



UTMACH

UNIDAD ACADÉMICA DE INGENIERÍA CIVIL

CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL

ESTUDIO DE LA TIPOLOGÍA DEL SUELO APLICANDO LA
METODOLOGÍA AASHTO, DONDE SE CONSTRUYE EL DISTRIBUIDOR
DE TRAFICO BELLA INDIA

CHAMBA DIAZ FABRICIO ALEXANDER
INGENIERO CIVIL

MACHALA
2018



UTMACH

UNIDAD ACADÉMICA DE INGENIERÍA CIVIL

CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL

ESTUDIO DE LA TIPOLOGÍA DEL SUELO APLICANDO LA
METODOLOGÍA AASHTO, DONDE SE CONSTRUYE EL
DISTRIBUIDOR DE TRAFICO BELLA INDIA

CHAMBA DIAZ FABRICIO ALEXANDER
INGENIERO CIVIL

MACHALA
2018



UTMACH

UNIDAD ACADÉMICA DE INGENIERÍA CIVIL

CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL

EXAMEN COMPLEXIVO

ESTUDIO DE LA TIPOLOGÍA DEL SUELO APLICANDO LA METODOLOGÍA
AASHTO, DONDE SE CONSTRUYE EL DISTRIBUIDOR DE TRAFICO BELLA INDIA

CHAMBA DIAZ FABRICIO ALEXANDER
INGENIERO CIVIL

MEDINA SANCHEZ YUDY PATRICIA

MACHALA, 13 DE JULIO DE 2018

MACHALA
13 de julio de 2018

Nota de aceptación:

Quienes suscriben, en nuestra condición de evaluadores del trabajo de titulación denominado ESTUDIO DE LA TIPOLOGÍA DEL SUELO APLICANDO LA METODOLOGÍA AASHTO, DONDE SE CONSTRUYE EL DISTRIBUIDOR DE TRAFICO BELLA INDIA, hacemos constar que luego de haber revisado el manuscrito del precitado trabajo, consideramos que reúne las condiciones académicas para continuar con la fase de evaluación correspondiente.



MEDINA SANCHEZ YUDY PATRICIA

0703642850

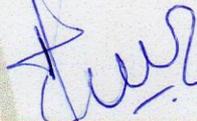
TUTOR - ESPECIALISTA 1



CABRERA GORDILLO JORGE PAUL

0703092874

ESPECIALISTA 2



CARRION ROMERO LEYDEN OSWALDO

0703989962

ESPECIALISTA 3

Fecha de impresión: lunes 16 de julio de 2018 - 11:35

Urkund Analysis Result

Analysed Document: COMPLEXIVO_PRACTICO_CHAMBADIAZFABRICIO.pdf
(D40284096)
Submitted: 6/20/2018 9:26:00 PM
Submitted By: fachamba_est@utmachala.edu.ec
Significance: 4 %

Sources included in the report:

ROBERTO ARMIJOS CAPITULO VI.pdf (D12711824)
TEORIA suelos para urkund.doc (D17432950)

Instances where selected sources appear:

7

CLÁUSULA DE CESIÓN DE DERECHO DE PUBLICACIÓN EN EL REPOSITORIO DIGITAL INSTITUCIONAL

El que suscribe, CHAMBA DIAZ FABRICIO ALEXANDER, en calidad de autor del siguiente trabajo escrito titulado ESTUDIO DE LA TIPOLOGÍA DEL SUELO APLICANDO LA METODOLOGÍA AASHTO, DONDE SE CONSTRUYE EL DISTRIBUIDOR DE TRAFICO BELLA INDIA, otorga a la Universidad Técnica de Machala, de forma gratuita y no exclusiva, los derechos de reproducción, distribución y comunicación pública de la obra, que constituye un trabajo de autoría propia, sobre la cual tiene potestad para otorgar los derechos contenidos en esta licencia.

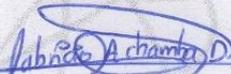
El autor declara que el contenido que se publicará es de carácter académico y se enmarca en las disposiciones definidas por la Universidad Técnica de Machala.

Se autoriza a transformar la obra, únicamente cuando sea necesario, y a realizar las adaptaciones pertinentes para permitir su preservación, distribución y publicación en el Repositorio Digital Institucional de la Universidad Técnica de Machala.

El autor como garante de la autoría de la obra y en relación a la misma, declara que la universidad se encuentra libre de todo tipo de responsabilidad sobre el contenido de la obra y que asume la responsabilidad frente a cualquier reclamo o demanda por parte de terceros de manera exclusiva.

Aceptando esta licencia, se cede a la Universidad Técnica de Machala el derecho exclusivo de archivar, reproducir, convertir, comunicar y/o distribuir la obra mundialmente en formato electrónico y digital a través de su Repositorio Digital Institucional, siempre y cuando no se lo haga para obtener beneficio económico.

Machala, 13 de julio de 2018



CHAMBA DIAZ FABRICIO ALEXANDER
0706395787

ESTUDIO DE LA TIPOLOGÍA DEL SUELO APLICANDO LA METODOLOGÍA AASHTO, DONDE SE CONSTRUYE EL DISTRIBUIDOR DE TRÁFICO BELLA INDIA

Autor: Fabricio Alexander Chamba Diaz

E-mail: fabricio_chamba_@hotmail.com

RESUMEN

Aquel presente proyecto tiene como objetivo primordial, determinar o conocer la tipología del suelo encontrado en los alrededores del distribuidor de tráfico del sector Bella India de la provincia de el Oro, cabe destacar que en este lapso del tiempo las condiciones meteorológicas no eran favorables en el momento de la extracción de aquellas muestras.

Para la obtención de las muestras, se clasificaron por calicatas, es decir se extrajeron calicatas a partir de la superficie de 0-5 cm, 50 cm, 1 m y 1,5 m en cuatro puntos diferentes de forma manual se logró excavar el suelo natural encontrado comúnmente en las bananeras, aquella extracción tuvo un lapso de duración desde el lunes 14 de Mayo del 2018 hasta el jueves 17 de Mayo del 2018, aquellas muestras son llevadas inmediatamente al laboratorio de Mecánica de suelos ubicado en la Unidad Académica de Ingeniería Civil, para primeramente obtener el contenido de humedad y después realizar los demás correspondientes ensayos con los instrumentos adecuados encontrados dentro de la facultad.

Por medio de los ensayos correspondientes se determinaron las diversas características del suelo con los procedimientos adecuados, donde se obtuvieron datos que nos ayudarán a clasificar el suelo en este caso por medio de la metodología AASHTO, estos datos son llevados para después proceder a los respectivos cálculos correspondientes, donde cabe mencionar que solo se ensayaron cuatro calicatas representadas por cada punto diferente del sector con una profundidad de 1 m cada una, por lo tanto los resultados eran diferentes uno de otro, logrando la identificación de cada muestra de suelo a partir de sus características mecánicas.

PALABRAS CLAVES: Tipología del suelo, Calicatas, Ensayos, Contenido de Humedad

**STUDY OF THE SOIL TYPOLOGY APPLYING THE AASHTO METHODOLOGY,
WHERE THE BELLA INDIA TRAFFIC DEALER IS BUILT**

Author: Fabricio Alexander Chamba Diaz

E-mail: fabricio_chamba_@hotmail.com

ABSTRACT

The main objective of this project is to determine or know the type of soil found in the surroundings of the traffic distributor of the Bella India sector of the province of El Oro, it should be noted that during this time the weather conditions were not favorable in the moment of the extraction of those samples.

To obtain the samples, they were classified by test pits, that is to say, pits were extracted from the surface of 0-5 cm, 50 cm, 1 m and 1.5 m in four different points manually, it was possible to excavate the natural soil found commonly in the banana plantations, that extraction lasted from Monday, May 14, 2018 to Thursday, May 17, 2018, those samples are taken immediately to the soil mechanics laboratory located in the Academic Unit of Civil Engineering, to first obtain the moisture content and then perform the other corresponding tests with the appropriate instruments found within the faculty.

By means of the corresponding tests the diverse characteristics of the ground with the suitable procedures were determined, where data were obtained that helped us to classify the ground in this case by means of the AASHTO methodology, these data are taken to later proceed to the respective calculations corresponding, where it is worth mentioning that only four pits represented by each different point of the sector with a depth of 1 m each were tested, therefore the results were different from each other, obtaining the identification of each soil sample from its mechanical characteristics.

KEYWORDS: Soil typology, Calicates, Tests, Moisture content

ÍNDICE DEL CONTENIDO:

RESUMEN	1
ABSTRACT	2
1. INTRODUCCIÓN	5
1.1 Objetivo general	6
1.2 Objetivos específicos	7
1.3 Antecedentes	7
1.4 Ubicación del proyecto	7
2. DESARROLLO	9
2.1 Componentes del Suelo	9
2.2 Propiedades mecánicas del suelo	10
2.2.1 Contenido de humedad	10
2.2.2 Relación de vacíos o índices de poros	11
2.2.3 Porosidad	11
2.2.4 Grado de saturación	11
2.2.5 Peso volumétrico húmedo	12
2.2.6 Peso específico seco de la masa o peso unitario seco	12
2.3 Ensayos propuestos para determinar la tipología del suelo	12
2.3.1 Extracción de calicatas	12
2.3.2 Contenido de humedad	12
2.3.3 Densidad de la muestra de suelo tallada cilíndricamente	13
2.3.4 Análisis granulométrico	13
2.3.4.1 Granulometría por tamices	14
2.3.5 Límites de Atterberg	16
2.3.5.1 Limite líquido	16
2.3.5.2 Limite plástico	16
2.3.6 Clasificación del suelo por el sistema AASHTO	17
2.3.7 Densidad máxima a través de la compactación de suelos	17
3. CONCLUSIONES	19
Bibliografía	20
ANEXOS	22
MEMORIA FOTOGRÁFICA	45

ÍNDICE DE TABLAS:

Tabla 1	Coordenadas del proyecto.....	8
Tabla 2	Contenido de humedad de calicatas en bella india.....	13
Tabla 3	Resultados obtenidos de las características de suelo.....	13
Tabla 4	Resultados de ensayos de límites de Atterberg.....	17
Tabla 5	Resultados de Clasificación del suelo según el AASHTO.....	17
Tabla 6	Densidad máxima de las 4 calicatas sector bella india.....	18

ÍNDICE DE FIGURAS:

