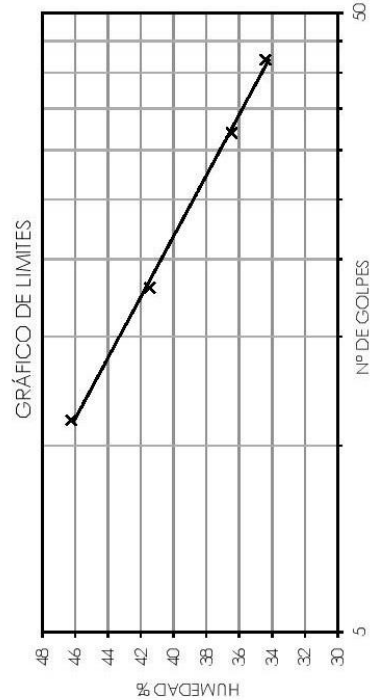
CLASIFICACIÓN

GRANULOMETRÍA				
SERIE GRUESA				
Tamiz N°	PESO RETENIDO PARCIAL	PESO RETENIDO ACUMULADO	% RETENIDO	% PASA
3"	0	0	0.00	100
2 1/2"	0	0	0.00	100.00
2"	952	952	9.30	90.70
1 1/2"	1133	2085	11.07	79.63
1"	1830	3915	17.88	61.75
3/4"	1014	4929	9.91	51.85
1/2"	1871	6800	18.28	33.57
3/8"	884	7684	8.64	24.93
NP4	1258	8942	12.29	12.64
PASA NP4	1294	10236	12.64	0.00
TOTAL	10236			
SERIE FINA				
10	188.80	188.80	5.01	7.63
40	116.30	305.10	3.09	4.54
200	51.40	356.50	1.36	3.18
PASA 200	120.34	476.84	3.19	
TOTAL	476.84			

P. INICIAL HUMEDO=	500	g
P. INICIAL SECO=	476.34	g
P. DESP. DE LAVAR=	356.8	g

CLASIFICACIÓN	
SUCS	Humedad natural
AASHO	Índice líquido
ÍNDICE DE GRUPO	Índice plástico

HUMEDAD NATURAL					
TARRO N°	N° DE GOLPES	PESO HUMEDAD	PESO SECO	PESO TARRO	% HUMEDAD
2		69.95	67.33	11.5	4.69
24		63.61	61.12	8.92	4.77
LIMITE LIQUIDO					
129	42	57.16	52.85	40.32	34.40
131	32	56.05	52.07	41.15	36.45
89	18	61.72	57.26	46.5	41.45
44	11	70.65	63.68	48.6	46.22
LIMITE PLÁSTICO					
117		15.37	14.75	11.62	19.81
118		11.44	10.88	8.3	21.71
119		12.77	12.07	8.78	21.28
					20.93





Clasificación de suelos, análisis de los tres ensayos, muestra 4.



Fundada en 1867
UNIVERSIDAD DE CUENCA

LABORATORIO DE SUELOS Y MATERIALES FACULTAD DE INGENIERÍA
laboratorio.suelos@ucuenca.edu.ec
Teléfono: 405-1000 Ext: 2354

PROYECTO:	TITULACIÓN
UBICACIÓN:	CHOCARSI
SOLICITADO POR:	ING. ROLANDO ARMAS
DESCRIPCION DEL MATERIAL:	MEJORAMIENTO PARA SUBRASANTE MUESTRA 4
FECHA:	06/10/2015

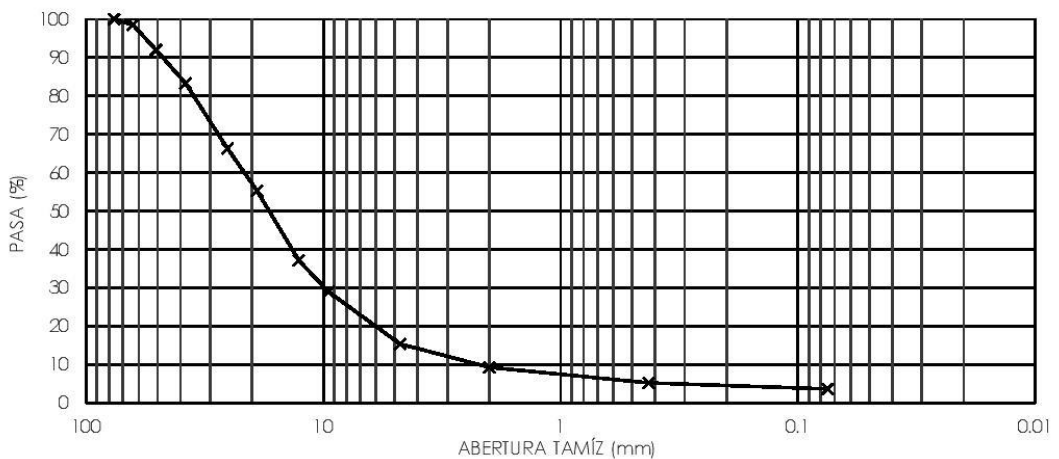
ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO

GRANULOMETRÍA			
Tamiz N°	Abertura (mm)	% Retenido	% PASA
3"	76.20	0.00	100.00
2 1/2"	63.50	1.50	98.50
2"	50.80	6.54	91.97
1 1/2"	38.10	8.67	83.30
1"	25.40	17.01	66.29
3/4"	19.05	11.02	55.27
1/2"	12.70	18.12	37.15
3/8"	9.52	8.21	28.94
4	4.75	13.59	15.35
10	2.00	6.09	9.26
40	0.425	4.05	5.21
200	0.075	1.57	3.63

Datos de la Gráfica		
D10=	2.54	mm
D30=	10.00	mm
D60=	21.77	mm

Coefficiente de Uniformidad=	8.57	$C_u = \frac{D_{60}}{D_{10}}$
Coefficiente de Curvatura=	1.81	$C_c = \frac{D_{30}^2}{D_{10} * D_{60}}$

CURVA GRANULOMÉTRICA



CLASIFICACIÓN			
SUCS	GW	Limite líquido	36.1
AASHO	A-2-6	Limite plástico	20.5
ÍNDICE DE GRUPO	0	Índice plástico	1.50

Clasificación de suelos, muestras 5, ensayo 1.

LABORATORIO DE SUELOS Y MATERIALES FACULTAD DE INGENIERÍA
laboratorio.suelos@ucuenca.edu.ec
Teléfono: 405-1000 Ext: 2354



PROYECTO: TITULACIÓN
UBICACIÓN: CHOCARSI
SOLICITADO POR: ING. ROLANDO ARMAS
DESCRIPCIÓN DEL MATERIAL: MEJORAMIENTO PARA SUBSANTIE MUESTRA 5 ENSAYO 1
FECHA: 24/10/2015

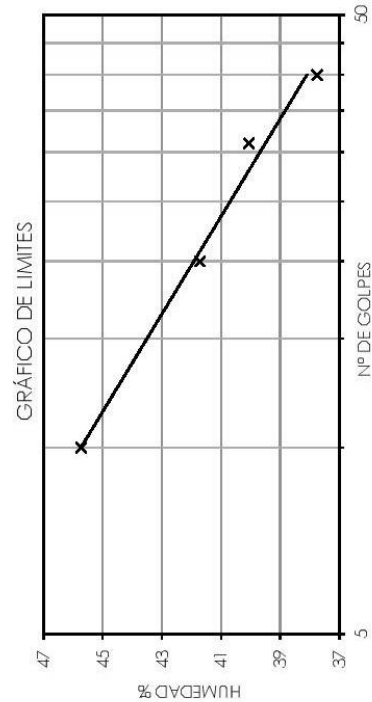
CLASIFICACIÓN

GRANULOMETRÍA				
SERIE GRUESA				
Tamiz N°	PESO RETENIDO PARCIAL	PESO RETENIDO ACUMULADO	% RETENIDO	% PASA
3"	0	0	0.00	100
2 1/2"	0	0	0.00	100
2"	988	988	8.09	91.91
1 1/2"	375	1363	3.07	88.85
1"	1201	2564	9.83	79.02
3/4"	1180	3744	9.66	69.36
1/2"	2653	6397	21.71	47.65
3/8"	1582	7979	12.95	34.70
Nº4	2588	10567	21.18	13.52
PASA Nº4	1652	12219	13.52	0.00
TOTAL	12219			
SERIE FINA				
10	307.50	307.50	8.72	4.80
40	88.70	396.20	2.52	2.29
200	11.90	408.10	0.34	1.95
PASA 200	68.52	476.62	1.94	
TOTAL	476.62			

P. INICIAL HUMEDO=	500	g
P. INICIAL SECO=	476.82	g
P. DESP. DE LAVAR=	408.5	g

CLASIFICACIÓN	
SUCS	Humedad natural 4.64
AASHO	GW-GC Limite liquido 34.0
	A-2-6 Limite plástico 20.8
ÍNDICE DE GRUPO	0 Índice plástico 13.2

HUMEDAD NATURAL					
TARRO N°	N° DE GOLPES	PESO HUMEDAD	PESO SECO	PESO TARRO	% HUMEDAD
41		97.08	93.38	13.13	4.61
32		86.62	83.27	11.39	4.66
LIMITE LIQUIDO					
8	40	21.13	18.02	9.78	37.74
30	31	22.36	19.44	12.15	40.05
5	20	22.78	19.28	10.89	41.72
18	10	31.09	25.57	13.5	45.73
LIMITE PLÁSTICO					
29		15.68	14.86	11.01	21.30
24		11.95	11.44	8.89	20.00
35		13.49	12.92	10.22	21.11
					20.80



Clasificación de suelos, muestras 5, ensayo 2.

LABORATORIO DE SUELOS Y MATERIALES FACULTAD DE INGENIERÍA
 laboratorio.suelos@ucuenca.edu.ec
 Teléfono: 405-1000 Ext: 2354



TITULACIÓN: CHOCARSI
 UBICACIÓN: ING. ROLANDO ARMAS
 DESCRIPCIÓN DEL MATERIAL: MEJORAMIENTO PARA SUBSANTIE MUESTRA 5 ENSAYO 2
 FECHA: 06/10/2015

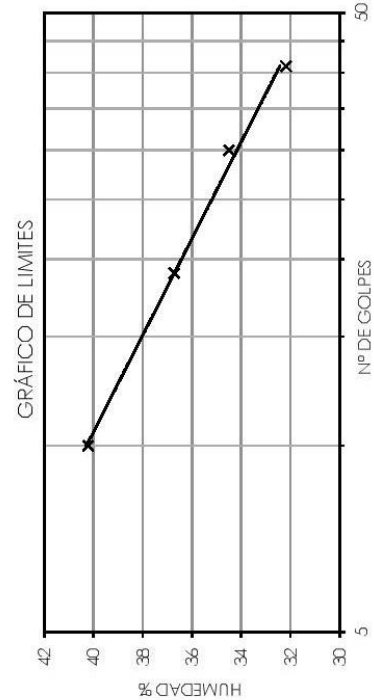
CLASIFICACIÓN

GRANULOMETRÍA				
SERIE GRUESA				
Tamiz N°	PESO RETENIDO PARCIAL	PESO RETENIDO ACUMULADO	% RETENIDO	% PASA
3"	0	0	0.00	100
2 1/2"	0	0	0.00	100
2"	0	0	0.00	100.00
1 1/2"	676	676	6.65	93.35
1"	1115	1791	10.97	82.37
3/4"	1199	2990	11.80	70.57
1/2"	2377	5367	23.40	47.18
3/8"	1243	6610	12.23	34.94
NP4	2029	8639	19.97	14.97
PASA NP4	1521	10160	14.97	0.00
TOTAL	10160			
SERIE FINA				
10	330.90	330.90	10.38	4.59
40	77.80	408.70	2.44	2.15
200	14.00	422.70	0.44	1.71
PASA 200	54.73	477.43	1.72	
TOTAL	477.43			

P. INICIAL HUMEDO=	500	g
P. INICIAL SECO=	477.23	g
P. DESP. DE LAVAR=	422.8	g

CLASIFICACIÓN	Humedad natural	4.55
SUCS	GW-GC	limite liquido
AASHO	A-2-6	limite plástico
ÍNDICE DE GRUPO	0	Índice plástico
		14.9

HUMEDAD NATURAL					
TARRO N°	N° DE GOLPES	PESO HUMEDAD	PESO SECO	PESO TARRO	% HUMEDAD
25		81.98	78.82	9.94	4.59
33		81.99	78.87	9.82	4.52
LIMITE LIQUIDO					
3	41	28.4	24.78	13.53	32.18
42	30	27.92	23.86	12.09	34.49
39	19	26.81	22.98	12.55	36.72
6	10	27.92	22.97	10.66	40.21
LIMITE PLÁSTICO					
24		11.43	11.01	8.92	20.10
2		14.31	13.84	11.52	20.26
34		13.34	12.82	10.28	20.47
					20.28



Clasificación de suelos, muestras 5, ensayo 3.

LABORATORIO DE SUELOS Y MATERIALES FACULTAD DE INGENIERÍA
 laboratorio.suelos@ucuenca.edu.ec
 Teléfono: 405-1000 Ext: 2354



PROYECTO: TITULACIÓN
UBICACIÓN: CHOCARSI
SOLICITADO POR: ING. ROLANDO ARMAS
DESCRIPCIÓN DEL MATERIAL: MEJORAMIENTO PARA SUBSANTANTE MUESTRA 5 ENSAYO 3
FECHA: 06/10/2015

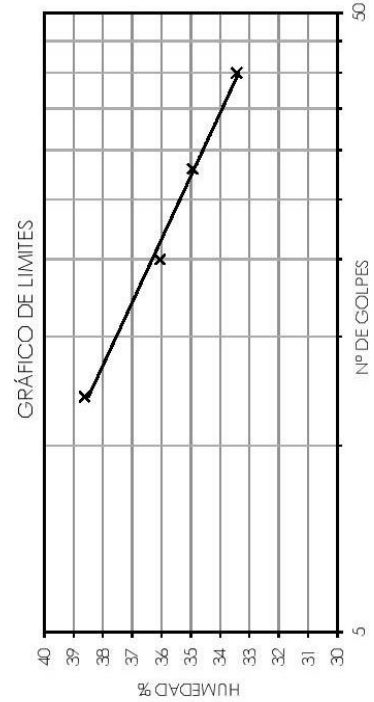
CLASIFICACIÓN

GRANULOMETRÍA					
SERIE GRUESA					
Tamiz N°	PESO RETENIDO PARCIAL	PESO RETENIDO ACUMULADO	% RETENIDO	% PASA	% ESPECÍFICA
3"	0	0	0.00	100	
2 1/2"	0	0	0.00	100	
2"	3	3	0.03	99.97	
1 1/2"	70	73	0.65	99.33	
1"	1154	1227	10.66	88.67	
3/4"	1045	2272	9.65	79.02	
1/2"	2528	4800	23.34	55.68	
3/8"	1424	6224	13.15	42.53	
Nº4	2698	8922	24.91	17.62	
PASA Nº4	1908	10830	17.62	0.00	
TOTAL	10830				
SERIE FINA					
10	347.10	347.10	12.82	4.80	
40	72.50	419.60	2.68	2.12	
200	11.50	431.10	0.42	1.70	
PASA 200	46.32	477.42	1.71		
TOTAL	477.42				

P. INICIAL HÚMEDO=	500	g
P. INICIAL SECO=	477.12	g
P. DESP. DE LAVAR=	430.9	g

CLASIFICACIÓN	
SUCS	Humedad natural 4.58
AASHO	Limite líquido 35.4
INDICE DE GRUPO	Limite plástico 20.2
	Índice plástico 15.1

HUMEDAD NATURAL					
TARRO N°	N° DE GOLPES	PESO HUMEDAD	PESO SECO	PESO TARRO	% HUMEDAD PROMEDIO
21		82.26	79.09	11.34	4.68
12		99.15	95.38	11.1	4.47
LIMITE LIQUIDO					
1	40	27.4	23.13	10.36	33.44
2	28	33.29	27.82	12.16	34.93
3	20	31.28	25.84	10.75	36.05
4	12	25.78	20.89	8.23	38.63
LIMITE PLÁSTICO					
5		14.77	14.13	10.96	20.19
6		13.8	13.29	10.78	20.32
7		14.27	13.59	10.22	20.18





Clasificación de suelos, análisis de los tres ensayos, muestra 5.



Fundada en 1867
UNIVERSIDAD DE CUENCA

LABORATORIO DE SUELOS Y MATERIALES FACULTAD DE INGENIERÍA
laboratorio.suelos@ucuenca.edu.ec
Teléfono: 405-1000 Ext: 2354

PROYECTO:	TITULACIÓN
UBICACIÓN:	CHOCARSI
SOLICITADO POR:	ING. ROLANDO ARMAS
DESCRIPCION DEL MATERIAL:	MEJORAMIENTO PARA SUBRASANTE MUESTRA 5
FECHA:	07/10/2015

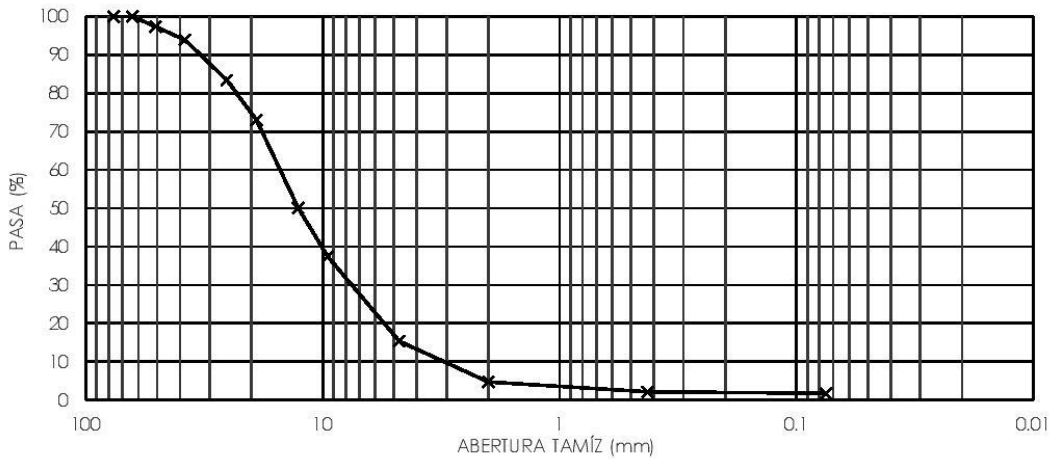
ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO

GRANULOMETRÍA			
Tamiz N°	Abertura (mm)	% Retenido	% PASA
3"	76.20	0.00	100.00
2 1/2"	63.50	0.00	100.00
2"	50.80	2.70	97.30
1 1/2"	38.10	3.46	93.84
1"	25.40	10.49	83.35
3/4"	19.05	10.37	72.98
1/2"	12.70	22.82	50.17
3/8"	9.52	12.78	37.39
4	4.75	22.02	15.37
10	2.00	10.64	4.73
40	0.425	2.54	2.19
200	0.075	0.40	1.79

Datos de la Gráfica		
D10=	3.26	mm
D30=	7.55	mm
D60=	15.46	mm

Coefficiente de Uniformidad=	4.74	$C_u = \frac{D_{60}}{D_{10}}$
Coefficiente de Curvatura=	1.13	$C_c = \frac{D_{30}^2}{D_{10} * D_{60}}$

CURVA GRANULOMÉTRICA



CLASIFICACIÓN			
SUCS	GW	Limite líquido	34.8
AASHO	A-2-6	Limite plástico	20.4
ÍNDICE DE GRUPO	0	Índice plástico	14.4



Anexo 2: Intemperismo, análisis granulométrico.

Intemperismo ensayo 1.

PROYECTO:	TITULACIÓN	
UBICACIÓN:	CHOCARSI	
SOLICITADO POR:	ING. ROLANDO ARMAS	
DESCRIPCION DEL MATERIAL:	MEJORAMIENTO PARA SUBRASANTE	Ensayo 1
FECHA:	01/02/2016	

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO

P1= Peso del material ensayado= 7636 gr

GRANULOMETRÍA (ANTES DEL PROCESO DE INTEM)					GRANULOMETRÍA (DESPUES DEL PROCESO DE INTEM)				
Tamiz N°	Abertura (mm)	Peso retenido	% Retenido	% PASA	Tamiz N°	Abertura (mm)	Peso retenido	% Retenido	% PASA
3"	76.20	0	0.00	100.00	3"	76.20	0	0.00	100.00
2 1/2"	63.50	0	0.00	100.00	2 1/2"	63.50	0	0.00	100.00
2"	50.80	0	0.00	100.00	2"	50.80	0	0.00	100.00
1 1/2"	38.10	177	2.32	97.68	1 1/2"	38.10	0	0.00	100.00
1"	25.40	444	5.81	91.87	1"	25.40	229	3.00	97.00
3/4"	19.05	788	10.32	81.55	3/4"	19.05	569	7.45	89.55
1/2"	12.70	824	10.79	70.76	1/2"	12.70	815	10.67	78.88
3/8"	9.52	498	6.52	64.24	3/8"	9.52	592	7.75	71.12
4	4.75	1345	17.61	46.62	4	4.75	1429	18.71	52.41
FONDO	-	3560	46.62	0.00	FONDO	-	283	3.71	
TOTAL		7636							



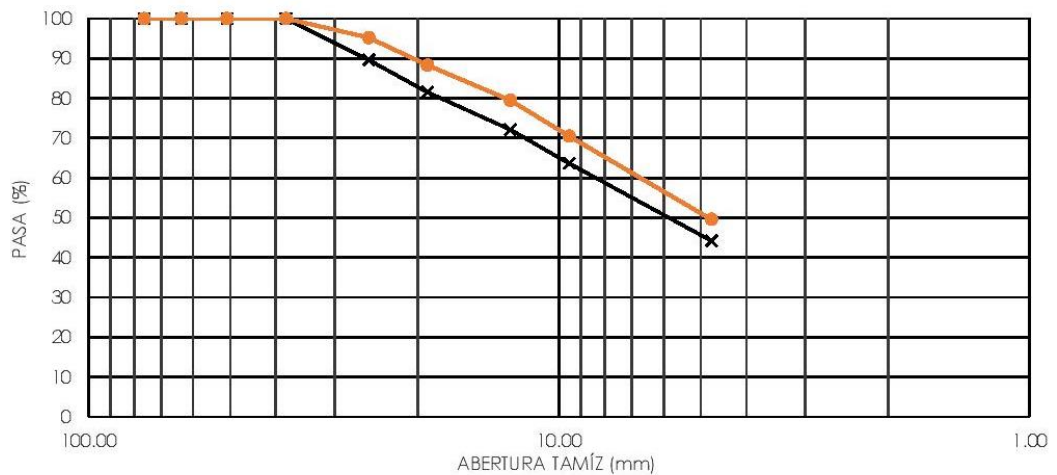


Intemperismo ensayo 2.

PROYECTO:	TITULACIÓN
UBICACIÓN:	CHOCARSI
SOLICITADO POR:	ING. ROLANDO ARMAS
DESCRIPCION DEL MATERIAL:	MEJORAMIENTO PARA SUBRASANTE Ensayo 2
FECHA:	01/02/2016

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO

GRANULOMETRÍA (ANTES DEL PROCESO DE INTEM)					GRANULOMETRÍA (DESPUES DEL PROCESO DE INTEM)				
Tamiz N°	Apertura (mm)	Peso retenido	% Retenido	% PASA	Tamiz N°	Apertura (mm)	Peso retenido	% Retenido	% PASA
3"	76.20	0	0.00	100.00	3"	76.20	0	0.00	100.00
2 1/2"	63.50	0	0.00	100.00	2 1/2"	63.50	0	0.00	100.00
2"	50.80	0	0.00	100.00	2"	50.80	0	0.00	100.00
1 1/2"	38.10	0	0.00	100.00	1 1/2"	38.10	0	0.00	100.00
1"	25.40	757	10.42	89.58	1"	25.40	349	4.80	95.20
3/4"	19.05	585	8.05	81.54	3/4"	19.05	502	6.91	88.29
1/2"	12.70	684	9.41	72.12	1/2"	12.70	638	8.78	79.51
3/8"	9.52	617	8.49	63.64	3/8"	9.52	654	9.00	70.51
4	4.75	1412	19.43	44.21	4	4.75	1522	20.94	49.57
FONDO	-	3213	44.21	0.00	FONDO	-	242	3.33	46.24
	TOTAL	7268				TOTAL	3907		





Anexo 3: Calibración de picnómetros.



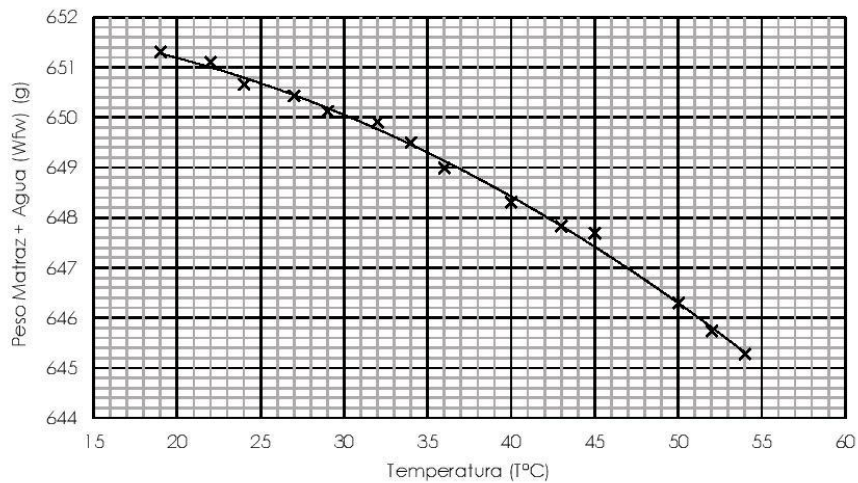
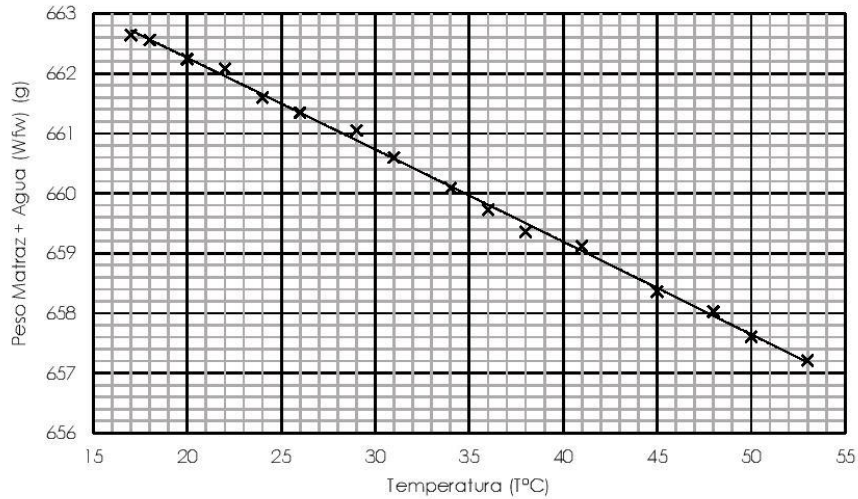
Fundada en 1867
UNIVERSIDAD DE CUENCA

LABORATORIO DE SUELOS Y MATERIALES FACULTAD DE INGENIERÍA
laboratorio.suelos@ucuenca.edu.ec
Teléfono: 405-1000 Ext: 2354

PROYECTO:	TITULACIÓN
UBICACIÓN:	CHOCARSI
SOLICITADO POR:	ING. ROLANDO ARMAS
DESCRIPCION DEL MATERIAL:	MEJORAMIENTO PARA SUBRASANTE
FECHA:	16/10/2015
PESO ESPECÍFICO RELATIVO	
ASTM D 854-58	
CALIBRACIÓN MATRAZ	

DATOS				
Matraz=	F	1	2	#
Peso Matraz=	Wf	164.04	163.55	g
Volumen=	V	500	500	cm ³

Gráfica Temperatura (T°C) vs Peso Matraz + Agua (Wfw) (g)





Anexo 4: Ensayo de peso específico.

Ensayo de peso específico, muestra 1.



Fundada en 1867
UNIVERSIDAD DE CUENCA

LABORATORIO DE SUELOS Y MATERIALES FACULTAD DE INGENIERÍA
laboratorio.suelos@ucuenca.edu.ec
Teléfono: 405-1000 Ext: 2354

PROYECTO:	TITULACIÓN	MUESTRA #1
UBICACIÓN:	CHOCARSI	
SOLICITADO POR:	ING. ROLANDO ARMAS	
DESCRIPCIÓN DEL MATERIAL:	MEJORAMIENTO PARA SUBRASANTE	
FECHA:	20/10/2015	

PESO ESPECÍFICO RELATIVO	ASTM D854-58
---------------------------------	--------------

EJECUCIÓN DEL ENSAYO							
NOMENCLATURA				Unidades	Valores		Datos del Ensayo
f=	Matraz			#	1	2	
Wfsw=	Peso del Matraz + Agua + Muestra a T°C			g	721.63	710.53	
T°C=	Temperatura a grados Centígrados			°C	20	20	
Wfw=	Peso del Matraz + Agua a T°C (Curva de calibración)			g	662.24	651.31	
Ws=	Peso del Suelo Seco			g	94.48	94.23	
γw1=	Peso específico del agua	T°C	20	g/cm ³	0.9982	...	
γw2=	Peso específico del agua	T°C	20	g/cm ³	...	0.9982	

Cálculos Matraz #: 1

$$G_s = \frac{W_s * \gamma_w1}{W_s + W_{fw} - W_{fsw}} \quad G_s = 2.688$$

Cálculos Matraz #: 2

$$G_s = \frac{W_s * \gamma_w2}{W_s + W_{fw} - W_{fsw}} \quad G_s = 2.687$$

RESULTADOS		
Promedio Gravedad Específica		
Ss=G _s =	2.69	-----



Ensayo de peso específico, muestra 2.



Fundada en 1867
UNIVERSIDAD DE CUENCA

LABORATORIO DE SUELOS Y MATERIALES FACULTAD DE INGENIERÍA
laboratorio.suelos@ucuenca.edu.ec
Teléfono: 405-1000 Ext: 2354

PROYECTO:	TITULACIÓN	MUESTRA #2
UBICACIÓN:	CHOCARSI	
SOLICITADO POR:	ING. ROLANDO ARMAS	
DESCRIPCIÓN DEL MATERIAL:	MEJORAMIENTO PARA SUBRASANTE	
FECHA:	02/12/2015	

PESO ESPECÍFICO RELATIVO	ASTM D854-58
---------------------------------	--------------

EJECUCIÓN DEL ENSAYO							
NOMENCLATURA				Unidades	Valores		Datos del Ensayo
f=	Matraz			#	1	2	
Wfsw=	Peso del Matraz + Agua + Muestra a T°C			g	721.35	710.46	
T°C=	Temperatura a grados Centígrados			°C	20	20	
Wfw=	Peso del Matraz + Agua a T°C (Curva de calibración)			g	662.24	651.31	
Ws=	Peso del Suelo Seco			g	93.44	93.62	
γw1=	Peso específico del agua	T°C	20	g/cm ³	0.9982	...	
γw2=	Peso específico del agua	T°C	20	g/cm ³	...	0.9982	

Cálculos Matraz #: 1

$$G_s = \frac{W_s * \gamma_w1}{W_s + W_{fw} - W_{fsw}} \quad G_s = 2.717$$

Cálculos Matraz #: 2

$$G_s = \frac{W_s * \gamma_w2}{W_s + W_{fw} - W_{fsw}} \quad G_s = 2.711$$

RESULTADOS		
Promedio Gravedad Específica		
Ss=G _s =	2.71	-----



Ensayo de peso específico, muestra 3.



Fundada en 1867
UNIVERSIDAD DE CUENCA

LABORATORIO DE SUELOS Y MATERIALES FACULTAD DE INGENIERÍA
laboratorio.suelos@ucuenca.edu.ec
Teléfono: 405-1000 Ext: 2354

PROYECTO:	TITULACIÓN	MUESTRA #3
UBICACIÓN:	CHOCARSI	
SOLICITADO POR:	ING. ROLANDO ARMAS	
DESCRIPCIÓN DEL MATERIAL:	MEJORAMIENTO PARA SUBRASANTE	
FECHA:	02/12/2015	

PESO ESPECÍFICO RELATIVO	ASTM D854-58
---------------------------------	--------------

EJECUCIÓN DEL ENSAYO							
NOMENCLATURA				Unidades	Valores		Datos del Ensayo
f=	Matraz			#	1	2	
Wfsw=	Peso del Matraz + Agua + Muestra a T°C			g	721.91	711.29	
T°C=	Temperatura a grados Centígrados			°C	20	20	
Wfw=	Peso del Matraz + Agua a T°C (Curva de calibración)			g	662.24	651.31	
Ws=	Peso del Suelo Seco			g	94.94	94.83	
γw1=	Peso específico del agua	T°C	20	g/cm ³	0.9982	...	
γw2=	Peso específico del agua	T°C	20	g/cm ³	...	0.9982	

Cálculos Matraz #: 1

$$G_s = \frac{W_s * \gamma_w1}{W_s + W_{fw} - W_{fsw}} \quad G_s = 2.687$$

Cálculos Matraz #: 2

$$G_s = \frac{W_s * \gamma_w2}{W_s + W_{fw} - W_{fsw}} \quad G_s = 2.716$$

RESULTADOS		
Promedio Gravedad Específica		
Ss=G _s =	2.70	-----



Ensayo de peso específico, muestra 4.



Fundada en 1867
UNIVERSIDAD DE CUENCA

LABORATORIO DE SUELOS Y MATERIALES FACULTAD DE INGENIERÍA
laboratorio.suelos@ucuenca.edu.ec
Teléfono: 405-1000 Ext: 2354

PROYECTO:	TITULACIÓN	MUESTRA #4
UBICACIÓN:	CHOCARSI	
SOLICITADO POR:	ING. ROLANDO ARMAS	
DESCRIPCIÓN DEL MATERIAL:	MEJORAMIENTO PARA SUBRASANTE	
FECHA:	20/10/2015	

PESO ESPECÍFICO RELATIVO	ASTM D854-58
---------------------------------	--------------

EJECUCIÓN DEL ENSAYO							
NOMENCLATURA				Unidades	Valores		Datos del Ensayo
f=	Matraz			#	1	2	
Wfsw=	Peso del Matraz + Agua + Muestra a T°C			g	722.27	712.11	
T°C=	Temperatura a grados Centígrados			°C	20	20	
Wfw=	Peso del Matraz + Agua a T°C (Curva de calibración)			g	662.24	651.31	
Ws=	Peso del Suelo Seco			g	95.35	96.38	
γw1=	Peso específico del agua	T°C	20	g/cm ³	0.9982	...	
γw2=	Peso específico del agua	T°C	20	g/cm ³	...	0.9982	

Cálculos Matraz #: 1

$$G_s = \frac{W_s * \gamma_w1}{W_s + W_{fw} - W_{fsw}} \quad G_s = 2.695$$

Cálculos Matraz #: 2

$$G_s = \frac{W_s * \gamma_w2}{W_s + W_{fw} - W_{fsw}} \quad G_s = 2.704$$

RESULTADOS		
Promedio Gravedad Específica		
Ss=G _s =	2.70	-----



Ensayo de peso específico, muestra 5.



Fundada en 1867
UNIVERSIDAD DE CUENCA

LABORATORIO DE SUELOS Y MATERIALES FACULTAD DE INGENIERÍA
laboratorio.suelos@ucuenca.edu.ec
Teléfono: 405-1000 Ext: 2354

PROYECTO:	TITULACIÓN	MUESTRA #5
UBICACIÓN:	CHOCARSI	
SOLICITADO POR:	ING. ROLANDO ARMAS	
DESCRIPCIÓN DEL MATERIAL:	MEJORAMIENTO PARA SUBRASANTE	
FECHA:	03/12/2015	

PESO ESPECÍFICO RELATIVO	ASTM D854-58
---------------------------------	--------------

EJECUCIÓN DEL ENSAYO					
NOMENCLATURA			Unidades	Valores	
f=	Matraz		#	1	2
Wfsw=	Peso del Matraz + Agua + Muestra a T°C		g	721.14	710.56
T°C=	Temperatura a grados Centígrados		°C	20	20
Wfw=	Peso del Matraz + Agua a T°C (Curva de calibración)		g	662.24	651.31
Ws=	Peso del Suelo Seco		g	93.54	93.42
γw1=	Peso específico del agua	T°C	20	g/cm ³	0.9982
γw2=	Peso específico del agua	T°C	20	g/cm ³	...

Datos del Ensayo

Cálculos Matraz #: 1

$$G_s = \frac{W_s * \gamma_w1}{W_s + W_{fw} - W_{fsw}} \quad G_s = 2.695$$

Cálculos Matraz #: 2

$$G_s = \frac{W_s * \gamma_w2}{W_s + W_{fw} - W_{fsw}} \quad G_s = 2.729$$

RESULTADOS		
Promedio Gravedad Específica		
Ss=G _s =	2.71	-----



Anexo 5: Ensayo de compactación, Proctor Modificado.

Ensayo de compactación, Proctor Modificado, muestra 1, ensayo 1.