Figura 1	Vista en planta de extracción de calicatas para estudios de suelo.....	8
Figura 2	Componentes comunes encontrados en suelos.....	10
Figura 3	Curva granulométrica de Calicata # 1 a 1 m de profundidad.....	14
Figura 4	Curva granulométrica de Calicata # 2 a 1 m de profundidad.....	15
Figura 5	Curva granulométrica de Calicata # 3 a 1 m de profundidad.....	15
Figura 6	Curva granulométrica de Calicata # 4 a 1 m de profundidad.....	15

LISTA DE ANEXOS

Anexo 1. Contenido de humedad de calicata #1.....	22
Anexo 2. Contenido de humedad de calicata #2.....	22
Anexo 3. Contenido de humedad de calicata #3.....	23
Anexo 4. Contenido de humedad de calicata #4.....	23
Anexo 5. Densidad de los sólidos de la calicata # 1 a 1 m de profundidad.....	24
Anexo 6. Densidad de los sólidos de la calicata # 2 a 1 m de profundidad.....	25
Anexo 7. Densidad de los sólidos de la calicata # 3 a 1m de profundidad.....	26
Anexo 8. Densidad de los sólidos de la calicata # 4 a 1m de profundidad.....	27
Anexo 9. Análisis Granulométrico de la calicata #1 a 1m de profundidad.....	28
Anexo 10. Análisis Granulométrico de la calicata #2 a 1m de profundidad.....	29
Anexo 11. Análisis Granulométrico de la calicata #3 a 1m de profundidad.....	30
Anexo 12. Análisis Granulométrico de la calicata #4 a 1m de profundidad.....	31
Anexo 13 Límites de consistencia de la calicata #1 a 1m de profundidad.....	32
Anexo 14. Límites de consistencia de la calicata #2 a 1m de profundidad.....	34
Anexo 15 Límites de consistencia de la calicata #3 a 1m de profundidad.....	36
Anexo 16. Límites de consistencia de la calicata #4 a 1m de profundidad.....	38
Anexo 17 Clasificación de las calicatas según el AASHTO.....	40
Anexo 18. Densidad máxima de la calicata #1 a 1m de profundidad.....	41
Anexo 19. Densidad máxima de la calicata #2 a 1m de profundidad.....	42
Anexo 20. Densidad máxima de la calicata #3 a 1m de profundidad.....	43
Anexo 21. Densidad máxima de la calicata #4 a 1m de profundidad.....	44

1. INTRODUCCIÓN

Antes de realizar cualquier construcción, la base fundamental de que aquella se lleva a cabo es una buena cimentación y eso únicamente lo podemos lograr con el correspondiente estudio de suelos, es decir con ello podemos determinar el tipo de suelo donde se va a implantar dicha construcción, si éste es un suelo apto y resistente para soportar dicha edificación, ya que la arcilla expansiva es el enemigo formidable de todo ingeniero civil, por tal razón se debe tomar las debidas precauciones anticipando por medio de estudios y ensayos de laboratorio su localización de aquellos tipos de suelos.

Para poder identificar cuándo un suelo es arcilloso o granular, se lo logra a partir de estudios conforme a la rama de mecánica de suelos, independiente del estado en que se encuentran sea este seco o saturado. Estos suelos se los consideran saturados cuando ciertas capas se encuentran por debajo de la línea del nivel de agua, y es ahí donde interactúan dos fases las cuales son sólida y líquida, es decir el suelo no se encuentra totalmente seco por la razón de que contiene espacios o poros que están siendo ocupados por agua [1].

El suelo al estar en contacto con la lluvia, ríos, y lagunas cambia radicalmente sus propiedades mecánicas como por ejemplo el porcentaje de humedad y saturación. En una precipitación, el agua cae sobre la superficie y en algunos casos es retenida y en otros es absorbida por el suelo, generando movimientos dentro de él produciendo un fenómeno llamado permeabilidad [2]. En un suelo granular o cohesivo para determinar su contenido de humedad, se lo logra a partir de sus masas ya sea en el momento en que se encuentra saturado y cuando es secado totalmente a una temperatura de $110 \pm 5^\circ\text{C}$, obteniendo el porcentaje en que el agua ocupa los espacios o poros en una masa de suelo [3].

Gracias a los avances tecnológicos de hoy en día, podemos determinar la variación de intensidad del sismo a partir de los parámetros de estudio de las propiedades mecánicas, hidráulicas e ingenieriles del suelo, como por ejemplo la densidad natural, contenido de finos, límite líquido, contenido de humedad, entre otros. Dichos resultados intervienen en las ecuaciones empíricas para determinar la variación de intensidad del sismo ya mencionado [4].

1.1 Objetivo general

Identificar el tipo de suelo existente en los alrededores del sector distribuidor de tráfico Bella India del eje vial E 25 río 7 Huaquillas, mediante los diferentes ensayos correspondientes en el laboratorio, para la clasificación de dicho suelo por el sistema AASHTO.

1.2 Objetivos específicos

- ❖ Investigar bibliográficamente las metodologías para la clasificación de suelos.
- ❖ Identificar las características mecánicas del suelo situado en el sector Bella India.
- ❖ Clasificar el tipo de suelo según los resultados obtenidos en el laboratorio utilizando la metodología AASHTO.

1.3 Antecedentes

Los ensayos o prácticas que se van desarrollando al transcurso de reconocer el tipo de suelo, generarán datos que nos servirán para poder desarrollar los cálculos respectivos, en la que se tomarán en cuenta como guías de referencia las diferentes normas elaboradas por la AASHTO, referentes a mecánica de suelos, con sus respectivas fórmulas y grado de tolerancia.

El estudio de la tipología del suelo tiene como objetivo primordial diagnosticar si estos suelos son aptos para el uso de pavimentos, a partir de sus propiedades físicas y mecánicas especialmente cuando se tratan de materiales arcillosos ya que estos experimentan cambios bruscos en sus propiedades en el momento de estar en contacto con el agua [5].

1.4 Ubicación del proyecto

Las muestras de suelo están ubicadas en los alrededores de las vías: Machala-Pasaje, Guabo-Santa Rosa y viceversa, de la Provincia de el Oro, Parroquia el Cambio en el distribuidor de tráfico Bella India, cercanos a las plantaciones de Banano como suelo totalmente natural, las coordenadas son las siguientes:

Tabla 1 Coordenadas del proyecto

UBICACIÓN DE LA MUESTRA DE SUELO	COORDENADAS UTM		COTA
	NORTE	ESTE	
CALICATA 1	9634543.46 m	623017.32 m	14
CALICATA 2	9634252.00 m	623707.17 m	17
CALICATA 3	9634555.22 m	623490.50 m	16
CALICATA 4	9634874.61 m	623411.88 m	16

Fuente Propia

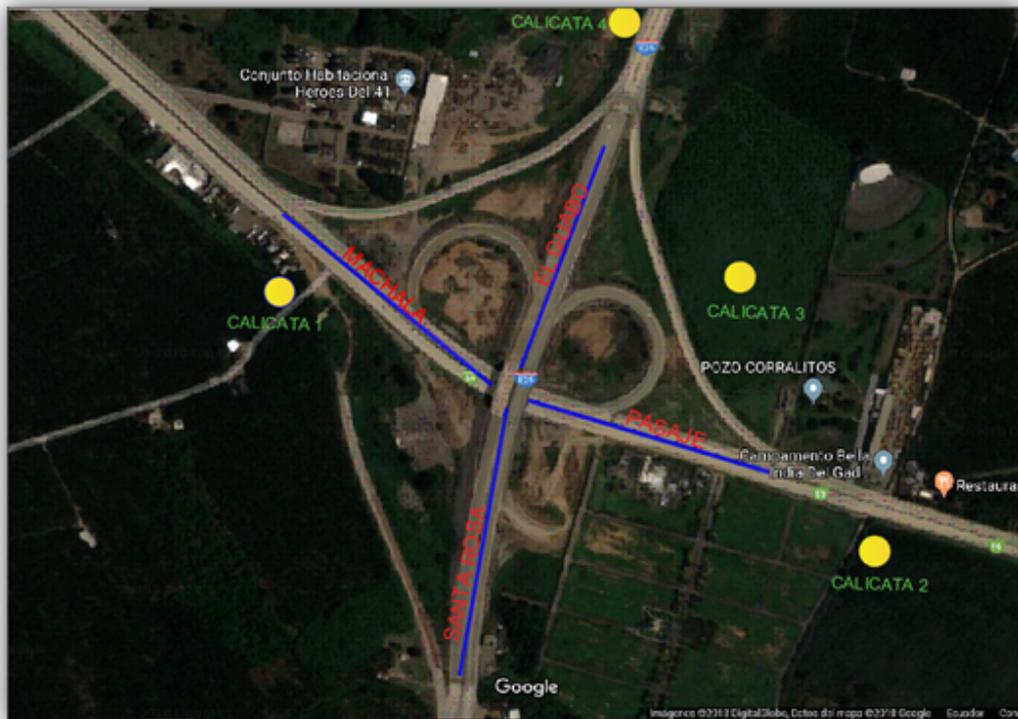


Figura 1. Vista en planta de extracción de calicatas para estudios de suelo
Fuente: Google Earth, 2018

El distribuidor de tráfico o denominado también trébol de conexión vial se encuentra ubicado en el sector bella india, que en la actualidad aún se encuentra en construcción, este se catalogara como un sector transitorio muy importante y por tal razón se logra notar que en sus alrededores existen terrenos naturales que son de base para el crecimiento de plantaciones de banano, y es ahí donde entra la lógica del ingeniero civil proyecta una visión al futuro donde ahí existirá una demanda de crecimiento de la densidad poblacional, está requerirá de más área donde se realizara las diferentes edificaciones que ayudar al progreso cantonal, y por tal razón se necesitará de estudios de suelos que corroboren la información necesaria si estos suelos ubicados por diferentes calicatas como se aprecia en la figura 1, se descartaran

o no la posibilidad de ser aprovechados para formar parte de la base de cimentación de algunas de estas construcciones que se van a realizar a futuro.

Otro detalle que lograremos con aquel estudio sería en brindarnos información si dicho suelo tiene que ser mejorado, y en qué condiciones necesita ser mejorado ya que se extrajo muestras a diferentes profundidades hasta 1,5 m y esto nos ayudará a identificar si existe estrato rocoso o necesitará un relleno de suelo mejorado, o también pilotes dependiendo de la magnitud de la obra, es por ello que concluimos con la identificación de cada muestra de suelo según los resultados obtenidos en el laboratorio.

2. DESARROLLO

2.1 Componentes del Suelo

Un suelo está constituido por tres fases o estados presentes en la naturaleza como son en el estado sólido, líquido y gaseoso o también pueden estar en combinación de estos como se observa en la figura 2, lo que lo convierte en un sistema trifásico y heterogéneo, generando que se produzcan algunos fenómenos a partir de sus correlaciones existentes entre sus pesos y volúmenes de la masa de suelo, tales como por ejemplo la porosidad, humedad, saturación, pesos volumétricos, etc. [6]

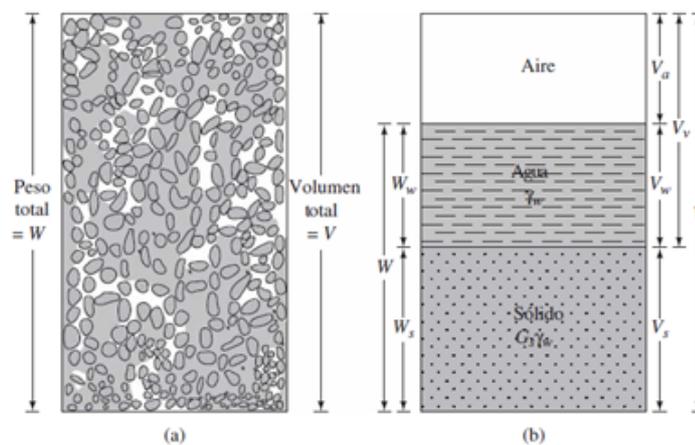


Figura 2 (a) Elemento de un suelo en estado natural; (b) 3 fases del elemento de suelo

Fuente: Fundamentos de ingeniería geotécnica cuarta edición autor: Braja M. Das

V = Volumen total de la masa de suelo

V_v = Volumen de vacíos que puede ser la sumatoria de $V_a + V_w$

V_s = Volumen de los sólidos

V_a = Volumen de aire existente

V_w = Volumen de agua contenida en dicha muestra

W = Peso total de la masa de suelo

W_a = Peso de la fase gaseosa considerado como $W_a = 0$

W_w = Peso del agua contenida en la muestra

W_s = Peso de los sólidos

Cabe recalcar que cuando el suelo se encuentre totalmente seco, no existe la fase líquida y por ende no existirán algunos datos como: el peso y volumen del agua, volumen de vacíos, encontrándose en un estado totalmente sólido.

2.2 Propiedades mecánicas del suelo

2.2.1 Contenido de humedad

“El contenido de humedad (w) también se conoce como contenido de agua y se define como la relación del peso de agua al peso de los sólidos en un volumen dado de suelo [7]”, expresando su resultado en porcentaje:

$$\omega (\%) = W_w/W_s \times 100$$

Para dicho ensayo se necesita una balanza electrónica de precisión de 0,1 gr, un horno especial adecuado para aquellas prácticas y recipientes metálicos.

2.2.2 Relación de vacíos o índices de poros

La relación de vacíos es un valor adimensional conocida como la medida de densidad de un suelo, ya que es una densidad crítica por la razón de ser estas más notorias características del suelo, se asemeja a otras características como la permeabilidad y la resistencia ya que ambas se refieren a la relación de vacíos.

“La relación de vacíos (e) se define como la razón del volumen de vacíos al volumen de sólidos [7]”, pero cuando son suelos parcialmente saturados que es nuestro caso, el volumen de vacíos es igual al volumen del agua y está dada por la siguiente fórmula:

$$e = V_v/V_s = V_w/V_s \quad (\text{Caso de suelos saturados})$$

2.2.3 Porosidad

Uno de los indicadores para medir la capacidad que tiene el suelo al almacenamiento de agua además de la humedad es la porosidad, ya que ésta también permite medir el flujo de aire por medio del tamaño y distribución de los poros que influyen mucho en los procesos de la erosión hídrica y facilidad de transporte de agua [8].

“La porosidad (n) se define como la razón del volumen de vacíos al volumen total [7]” obteniendo la siguiente fórmula:

$$n (\%) = V_v/V \times 100$$

2.2.4 Grado de saturación

Un suelo totalmente seco tiene un grado de saturación nulo ($S = 0\%$), por la razón de que no existen índices de poros ocupados por agua, mientras que un suelo total o parcialmente saturado dicho porcentaje puede variar hasta 100%, esta característica

de suelo es muy útil por la razón de que es una variante que influye mucho en algunas de las propiedades muy importantes como es la permeabilidad, la compresibilidad y el esfuerzo cortante.

“El grado de saturación (S) se define como la razón del volumen de agua al volumen de vacíos [7]”, expresado en la siguiente fórmula:

$$S (\%) = V_w/V_v \times 100$$

2.2.5 Peso volumétrico húmedo

También denominado peso específico de la masa es una característica del suelo donde no se cuenta el grado de saturación y está dada por la relación existente entre el peso total húmedo en el aire de una masa de suelo y su volumen total [7], resumiendo de la siguiente fórmula:

$$Y_m = W/V$$

2.2.6 Peso específico seco de la masa o peso unitario seco

“En ocasiones es necesario conocer el peso por unidad de volumen de suelo excluyendo el agua. Esto se conoce como peso unitario, Y_d . Por lo tanto, [7]”.

$$Y_d = W_s/V$$

2.3 Ensayos propuestos para determinar la tipología del suelo

2.3.1 Extracción de calicatas

Esta es la primera e importante fase para el previo estudio de identificar el suelo, ésta consiste en la extracción de la muestra de suelo por medio de la excavación, ya sea ésta manual o por medio de maquinaria, en nuestro caso se hizo de forma manual y estas muestras las clasificamos en calicatas, ¿a que llamamos calicatas? Calicatas técnicamente son muestras de suelos tomadas a diferentes profundidades para en nuestro caso de 0-5 cm, 50 cm, 1m y 1.5 m en total se tomaron 4 calicatas por cada muestra de suelo generando un total del proyecto de 16 calicatas por los 4 puntos de suelo.

2.3.2 Contenido de humedad

Esta es la primera fase de estudio en el laboratorio, después de concluir con la extracción de las muestras de suelos a través de calicatas, empezamos de inmediato

con el ensayo de contenido de humedad, de lo contrario estas muestras perderían su humedad natural al estar expuestos al contacto del sol y agentes externos.

CONTENIDO DE HUMEDAD (w%)				
PROFUNDIDAD	CALICATAS			
	1	2	3	4
0-5 cm	37,03	37,04	29,93	30,29
50 cm	33,35	33,28	35,85	32,15
1 m	31,16	38,56	39,13	37,29
1,5 m	27,13	37,28	38,34	35,60
$\Sigma W\%$	32,17	36,54	35,81	33,83

Tabla 2 Contenido de humedad de calicatas en bella india

2.3.3 Densidad de la muestra de suelo tallada cilíndricamente

Como en todas las muestras de suelo natural no se encontró presencia de gravas, o material grueso, a simple vista se observó que es un material fino, y por tal razón se recurrió a realizar dicha práctica con el fin de encontrar los pesos y volúmenes constitutivos en una masa de suelo, incluidos las demás características de suelo detalladas anteriormente con sus correspondientes fórmulas.

CALICATA #	Volumetrico humedo (γ_m) gr/cm ³	especifico seco (γ_s) gr/cm ³	Saturacion (S%)	Porosidad (n%)	Indice de poros (e)
1	1,806	2,422	100	43,300	0,764
2	1,705	2,359	100	48,094	0,927
3	1,579	2,057	100	45,239	0,826
4	1,823	2,492	100	44,823	0,812

Tabla 3 Resultados obtenidos de las características de suelo

2.3.4 Análisis granulométrico

Las fracciones granulométricas del suelo nos permiten conocer la cohesión y resistencia de las partículas, en fin, el análisis granulométrico es una práctica primordial para poder hallar las determinaciones físicas del suelo, y son a menudo utilizadas en la clasificación de acuerdo con la cantidad y tamaño de las partículas. Ya que los materiales como la arena, limo y arcilla son la base para poder lograr una estimación de las propiedades hidráulicas y son factores muy importantes para poder lograr la identificación y clasificación del suelo según el sistema deseado sea este AASHTO y Sucs [9].

En la actualidad existen diversos métodos para poder determinar la granulometría de un suelo, todas estas examinan anticipadamente la dispersión de cada una de las partículas. Esta dispersión se realiza generalmente por medios mecánicos como por ejemplo por medio de agitación mecánica, que se lo logran con la ayuda de tamices metálicos y también por medio de químicos llamado análisis granulométrico por hidrómetro. Este químico que se agrega es llamado hexametáfosfato de sodio que genera una dispersión de las partículas primarias facilitando su análisis granulométrico [10].

2.3.4.1 Granulometría por tamices

Mediante el análisis granulométrico por medio de tamices logramos determinar el porcentaje de las partículas gruesas existentes en dicha muestra de suelo, es un proceso de agitación mecánica que consiste en clasificar los porcentajes pasantes de cada tamiz.

Figura 3. Curva granulométrica de Calicata # 1 a 1 m de profundidad

Fuente. Propia

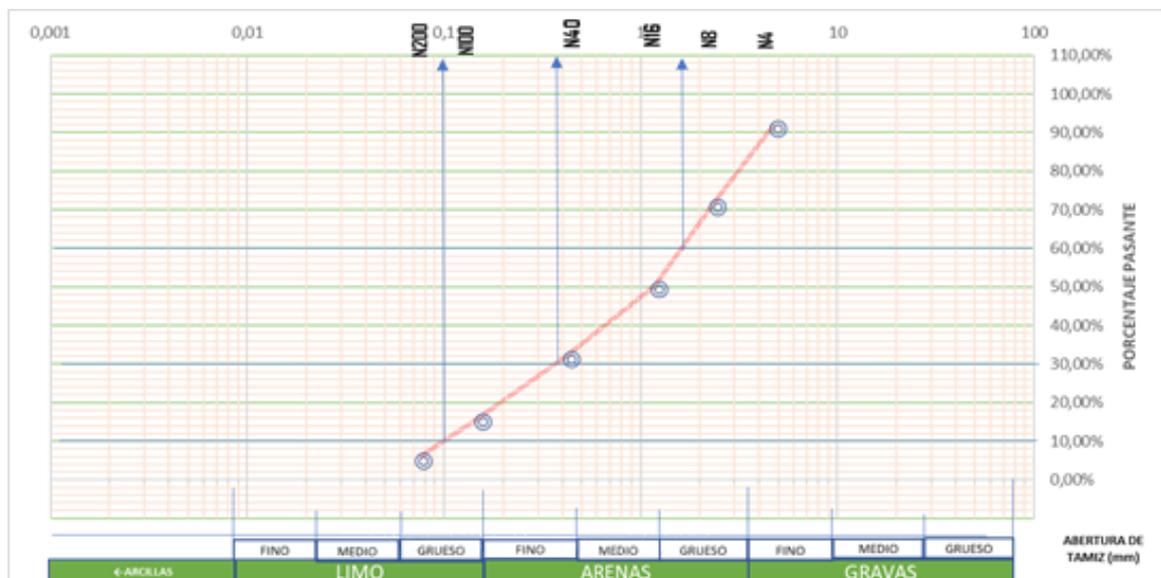


Figura 4 Curva granulométrica de Calicata # 2 a 1 m de profundidad.