Fundada en 1867
UNIVERSIDAD DE CUENCA

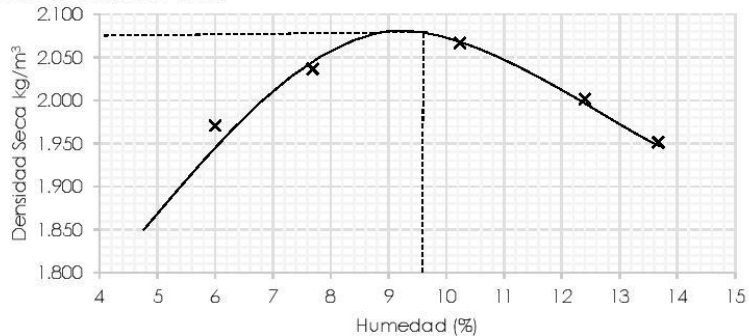
LABORATORIO DE SUELOS Y MATERIALES FACULTAD DE INGENIERÍA
laboratorio.suelos@ucuenca.edu.ec
Teléfono: 405-1000 Ext: 2354

PROYECTO:	TITULACIÓN
UBICACIÓN:	CHOCARSI
SOLICITADO POR:	ING. ROLANDO ARMAS
DESCRIPCION DEL MATERIAL:	MEJORAMIENTO PARA SUBRASANTE MUESTRA 1
FECHA:	12/10/2015

ENSAYO DE COMPACTACIÓN, PROCTOR MODIFICADO						ASTM D-1557
DATOS DEL MOLDE			CARACTERÍSTICAS DEL ENSAYO			
Ensayo:	Muestra 1 - Ensayo 1		Peso Molde:	P. Mol=	7545	gr
Molde:	#=	2	Peso Martillo:	P. Mart=	44.5	N
Diámetro:	φ=	15.20	Altura de caída:	Hc=	45.7	cm
Longitud:	H=	11.70	# de Capas:	#=	5	capas
Área:	A=	181.46	Golpes por Capa:	golp/cap	56	golpes
Volumen:	V=	2123.06	Materia pasante:	#=	3/4"	Tamiz

EJECUCION DEL ENSAYO										
DATOS PARA LA CURVA										
MUESTRA #	1		2		3		4		5	
W. MOL.+SUE. HUM. (gr)	11980		12201		12382		12321		12254	
W. SUELO HUM. (gr)	4435		4656		4837		4776		4709	
HUMEDAD PROM. (%)	6.00		7.69		10.24		12.40		13.67	
DENS. HUMEDA (gr/cm ³)	2.089		2.193		2.278		2.250		2.218	
DENS. SECA (gr/cm ³)	1.971		2.036		2.067		2.001		1.951	
CONTENIDOS DE HUMEDAD										
MUESTRA #	1		2		3		4		5	
CAPSULA #	24	77	136	98	104	2	3	72	4	89
CAP.+SUELO HUM. (gr)	112.73	130.15	101.51	85.43	71.54	100.04	34.58	47.21	100.22	47.53
CAP.+SUELO SECO (gr)	108.66	125.4	97.06	82.6	68.88	96.43	32.02	43.13	95.68	42.03
PESO DE CAP. (gr)	41.78	45.06	41.15	44.47	41.76	62.62	11.2	10.52	50.02	10.41
PESO DE AGUA (gr)	4.07	4.75	4.45	2.83	2.66	3.61	2.56	4.08	4.54	5.5
PESO SUELO SECO (gr)	66.88	80.34	55.91	38.13	27.12	33.81	20.82	32.61	45.66	31.62
CONTEN. DE HUM. (%)	6.09	5.91	7.96	7.42	9.81	10.68	12.30	12.51	9.94	17.39
HUMEDAD PROM. (%)	6.00		7.69		10.24		12.40		13.67	

GRÁFICO DE HUMEDAD VS DENSIDAD SECA



RESULTADOS				
Densidad seca máxima	ρd máx=	2070	kg/m ³	20.31
Humedad óptima	ωₒ=	9.6	%	

Ensayo de compactación, Proctor Modificado, muestra 1, ensayo 2.



Fundada en 1867
UNIVERSIDAD DE CUENCA

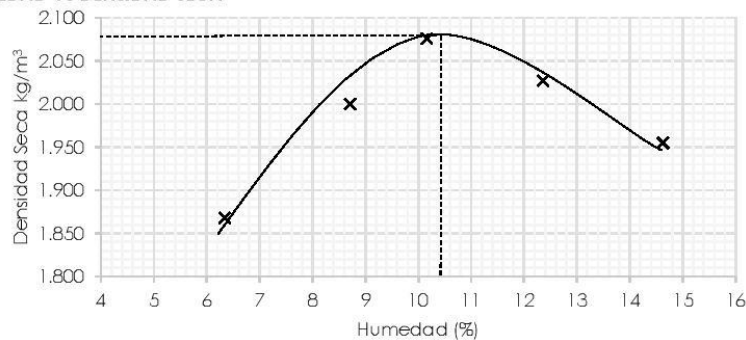
LABORATORIO DE SUELOS Y MATERIALES FACULTAD DE INGENIERÍA
laboratorio.suelos@ucuenca.edu.ec
Teléfono: 405-1000 Ext: 2354

PROYECTO:	TITULACIÓN
UBICACIÓN:	CHOCARSI
SOLICITADO POR:	ING. ROLANDO ARMAS
DESCRIPCION DEL MATERIAL:	MEJORAMIENTO PARA SUBRASANTE MUESTRA 1
FECHA:	12/10/2015

ENSAYO DE COMPACTACIÓN						ASTM D-1557
DATOS DEL MOLDE			CARACTERISTICAS DEL ENSAYO			
Ensayo:	Muestra 1 - Ensayo 2		Peso Molde:	P. Mol=	6612	gr
Molde:	#=	2	Peso Martillo:	P. Mart=	44.5	N
Diámetro:	φ=	15.25	Altura de caída:	Hc=	45.7	cm
Longitud:	H=	11.53	# de Capas:	#=	5	capas
Área:	A=	182.65	Golpes por Capa:	golp/cap	56	golpes
Volumen:	V=	2106.00	Material pasante:	#=	3/4"	Tamiz

EJECUCION DEL ENSAYO										
DATOS PARA LA CURVA										
MUESTRA #	1		2		3		4		5	
W. MOL.+SUE. HUM. (gr)	10795		11191		11428		11409		11331	
W. SUELO HUM. (gr)	4183		4579		4816		4797		4719	
HUMEDAD PROM. (%)	6.35		8.71		10.16		12.36		14.63	
DENS. HUMEDA (gr/cm ³)	1.986		2.174		2.287		2.278		2.241	
DENS. SECA (gr/cm ³)	1.868		2.000		2.076		2.027		1.955	
CONTENIDOS DE HUMEDAD										
MUESTRA #	1		2		3		4		5	
CAPSULA #	80	118	46	32	1	38	186	5	150	82
CAP.+SUELO HUM. (gr)	100.34	111.92	111.36	121.99	90.84	106.93	108.29	92.3	106.28	111.28
CAP.+SUELO SECO (gr)	96.99	107.88	106	115.94	83.71	101.02	101.88	86.86	98.38	102.83
PESO DE CAP. (gr)	43.19	45.39	43.77	47.29	10.2	45.36	50	42.89	45.74	43.52
PESO DE AGUA (gr)	3.35	4.04	5.36	6.05	7.13	5.91	6.41	5.44	7.9	8.45
PESO SUELO SECO (gr)	53.8	62.49	62.23	68.65	73.51	55.66	51.88	43.97	52.64	59.31
CONTEN. DE HUM. (%)	6.23	6.47	8.61	8.81	9.70	10.62	12.36	12.37	15.01	14.25
HUMEDAD PROM. (%)	6.35		8.71		10.16		12.36		14.63	

GRÁFICO DE HUMEDAD VS DENSIDAD SECA



RESULTADOS				
Densidad seca máxima	ρ _d máx=	2080	kg/m ³	20.40
Humedad óptima	ω _p =	10.4	%	

Ensayo de compactación, Proctor Modificado, muestra 2, ensayo 1.



Fundada en 1867
UNIVERSIDAD DE CUENCA

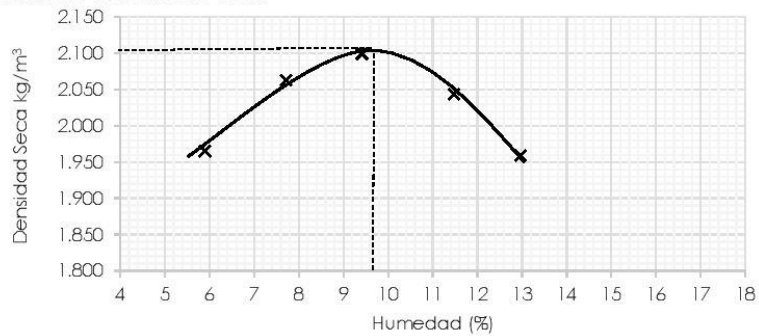
LABORATORIO DE SUELOS Y MATERIALES FACULTAD DE INGENIERÍA
laboratorio.suelos@ucuenca.edu.ec
Teléfono: 405-1000 Ext: 2354

PROYECTO:	TITULACIÓN
UBICACIÓN:	CHOCARSI
SOLICITADO POR:	ING. ROLANDO ARMAS
DESCRIPCION DEL MATERIAL:	MEJORAMIENTO PARA SUBRASANTE MUESTRA 2
FECHA:	23/10/2015

ENSAYO DE COMPACTACIÓN, PROCTOR MODIFICADO						ASTM D-1557
DATOS DEL MOLDE			CARACTERISTICAS DEL ENSAYO			
Ensayo:	Muestra 2 - Ensayo 1		Peso Molde:	P. Mol=	7548	gr
Molde:	#=	2	Peso Martillo:	P. Mart=	44.5	N
Diámetro:	φ=	15.20	Altura de caída:	Hc=	45.7	cm
Longitud:	H=	11.70	# de Capas:	#=	5	capas
Área:	A=	181.46	Golpes por Capa:	golp/cap	56	golpes
Volumen:	V=	2123.06	Material pasante:	#=	3/4"	Tamiz

EJECUCION DEL ENSAYO										
DATOS PARA LA CURVA										
MUESTRA #	1		2		3		4		5	
W. MOL.+SUE. HUM. (gr)	11966		12265		12424		12384		12246	
W. SUELO HUM. (gr)	4418		4717		4876		4836		4698	
HUMEDAD PROM. (%)	5.90		7.71		9.41		11.48		12.96	
DENS. HUMEDA (gr/cm ³)	2.081		2.222		2.297		2.278		2.213	
DENS. SECA (gr/cm ³)	1.965		2.063		2.099		2.043		1.959	
CONTENIDOS DE HUMEDAD										
MUESTRA #	1		2		3		4		5	
CAPSULA #	5	54	73	26	117	172	62	67	77	35
CAP.+SUELO HUM. (gr)	95.5	97.06	92.37	71.89	69.64	86.7	82.76	84.76	91.55	82.88
CAP.+SUELO SECO (gr)	92.58	93.98	89.03	69.64	66.95	83.63	78.89	80.1	86.41	77.7
PESO DE CAP. (gr)	42.91	41.95	45.78	40.43	39.02	50.25	44.5	40.28	45.09	39.3
PESO DE AGUA (gr)	2.92	3.08	3.34	2.25	2.69	3.07	3.87	4.66	5.14	5.18
PESO SUELO SECO (gr)	49.67	52.03	43.25	29.21	27.93	33.38	34.39	39.82	41.32	38.4
CONTEN. DE HUM. (%)	5.88	5.92	7.72	7.70	9.63	9.20	11.25	11.70	12.44	13.49
HUMEDAD PROM. (%)	5.90		7.71		9.41		11.48		12.96	

GRÁFICO DE HUMEDAD VS DENSIDAD SECA



RESULTADOS				
Densidad seca máxima	ρ _d máx=	2101	kg/m ³	20.61
Humedad óptima	ω _p =	9.7	%	

Ensayo de compactación, Proctor Modificado, muestra 2, ensayo 2.



Fundada en 1867
UNIVERSIDAD DE CUENCA

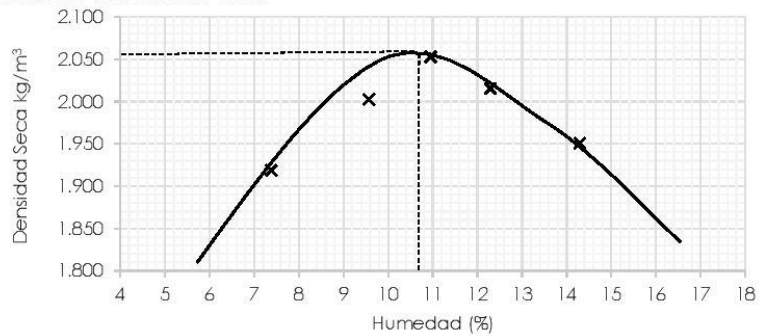
LABORATORIO DE SUELOS Y MATERIALES FACULTAD DE INGENIERÍA
laboratorio.suelos@ucuenca.edu.ec
Teléfono: 405-1000 Ext: 2354

PROYECTO:	TITULACIÓN
UBICACIÓN:	CHOCARSI
SOLICITADO POR:	ING. ROLANDO ARMAS
DESCRIPCION DEL MATERIAL:	MEJORAMIENTO PARA SUBRASANTE MUESTRA 2
FECHA:	23/10/2015

ENSAYO DE COMPACTACIÓN						ASTM D-1557
DATOS DEL MOLDE			CARACTERISTICAS DEL ENSAYO			
Ensayo:	Muestra 2 - Ensayo 2		Peso Molde:	P. Mol=	6617	gr
Molde:	#=	1	Peso Martillo:	P. Mart=	44.5	N
Diámetro:	φ=	15.25	Altura de caída:	Hc=	45.7	cm
Longitud:	H=	11.53	# de Capas:	#=	5	capas
Área:	A=	182.65	Golpes por Capa:	golp/cap	56	golpes
Volumen:	V=	2106.00	Material pasante:	#=	3/4"	Tamiz

EJECUCION DEL ENSAYO										
DATOS PARA LA CURVA										
MUESTRA #	1		2		3		4		5	
W. MOL.+SUE. HUM. (gr)	10956		11238		11414		11383		11312	
W. SUELO HUM. (gr)	4339		4621		4797		4766		4695	
HUMEDAD PROM. (%)	7.38		9.57		10.95		12.29		14.29	
DENS. HUMEDA (gr/cm³)	2.060		2.194		2.278		2.263		2.229	
DENS. SECA (gr/cm³)	1.919		2.003		2.053		2.015		1.951	
CONTENIDOS DE HUMEDAD										
MUESTRA #	1		2		3		4		5	
CAPSULA #	5	171	1	12	4	14	13	3	46	32
CAP.+SUELO HUM. (gr)	91.64	99.52	80.22	82.04	65.42	71.41	70.9	68.26	92.82	103.26
CAP.+SUELO SECO (gr)	88.38	96.03	74.18	75.87	59.99	65.45	64.47	61.73	86.6	96.36
PESO DE CAP. (gr)	42.91	50.1	10.25	12.21	10.46	10.99	10.73	9.98	43.77	47.3
PESO DE AGUA (gr)	3.26	3.49	6.04	6.17	5.43	5.96	6.43	6.53	6.22	6.9
PESO SUELO SECO (gr)	45.47	45.93	63.93	63.66	49.53	54.46	53.74	51.75	42.83	49.06
CONTEN. DE HUM. (%)	7.17	7.60	9.45	9.69	10.96	10.94	11.97	12.62	14.52	14.06
HUMEDAD PROM. (%)	7.38		9.57		10.95		12.29		14.29	

GRÁFICO DE HUMEDAD VS DENSIDAD SECA



RESULTADOS					
Densidad seca máxima	ρ _d máx=	2055	kg/m³	20.16	kN/m³
Humedad óptima	ω _o =	10.9	%		



Ensayo de compactación, Proctor Modificado, muestra 3, ensayo 1.



Fundada en 1867
UNIVERSIDAD DE CUENCA

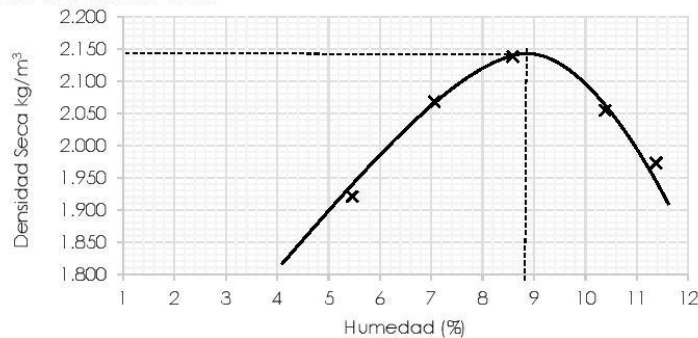
LABORATORIO DE SUELOS Y MATERIALES FACULTAD DE INGENIERÍA
laboratorio.suelos@ucuenca.edu.ec
Teléfono: 405-1000 Ext: 2354

PROYECTO:	TITULACIÓN
UBICACIÓN:	CHOCARSI
SOLICITADO POR:	ING. ROLANDO ARMAS
DESCRIPCION DEL MATERIAL:	MEJORAMIENTO PARA SUBRASANTE MUESTRA 3
FECHA:	14/10/2015

ENSAYO DE COMPACTACIÓN, PROCTOR MODIFICADO						ASTM D-1557
DATOS DEL MOLDE			CARACTERISTICAS DEL ENSAYO			
Ensayo:	Muestra 3 - Ensayo 1		Peso Molde:	P. Mol=	7544	gr
Molde	#=	1	Peso Martillo:	P. Mart=	44.5	N
Diámetro:	φ=	15.20	Altura de caída:	Hc=	45.7	cm
Longitud	H=	11.70	# de Capas:	#=	5	capas
Área:	A=	181.46	Golpes por Capa:	golp/cap	56	golpes
Volumen:	V=	2123.06	Material pasante:	#=	3/4"	Tamiz

EJECUCION DEL ENSAYO										
DATOS PARA LA CURVA										
MUESTRA #	1	2	3	4	5					
W. MOL.+SUE. HUM. (gr)	11845	12245	12473	12359	12210					
W. SUELO HUM. (gr)	4301	4701	4929	4815	4666					
HUMEDAD PROM. (%)	5.46	7.06	8.58	10.38	11.38					
DENS. HUMEDA (gr/cm ³)	2.026	2.214	2.322	2.268	2.198					
DENS. SECA (gr/cm ³)	1.921	2.068	2.138	2.055	1.973					
CONTENIDOS DE HUMEDAD										
MUESTRA #	1	2	3	4	5					
CAPSULA #	23	13	74	53	91	45	30	96	136	9
CAP.+SUELO HUM. (gr)	100.42	101.56	134.08	122.63	101.16	115.89	79.74	95.96	100.97	127.83
CAP.+SUELO SECO (gr)	97.38	98.14	128.08	117.91	96.4	110.76	76.19	91	95.14	119.04
PESO DE CAP. (gr)	39.54	37.85	47.52	47.09	40.15	51.84	39.03	46.74	41.13	45.59
PESO DE AGUA (gr)	3.04	3.42	6	4.72	4.76	5.13	3.55	4.96	5.83	8.79
PESO SUELO SECO (gr)	57.84	60.29	80.56	70.82	56.25	58.92	37.16	44.26	54.01	73.45
CONTEN. DE HUM. (%)	5.26	5.67	7.45	6.66	8.46	8.71	9.55	11.21	10.79	11.97
HUMEDAD PROM. (%)	5.46		7.06		8.58		10.38		11.38	

GRÁFICO DE HUMEDAD VS DENSIDAD SECA



RESULTADOS					
Densidad seca máxima	ρd máx=	2140	kg/m ³	20.99	kN/m ³
Humedad óptima	ω _o =	8.8	%		



Ensayo de compactación, Proctor Modificado, muestra 3, ensayo 2.