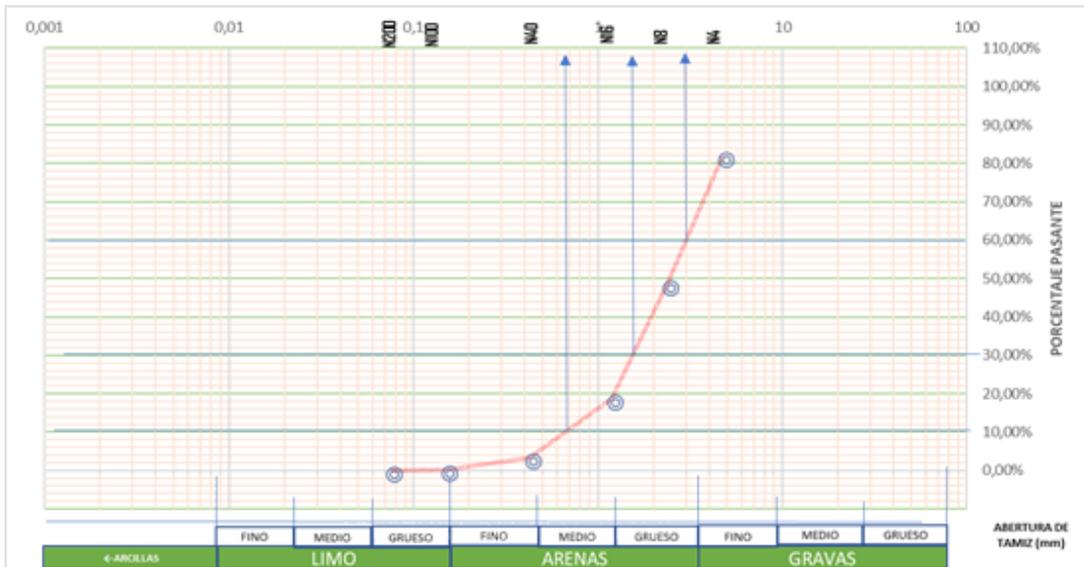


Figura 5 Curva granulométrica de Calicata # 3 a 1 m de profundidad.

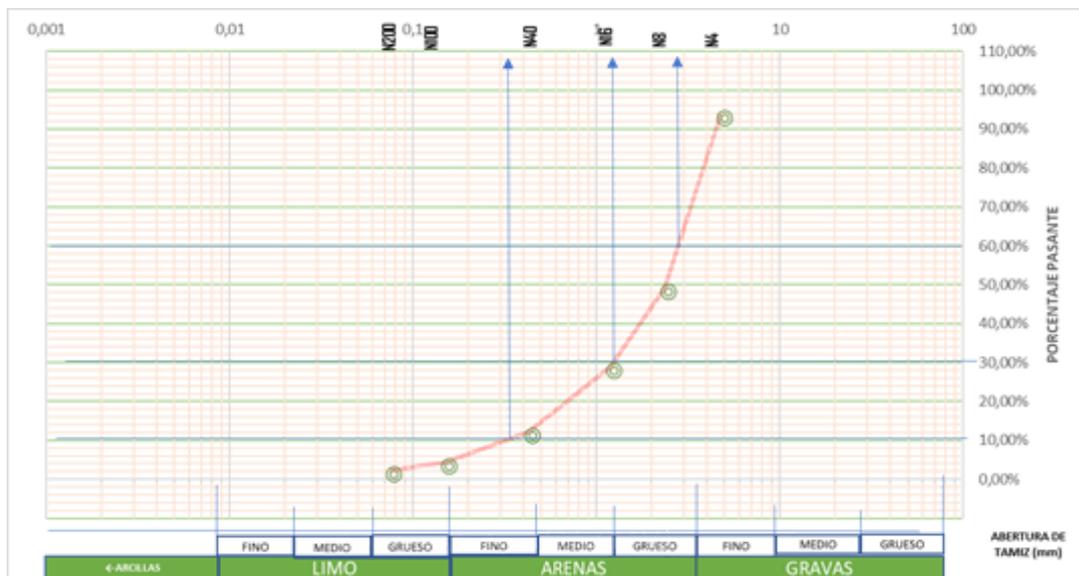
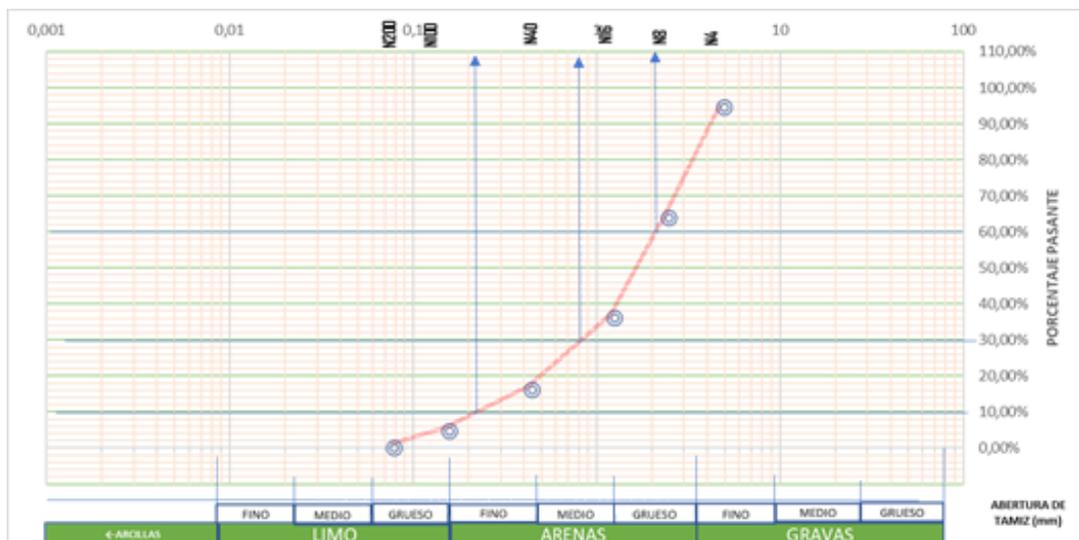


Figura 6 Curva granulométrica de Calicata # 4 a 1 m de profundidad.



Mediante el análisis granulométrico se pudo definir que en las 4 muestras de suelo son suelos considerados poco uniformes bien graduados.

2.3.5 Límites de Atterberg

Para materiales arcillosos y limosos, el sueco Atterberg desarrolló diversos métodos para poder evaluar la plasticidad de cada suelo, todo en función del contenido de humedad y los definió de la siguiente manera: límite líquido (LL) como la humedad del suelo cuando este alcanza el límite entre el estado plástico y viscoso; Límite Plástico (LP) cuando la humedad del suelo está en entre el estado plástico y semisólido y por último y no menos importante el índice plástico (IP) que no es más que la diferencia entre los dos límites ya mencionados [11].

2.3.5.1 Limite liquido

Llamamos límite líquido al contenido de humedad, que consiste en que la masa de suelo debe colocarse en un recipiente en forma de cuchara grande denominado aparato de Copa de Casagrande, esta muestra es separada con un ranurador para después dejar caer esta cuchara desde una altura fija no mayor de 1 cm, y según los golpes que se generan va cerrándose la ranura, lo óptimo es llegar a los 25 golpes de la cuchara contra una superficie totalmente lisa. Para este ensayo, se utilizan muestras de suelo que hayan pasado el tamiz #40 [12].

2.3.5.2 Límite plástico

El límite plástico se asemeja con el límite líquido, a diferencia que en este límite se utiliza otro método para su determinación de contenido de humedad del suelo, el cual consiste en formar un rollo cilíndrico de suelo que se rompe al momento del amasado en un diámetro alrededor de 3 mm, se considera un método muy peculiar en el que involucra mucho la destreza del operario definiendo en si el contenido de humedad en el momento en el que el suelo se torna quebradizo [12].

LIMITES DE CONSISTENCIA					
CALICATA #	LIMITE LIQUIDO (LL %)	LIMITE PLASTICO (LP %)	LIMITE DE CONTRACCION (LC %)	INDICE DE PLASTICIDAD (IP %)	TIPO DE SUELO
1	39,70	30,00	26,58	9,70	SUELO DE MEDIANA PLASTICIDAD
2	50,50	---	29,11	---	N.P
3	52,42	---	26,06	---	N.P
4	38,30	---	26,57	---	N.P

Tabla 4 Resultados de ensayos de límites de Atterberg

2.3.6 Clasificación del suelo por el sistema AASHTO

Gracias al sistema de clasificación AASHTO, comúnmente el más utilizado hoy en día para la clasificación de suelos en carreteras, clasifica a aquellos suelos que han pasado más del 35% por el tamiz No 200 como materiales limo-arcillosos, y presentan grandes cambios de volumen, estos suelos son considerados como regular a pobre [11].

En nuestro caso encontramos un suelo de clasificación como subbase de excelente a buena por la razón de que menos del 35% pasaron el tamiz #200.

CALICATA #	PASA No 10 %	PASA No 40 %	PASA No 200 %	WL %	IP %	AASHTO	INDICE DE GRUPO
1	50,43	32,2	6,01	39,70	9,70	A-2-4	0
2	18,74	3,35	0,2	50,50	---	A-2-7	4
3	28,97	12,15	2,34	52,42	---	A-2-7	4
4	37,22	17,28	1,07	38,30	---	A-2-4	0
DE EXCELENTE A BUENA							

Tabla 5 Resultados de Clasificación del suelo según el AASHTO

2.3.7 Densidad máxima a través de la compactación de suelos

La compactación de suelos consiste en la reducción de vacíos, permitiendo la expulsión de aire por medio de la acción de energía mecánica, permitiendo que el suelo forme un solo cuerpo rígido y a su vez generando un notable incremento en su resistencia. Esta práctica es fundamental para el diseño de estructuras en pavimentos,

empleando el uso de rodillos, vibro compactadoras, aplanadoras neumáticas en campo [13].

Ensayo de Proctor

Para el proceso de compactación en obra, primeramente, simulamos en el laboratorio por medio del ensayo de Proctor, a través de golpes sucesivos. Esto nos permite determinar la densidad seca máxima y la cantidad de agua óptima del geomaterial, esta prueba se encuentra normada por la ASTM, con sus debidos equipos, procedimientos y valores como referencia [14].

“La densidad que se puede tener en un suelo, por medio de un método de compactación dado, depende de su contenido de humedad. El contenido que da el más alto peso unitario en seco (densidad), se le llama contenido óptimo de humedad. En general esta humedad es menor que lo del límite plástico, y decrece al aumentar la compactación [15]”.

CALICATA #	Proctor modificado	
	Densidad maxima (gr/cm3)	Humeda optima (%)
1	1,199	10,7
2	1,158	15,2
3	1,264	12,2
4	1,282	12,5

Tabla 6 Densidad máxima de las 4 calicatas sector bella india

3. CONCLUSIONES

- ❖ Para poder clasificar el suelo se necesitó conocer las metodologías más utilizadas como son el sistema AASHTO y SUCS, para nuestro caso se empleó la normativa AASHTO, por motivo del planteamiento fijado en el ejercicio del proceso complejo, tomando en cuenta las condiciones y recomendaciones vigentes en las normativas AASHTO.
- ❖ De acuerdo con los resultados obtenidos en los ensayos, se identificó el grado de plasticidad de cada suelo, en la calicata #1 un índice de plasticidad (IP) de 9,70% por lo tanto son suelos de mediana plasticidad, mientras que en la calicata #2, calicata #3 y calicata #4 no tienen índice de plasticidad por la razón de que son suelos arenosos y no se pudo realizar los rollitos para obtener el límite plástico, y por ende su índice de plasticidad es nula. Indicando que son suelos poco uniformes bien graduados gracias al detalle de la curva granulométrica.
- ❖ A través de la tabla del sistema AASHTO de la clasificación de los suelos, en la calicata #1 y calicata #4 se identificó suelos tipo A-2-4, mientras que en la calicata #2 y calicata #3 se identificó suelos tipo A-2-7 donde hay presencia de grava y arena, catalogados como suelos aptos para subbase de excelente a buena.

Bibliografía

- [1] V. E. Meza Ochoa, «SUELOS PARCIALMENTE SATURADOS, DE LA INVESTIGACIÓN A LA CÁTEDRA,» *Boletín de Ciencias de la Tierra*, nº 31, pp. 23-38, julio 2012.
- [2] Y. Betancur Guirales, M. Builes Brand y Á. Á. Millán , «VARIACIÓN DE LAS PROPIEDADES MECÁNICAS DE ARCILLAS ALÓFANAS EN COLOMBIA AL VARIAR EL GRADO DE SATURACIÓN,» *EIA*, vol. 10, nº 20, pp. 173-181, julio-diciembre 2013.
- [3] M. Galván Ceballos y I. A. Restrepo, «Correlación de la resistencia a compresión uniaxial con la humedad y porosidad eficaz en rocas,» *Dyna*, vol. 83, nº 198, pp. 9-15, septiembre 2016.
- [4] A. Ordaz Hernández, E. Estévez Cruz, J. R. Hernández Santana y T. J. Chuy Rodríguez, «Modelación de parámetros geotécnicos como contribución a la zonación sísmica local: ciudad de San Cristóbal, Cuba,» *Minería y Geología*, vol. 30, nº 1, pp. 1-16, enero-marzo 2014.
- [5] H. A. Rondón , «EVALUACIÓN DEL COMPORTAMIENTO DE ARCILLAS SOMETIDAS A DIFERENTES TIEMPOS DE EXPOSICIÓN A ALTAS TEMPERATURAS,» *EIA*, nº 16, pp. 175-187, diciembre 2011.
- [6] G. Cid L., T. López S. y F. González R., «Parámetros fundamentales para la caracterización hidropedológica general de los suelos,» *Revista Ciencias Técnicas Agropecuarias*, vol. 15, nº 4, pp. 42-47, 2006.
- [7] D. Braja M., FUNDAMENTOS DE INGENIERÍA GEOTÉCNICA, México: CENGAGE LEARNING EDITORES, S.A. DE C.V., 2013.
- [8] J. L. González Barrios, G. González Cervantes y E. Chávez Ramírez , «Porosidad del suelo en tres superficies típicas de la cuenca alta del río Nazas,» *Tecnología y Ciencias del Agua*, vol. III, nº 1, pp. 21-32, enero-marzo 2012.
- [9] K. Borja Martínez, J. Mercado Lázaro y E. M. Combatt Caballero, «Dispersantes químicos y cuantificación de fracciones texturales por los métodos Bouyoucos y pipeta,» *Acta Agron*, vol. 64, nº 4, pp. 308-314, 2015.
- [10] L. La Manna, C. M. Rostagno, C. G. Buduba, J. Irisarri y A. Navas, «DETERMINACIONES DE GRANULOMETRÍA EN SUELOS VOLCÁNICOS: COMPARACIÓN ENTRE DISTINTOS MÉTODOS ANALÍTICOS,» *Ciencia del suelo*, vol. 34, nº 2, pp. 355-384, 2016.
- [11] J. M. Junco del Pino y E. Tejeda Piusseaut, «Consideraciones acerca de la actividad de las arcillas en la estabilización de suelos con sales cuaternarias de amonio.,» *Revista de Arquitectura e Ingeniería*, vol. 7, nº 3, pp. 1-12, diciembre 2013.

- [12] M. F. Serrano Guzmán, L. M. Torrado Gómez y D. D. Pérez Ruiz, «Impacto de los derrames de crudo en las propiedades mecánicas de suelos arenosos,» *General José María Córdova*, vol. 11, nº 12, pp. 233-244, julio-diciembre 2013.
- [13] J. F. Camacho Tauta, F. A. Molina Gómez y Ó. J. Reyes Ortiz , «Preparación de especímenes de arena para ensayos triaxiales mediante un método controlado de compactación,» *General José María Córdova*, vol. 12, nº 14, pp. 185-196, julio-diciembre 2014.
- [14] R. D. Oyola Guzmán, «Determinación de la resistencia a la penetración de un suelo cohesivo en diferentes condiciones de hidratación y compactación,» *Revista de Arquitectura e ingeniería*, vol. 10, nº 3, pp. 1-10, diciembre 2016.
- [15] W. E. Zambrano Zambrano, *Diseño estructural de Pavimentos*, Machala: UTMACH, 2016.

ANEXOS

Anexo 1. Contenido de humedad de calicata #1

		UNIVERSIDAD TÉCNICA DE MACHALA								
		FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL								
		LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS								
Proyecto :	REACTIVO PRACTICO	Operador :	Fabricio Alexander Chamba Diaz							
CONTENIDO DE HUMEDAD										
Perforación	CALICATA #1	Ubicación :	DISTRIBUIDOR DE TRAFICO BELLA INDIA		Fecha:	25/5/2018				
MUESTRA		W	1	2	3	4	5	6	7	8
PROFUNDIDAD			0-5 cm	50 cm		1 m		1,5 m		
RECIPIENTE		#	R68	K55	R73	R187	R34	R40	R23	R52
<i>Peso del suelo humedo + recipiente (W1)</i>		gr	83,03	76,80	80,61	87,19	77,51	78,73	82,25	86,15
<i>Peso del suelo seco + recipiente (W2)</i>		gr	63,43	58,44	62,87	67,75	61,32	62,41	66,93	69,74
<i>Peso del recipiente (W3)</i>		gr	9,67	9,60	9,51	9,64	9,67	9,72	9,82	9,91
<i>Peso del agua: $W_w=(W1-W2)$</i>		gr	19,60	18,36	17,74	19,44	16,19	16,32	15,32	16,41
<i>Peso del suelo seco: $W_s=(W2-W3)$</i>		gr	53,76	48,84	53,36	58,11	51,65	52,69	57,11	59,83
CONTENIDO DE HUMEDAD: $w\%=(W_w/W_s) \times 100$		%	36,46	37,59	33,25	33,45	31,35	30,97	26,83	27,43
			37,03		33,35		31,16		27,13	
			$\Sigma w\%$		32,17					

Anexo 2. Contenido de humedad de calicata #2

		UNIVERSIDAD TÉCNICA DE MACHALA					
		FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL					
		LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS					
Proyecto :	REACTIVO PRACTICO	Operador :	Fabricio Alexander Chamba Diaz				
CONTENIDO DE HUMEDAD							
Perforación N°	CALICATA #2	Ubicación :	DISTRIBUIDOR DE TRAFICO BELLA INDIA		Fecha:	25/5/2018	
MUESTRA		W	1	2	3	4	
PROFUNDIDAD			0-5 cm	50 cm		1 m	
RECIPIENTE		#	R5	R319	R25	R44T	
<i>Peso del suelo humedo + recipiente (W1)</i>		gr	86,23	87,27	82,29	86,06	
<i>Peso del suelo seco + recipiente (W2)</i>		gr	65,52	67,88	62,05	65,30	
<i>Peso del recipiente (W3)</i>		gr	9,61	9,62	9,56	9,61	
<i>Peso del agua: $W_w=(W1-W2)$</i>		gr	20,71	19,39	20,24	20,76	
<i>Peso del suelo seco: $W_s=(W2-W3)$</i>		gr	55,91	58,26	52,49	55,69	
CONTENIDO DE HUMEDAD: $w\%=(W_w/W_s) \times 100$		%	37,04	33,28	38,56	37,28	
			$\Sigma w\%$		36,54		