Fundada en 1867
UNIVERSIDAD DE CUENCA

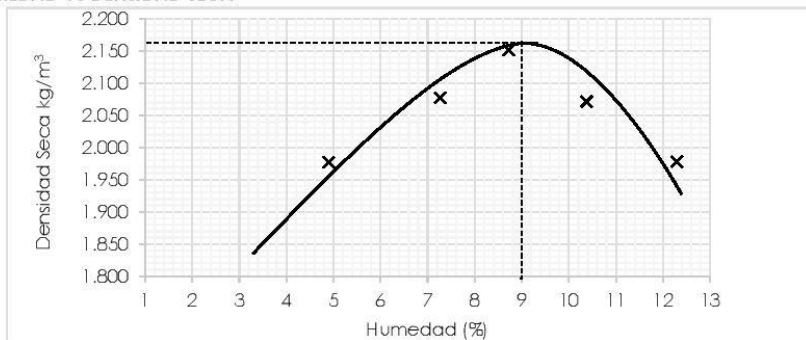
LABORATORIO DE SUELOS Y MATERIALES FACULTAD DE INGENIERÍA
laboratorio.suelos@ucuenca.edu.ec
Teléfono: 405-1000 Ext: 2354

PROYECTO:	TITULACIÓN
UBICACIÓN:	CHOCARSI
SOLICITADO POR:	ING. ROLANDO ARMAS
DESCRIPCION DEL MATERIAL:	MEJORAMIENTO PARA SUBRASANTE MUESTRA 3
FECHA:	14/10/2015

ENSAYO DE COMPACTACIÓN				ASTM D-1557
DATOS DEL MOLDE		CARACTERISTICAS DEL ENSAYO		
Ensayo:	Muestra 3 - Ensayo 2	Peso Molde:	P. Mol=	6602 gr
Molde	#= 3	Peso Martillo:	P. Mart=	44.5 N
Diámetro:	φ= 15.25	Altura de caída:	Hc=	45.7 cm
Longitud	H= 11.58 cm	# de Capas:	#=	5 capas
Área:	A= 182.65 cm ²	Golpes por Capa:	golp/cap	56 golpes
Volumen:	V= 2115.14 cm ³	Material pasante:	#=	3/4" Tamiz

EJECUCION DEL ENSAYO										
DATOS PARA LA CURVA										
MUESTRA #	1	2	3	4	5					
W. MOL.+SUE. HUM. (gr)	10989	11315	11549	11438	11300					
W. SUELO HUM. (gr)	4387	4713	4947	4836	4698					
HUMEDAD PROM. (%)	4.90	7.27	8.72	10.38	12.29					
DENS. HUMEDA (gr/cm ³)	2.074	2.228	2.339	2.286	2.221					
DENS. SECA (gr/cm ³)	1.977	2.077	2.151	2.071	1.978					
CONTENIDOS DE HUMEDAD										
MUESTRA #	1	2	3	4	5					
CAPSULA #	14	4	3	13	82	22	17	65	32	46
CAP.+SUELO HUM. (gr)	67.06	66.39	57.63	78.81	85.52	101.68	88.25	84.45	106.5	106.57
CAP.+SUELO SECO (gr)	64.32	63.9	54.56	73.97	82.09	97.66	83.65	80.56	100.11	99.6
PESO DE CAP. (gr)	10.98	10.46	9.99	10.75	44.8	48.94	40.47	42.04	47.29	43.78
PESO DE AGUA (gr)	2.74	2.49	3.07	4.84	3.43	4.02	4.6	3.89	6.39	6.97
PESO SUELO SECO (gr)	53.34	53.44	44.57	63.22	37.29	48.72	43.18	38.52	52.82	55.82
CONTEN. DE HUM. (%)	5.14	4.66	6.89	7.66	9.20	8.25	10.65	10.10	12.10	12.49
HUMEDAD PROM. (%)	4.90		7.27		8.72		10.38		12.29	

GRÁFICO DE HUMEDAD VS DENSIDAD SECA



RESULTADOS				
Densidad seca máxima	ρ _d máx=	2160	kg/m ³	21.19
Humedad óptima	ω _o =	9	%	

Ensayo de compactación, Proctor Modificado, muestra 4, ensayo 1.



Fundada en 1867
UNIVERSIDAD DE CUENCA

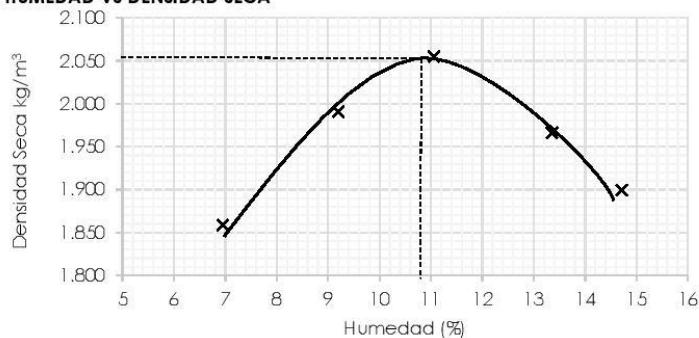
LABORATORIO DE SUELOS Y MATERIALES FACULTAD DE INGENIERÍA
laboratorio.suelos@ucuenca.edu.ec
Teléfono: 405-1000 Ext: 2354

PROYECTO:	TITULACIÓN
UBICACIÓN:	CHOCARSI
SOLICITADO POR:	ING. ROLANDO ARMAS
DESCRIPCION DEL MATERIAL:	MEJORAMIENTO PARA SUBRASANTE MUESTRA 4
FECHA:	19/10/2015

ENSAYO DE COMPACTACIÓN, PROCTOR MODIFICADO				ASTM D-1557
DATOS DEL MOLDE		CARACTERISTICAS DEL ENSAYO		
Ensayo:	Muestra 4 - Ensayo 1	Peso Molde:	P. Mol=	7544 gr
Molde	#= 1	Peso Martillo:	P. Mart=	44.5 N
Diámetro:	φ= 15.20	Altura de caída:	Hc=	45.7 cm
Longitud	H= 11.70 cm	# de Capas:	#=	5 capas
Área:	A= 181.46 cm ²	Golpes por Capa:	golp/cap	56 golpes
Volumen:	V= 2123.06 cm ³	Material pasante:	#=	3/4" Tamiz

EJECUCION DEL ENSAYO										
DATOS PARA LA CURVA										
MUESTRA #	1	2	3	4	5					
W. MOL.+SUE. HUM. (gr)	11764	12159	12390	12276	12170					
W. SUELO HUM. (gr)	4220	4615	4846	4732	4626					
HUMEDAD PROM. (%)	6.96	9.20	11.07	13.35	14.72					
DENS. HUMEDA (gr/cm ³)	1.988	2.174	2.283	2.229	2.179					
DENS. SECA (gr/cm ³)	1.858	1.991	2.055	1.966	1.899					
CONTENIDOS DE HUMEDAD										
MUESTRA #	1	2	3	4	5					
CAPSULA #	79	24	32	44	18	29	38	30	50	15
CAP.+SUELO HUM. (gr)	110.38	128.96	103.03	109.4	74.85	80.91	109.28	97.59	86.59	103.06
CAP.+SUELO SECO (gr)	105.98	123.2	98.4	104.2	71.38	76.63	101.75	91.43	80.81	96.01
PESO DE CAP. (gr)	41.63	41.79	47.29	48.53	40.5	37.34	45.36	45.29	42.97	46.21
PESO DE AGUA (gr)	4.4	5.76	4.63	5.2	3.47	4.28	7.53	6.16	5.78	7.05
PESO SUELO SECO (gr)	64.35	81.41	51.11	55.67	30.88	39.29	56.39	46.14	37.84	49.8
CONTEN. DE HUM. (%)	6.84	7.08	9.06	9.34	11.24	10.89	13.35	13.35	15.27	14.16
HUMEDAD PROM. (%)	6.96		9.20		11.07		13.35		14.72	

GRÁFICO DE HUMEDAD VS DENSIDAD SECA



RESULTADOS				
Densidad seca máxima	ρ _d máx=	2054	kg/m ³	20.15
Humedad óptima	ω _p =	10.8	%	

Ensayo de compactación, Proctor Modificado, muestra 4, ensayo 2.



Fundada en 1867
UNIVERSIDAD DE CUENCA

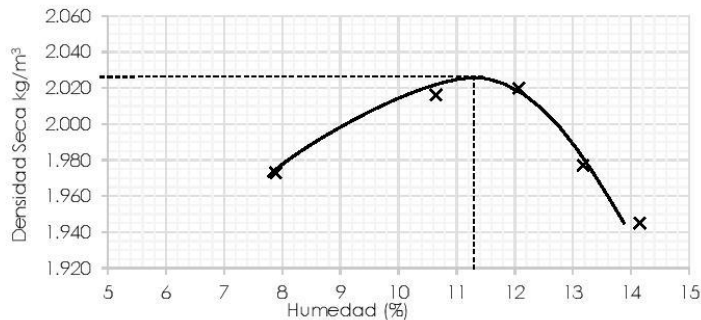
LABORATORIO DE SUELOS Y MATERIALES FACULTAD DE INGENIERÍA
laboratorio.suelos@ucuenca.edu.ec
Teléfono: 405-1000 Ext: 2354

PROYECTO:	TITULACIÓN
UBICACIÓN:	CHOCARSI
SOLICITADO POR:	ING. ROLANDO ARMAS
DESCRIPCION DEL MATERIAL:	MEJORAMIENTO PARA SUBRASANTE MUESTRA 4
FECHA:	19/10/2015

ENSAYO DE COMPACTACIÓN				ASTM D-1557
DATOS DEL MOLDE		CARACTERISTICAS DEL ENSAYO		
Ensayo:	Muestra 4 - Ensayo 2	Peso Molde:	P. Mol=	6617 gr
Molde	#= 1	Peso Martillo:	P. Mart=	44.5 N
Diámetro:	φ= 15.25	Altura de caída:	Hc=	45.7 cm
Longitud	H= 11.53 cm	# de Capas:	#=	5 capas
Área:	A= 182.65 cm ²	Golpes por Capa:	golp/cap	56 golpes
Volumen:	V= 2106.00 cm ³	Material pasante:	#=	3/4" Tamiz

EJECUCION DEL ENSAYO					
DATOS PARA LA CURVA					
MUESTRA #	1	2	3	4	5
W. MOL.+SUE. HUM. (gr)	11100	11315	11384	11329	11293
W. SUELO HUM. (gr)	4483	4698	4767	4712	4676
HUMEDAD PROM. (%)	7.90	10.64	12.07	13.18	14.15
DENS. HUMEDA (gr/cm ³)	2.129	2.231	2.264	2.237	2.220
DENS. SECA (gr/cm ³)	1.973	2.016	2.020	1.977	1.945
CONTENIDOS DE HUMEDAD					
MUESTRA #	1	2	3	4	5
CAPSULA #	50 98	65 17	82 22	24 9	62 66
CAP.+SUELO HUM. (gr)	96.77 100.97	93.23 90.43	92.82 96.44	60.91 54.29	98.15 102.89
CAP.+SUELO SECO (gr)	92.91 96.5	88.43 85.5	87.56 91.4	54.87 49.01	91.51 95.7
PESO DE CAP. (gr)	42.95 41.08	42.02 40.45	44.77 48.88	10.2 7.87	44.49 45.01
PESO DE AGUA (gr)	3.86 4.47	4.8 4.93	5.26 5.04	6.04 5.28	6.64 7.19
PESO SUELO SECO (gr)	49.96 55.42	46.41 45.05	42.79 42.52	44.67 41.14	47.02 50.69
CONTEN. DE HUM. (%)	7.73 8.07	10.34 10.94	12.29 11.85	13.52 12.83	14.12 14.18
HUMEDAD PROM. (%)	7.90	10.64	12.07	13.18	14.15

GRÁFICO DE HUMEDAD VS DENSIDAD SECA



RESULTADOS				
Densidad seca máxima	ρ _d máx=	2025	kg/m ³	19.87
Humedad óptima	ω _o =	11.4	%	

Ensayo de compactación, Proctor Modificado, muestra 5, ensayo 1.



Fundada en 1867
UNIVERSIDAD DE CUENCA

LABORATORIO DE SUELOS Y MATERIALES FACULTAD DE INGENIERÍA

laboratorio.suelos@ucuenca.edu.ec

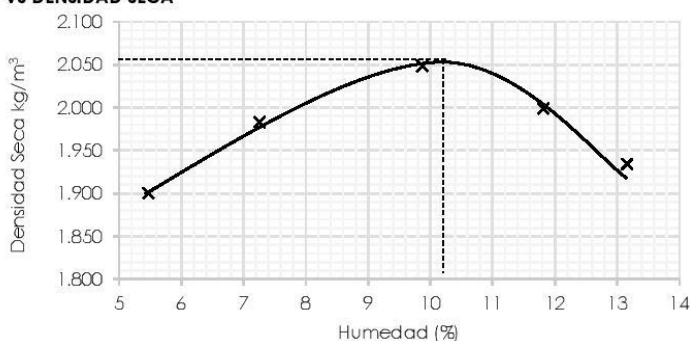
Teléfono: 405-1000 Ext: 2354

PROYECTO:	TITULACIÓN
UBICACIÓN:	CHOCARSI
SOLICITADO POR:	ING. ROLANDO ARMAS
DESCRIPCION DEL MATERIAL:	MEJORAMIENTO PARA SUBRASANTE MUESTRA 5
FECHA:	19/10/2015

ENSAYO DE COMPACTACIÓN, PROCTOR MODIFICADO						ASTM D-1557
DATOS DEL MOLDE			CARACTERISTICAS DEL ENSAYO			
Ensayo:	Muestra 5 - Ensayo 1		Peso Molde:	P. Mol=	7544	gr
Molde:	#=	1	Peso Martillo:	P. Mart=	44.5	N
Diámetro:	φ=	15.20	Altura de caída:	Hc=	45.7	cm
Longitud:	H=	11.70	# de Capas:	#=	5	capas
Área:	A=	181.46	Golpes por Capa:	golp/cap	56	golpes
Volumen:	V=	2123.06	Material pasante:	#=	3/4"	Tamiz

EJECUCIÓN DEL ENSAYO										
DATOS PARA LA CURVA										
MUESTRA #	1	2	3	4	5					
W. MOL.+SUE. HUM. (gr)	11800	12060	12322	12290	12191					
W. SUELO HUM. (gr)	4256	4516	4778	4746	4647					
HUMEDAD PROM. (%)	5.48	7.26	9.87	11.82	13.16					
DENS. HUMEDA (gr/cm ³)	2.005	2.127	2.251	2.235	2.189					
DENS. SECA (gr/cm ³)	1.901	1.983	2.048	1.999	1.934					
CONTENIDOS DE HUMEDAD										
MUESTRA #	1	2	3	4	5					
CAPSULA #	73	79	29	117	26	54	172	5	62	38
CAP.+SUELO HUM. (gr)	108.49	119.96	123.88	115.99	116.31	121.68	103.88	104.77	97.03	106.05
CAP.+SUELO SECO (gr)	105.32	115.78	118.1	110.71	109.65	114.35	98.17	98.28	90.75	99.19
PESO DE CAP. (gr)	45.77	41.62	37.33	39.02	40.42	41.94	50.25	42.91	44.5	45.36
PESO DE AGUA (gr)	3.17	4.18	5.78	5.28	6.66	7.33	5.71	6.49	6.28	6.86
PESO SUELO SECO (gr)	59.55	74.16	80.77	71.69	69.23	72.41	47.92	55.37	46.25	53.83
CONTEN. DE HUM. (%)	5.32	5.64	7.16	7.37	9.62	10.12	11.92	11.72	13.58	12.74
HUMEDAD PROM. (%)	5.48	7.26	9.87	11.82	13.16					

GRÁFICO DE HUMEDAD VS DENSIDAD SECA



RESULTADOS				
Densidad seca máxima	ρ _d máx=	2053	kg/m ³	20.14
Humedad óptima	ω _p =	10.2	%	



Ensayo de compactación, Proctor Modificado, muestra 5, ensayo 2.



Fundada en 1867
UNIVERSIDAD DE CUENCA

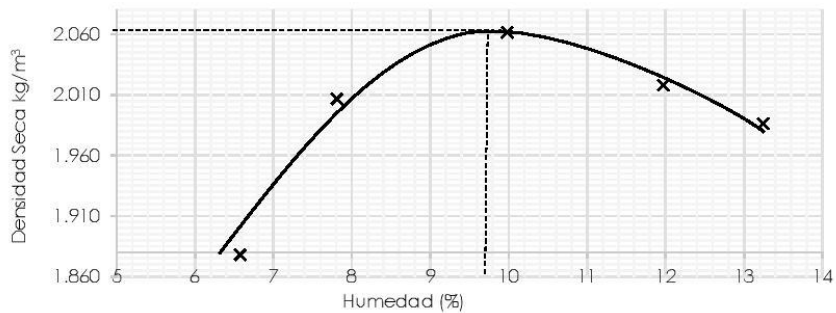
LABORATORIO DE SUELOS Y MATERIALES FACULTAD DE INGENIERÍA
laboratorio.suelos@ucuenca.edu.ec
Teléfono: 405-1000 Ext: 2354

PROYECTO:	TITULACIÓN
UBICACIÓN:	CHOCARSI
SOLICITADO POR:	ING. ROLANDO ARMAS
DESCRIPCION DEL MATERIAL:	MEJORAMIENTO PARA SUBRASANTE MUESTRA 5
FECHA:	19/10/2015

DATOS DEL MOLDE		CARACTERISTICAS DEL ENSAYO	
Ensayo:	Muestra 5 - Ensayo 2	Peso Molde: P. Mol=	6617 gr
Molde: #=	1	Peso Martillo: P. Mart=	44.5 N
Diámetro: φ=	15.25	Altura de caída: Hc=	45.7 cm
Longitud: H=	11.53 cm	# de Capas: #=	5 capas
Área: A=	182.65 cm ²	Golpes por Capa: golp/cap	56 golpes
Volumen: V=	2106.00 cm ³	Material pasante: #=	3/4" Tamiz

EJECUCIÓN DEL ENSAYO										
DATOS PARA LA CURVA										
MUESTRA #	1	2	3	4	5					
W. MOL.+SUE. HUM. (gr)	10832	11173	11392	11376	11354					
W. SUELO HUM. (gr)	4215	4556	4775	4759	4737					
HUMEDAD PROM. (%)	6.58	7.81	9.98	11.97	13.25					
DENS. HUMEDA (gr/cm ³)	2.001	2.163	2.267	2.260	2.249					
DENS. SECA (gr/cm ³)	1.878	2.007	2.062	2.018	1.986					
CONTENIDOS DE HUMEDAD										
MUESTRA #	1	2	3	4	5					
CAPSULA #	65	17	82	22	24	9	62	66	136	172
CAP.+SUELO HUM. (gr)	112.14	97.55	118.02	124.02	70.22	62.82	98.79	97.28	82.98	107.32
CAP.+SUELO SECO (gr)	107.64	94.17	113.01	118.28	64.68	57.92	93.1	91.58	78.06	100.68
PESO DE CAP. (gr)	42.02	40.47	44.79	48.92	10.2	7.88	44.49	45.01	41.14	50.24
PESO DE AGUA (gr)	4.5	3.38	5.01	5.74	5.54	4.9	5.69	5.7	4.92	6.64
PESO SUELO SECO (gr)	65.62	53.7	68.22	69.36	54.48	50.04	48.61	46.57	36.92	50.44
CONTEN. DE HUM. (%)	6.86	6.29	7.34	8.28	10.17	9.79	11.71	12.24	13.33	13.16
HUMEDAD PROM. (%)	6.58		7.81		9.98		11.97		13.25	

GRÁFICO DE HUMEDAD VS DENSIDAD SECA



RESULTADOS				
Densidad seca máxima	ρ _d máx=	2067.5	kg/m ³	20.28
Humedad óptima	ω _o =	9.7	%	

Anexo 6: Ensayo CBR.

Ensayo CBR, muestra 1.