Anexo 3. Contenido de humedad de calicata #3

		UNIVERSIDAD TÉCNICA DE MACHALA									
		FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL									
		LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS									
Proyecto :		REACTIVO PRACTICO	Operador :		Fabricio Alexander Chamba Diaz						
CONTENIDO DE HUMEDAD											
Perforación N°	CALICATA #3	Ubicación :	DISTRIBUIDOR DE TRAFICO BELLA INDIA				Fecha:				
						25/5/2018					
MUESTRA		W	1	2	3	4	5	6	7	8	
PROFUNDIDAD			0-5 cm		50 cm		1 m		1,5 m		
RECIPIENTE		#	R121	R31	R19Y	R22	R91	R118	R860	R50	
Peso del suelo humedo + recipiente (W1)		gr	76,27	73,29	78,56	82,51	79,82	72,53	80,37	81,06	
Peso del suelo seco + recipiente (W2)		gr	61,06	58,48	60,33	63,29	59,97	54,92	60,84	61,23	
Peso del recipiente (W3)		gr	9,65	9,57	9,59	9,57	9,43	9,74	9,83	9,59	
Peso del agua: $Ww=(W1-W2)$		gr	15,21	14,81	18,23	19,22	19,85	17,61	19,53	19,83	
Peso del suelo seco: $Ws=(W2-W3)$		gr	51,41	48,91	50,74	53,72	50,54	45,18	51,01	51,64	
CONTENIDO DE HUMEDAD: $w\%=(Ww/Ws) \times 100$		%	29,59	30,28	35,93	35,78	39,28	38,98	38,29	38,40	
			29,93		35,85		39,13		38,34		
		$\Sigma W\%$	35,81								

Anexo 4. Contenido de humedad de calicata #4

		UNIVERSIDAD TÉCNICA DE MACHALA									
		FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL									
		LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS									
Proyecto :		REACTIVO PRACTICO	Operador :		Fabricio Alexander Chamba Diaz						
CONTENIDO DE HUMEDAD											
Perforación	CALICATA #4	Ubicación :	DISTRIBUIDOR DE TRAFICO BELLA INDIA				Fecha:				
						25/5/2018					
MUESTRA		W	1	2	3	4					
PROFUNDIDAD			0-5 cm		50 cm		1 m		1,5 m		
RECIPIENTE		#	R73	K14	R14	X50					
Peso del suelo humedo + recipiente (W1)		gr	89,03	85,52	80,06	78,52					
Peso del suelo seco + recipiente (W2)		gr	70,55	67,07	60,94	60,44					
Peso del recipiente (W3)		gr	9,54	9,68	9,67	9,66					
Peso del agua: $Ww=(W1-W2)$		gr	18,48	18,45	19,12	18,08					
Peso del suelo seco: $Ws=(W2-W3)$		gr	61,01	57,39	51,27	50,78					
CONTENIDO DE HUMEDAD: $w\%=(Ww/Ws) \times 100$		%	30,29	32,15	37,29	35,60					
			32,93		33,83						
		$\Sigma w\%$	33,83								

Anexo 5. Densidad de los sólidos de la calicata # 1 a 1 m de profundidad

 UNIVERSIDAD TÉCNICA DE MACHALA UNIDAD ACADÉMICA DE INGENIERÍA CIVIL			
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS			
PROYECTO	REACTIVO DEL COMPLEXIVO PARTE PRACTICA		
OBRA	DETERMINAR CARACTERÍSTICAS DEL SUELO		
LOCALIZACIÓN	CALICATA 1- ALREDEDORES DEL TRAFICO BELLAINDIA		
EN SAYO	DENSIDAD DE SUELOS		
PROFUNDIDAD	1 m		
DENSIDAD DE DE LAS MUESTRAS			
FECHA	25/5/2018	GRUPO: REACTIVO PARTE PRACTICA	
OPERADOR	FABRICIO A. CHAMBA DIAZ	CALCULÓ: FABRICIO CHAMBA DIAZ	
REVISÓ	Ing. Yudi Patricia Medina Sanchez		
MATERIAL MENOR QUE LA MALLA N° 40			
PRUEBA N°	1		
PESO DE LA MUESTRA	W	220,1 gr	
ALTURA	H (2D < H > 2,5D)	10,2 cm	
DIÁMETRO SUPERIOR	Ds	3,9 cm	
DIÁMETRO CENTRAL	Dc	3,9 cm	
DIÁMETRO INFERIOR	Di	3,9 cm	
ÁREA SUPERIOR	As	11,946 cm ²	
ÁREA CENTRAL	Ac	11,946 cm ²	
ÁREA INFERIOR	Ai	11,946 cm ²	
ÁREA MEDIA	$A_m = \frac{A_s + 4A_c + A_i}{6}$	11,946 cm	
VOLUMEN	V = A _m x H	121,849 cm ³	
PESO DEL AGUA	W _w = W - W _s	52,760 gr	
VOLUMEN DEL AGUA	V _w = (W _w / γ _w)	52,760 cm ³	
VOLUMEN DE LOS SÓLIDOS	V _s = V - V _w	69,089 cm ³	
γ _m	W / V	1,806 gr/cm ³	
PESO DE LA MUESTRA SECA	W _s	167,340 gr	
γ _d	$\frac{\gamma_m}{1 + \omega\% / 100}$	1,373 gr/cm ³	
G _m	γ _m / γ _w	1,806	
G _d	γ _d / γ _w	1,373	
G _s	γ _s / γ _w	2,422	
γ _s	W _s / V _s	2,422 gr/cm ³	
RELACIÓN DE VACÍOS	e	0,764	
POROSIDAD	n %	43,300 %	
SATURACIÓN	S %	100 %	

Anexo 6. Densidad de los sólidos de la calicata # 2 a 1 m de profundidad

 UNIVERSIDAD TÉCNICA DE MACHALA UNIDAD ACADÉMICA DE INGENIERÍA CIVIL LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS 	
PROYECTO	REACTIVO DEL COMPLEXIVO PARTE PRACTICA
OBRA	DETERMINAR CARACTERÍSTICAS DEL SUELO
LOCALIZACIÓN	CALICATA 2- ALREDEDORES DEL TRAFICO BELLA INDIA
EN SAYO	DENSIDAD DE SUELOS
PROFUNDIDAD	1 m
DENSIDAD DE DE LAS MUESTRAS	
FECHA	25/5/2018
OPERADOR	FABRICIO A. CHAMBA DIAZ
REVISÓ	Ing. Yudi Patricia Medina Sanchez
GRUPO: REACTIVO PARTE PRACTICA CALCULO: FABRICIO CHAMBA DIAZ	
MATERIAL MENOR QUE LA MALLA N° 40	
PRUEBA N°	1
PESO DE LA MUESTRA W	245,77 gr
ALTURA H (2D < H > 2,5D)	10,4 cm
DIÁMETRO SUPERIOR D _s	4,3 cm
DIÁMETRO CENTRAL D _c	4,2 cm
DIÁMETRO INFERIOR D _i	4,1 cm
ÁREA SUPERIOR A _s	14,522 cm ²
ÁREA CENTRAL A _c	13,854 cm ²
ÁREA INFERIOR A _i	13,203 cm ²
ÁREA MEDIA A _m = $\frac{A_s + 4A_c + A_i}{6}$	13,857 cm
VOLUMEN V = A _m x H	144,114 cm ³
PESO DEL AGUA W _w = W - W _s	69,310 gr
VOLUMEN DEL AGUA V _w = (W _w / γ _w)	69,310 cm ³
VOLUMEN DE LOS SÓLIDOS V _s = V - V _w	74,804 cm ³
γ _m = W / V	1,705 gr/cm ³
PESO DE LA MUESTRA SECA W _s	176,460 gr
γ _d = $\frac{\gamma_m}{1 + \omega\% / 100}$	1,224 gr/cm ³
G _m = γ _m / γ _w	1,705
G _d = γ _d / γ _w	1,224
G _s = γ _s / γ _w	2,359
γ _s = W _s / V _s	2,359 gr/cm ³
RELACIÓN DE VACÍOS e	0,927
POROSIDAD n %	48,094 %
SATURACIÓN S %	100 %

Anexo 7. Densidad de los sólidos de la calicata # 3 a 1m de profundidad

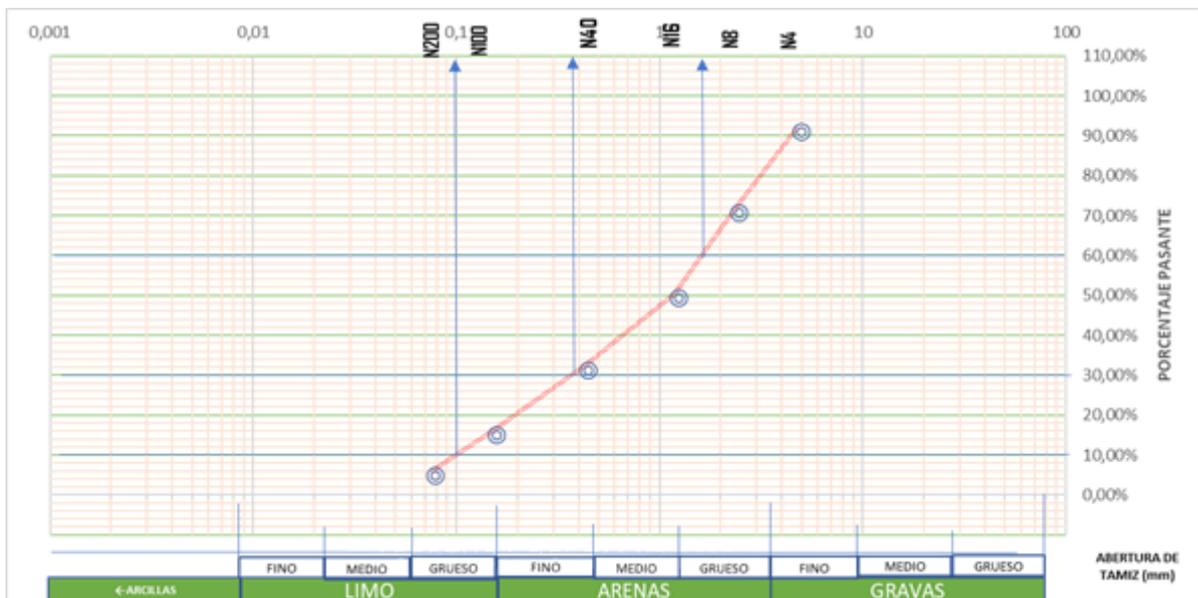
 UNIVERSIDAD TÉCNICA DE MACHALA UNIDAD ACADÉMICA DE INGENIERÍA CIVIL LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS 		
PROYECTO	REACTIVO DEL COMPLEXIVO PARTE PRACTICA	
OBRA	DETERMINAR CARACTERÍSTICAS DEL SUELO	
LOCALIZACIÓN	CALICATA 3- ALREDEDORES DEL TRAFICO BELLA INDIA	
EN SAYO	DENSIDAD DE SUELOS	
PROFUNDIDAD	1 m	
DENSIDAD DE DE LAS MUESTRAS		
FECHA	25/5/2018	GRUPO: REACTIVO PARTE PRACTICA
OPERADOR	FABRICIO A. CHAMBA DIAZ	CALCULÓ: FABRICIO CHAMBA DIAZ
REVISÓ	Ing. Yudi Patricia Medina Sanchez	
MATERIAL MENOR QUE LA MALLA N° 40		
PRUEBA N°	1	
PESO DE LA MUESTRA W	219,83 gr	
ALTURA H (2D < H > 2,5D)	10,8 cm	
DIÁMETRO SUPERIOR D _s	3,8 cm	
DIÁMETRO CENTRAL D _c	4,1 cm	
DIÁMETRO INFERIOR D _i	4,1 cm	
ÁREA SUPERIOR A _s	11,341 cm ²	
ÁREA CENTRAL A _c	13,203 cm ²	
ÁREA INFERIOR A _i	13,203 cm ²	
ÁREA MEDIA A _m = $\frac{A_s + 4A_c + A_i}{6}$	12,892 cm	
VOLUMEN V = A _m x H	139,237 cm ³	
PESO DEL AGUA W _w = W - W _s	62,990 gr	
VOLUMEN DEL AGUA V _w = (W _w / γ _w)	62,990 cm ³	
VOLUMEN DE LOS SÓLIDOS V _s = V - V _w	76,247 cm ³	
γ _m = W / V	1,579 gr/cm ³	
PESO DE LA MUESTRA SECA W _s	156,840 gr	
γ _d = $\frac{\gamma_m}{1 + \omega\% / 100}$	1,126 gr/cm ³	
G _m = γ _m / γ _w	1,579	
G _d = γ _d / γ _w	1,126	
G _s = γ _s / γ _w	2,057	
γ _s = W _s / V _s	2,057 gr/cm ³	
RELACIÓN DE VACÍOS e	0,826	
POROSIDAD n %	45,239 %	
SATURACIÓN S %	100 %	

Anexo 8. Densidad de los sólidos de la calicata # 4 a 1m de profundidad

 UNIVERSIDAD TÉCNICA DE MACHALA UNIDAD ACADÉMICA DE INGENIERÍA CIVIL LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS 		
PROYECTO	REACTIVO DEL COMPLEJIVO PARTE PRACTICA	
OBRA	DETERMINAR CARACTERÍSTICAS DEL SUELO	
LOCALIZACIÓN	CALICATA 4- ALREDEDORES DEL TRAFICO BELLA INDIA	
EN SAYO	DENSIDAD DE SUELOS	
PROFUNDIDAD	1 m	
DENSIDAD DE DE LAS MUESTRAS		
FECHA	25/5/2018	GRUPO: REACTIVO PARTE PRACTICA
OPERADOR	FABRICIO A. CHAMBA DIAZ	CALCULÓ: FABRICIO CHAMBA DIAZ
REVISÓ	Ing. Yudi Patricia Medina Sanchez	
MATERIAL MENOR QUE LA MALLA N° 40		
PRUEBA N°	1	
PESO DE LA MUESTRA	W	242,35 gr
ALTURA H	(2D < H < 2,5D)	10,4 cm
DIÁMETRO SUPERIOR	Ds	4,2 cm
DIÁMETRO CENTRAL	Dc	4 cm
DIÁMETRO INFERIOR	Di	4 cm
ÁREA SUPERIOR	As	13,854 cm ²
ÁREA CENTRAL	Ac	12,566 cm ²
ÁREA INFERIOR	Ai	12,566 cm ²
ÁREA MEDIA	$A_m = \frac{A_s + 4A_c + A_i}{6}$	12,781 cm
VOLUMEN	V = A _m x H	132,923 cm ³
PESO DEL AGUA	W _w = W - W _s	59,580 gr
VOLUMEN DEL AGUA	V _w = (W _w / γ _w)	59,580 cm ³
VOLUMEN DE LOS SÓLIDOS	V _s = V - V _w	73,343 cm ³
γ _m	W / V	1,823 gr/cm ³
PESO DE LA MUESTRA SECA	W _s	182,770 gr
γ _d	$\frac{\gamma_m}{1 + \omega_s / 100}$	1,375 gr/cm ³
G _m	γ _m / γ _w	1,823
G _d	γ _d / γ _w	1,375
G _s	γ _s / γ _w	2,492
γ _s	W _s / V _s	2,492 gr/cm ³
RELACIÓN DE VACÍOS	e	0,812
POROSIDAD	n %	44,823 %
SATURACIÓN	S %	100 %

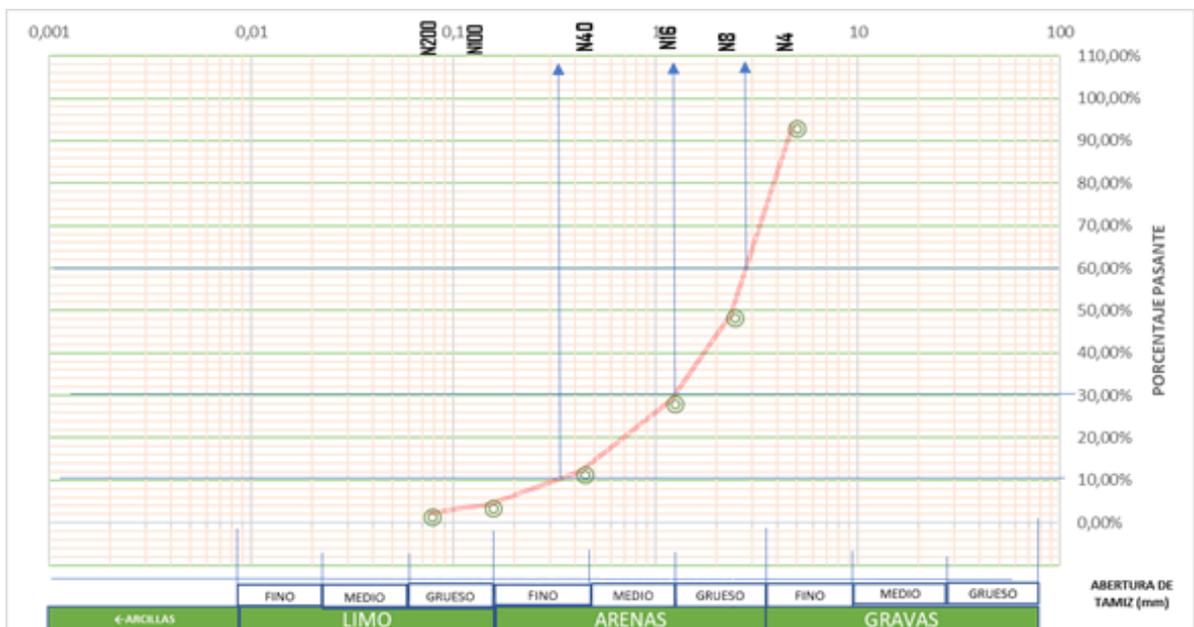
Anexo 9. Análisis Granulométrico de la calicata #1 a 1m de profundidad

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE MACHALA		FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL		LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS		ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO		(POR VIA SECA)	
PROYECTO : REACTIVO PRACTICO					FUENTE : Distribuidor de trafico Bella India Machala-Pasaje				
MUESTRA : #1					FECHA : 25/05/2018				
DESCRIPCIÓN DEL MATERIAL :									
CALICATA #1 A 1M DE PROFUNDIDAD									
Nº	Tamiz		Cantidad Retenida parcial (gr)	Cantidad Retenida Acumulada (gr)	Cantidad que pasa Acumulada (gr)	PORCENTAJE			OBSERVACION
	Pulg	mm				% RETENIDO	% RETENIDO ACUMULADO	% PASANTE ACUMULADO	
4	0,187	4,75	119	119,00	1378,00	7,95%	7,95%	92,05%	92,05%
8	0,0937	2,36	304	423,00	1074,00	20,31%	28,26%	71,74%	71,74%
10	0,0489	1,19	319	742,00	755,00	21,31%	49,57%	50,43%	50,43%
40	0,0165	0,425	273	1015,00	482,00	18,24%	67,80%	32,20%	32,20%
100	0,0059	0,15	240	1255,00	242,00	16,03%	83,83%	16,17%	16,17%
200	0,0029	0,075	152	1407,00	90,00	10,15%	93,99%	6,01%	6,01%
FONDO			90	1497,00	0,00	6,01%	100,00%	0,00%	0,00%
TOTAL			1497			100,00%			
PESO ANTES DEL TAMIZADO		1500,00 gr	D10	0,1	Cu	17,0	Coeficiente de uniformidad		
PESO DESPUES DEL TAMIZADO		1497,00 gr	D30	0,37	Cc	0,8	Coeficiente de curvat: 1-3		
ERROR: (PAT - PDT)/PAT *100		0,2	D60	1,7					
MATERIAL PASANTE POR EL TAMIZ N°200		90 gr							
					<i>Suelo considerado poco uniforme, bien graduado.</i>		Cu<3 : Uniformes y mal graduados Cu>4 : Poco Uniformes y bien graduados 1<Cc<3 : Suelo bien graduado, no uniforme		