Fundada en 1867
UNIVERSIDAD DE CUENCA

LABORATORIO DE SUELOS Y MATERIALES FACULTAD DE INGENIERÍA
laboratorio.suelos@ucuenca.edu.ec
Teléfono: 405-1000 Ext: 2354

PROYECTO:	TITULACIÓN
UBICACIÓN:	CHOCARSI
SOLICITADO POR:	ING. ROLANDO ARMAS
DESCRIPCION DEL MATERIAL:	MEJORAMIENTO PARA SUBRASANTE Muestra 1
FECHA:	18/10/2015

RAZÓN DE SOPORTE CALIFORNIA "CBR" ASTM D-1883-07						
CARACTERÍSTICAS DEL ENSAYO:						
MOLDE #:	1		2		3	
NÚMERO DE CAPAS:	5		5		5	
NÚMERO DE GOLF/CAPA:	10		25		56	
ESPECIMEN	ANTES DEL REMOJO	DESPUÉS DEL REMOJO	ANTES DEL REMOJO	DESPUÉS DEL REMOJO	ANTES DEL REMOJO	DESPUÉS DEL REMOJO
W. MOL.+MUEST. HUM. (gr)	12440	12848	11558	11918	12711	13053
PESO DEL MOLDE (gr)	8296	8296	7052	7052	8002	8002
W. MUESTRA HUM. (gr)	4144	4552	4506	4866	4709	5051
VOL. DE LA MUEST. (cm ³)	2286.37	2286.37	2300.02	2300.02	2341.35	2341.35
DENS. HÚMEDA (gr/cm ³)	1.812	1.991	1.959	2.116	2.011	2.157
DENS. SECA (gr/cm ³)	1.667	1.682	1.813	1.851	1.875	1.894

CONTENIDOS DE HUMEDAD (Antes del Remojo)						
CAPSULA #	186	129	24	28	116	5
CAP.+MUESTRA HUM. (gr)	120.91	92.91	61.3	69.35	73.14	60.28
CAP.+MUESTRA SECO (gr)	115.4	88.53	57.26	65.05	69.04	56.69
PESO DE CAP. (gr)	49.99	40.29	8.06	10.58	10.8	8.52
PESO DE AGUA (gr)	5.51	4.38	4.04	4.3	4.1	3.59
PESO MUESTRA SECO (gr)	65.41	48.24	49.2	54.47	58.24	48.17
CONTEN. DE HUM. (%)	8.42	9.08	8.21	7.89	7.04	7.45
HUMEDAD PROM. (%)	8.75		8.05		7.25	

CONTENIDOS DE HUMEDAD (Después del Remojo)						
CAPSULA #	186	82	38	67	15	54
CAP.+MUESTRA HUM. (gr)	135.14	105.33	103.1	105.86	112.09	121.84
CAP.+MUESTRA SECO (gr)	122.14	95.61	95.59	98.28	103.8	112.86
PESO DE CAP. (gr)	49.99	43.5	45.34	42.66	46.15	45.98
PESO DE AGUA (gr)	13	9.72	7.51	7.58	8.29	8.98
PESO MUESTRA SECO (gr)	72.15	52.11	50.25	55.62	57.65	66.88
CONTEN. DE HUM. (%)	18.02	18.65	14.95	13.63	14.38	13.43
HUMEDAD PROM. (%)	18.34		14.29		13.90	



LABORATORIO DE SUELOS Y MATERIALES FACULTAD DE INGENIERÍA
 laboratorio.suelos@ucuenca.edu.ec
 Teléfono: 405-1000 Ext: 2354



PROYECTO:	TITULACIÓN	φ DEL MOLDE:	6
UBICACIÓN:	CHOCARSI	ALTURA DEL MOLDE:	7
SOLICITADO POR:	ING. ROLANDO ARMAS	AREA DEL MOLDE:	28.27
DESCRIPCION DEL MATERIAL:	MEJORAMIENTO PARA SUBRASANTE	VOLUMEN DEL MOLDE	197.9203
FECHA:	18/10/2015	AREA DEL PISÓN:	3.14
	Muestra 1		

RAZÓN DE SOPORTE CALIFORNIA "CBR"														
ASTM D-1883-07														
DATOS DE ESPONJAMIENTO														
FECHA	DÍAS EN AGUA	MOLDE #: 1			MOLDE #: 2			MOLDE #: 3			MOLDE #: 3			
		HORA	LECT. DIAL 0.001 pulg	ALT. MUEST. pulg	ESPONJAMIENTO pulg %	HORA	LECT. DIAL 0.001 pulg	ALT. MUEST. pulg	ESPONJAMIENTO pulg %	HORA	LECT. DIAL 0.001 pulg	ALT. MUEST. pulg	ESPONJAMIENTO pulg %	
14/12/15	0	18:00	0.00	4.58	0.00	18:00	0.00	4.58	0.00	18:00	0.00	4.58	0.00	
15/12/15	1	16:45	1.3	4.58	4.593	16:45	59	4.58	4.639	16:45	40	4.58	4.6200	
16/12/15	2	12:30	1.4	4.58	4.594	12:30	60	4.58	4.64	12:30	42	4.58	4.6220	
17/12/15	3	10:30	1.6	4.58	4.596	10:30	61	4.58	4.641	10:30	43	4.58	4.6230	
18/12/15	4	16:00	1.6	4.58	4.596	16:00	61	4.58	4.641	16:00	43	4.58	4.6230	
	5													

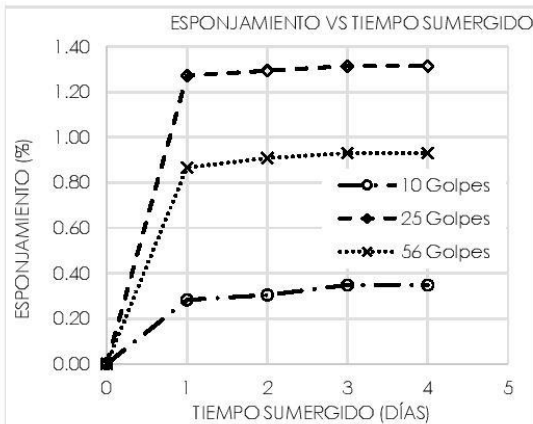
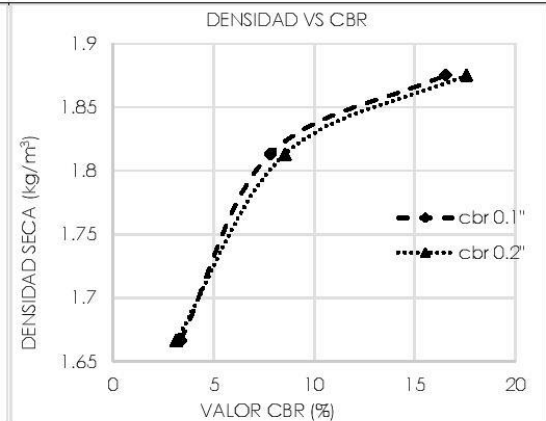
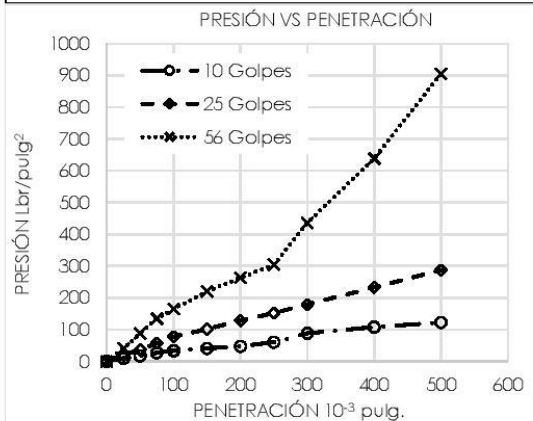
DATOS DE PENETRACIÓN														
TIEMPO	PENETRACIÓN (0.001")	MOLDE #: 1			MOLDE #: 2			MOLDE #: 3			MOLDE #: 3			
		CARGA lbs	PRESIÓN lbr/pulg ²	PRESIÓN CORREG lbr/pulg ²	CARGA lbs	PRESIÓN lbr/pulg ²	PRESIÓN CORREG lbr/pulg ²	CARGA lbs	PRESIÓN lbr/pulg ²	PRESIÓN CORREG lbr/pulg ²	CARGA lbs	PRESIÓN lbr/pulg ²	PRESIÓN CORREG lbr/pulg ²	
min														
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0.5	25	31.47	10.02		62.95	20.05		128.14	40.81					
1	50	53.95	17.18		116.90	37.23		276.52	88.06					
1.5	75	85.43	27.21		179.85	57.28		424.89	135.31					
2	100	105.66	33.65	1000	245.04	78.04	8	519.31	165.38	1000	17			
3	150	128.14	40.81		319.23	101.67		690.16	219.80					
4	200	148.37	47.25	1500	402.41	128.16	9	827.30	263.47	1500	18			
5	250	191.09	60.86		476.59	151.78		955.44	304.28					
6	300	276.52	88.06		562.02	178.99		1369.09	436.01					
8	400	339.46	108.11		732.88	233.40		2005.30	638.63					
10	500	384.42	122.43		901.48	287.10		2843.83	905.68					



PROYECTO:	TITULACIÓN	
UBICACIÓN:	CHOCARSI	
SOLICITADO POR:	ING. ROLANDO ARMAS	
DESCRIPCION DEL MATERIAL:	MEJORAMIENTO PARA SUBRASANTE	Muestra 1
FECHA:	18/10/2015	

ENSAYO "CBR" ASTM D-1883-07

GRÁFICOS DEL ENSAYO CBR: PRESIÓN VS PENETRACIÓN; DENSIDAD VS CBR; ESPONJAMIENTO VS TIEMPO SUMERGIDO.



RESULTADOS		
Peso Unitario Máximo del Suelo Seco.		
γ _d máx=	1875	kg/m ³
Valor del CBR.		
CBR.=	18	%

100% de la densidad máxima seca

ESPONJAMIENTO			
ESPECIMEN 1	0.348	%	4 Días
ESPECIMEN 2	1.314	%	4 Días
ESPECIMEN 3	0.930	%	4 Días

Ensayo CBR, muestra 2.



Fundada en 1867
UNIVERSIDAD DE CUENCA

LABORATORIO DE SUELOS Y MATERIALES FACULTAD DE INGENIERÍA

laboratorio.suelos@ucuenca.edu.ec

Teléfono: 405-1000 Ext: 2354

PROYECTO:	TITULACIÓN		
UBICACIÓN:	CHOCARSI		
SOLICITADO POR:	ING. ROLANDO ARMAS		
DESCRIPCION DEL MATERIAL:	MEJORAMIENTO PARA SUBRASANTE	Muestra 2	
FECHA:	04/01/2016		

RAZÓN DE SOPORTE CALIFORNIA "CBR"							ASTM D-1883-07
CARACTERÍSTICAS DEL ENSAYO:							
MOLDE #:	M1		M2		M3		
NÚMERO DE CAPAS:	5		5		5		
NÚMERO DE GOLP/CAPA:	10		25		56		
ESPÉCIMEN	ANTES DEL REMOJO	DESPUÉS DEL REMOJO	ANTES DEL REMOJO	DESPUÉS DEL REMOJO	ANTES DEL REMOJO	DESPUÉS DEL REMOJO	
W. MOL.+MUEST. HUM. (gr)	12710	12869	11334	11486	12805	12935	
PESO DEL MOLDE (gr)	8355	8355	6741	6741	7734	7734	
W. MUESTRA HUM. (gr)	4355	4514	4593	4745	5071	5201	
VOL. DE LA MUEST. (cm ³)	2271.31	2271.31	2248.62	2248.62	2273.52	2273.52	
DENS. HÚMEDA (gr/cm ³)	1.917	1.987	2.043	2.110	2.230	2.288	
DENS. SECA (gr/cm ³)	1.731	1.747	1.841	1.891	2.025	2.052	

CONTENIDOS DE HUMEDAD (Antes del Remojo)						
CAPSULA #	80	5	31	11	3	6
CAP.+MUESTRA HUM. (gr)	100.43	103.84	90.53	91.31	74.42	80.76
CAP.+MUESTRA SECO (gr)	94.95	97.85	85.95	86.83	68.33	74.71
PESO DE CAP. (gr)	43.16	42.9	44.68	45.43	11.1	12.11
PESO DE AGUA (gr)	5.48	5.99	4.58	4.48	6.09	6.05
PESO MUESTRA SECO (gr)	51.79	54.95	41.27	41.4	57.23	62.6
CONTEN. DE HUM. (%)	10.58	10.90	11.10	10.82	10.64	9.66
HUMEDAD PROM. (%)	10.74		10.96		10.15	

CONTENIDOS DE HUMEDAD (Después del Remojo)						
CAPSULA #	10	5	31	89	1	27
CAP.+MUESTRA HUM. (gr)	60.28	84.6	108.45	105.4	107.62	117.39
CAP.+MUESTRA SECO (gr)	53.99	75.74	101.86	98.03	101.36	109.18
PESO DE CAP. (gr)	8.85	10.7	44.68	34.98	46.23	38.74
PESO DE AGUA (gr)	6.29	8.86	6.59	7.37	6.26	8.21
PESO MUESTRA SECO (gr)	45.14	65.04	57.18	63.05	55.13	70.44
CONTEN. DE HUM. (%)	13.93	13.62	11.53	11.69	11.35	11.66
HUMEDAD PROM. (%)	13.78		11.61		11.51	



LABORATORIO DE SUELOS Y MATERIALES FACULTAD DE INGENIERÍA
laboratorio.suelos@ucuenca.edu.ec
Teléfono: 405-1000 Ext: 2354



PROYECTO:	TITULACIÓN	φ DEL MOLDE:	6
UBICACIÓN:	CHOCARSI	ALTURA DEL MOLDE:	7
SOLICITADO POR:	ING. ROLANDO ARMAS	ÁREA DEL MOLDE:	28.27
DESCRIPCIÓN DEL MATERIAL:	MEJORAMIENTO PARA SUBRASANTE	VOLUMEN DEL MOLDE	197.9203
FECHA:	18/10/2015	ÁREA DEL PISÓN:	3.14
	Muestra 2		

RAZÓN DE SOPORTE CALIFORNIA "CBR"													
ASTM D-1883-07													
DATOS DE ESPONJAMIENTO													
FECHA	DÍAS EN AGUA	MOLDE # 1				MOLDE # 2				MOLDE # 3			
		HORA	LECT. DIAL 0.001 pulg	ALT. MUEST. pulg	ESPONJAMIENTO pulg %	HORA	LECT. DIAL 0.001 pulg	ALT. MUEST. pulg	ESPONJAMIENTO pulg %	HORA	LECT. DIAL 0.001 pulg	ALT. MUEST. pulg	ESPONJAMIENTO pulg %
04/11/16	0	13:20	0.00	4.58	0.00	0.00	4.58	0.00	0.00	13:20	0.00	4.58	0.00
05/11/16	1	16:45	0.5	4.58	4.5805	0.011	4.58	4.583	0.065	16:45	5	4.58	4.5850
06/11/16	2	16:00	0.5	4.58	4.5805	0.011	4.58	4.583	0.065	16:00	5	4.58	4.5850
07/11/16	3	10:30	0.5	4.58	4.5805	0.011	4.58	4.583	0.065	10:30	5	4.58	4.5850
08/11/16	4	16:00	0.5	4.58	4.5805	0.011	4.58	4.583	0.065	16:00	5	4.58	4.5850
	5												

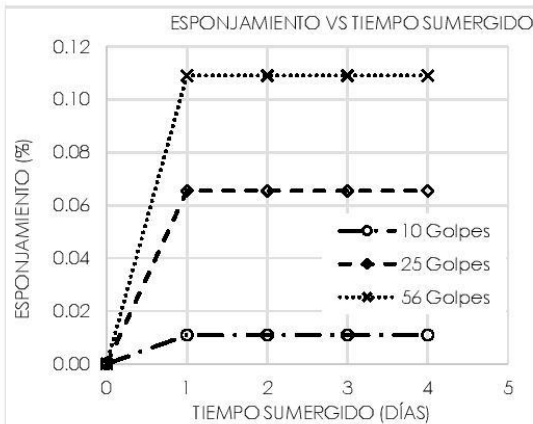
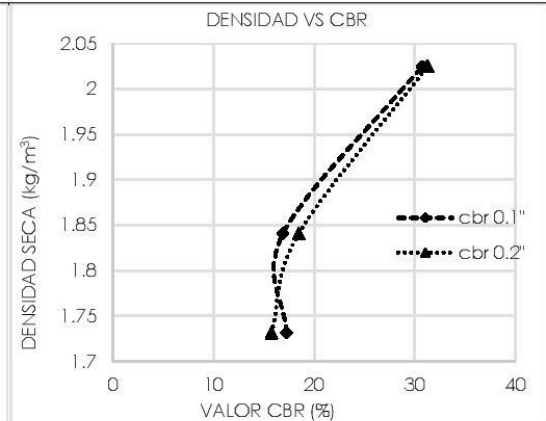
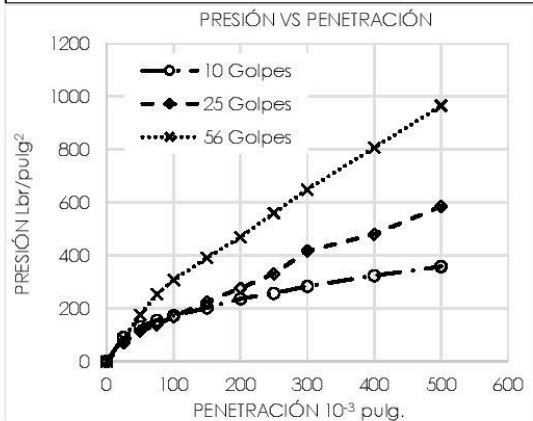
DATOS DE PENETRACIÓN													
TIEMPO	PENETRACIÓN (0.001")	MOLDE # 1				MOLDE # 2				MOLDE # 3			
		CARGA lbs	PRESIÓN lbr/pulg ²	PRESIÓN CORREG lbr/pulg ²	PRESIÓN ESTÁND. lbr/pulg ²	C.B.R. %	CARGA lbs	PRESIÓN lbr/pulg ²	PRESIÓN CORREG lbr/pulg ²	PRESIÓN ESTÁND. lbr/pulg ²	C.B.R. %	CARGA lbs	PRESIÓN lbr/pulg ²
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0.5	25	285.51	90.93	70.88	222.56	70.88	222.56	70.88	222.56	70.88	222.56	70.88	222.56
1	50	413.65	131.74	114.55	359.69	114.55	359.69	114.55	359.69	114.55	359.69	114.55	359.69
1.5	75	487.84	155.36	138.18	433.88	138.18	433.88	138.18	433.88	138.18	433.88	138.18	433.88
2	100	541.79	172.54	168.96	530.55	168.96	530.55	168.96	530.55	168.96	530.55	168.96	530.55
3	150	636.21	202.61	226.24	710.40	226.24	710.40	226.24	710.40	226.24	710.40	226.24	710.40
4	200	741.87	236.26	277.07	870.01	277.07	870.01	277.07	870.01	277.07	870.01	277.07	870.01
5	250	807.06	257.03	330.77	1038.62	330.77	1038.62	330.77	1038.62	330.77	1038.62	330.77	1038.62
6	300	890.24	283.52	416.68	1308.39	416.68	1308.39	416.68	1308.39	416.68	1308.39	416.68	1308.39
8	400	1018.38	324.33	479.69	1506.22	479.69	1506.22	479.69	1506.22	479.69	1506.22	479.69	1506.22
10	500	1124.04	357.98	585.65	1838.94	585.65	1838.94	585.65	1838.94	585.65	1838.94	585.65	1838.94



PROYECTO:	TITULACIÓN
UBICACIÓN:	CHOCARSI
SOLICITADO POR:	ING. ROLANDO ARMAS
DESCRIPCION DEL MATERIAL:	MEJORAMIENTO PARA SUBRASANTE Muestra 2
FECHA:	18/10/2015

ENSAYO "CBR" ASTM D-1883-07

GRÁFICOS DEL ENSAYO CBR: PRESIÓN VS PENETRACIÓN; DENSIDAD VS CBR; ESPONJAMIENTO VS TIEMPO SUMERGIDO.



RESULTADOS		
Peso Unitario Máximo del Suelo Seco.		
γ _d máx=	2025	kg/m ³
Valor del CBR.		
CBR.=	31	%

100% de la densidad máxima seca

ESPONJAMIENTO			
ESPECIMEN 1	0.011	%	4 Días
ESPECIMEN 2	0.065	%	4 Días
ESPECIMEN 3	0.109	%	4 Días

Ensayo CBR, muestra 3.



Fundada en 1867
UNIVERSIDAD DE CUENCA

LABORATORIO DE SUELOS Y MATERIALES FACULTAD DE INGENIERÍA

laboratorio.suelos@ucuenca.edu.ec

Teléfono: 405-1000 Ext: 2354

PROYECTO:	TITULACIÓN		
UBICACIÓN:	CHOCARSI		
SOLICITADO POR:	ING. ROLANDO ARMAS		
DESCRIPCION DEL MATERIAL:	MEJORAMIENTO PARA SUBRASANTE	Muestra 3	
FECHA:	04/01/2016		

RAZÓN DE SOPORTE CALIFORNIA "CBR"							ASTM D-1883-07
CARACTERÍSTICAS DEL ENSAYO:							
MOLDE #:	M4		M5		M6		
NÚMERO DE CAPAS:	5		5		5		
NÚMERO DE GOLP/CAPA:	10		25		56		
ESPÉCIMEN	ANTES DEL REMOJO	DESPUÉS DEL REMOJO	ANTES DEL REMOJO	DESPUÉS DEL REMOJO	ANTES DEL REMOJO	DESPUÉS DEL REMOJO	
W. MOL.+MUEST. HUM. (gr)	12637	12794	11834	11962	13181	13293	
PESO DEL MOLDE (gr)	8304	8304	7060	7060	8009	8009	
W. MUESTRA HUM. (gr)	4333	4490	4774	4902	5172	5284	
VOL. DE LA MUEST. (cm ³)	2291.13	2291.13	2288.76	2288.76	2312.88	2312.88	
DENS. HÚMEDA (gr/cm ³)	1.891	1.960	2.086	2.142	2.236	2.285	
DENS. SECA (gr/cm ³)	1.708	1.749	1.890	1.914	2.019	2.047	

CONTENIDOS DE HUMEDAD (Antes del Remojo)						
CAPSULA #	1	4	2A	3B	45	98
CAP.+MUESTRA HUM. (gr)	68.25	72.94	47.79	73.26	100.4	102.67
CAP.+MUESTRA SECO (gr)	63.08	66.43	44.1	67.27	95.3	97.15
PESO DE CAP. (gr)	10.71	10.19	8.05	10.35	51.68	40.92
PESO DE AGUA (gr)	5.17	6.51	3.69	5.99	5.1	5.52
PESO MUESTRA SECO (gr)	52.37	56.24	36.05	56.92	43.62	56.23
CONTEN. DE HUM. (%)	9.87	11.58	10.24	10.52	11.69	9.82
HUMEDAD PROM. (%)	10.72		10.38		10.75	

CONTENIDOS DE HUMEDAD (Déspués del Remojo)						
CAPSULA #	11	62	12	178	19	45
CAP.+MUESTRA HUM. (gr)	122.6	119.68	81.21	134.62	116.4	119.25
CAP.+MUESTRA SECO (gr)	114.24	111.44	73.82	126.03	108.44	112.39
PESO DE CAP. (gr)	43.3	44.19	14.38	50.5	41.71	51.7
PESO DE AGUA (gr)	8.36	8.24	7.39	8.59	7.96	6.86
PESO MUESTRA SECO (gr)	70.94	67.25	59.44	75.53	66.73	60.69
CONTEN. DE HUM. (%)	11.78	12.25	12.43	11.37	11.93	11.30
HUMEDAD PROM. (%)	12.02		11.90		11.62	



LABORATORIO DE SUELOS Y MATERIALES FACULTAD DE INGENIERÍA
laboratorio.suelos@ucuenca.edu.ec
Teléfono: 405-1000 Ext: 2354



PROYECTO:	TITULACIÓN	φ DEL MOLDE:	6
UBICACIÓN:	CHOCARSI	ALTURA DEL MOLDE:	7
SOLICITADO POR:	ING. ROLANDO ARMAS	ÁREA DEL MOLDE:	28.27
DESCRIPCIÓN DEL MATERIAL:	MEJORAMIENTO PARA SUBRASANTE	VOLUMEN DEL MOLDE	197.9203
FECHA:	18/10/2015	ÁREA DEL PISÓN:	3.14
	Muestra 3		

RAZÓN DE SOPORTE CALIFORNIA "CBR"													
ASTM D-1583-07													
DATOS DE ESPONJAMIENTO													
FECHA	DÍAS EN AGUA	MOLDE # 1				MOLDE # 2				MOLDE # 3			
		HORA	LECT. DIAL 0.001 pulg	ALT. MUEST. pulg	ESPONJAMIENTO pulg %	HORA	LECT. DIAL 0.001 pulg	ALT. MUEST. pulg	ESPONJAMIENTO pulg %	HORA	LECT. DIAL 0.001 pulg	ALT. MUEST. pulg	ESPONJAMIENTO pulg %
04/11/16	0	16:20	0.00	4.58	0.00	0.00	4.58	0.00	0.00	16:20	0.00	4.58	0.00
05/11/16	1	16:45	0.5	4.58	0.011	0.011	4.58	0.011	0.011	16:45	0.5	4.58	0.011
06/11/16	2	16:00	0.5	4.58	0.011	0.011	4.58	0.011	0.011	16:00	0.5	4.58	0.011
07/11/16	3	10:30	0.5	4.58	0.011	0.011	4.58	0.011	0.011	10:30	0.5	4.58	0.011
08/11/16	4	16:00	0.5	4.58	0.011	0.011	4.58	0.011	0.011	16:00	0.5	4.58	0.011
	5												

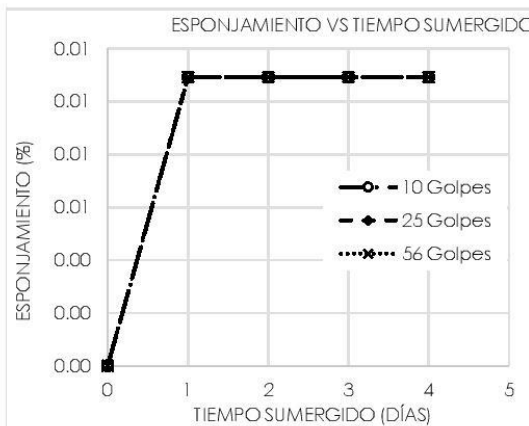
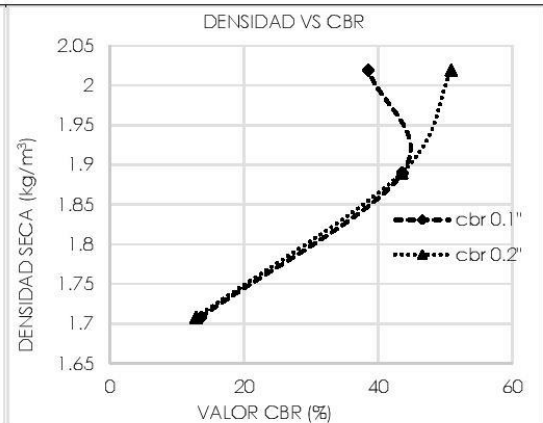
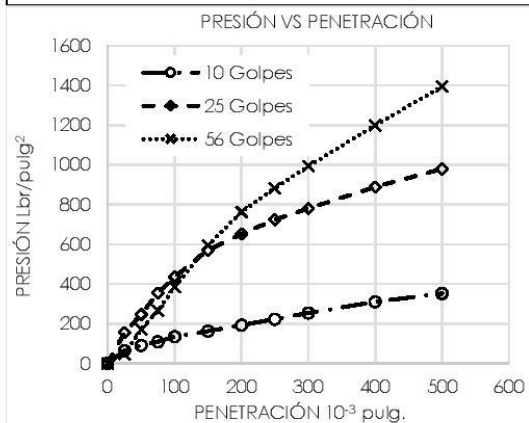
DATOS DE PENETRACIÓN													
TIEMPO PENETRACIÓN (0.001")	MOLDE # 1				MOLDE # 2				MOLDE # 3				
	CARGA lbs	PRESIÓN lbr/pulg ²	PRESIÓN CORREG lbr/pulg ²	C.B.R. %	CARGA lbs	PRESIÓN lbr/pulg ²	PRESIÓN CORREG lbr/pulg ²	C.B.R. %	CARGA lbs	PRESIÓN lbr/pulg ²	PRESIÓN CORREG lbr/pulg ²	C.B.R. %	
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
0.5	202.33	64.44	155.36	487.84	155.36	47.25	148.37	47.25	148.37	47.25	148.37	47.25	
1	285.51	90.93	246.29	773.34	246.29	169.68	532.80	169.68	532.80	169.68	532.80	169.68	
1.5	339.46	108.11	354.40	1112.80	354.40	266.33	856.29	266.33	856.29	266.33	856.29	266.33	
2	424.89	135.31	436.01	1369.09	436.01	385.18	1209.47	385.18	1209.47	385.18	1209.47	385.18	
3	508.07	161.81	570.61	1791.73	570.61	594.24	1865.91	594.24	1865.91	594.24	1865.91	594.24	
4	604.74	192.59	652.23	2048.01	652.23	763.20	2396.46	763.20	2396.46	763.20	2396.46	763.20	
5	699.16	222.66	723.11	2270.57	723.11	882.05	2769.65	882.05	2769.65	882.05	2769.65	882.05	
6	795.82	253.45	780.39	2450.42	780.39	993.03	3118.10	993.03	3118.10	993.03	3118.10	993.03	
8	975.67	310.72	888.50	2789.88	888.50	1199.22	3765.55	1199.22	3765.55	1199.22	3765.55	1199.22	
10	1103.81	351.53	979.42	3075.39	979.42	1394.67	4379.28	1394.67	4379.28	1394.67	4379.28	1394.67	



PROYECTO:	TITULACIÓN
UBICACIÓN:	CHOCARSI
SOLICITADO POR:	ING. ROLANDO ARMAS
DESCRIPCIÓN DEL MATERIAL:	MEJORAMIENTO PARA SUBRASANTE Muestra 3
FECHA:	18/10/2015

ENSAYO "CBR" ASTM D-1883-07

GRÁFICOS DEL ENSAYO CBR: PRESIÓN VS PENETRACIÓN; DENSIDAD VS CBR; ESPONJAMIENTO VS TIEMPO SUMERGIDO.



RESULTADOS			
Peso Unitario Máximo del Suelo Seco.			
γ _d máx=	2019	kg/m ³	100% de la densidad máxima seca
Valor del CBR.			
CBR.=	39	%	

ESPONJAMIENTO			
ESPECIMEN 1	0.011	%	4 Días
ESPECIMEN 2	0.011	%	4 Días
ESPECIMEN 3	0.011	%	4 Días



Ensayo CBR, muestra 4.



Fundada en 1867
UNIVERSIDAD DE CUENCA

LABORATORIO DE SUELOS Y MATERIALES FACULTAD DE INGENIERÍA

laboratorio.suelos@ucuenca.edu.ec

Teléfono: 405-1000 Ext: 2354

PROYECTO:	TITULACIÓN		
UBICACIÓN:	CHOCARSI		
SOLICITADO POR:	ING. ROLANDO ARMAS		
DESCRIPCION DEL MATERIAL:	MEJORAMIENTO PARA SUBRASANTE	Muestra 4	
FECHA:	11/01/2016		

RAZÓN DE SOPORTE CALIFORNIA "CBR"							ASTM D-1883-07
CARACTERÍSTICAS DEL ENSAYO:							
MOLDE #:	1		2		3		
NÚMERO DE CAPAS:	5		5		5		
NÚMERO DE GOLP/CAPA:	10		25		56		
ESPÉCIMEN	ANTES DEL REMOJO	DESPUÉS DEL REMOJO	ANTES DEL REMOJO	DESPUÉS DEL REMOJO	ANTES DEL REMOJO	DESPUÉS DEL REMOJO	
W. MOL.+MUEST. HUM. (gr)	11185	11329	11543	11665	11725	11842	
PESO DEL MOLDE (gr)	7057	7057	7172	7172	7218	7218	
W. MUESTRA HUM. (gr)	4128	4272	4371	4493	4507	4624	
VOL. DE LA MUEST. (cm ³)	2077.70	2077.70	2074.90	2074.90	2088.65	2088.65	
DENS. HÚMEDA (gr/cm ³)	1.987	2.056	2.107	2.165	2.158	2.214	
DENS. SECA (gr/cm ³)	1.821	1.852	1.933	1.962	1.978	2.013	

CONTENIDOS DE HUMEDAD (Antes del Remojo)						
CAPSULA #	20	225	40	15	8	17
CAP.+MUESTRA HUM. (gr)	62.32	81.99	89.25	77.91	60.35	70.42
CAP.+MUESTRA SECO (gr)	58.08	76.34	82.98	72.24	56.16	65.61
PESO DE CAP. (gr)	12.61	12.8	12.1	10.1	10.4	12.61
PESO DE AGUA (gr)	4.24	5.65	6.27	5.67	4.19	4.81
PESO MUESTRA SECO (gr)	45.47	63.54	70.88	62.14	45.76	53
CONTEN. DE HUM. (%)	9.32	8.89	8.85	9.12	9.16	9.08
HUMEDAD PROM. (%)	9.11		8.99		9.12	

CONTENIDOS DE HUMEDAD (Déspués del Remojo)						
CAPSULA #	54	53	42	59	39	24
CAP.+MUESTRA HUM. (gr)	98.35	108.46	62.39	92.11	84.21	76.16
CAP.+MUESTRA SECO (gr)	89.66	99.09	57.65	84.38	77.65	70.1
PESO DE CAP. (gr)	12.67	12.34	12.04	9.76	12.55	8.86
PESO DE AGUA (gr)	8.69	9.37	4.74	7.73	6.56	6.06
PESO MUESTRA SECO (gr)	76.99	86.75	45.61	74.62	65.1	61.24
CONTEN. DE HUM. (%)	11.29	10.80	10.39	10.36	10.08	9.90
HUMEDAD PROM. (%)	11.04		10.38		9.99	



LABORATORIO DE SUELOS Y MATERIALES FACULTAD DE INGENIERÍA
laboratorio.suelos@ucuenca.edu.ec
Teléfono: 405-1000 Ext: 2354



PROYECTO:	TITULACIÓN	φ DEL MOLDE:	6
UBICACIÓN:	CHOCARSI	ALTURA DEL MOLDE:	7
SOLICITADO POR:	ING. ROLANDO ARMAS	ÁREA DEL MOLDE:	28.27
DESCRIPCIÓN DEL MATERIAL:	MEJORAMIENTO PARA SUBRASANTE	VOLUMEN DEL MOLDE	197.9203
FECHA:	11/01/2016	ÁREA DEL PISÓN:	3.14
	Muestra 4		

RAZÓN DE SOPORTE CALIFORNIA "CBR"																
ASTM D-1883-07																
DATOS DE ESPONJAMIENTO																
FECHA	DÍAS EN AGUA	MOLDE # 1			MOLDE # 2			MOLDE # 3			ESPONJAMIENTO					
		HORA	LECT. DIAL 0.001 pulg	ALT. MUEST. pulg	ESPONJAMIENTO pulg	%	HORA	LECT. DIAL 0.001 pulg	ALT. MUEST. pulg	ESPONJAMIENTO pulg	%	HORA	LECT. DIAL 0.001 pulg	ALT. MUEST. pulg	ESPONJAMIENTO pulg	%
11/01/15	0	15:00	0.00	4.51	0.00	0.00	1:500	0.00	4.46	0.00	0.00	1:500	0.00	4.51	0.00	0.00
12/01/15	1	16:12	1	4.51	4.506906	0.022	16:12	3	4.46	4.46363	0.067	16:12	3	4.51	4.5109	0.067
13/01/15	2	15:30	1	4.51	4.506906	0.022	15:30	3	4.46	4.46363	0.067	15:30	4	4.51	4.5119	0.089
14/01/15	3	15:00	1	4.51	4.506906	0.022	15:00	3	4.46	4.46363	0.067	15:00	4	4.51	4.5119	0.089
15/01/15	4	13:30	2	4.51	4.507906	0.044	13:30	3	4.46	4.46363	0.067	13:30	4	4.51	4.5119	0.089

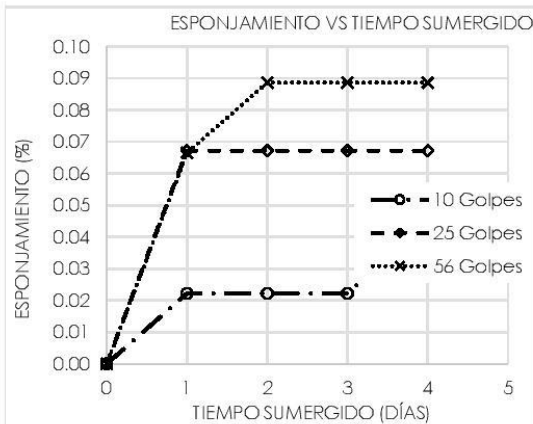
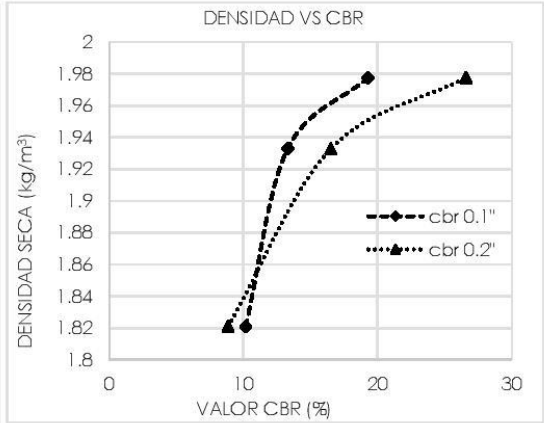
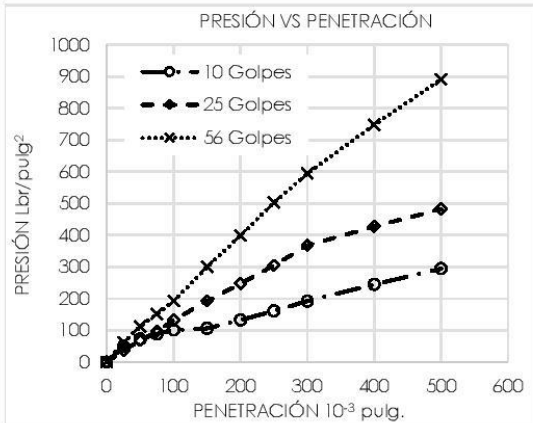
DATOS DE PENETRACIÓN												
TIEMPO	PENETRACIÓN (0.001")	MOLDE # 1			MOLDE # 2			MOLDE # 3			C. B. R.	
		CARGA lbs	PRESIÓN lbr/pulg ²	PRESIÓN CORREG lbr/pulg ²	CARGA lbs	PRESIÓN lbr/pulg ²	PRESIÓN CORREG lbr/pulg ²	CARGA lbs	PRESIÓN lbr/pulg ²	PRESIÓN CORREG lbr/pulg ²	PRESIÓN ESTÁND. lbr/pulg ²	C. B. R. %
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
0.5	25	155.45	49.51	114.54	36.48	196.36	62.53	351.80	112.04	474.55	151.12	
1	50	229.08	72.96	212.72	67.74	351.80	112.04	474.55	151.12	474.55	151.12	
1.5	75	278.17	88.59	302.72	96.41	474.55	151.12	605.43	192.81	605.43	192.81	19
2	100	319.08	101.62	302.72	96.41	605.43	192.81	940.87	299.64	940.87	299.64	
3	150	335.44	106.83	417.26	132.88	132.88	1000	13	13	13	13	
4	200	417.26	132.88	777.24	247.53	247.53	1500	17	17	17	17	27
5	250	507.25	161.55	957.24	304.85	304.85	1500	17	17	17	17	
6	300	605.43	192.81	1153.59	367.39	367.39	1500	17	17	17	17	
8	400	769.06	244.92	1341.77	427.31	427.31	1500	17	17	17	17	
10	500	924.51	294.43	1513.58	482.03	482.03	1500	17	17	17	17	



PROYECTO:	TITULACIÓN
UBICACIÓN:	CHOCARSI
SOLICITADO POR:	ING. ROLANDO ARMAS
DESCRIPCIÓN DEL MATERIAL:	MEJORAMIENTO PARA SUBRASANTE Muestra 4
FECHA:	11/01/2016

ENSAYO "CBR" ASTM D-1883-07

GRÁFICOS DEL ENSAYO CBR: PRESIÓN VS PENETRACIÓN; DENSIDAD VS CBR; ESPONJAMIENTO VS TIEMPO SUMERGIDO.



RESULTADOS		
Peso Unitario Máximo del Suelo Seco.		
γ _d máx=	1978	kg/m ³
Valor del CBR.		
CBR.=	19	%

100% de la densidad máxima seca

ESPONJAMIENTO			
ESPECIMEN 1	0.044	%	4 Días
ESPECIMEN 2	0.067	%	4 Días
ESPECIMEN 3	0.089	%	4 Días



Ensayo CBR, muestra 5.



Fundada en 1867
UNIVERSIDAD DE CUENCA

LABORATORIO DE SUELOS Y MATERIALES FACULTAD DE INGENIERÍA

laboratorio.suelos@ucuenca.edu.ec

Teléfono: 405-1000 Ext: 2354

PROYECTO:	TITULACIÓN		
UBICACIÓN:	CHOCARSI		
SOLICITADO POR:	ING. ROLANDO ARMAS		
DESCRIPCION DEL MATERIAL:	MEJORAMIENTO PARA SUBRASANTE	Muestra 5	
FECHA:	18/10/2015		

RAZÓN DE SOPORTE CALIFORNIA "CBR"							ASTM D-1883-07
CARACTERÍSTICAS DEL ENSAYO:							
MOLDE #:	M3		M4		M6		
NÚMERO DE CAPAS:	5		5		5		
NÚMERO DE GOLP/CAPA:	10		25		56		
ESPÉCIMEN	ANTES DEL REMOJO	DESPUÉS DEL REMOJO	ANTES DEL REMOJO	DESPUÉS DEL REMOJO	ANTES DEL REMOJO	DESPUÉS DEL REMOJO	
W. MOL.+MUEST. HUM. (gr)	11935	11948	12783	12848	12832	13053	
PESO DEL MOLDE (gr)	7734	7734	8308	8308	8007	8007	
W. MUESTRA HUM. (gr)	4201	4214	4475	4540	4825	5046	
VOL. DE LA MUEST. (cm ³)	2185.98	2185.98	2128.88	2128.88	2312.88	2312.88	
DENS. HÚMEDA (gr/cm ³)	1.922	1.928	2.102	2.133	2.086	2.182	
DENS. SECA (gr/cm ³)	1.755	1.764	1.935	1.933	1.928	1.967	

CONTENIDOS DE HUMEDAD (Antes del Remojo)						
CAPSULA #	79	12	42	19	8	17
CAP.+MUESTRA HUM. (gr)	71.46	76.4	58.16	80.66	59.98	69.89
CAP.+MUESTRA SECO (gr)	66.19	70.82	54.57	74.95	56.16	65.61
PESO DE CAP. (gr)	10.96	11.74	12.03	10.1	10.4	12.61
PESO DE AGUA (gr)	5.27	5.58	3.59	5.71	3.82	4.28
PESO MUESTRA SECO (gr)	55.23	59.08	42.54	64.85	45.76	53
CONTEN. DE HUM. (%)	9.54	9.44	8.44	8.80	8.35	8.08
HUMEDAD PROM. (%)	9.49		8.62		8.21	

CONTENIDOS DE HUMEDAD (Después del Remojo)						
CAPSULA #	14	45	1	13	57	51
CAP.+MUESTRA HUM. (gr)	75.98	81.39	85.85	93.64	110.82	100.83
CAP.+MUESTRA SECO (gr)	70.59	75.28	78.79	86.05	100.67	92.5
PESO DE CAP. (gr)	12.25	9.76	11.33	11.84	12.66	11.32
PESO DE AGUA (gr)	5.39	6.11	7.06	7.59	10.15	8.33
PESO MUESTRA SECO (gr)	58.34	65.52	67.46	74.21	88.01	81.18
CONTEN. DE HUM. (%)	9.24	9.33	10.47	10.23	11.53	10.26
HUMEDAD PROM. (%)	9.28		10.35		10.90	



LABORATORIO DE SUELOS Y MATERIALES FACULTAD DE INGENIERÍA
laboratorio.suelos@ucuenca.edu.ec
Teléfono: 405-1000 Ext: 2354



PROYECTO:	TITULACIÓN		φ DEL MOLDE:	6
UBICACIÓN:	CHOCARSI		ALTURA DEL MOLDE:	7
SOLICITADO POR:	ING. ROLANDO ARMAS		ÁREA DEL MOLDE:	28.27
DESCRIPCIÓN DEL MATERIAL:	MEJORAMIENTO PARA SUBRASANTE		VOLUMEN DEL MOLDE	197.9203
FECHA:	18/10/2015		ÁREA DEL PISÓN:	3.14
	Muestra 5			

RAZÓN DE SOPORTE CALIFORNIA "CBR"													
ASTM D-1883-07													
DATOS DE ESPONJAMIENTO													
FECHA	DÍAS EN AGUA	MOLDE # 1				MOLDE # 2				MOLDE # 3			
		HORA	LECT. DIAL 0.001 pulg	ALT. MUEST. pulg	ESPONJAMIENTO pulg %	HORA	LECT. DIAL 0.001 pulg	ALT. MUEST. pulg	ESPONJAMIENTO pulg %	HORA	LECT. DIAL 0.001 pulg	ALT. MUEST. pulg	ESPONJAMIENTO pulg %
14/12/15	0	18:00	0.00	4.58	0.00	0.00	0.00	0.00	18:00	0.00	4.58	0.00	0.00
15/12/15	1	16:45	1.3	4.58	4.593	0.283	1.645	4.639	1.272	16:45	40	4.58	4.6200
16/12/15	2	12:30	1.4	4.58	4.594	0.305	12:30	4.64	1.293	12:30	42	4.58	4.6220
17/12/15	3	10:30	1.6	4.58	4.596	0.348	10:30	4.641	1.314	10:30	43	4.58	4.6230
18/12/15	4	16:00	1.6	4.58	4.596	0.348	16:00	4.641	1.314	16:00	43	4.58	4.6230
	5												

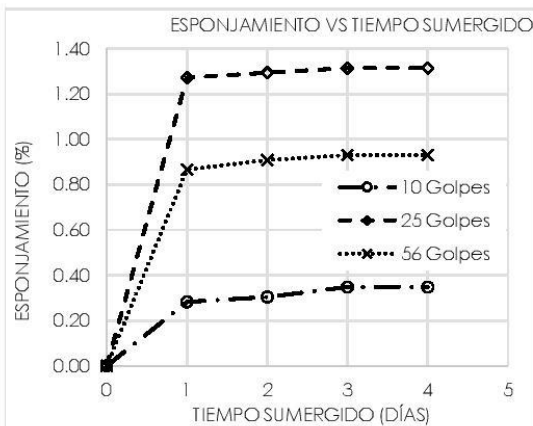
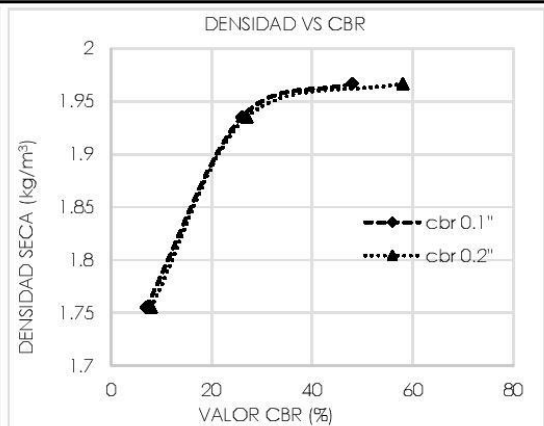
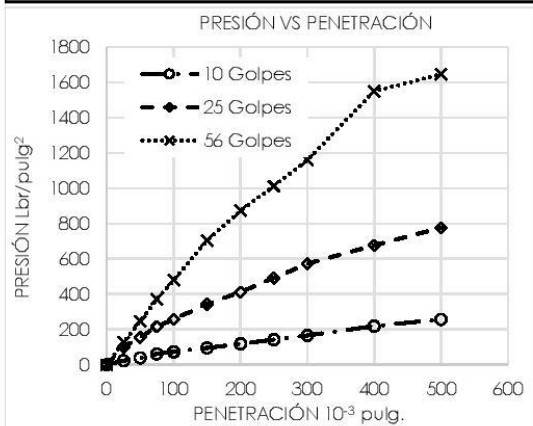
DATOS DE PENETRACIÓN													
TIEMPO	PENETRACIÓN (0.001")	MOLDE # 1				MOLDE # 2				MOLDE # 3			
		CARGA lbs	PRESIÓN lbr/pulg ²	PRESIÓN CORREG lbr/pulg ²	C.B.R. %	CARGA lbs	PRESIÓN lbr/pulg ²	PRESIÓN CORREG lbr/pulg ²	C.B.R. %	CARGA lbs	PRESIÓN lbr/pulg ²	PRESIÓN CORREG lbr/pulg ²	C.B.R. %
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0.5	25	73.63	23.45		319.08	101.62				400.89	127.67		
1	50	122.72	39.08		490.89	156.33				777.24	247.33		
1.5	75	196.36	62.53		679.06	216.26				1149.95	372.60		
2	100	229.08	72.96	1000	809.97	257.95	257.95	1000	26	1503.40	479.43	479.43	1000
3	150	302.72	96.41		1079.96	343.94				2209.01	703.30		
4	200	376.35	119.86	1500	1292.68	411.68	411.68	1500	27	2740.80	872.87	872.87	1500
5	250	449.98	143.31		1546.30	492.45				3182.60	1013.57		
6	300	523.62	166.76		1799.93	573.23				3640.77	1159.48		
8	400	687.25	218.87		2127.19	677.45				4867.99	1550.32		
10	500	809.97	257.95		2438.09	776.46				5170.71	1646.72		



PROYECTO:	TITULACIÓN
UBICACIÓN:	CHOCARSI
SOLICITADO POR:	ING. ROLANDO ARMAS
DESCRIPCIÓN DEL MATERIAL:	MEJORAMIENTO PARA SUBRASANTE Muestra 5
FECHA:	18/10/2015

ENSAYO "CBR" ASTM D-1883-07

GRÁFICOS DEL ENSAYO CBR: PRESIÓN VS PENETRACIÓN; DENSIDAD VS CBR; ESPONJAMIENTO VS TIEMPO SUMERGIDO.



RESULTADOS		
Peso Unitario Máximo del Suelo Seco.		
yd máx=	1928	kg/m³
Valor del CBR.		
CBR.=	48	%

100% de la densidad máxima seca

ESPONJAMIENTO			
ESPECIMEN 1	0.348	%	4 Días
ESPECIMEN 2	1.314	%	4 Días
ESPECIMEN 3	0.930	%	4 Días

Anexo 7: Permeabilidad de carga constante.

Permeabilidad de carga constante, muestras saturada, ensayo 1.



Fundada en 1867
UNIVERSIDAD DE CUENCA

LABORATORIO DE SUELOS Y MATERIALES FACULTAD DE INGENIERÍA
laboratorio.suelos@ucuenca.edu.ec
Teléfono: 405-1000 Ext: 2354

PROYECTO:	TITULACIÓN
UBICACIÓN:	CHOCARSI
SOLICITADO POR:	ING. ROLANDO ARMAS
DESCRIPCION DEL MATERIAL:	MEJORAMIENTO PARA SUBRASANTE
FECHA:	12/02/2016 PROBETA 1

PERMEABILIDAD DE CARGA CONSTANTE ASTM D-2434										
CARACTERISTICAS DE LA MUESTRA					CONTENIDO INICIAL DE LA MUESTRA					
Diámetro:	D=	3.625	cm		Recipiente		Peso Recipiente		ω	
Área:	$A=\pi D^2/4$	10.321	cm ²		Nº	Peso	S. Hum.	S. Seco	Parcial	Promedio
Longitud:	H=	11.3	cm			g	g	g	%	%
Volumen:	$V= (A \cdot H)$	116.62	cm ³		55	41.43	74.43	71.65	9.20	9.31
Peso Humedo:	Wh=	263.25	g		49	41.69	80.27	76.95	9.42	
Peso Seco:	Ws=	240.83	g		CONTENIDO DE AGUA FINAL					
Densidad Húmeda:	γ_h =	2.257	g/cm ³		55	41.43	100.97	95.3	10.53	10.47
Densidad Seca:	γ_d =	2.065	g/cm ³		49	41.68	92.60	87.8	10.41	
Peso relat. de Solid.	G_s =	2.70	-		TUBO					
Porcent. De Absor.	Wa=	1.16	%		Diámetro:	d=			cm	
Vis. dinamica Agua	$\eta_w=T^{\circ}C$ =	18	1.054 g/cm ³		Área:	a=			cm ²	
RELACIONES FUNDAMENTALES										
Relación de Vacíos: $e = \frac{G_s \cdot \gamma_w}{\gamma_d} - 1$ <u>0.307</u> --					Porosidad $n = \left(\frac{e}{1+e}\right) \cdot 100$ <u>23.516</u> %					
Grado de saturación I: $S_o = \frac{\omega\% \cdot G_s}{e}$ <u>81.734</u> %					Grado de saturación F: $S_f = \frac{\omega\% \cdot G_s}{e}$ <u>91.912</u> %					
DATOS DEL ENSAYO										
Fecha	Carga hidráulica	Gradiente Hidráulico	Volumen	Tiempo	Caudal	Temperatura	Coeficiente de Permeabilidad			
	Δh cm	i -	V cm ³	t s	Q cm ³ /s	T °C	KT cm/s	K20 cm/s		
Día-Mes-Año										
12-02-16	400	35.398	1.45	1800	0.000806	18	2.205E-06	2.317E-06		
12-02-16	400	35.398	1.4	1800	0.000778	18	2.129E-06	2.237E-06		
12-02-16	400	35.398	1.3	1800	0.000722	18	1.977E-06	2.077E-06		
12-02-16	400	35.398	1.3	1800	0.000722	18	1.977E-06	2.077E-06		
12-02-16	400	35.398	1.3	1800	0.000722	18	1.977E-06	2.077E-06		
12-02-16	400	35.398	1.3	1800	0.000722	18	1.977E-06	2.077E-06		
12-02-16	400	35.398	1.3	1800	0.000722	18	1.977E-06	2.077E-06		
RESULTADOS										
Permeabilidad Media, KT= <u>2.031E-06</u> cm/s					Permeabilidad Media, K20= <u>2.134E-06</u> cm/s					
Permeabilidad Media, KT= <u>1.755E-03</u> m ³ /m ² /día					Permeabilidad Media, K20= <u>1.844E-03</u> m ³ /m ² /día					

Permeabilidad de carga constante, muestras saturada, ensayo 2.



Fundada en 1867
UNIVERSIDAD DE CUENCA

LABORATORIO DE SUELOS Y MATERIALES FACULTAD DE INGENIERÍA
laboratorio.suelos@ucuenca.edu.ec
Teléfono: 405-1000 Ext: 2354

PROYECTO:	TITULACIÓN
UBICACIÓN:	CHOCARSI
SOLICITADO POR:	ING. ROLANDO ARMAS
DESCRIPCIÓN DEL MATERIAL:	MEJORAMIENTO PARA SUBRASANTE
FECHA:	12/02/2016 PROBETA 1

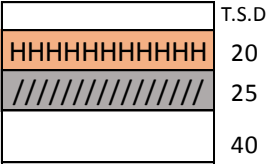
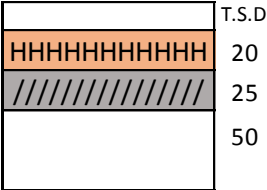
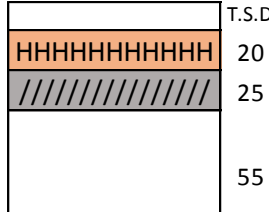
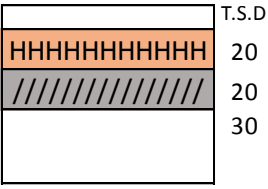
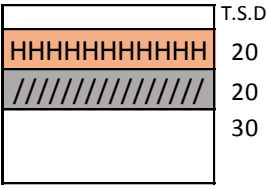
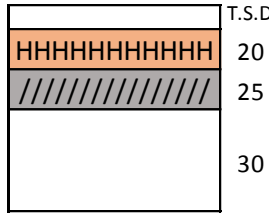
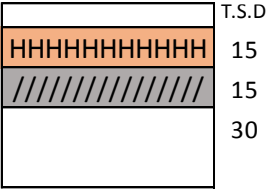
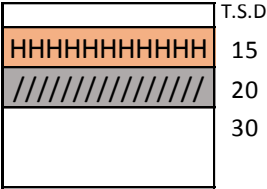
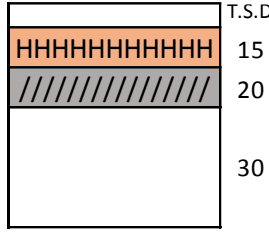
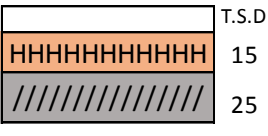
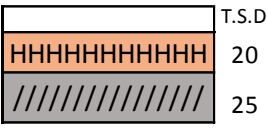
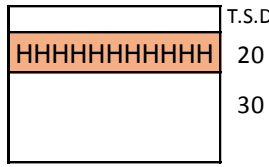
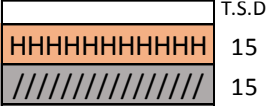
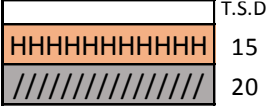
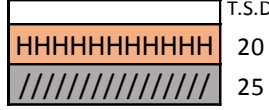
PERMEABILIDAD DE CARGA CONSTANTE ASTM D-2434										
CARACTERÍSTICAS DE LA MUESTRA					CONTENIDO INICIAL DE LA MUESTRA					
Diámetro:	D=	3.645	cm		Recipiente		Peso Recipiente		ω	
Área:	$A=\pi D^2/4$	10.435	cm ²		Nº	Peso	S. Hum.	S. Seco	Parcial	Promedio
Longitud:	H=	11.28	cm			g	g	g	%	%
Volumen:	$V= (A \cdot H)$	117.70	cm ³		27	38.75	78.2	75.21	8.20	9.03
Peso Humedo:	Wh=	263.25	g		98	40.94	71.83	69.06	9.85	
Peso Seco:	Ws=	241.46	g		CONTENIDO DE AGUA FINAL					
Densidad Húmeda:	$\gamma_h=$	2.237	g/cm ³		27	38.75	103.58	97.58	10.20	10.10
Densidad Seca:	$\gamma_d=$	2.051	g/cm ³		98	40.95	124.00	116.45	10.00	
Peso relat. de Solid.	Gs=	2.70	-		TUBO					
Porcent. De Absor.	Wa=	1.07	%		Diámetro:	d=			cm	
Vis. dinámica Agua	$\eta_w=1^\circ C=$	18	1.054	g/cm ³	Área:	a=			cm ²	
RELACIONES FUNDAMENTALES										
Relación de Vacíos: $e = \frac{G_s \cdot \gamma_w}{\gamma_d} - 1$					0.316	--	Porosidad $n = \left(\frac{e}{1+e} \right) \cdot 100$			24.023 %
Grado de saturación I: $S_o = \frac{\omega\% \cdot G_s}{e}$					77.072	%	Grado de saturación F: $S_f = \frac{\omega\% \cdot G_s}{e}$			86.241 %
DATOS DEL ENSAYO										
Fecha	Carga hidráulica	Gradiente Hidráulico	Volumen	Tiempo	Caudal	Temperatura	Coefficiente de Permeabilidad	Coefficiente de Permeabilidad		
	Δh	i	V	t	Q	T	K _T	K ₂₀		
Día-Mes-Año	cm	-	cm ³	s	cm ³ /s	°C	cm/s	cm/s		
17-02-16	400	35.461	0.5	1800	0.000278	18	7.507E-07	7.889E-07		
17-02-16	400	35.461	0.4	1800	0.000222	18	6.006E-07	6.311E-07		
17-02-16	400	35.461	0.45	1800	0.00025	18	6.756E-07	7.100E-07		
17-02-16	400	35.461	0.3	1800	0.000167	18	4.504E-07	4.733E-07		
17-02-16	400	35.461	0.35	1800	0.000194	18	5.255E-07	5.522E-07		
17-02-16	400	35.461	0.45	1800	0.00025	18	6.756E-07	7.100E-07		
17-02-16	400	35.461	0.4	1800	0.000222	18	6.006E-07	6.311E-07		
RESULTADOS										
Permeabilidad Media, K _T =					6.113E-07	cm/s	Permeabilidad Media, K ₂₀ =			6.424E-07 cm/s
Permeabilidad Media, K _T =					5.281E-04	m ³ /m ² /día	Permeabilidad Media, K ₂₀ =			5.550E-04 m ³ /m ² /día

Anexo 8: Cartillas de diseño.

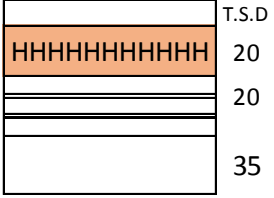
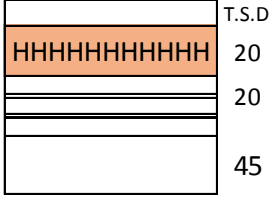
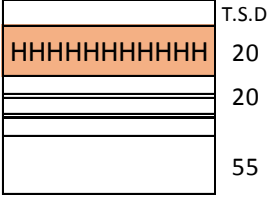
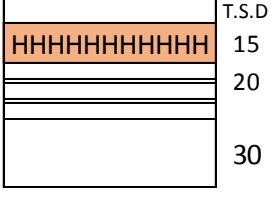
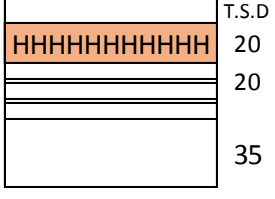
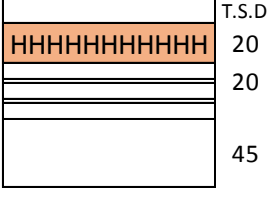
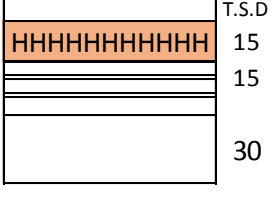
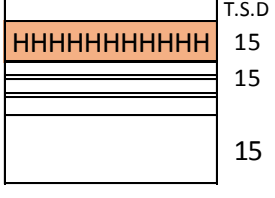
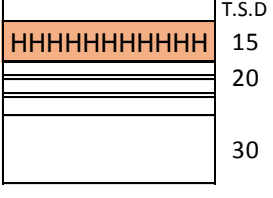
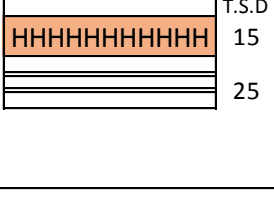
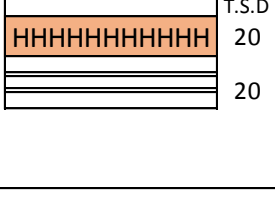
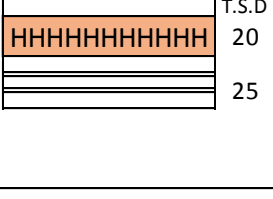
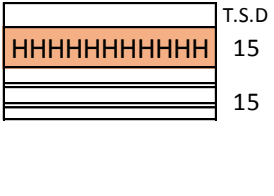
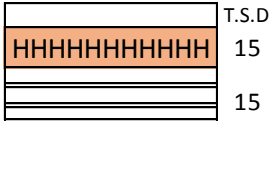
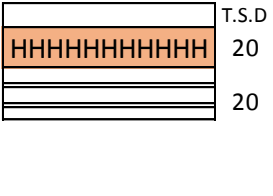
Fuente: *Ingeniería de Pavimento para Carreteras, Montejo Fonseca (2002).*

Tratamiento superficial doble y base y subbase granulares

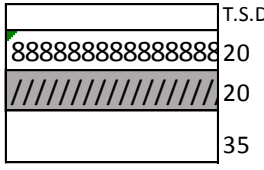
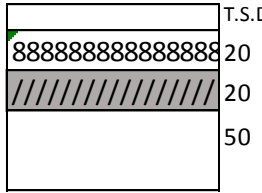
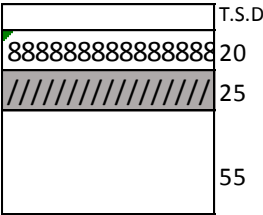
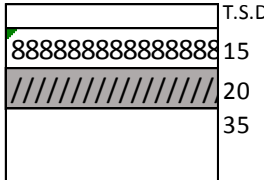
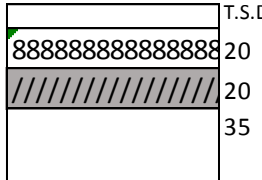
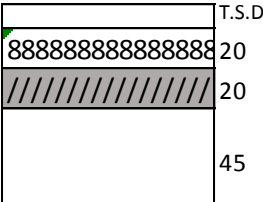
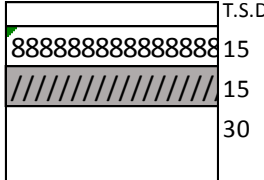
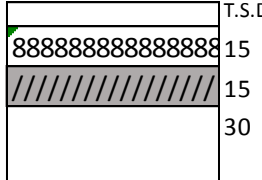
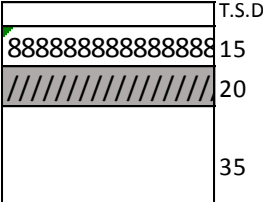
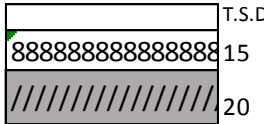
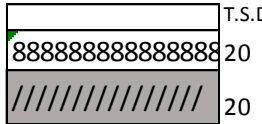
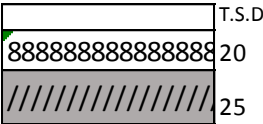
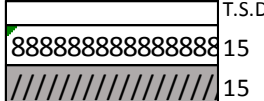
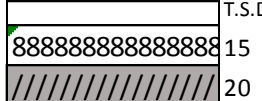
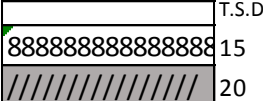
(Medidas en centímetros)

	T1	T2	T3
S1			
S2			
S3			
S4			
S5			

Tratamiento superficial doble y base granular y subbase estabilizada con cal
(Medidas en centímetros)

	T1	T2	T3
S1			
S2			
S3			
S4			
S5			

Tratamiento superficial doble y base estabilizada con cemento y subbase granular
(Medidas en centímetros)

	T1	T2	T3
S1	 <p>T.S.D 20 20 35</p>	 <p>T.S.D 20 20 50</p>	 <p>T.S.D 20 25 55</p>
S2	 <p>T.S.D 15 20 35</p>	 <p>T.S.D 20 20 35</p>	 <p>T.S.D 20 20 45</p>
S3	 <p>T.S.D 15 15 30</p>	 <p>T.S.D 15 15 30</p>	 <p>T.S.D 15 20 35</p>
S4	 <p>T.S.D 15 20</p>	 <p>T.S.D 20 20</p>	 <p>T.S.D 20 25</p>
S5	 <p>T.S.D 15 15</p>	 <p>T.S.D 15 20</p>	 <p>T.S.D 15 20</p>

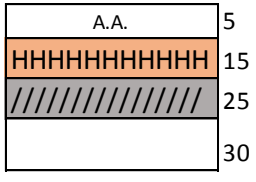
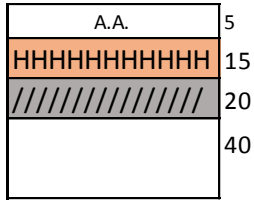
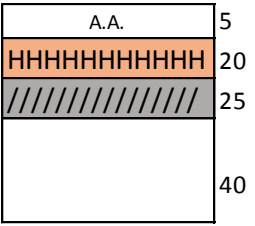
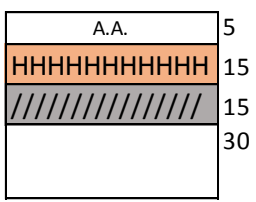
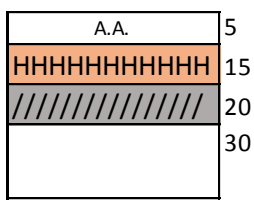
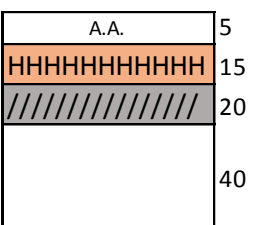
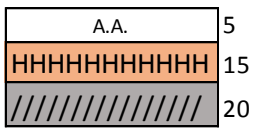
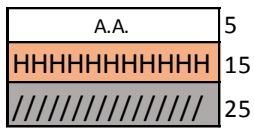
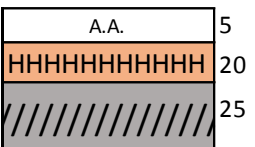
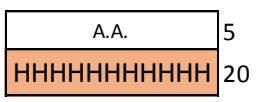
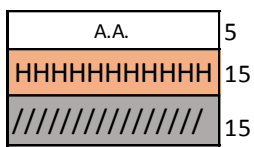
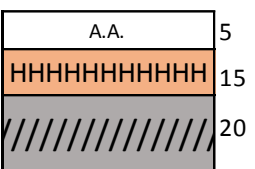
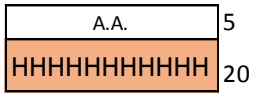
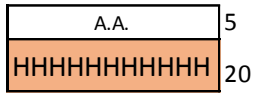
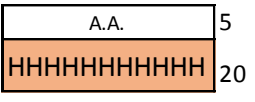


Tratamiento superficial doble y base estabilizada con cemento y subbase estabilizada con cal.

(Medidas en centímetros)

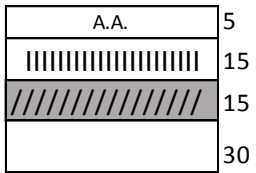
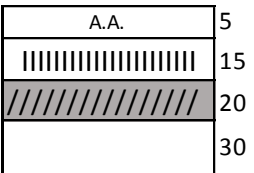
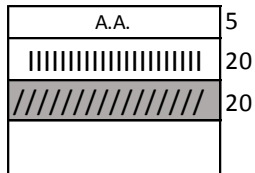
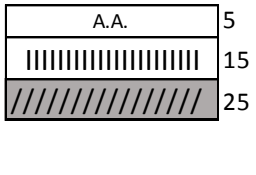
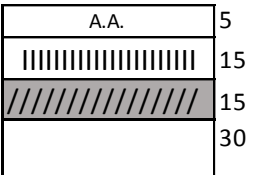
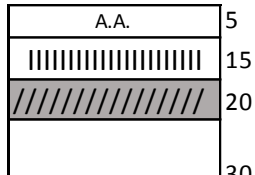
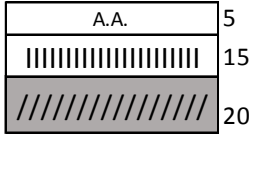
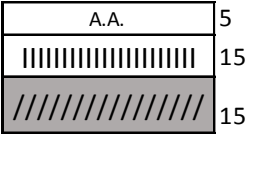
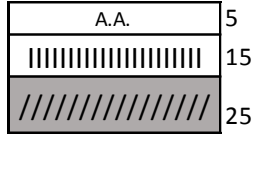
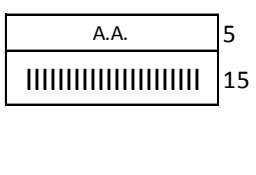
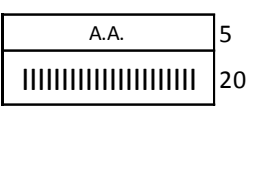
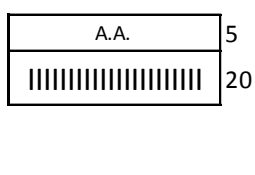
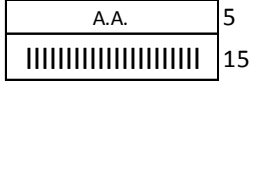
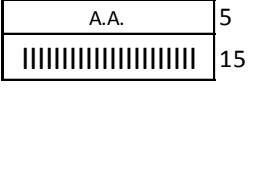
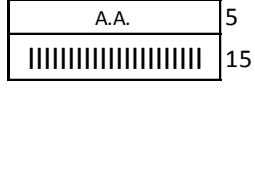
	T1	T2	T3
S1	<p>T.S.D 20 20 30</p>	<p>T.S.D 20 20 40</p>	<p>T.S.D 20 25 45</p>
S2	<p>T.S.D 15 15 15</p>	<p>T.S.D 15 20 40</p>	<p>T.S.D 20 20 40</p>
S3	<p>T.S.D 15 15 30</p>	<p>T.S.D 15 15 30</p>	<p>T.S.D 15 20 30</p>
S4	<p>T.S.D 15 15</p>	<p>T.S.D 15 20</p>	<p>T.S.D 20 20</p>
S5	<p>T.S.D 15 15</p>	<p>T.S.D 15 15</p>	<p>T.S.D 15 20</p>

Rodadura arena-asfalto y base y subbase granulares.
(Medidas en centímetros)

	T1	T2	T3
S1			
S2			
S3			
S4			
S5			

Rodadura de arena-asfalto y base estabilizada con emulsión asfáltica y sub-base granular.

(Medidas en centímetros)

	T1	T2	T3
S1			
S2			
S3			
S4			
S5			

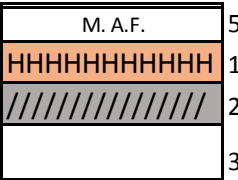
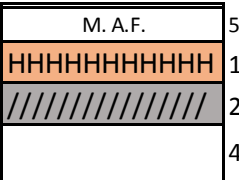
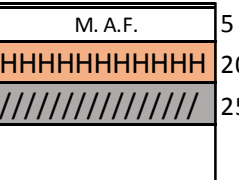
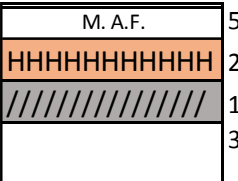
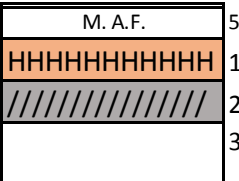
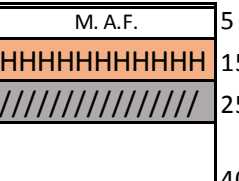
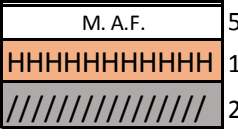
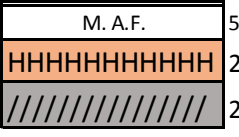
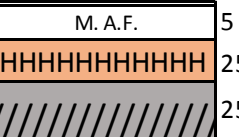


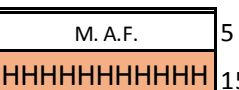
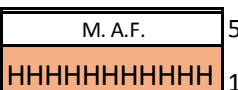
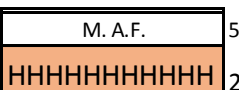
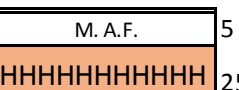


Rodadura de arena-asfalto y base granular y subbase estabilizada con cal
(Medidas en centímetros)

	T1	T2	T3
S1			
S2			
S3			
S4			
S5			

Lechada asfáltica sobre mezcla abierta en frío y base y subbase granulares.

(Medidas en centímetros)

	T1	T2	T3
S1			
S2			
S3			
S4			
S5			



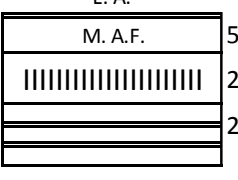
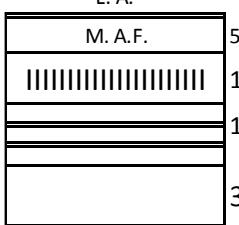
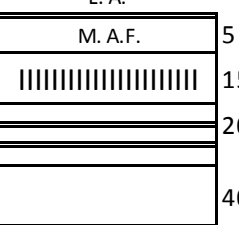
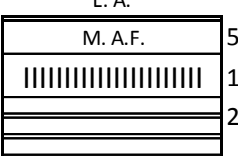
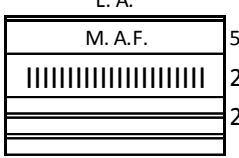
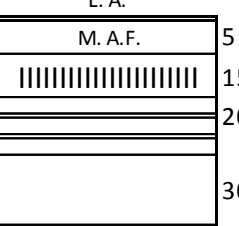
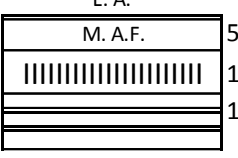
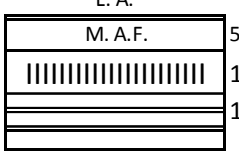
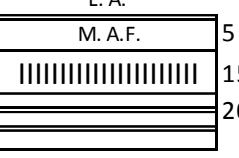
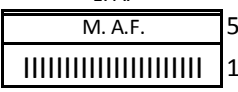
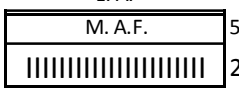
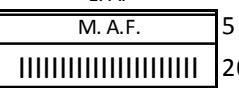
Lechada asfáltica sobre mezcla abierta en frío y base estabilizada con emulsión asfáltica y sub-base granular.

(Medidas en centímetros)

	T1	T2	T3
S1			
S2			
S3			
S4			
S5			

Lechada asfáltica sobre mezcla abierta en frío y base estabilizada con emulsión asfáltica y subbase estabilizada con cal.

(Medidas en centímetros)

	T1	T2	T3
S1			
S2			
S3			
S4			
S5	