Anexo 11. Análisis Granulométrico de la calicata #3 a 1m de profundidad

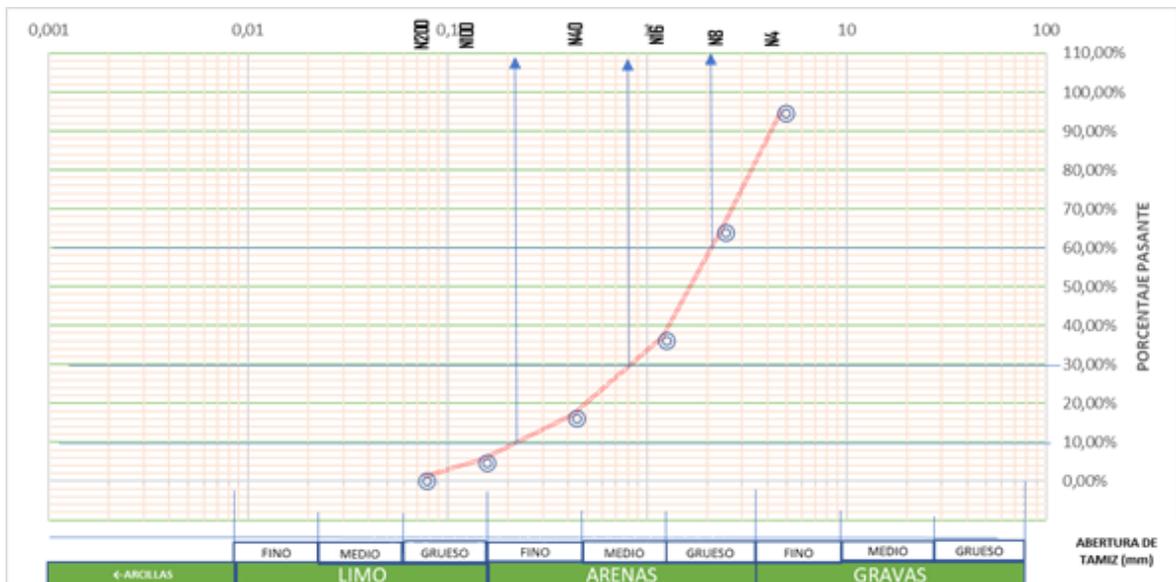
UNIVERSIDAD TÉCNICA DE MACHALA		FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL		LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS		ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO		(POR VIA SECA)	
PROYECTO : REACTIVO PRACTICO				FUENTE : Distribuidor de tráfico Bella India Machala-Pasaje					
MUESTRA : #1				FECHA : 25/05/2018					
DESCRIPCIÓN DEL MATERIAL :									
CALICATA #3 A 1M DE PROFUNDIDAD									
Nº	Tamiz		Cantidad Retenida parcial (gr)	Cantidad Retenida Acumulada (gr)	Cantidad que pasa Acumulada (gr)	PORCENTAJE			OBSERVACION
	Pulg	mm				% RETENIDO	% RETENIDO ACUMULADO	% PASANTE ACUMULADO	
4	0,187	4,75	92	92,00	1406,00	6,14%	6,14%	93,86%	
8	0,0937	2,36	670	762,00	736,00	44,73%	50,87%	49,13%	
10	0,0489	1,19	302	1064,00	434,00	20,16%	71,03%	28,97%	
40	0,0165	0,425	252	1316,00	182,00	16,82%	87,85%	12,15%	
100	0,0059	0,15	117	1433,00	65,00	7,81%	95,66%	4,34%	
200	0,0029	0,075	30	1463,00	35,00	2,00%	97,66%	2,34%	
FONDO			35	1498,00	0,00	2,34%	100,00%	0,00%	
TOTAL			1498			100,00%			
PESO ANTES DEL TAMIZADO			1500,00 gr	D10	0,32	Cu	8,8	Coeficiente de uniformidad	
PESO DESPUES DEL TAMIZADO			1498,00 gr	D30	1,3	Cc	1,9	Coeficiente de curvatura 1-3	
ERROR : (PAT - PDT)/PAT *100			0,133	D60	2,8				Cc3 : Uniforme y mal graduado
MATERIAL PASANTE POR EL TAMIZ Nº200			35 gr				Ccu4 : Poco Uniforme y bien graduado		
							Cc3 : Suelo bien graduado, no uniforme		



Anexo 12. Análisis Granulométrico de la calicata #4 a 1m de profundidad

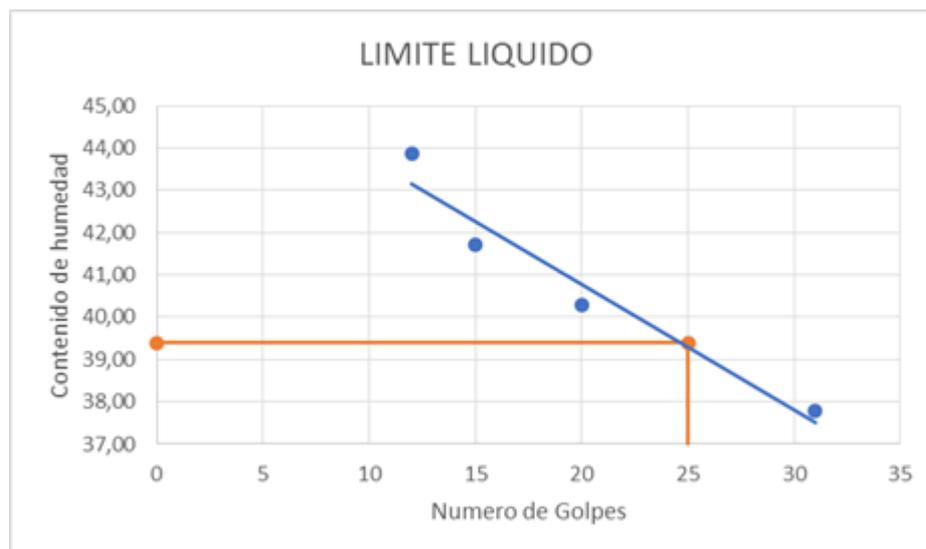
UNIVERSIDAD TÉCNICA DE MACHALA		FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL		LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS		ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO		(POR VIA SECA)	
PROYECTO : REACTIVO PRACTICO					FUENTE : Distribuidor de trafico Bella India Machala-Pasaje				
MUESTRA : #1					FECHA : 25/05/2018				
DESCRIPCIÓN DEL MATERIAL :									
CALICATA #4 A 1M DE PROFUNDIDAD									
Nº	Tamiz		Cantidad Retenida parcial (gr)	Cantidad Retenida Acumulada (gr)	Cantidad que pasa Acumulada (gr)	PORCENTAJE			OBSERVACION
	Pulg	mm				% RETENIDO	% RETENIDO ACUMULADO	% PASANTE ACUMULADO	
4	0,187	4,75	66	66,00	1433,00	4,40%	4,40%	95,60%	
8	0,0937	2,36	460	526,00	973,00	30,69%	35,09%	64,91%	
10	0,0489	1,19	415	941,00	558,00	27,69%	62,78%	37,22%	
40	0,0165	0,425	299	1240,00	259,00	19,95%	82,72%	17,28%	
100	0,0059	0,15	173	1413,00	86,00	11,54%	94,26%	5,74%	
200	0,0029	0,075	70	1483,00	16,00	4,67%	98,93%	1,07%	
FONDO			16	1499,00	0,00	1,07%	100,00%	0,00%	
TOTAL			1499			100,00%			
PESO ANTES DEL TAMIZADO		1500,00	gr	D10	0,22	Cu	9,5	Coeficiente de uniformidad	
PESO DESPUES DEL TAMIZADO		1499,00	gr	D30	0,82	Cc	1,5	Coeficiente de curvat 1-3	
ERROR: (PAT - PDT)/PAT *100		0,067		D60	2,1			Cu < 1: Uniforme y mal graduado	
MATERIAL PASANTE POR EL TAMIZ Nº200		16	gr					Cu < 1: Poco Uniforme y bien graduado	
								Cu < 1: Suelo bien graduado, no uniforme	

Suelo considerado poco uniforme, bien graduado.



Anexo 13 Límites de consistencia de la calicata #1 a 1m de profundidad

<div style="display: flex; justify-content: space-between; align-items: center;">  <div style="text-align: center;"> <h2>UNIVERSIDAD TÉCNICA DE MACHALA</h2> <h3>UNIDAD ACADÉMICA DE INGENIERÍA CIVIL</h3> <h4>LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS</h4> </div>  </div>								
PROYECTO OBRA LOCALIZACIÓN ENSAYO PROFUNDIDAD			REACTIVO PRACTICO DEL COMPLEXIVO DETERMINAR LAS CARACTERISTICAS DEL SU ELO CALICATA #1 DISTRIBUIDOR DE TRAFICO BELLA INDIA LIMITES DE CONSISTENCIA 1 m					
LIMITE LIQUIDO								
FECHA		28/5/2018			GRUPO		REACTIVO PRACTICO COMPLEXIVO	
OPERADOR		FABRICO ALEXANDER CHAMBA DIAZ			CALCULO		FABRICO A. CHAMBA DIAZ	
TUTORA		Ing. Yudii Patricia Medina Sanchez						
PRUEBA Nº	CÁPSULA Nº	NUMERO DE GOLPES	PESO CAP + SUELO HÚMEDO (gr)	PESO CAP + SUELO SECO (gr)	PESO DEL AGUA (gr)	PESO DE CÁPSULA (gr)	PESO DEL SUELO SECO (gr)	CONTENIDO DE HUMEDAD %
1	E41	15	24,71	20,26	4,45	9,59	10,67	41,71
2	R91	31	24,53	20,40	4,13	9,47	10,93	37,79
3	R.132	20	26,87	21,93	4,94	9,67	12,26	40,29
4	X110	25	23,80	19,72	4,08	9,70	10,02	40,72
5	R5A	12	26,43	21,30	5,13	9,61	11,69	43,88
LIMITE LIQUIDO							39,70 %	





UNIVERSIDAD TÉCNICA DE MACHALA

UNIDAD ACADÉMICA DE INGENIERÍA CIVIL

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS



PROYECTO REACTIVO PRACTICO DEL COMPLEXIVO
OBRA DETERMINAR LAS CARACTERISTICAS DEL SUELO
LOCALIZACIÓN CALICATA #1 DISTRIBUIDOR DE TRAFICO BELLA INDIA
ENSAYO LIMITES DE CONSISTENCIA
PROFUNDIDAD 1 m

LIMITE PLASTICO

FECHA	28/5/2018			GRUPO	REACTIVO PRACTICO COMPLEXIVO			
OPERADOR	FABRICIO A. CHAMBA DIAZ			CALCULO	FABRICIO A. CHAMBA DIAZ			
TUTORA	Ing. Yudi Patricia Medina Sanchez							
PRUEBA Nº	CÁPSULA Nº	NUMERO DE GOLPES	PESO CAP + SUELO HÚMEDO (gr)	PESO CAP + SUELO SECO (gr)	PESO DEL AGUA (gr)	PESO DE CÁPSULA (gr)	PESO DEL SUELO SECO (gr)	CONTENIDO DE HUMEDAD %
1	R52	-	13,74	12,78	0,96	9,51	3,27	29,36
2	R25	-	14,76	13,57	1,19	9,58	3,99	29,82
3	R860	-	13,22	12,44	0,78	9,86	2,58	30,23
4	K14	-	13,95	12,98	0,97	9,69	3,29	29,48
LIMITE PLASTICO							30,00 %	
INDICE DE PLASTICIDAD			9,70	%	SUELO DE MEDIANA PLASTICIDAD			

IP = 0 % Suelo No Plástico (NP)

0 % < IP < 7 % Suelo de baja plasticidad

7 % < IP < 17 % Suelo de mediana plasticidad

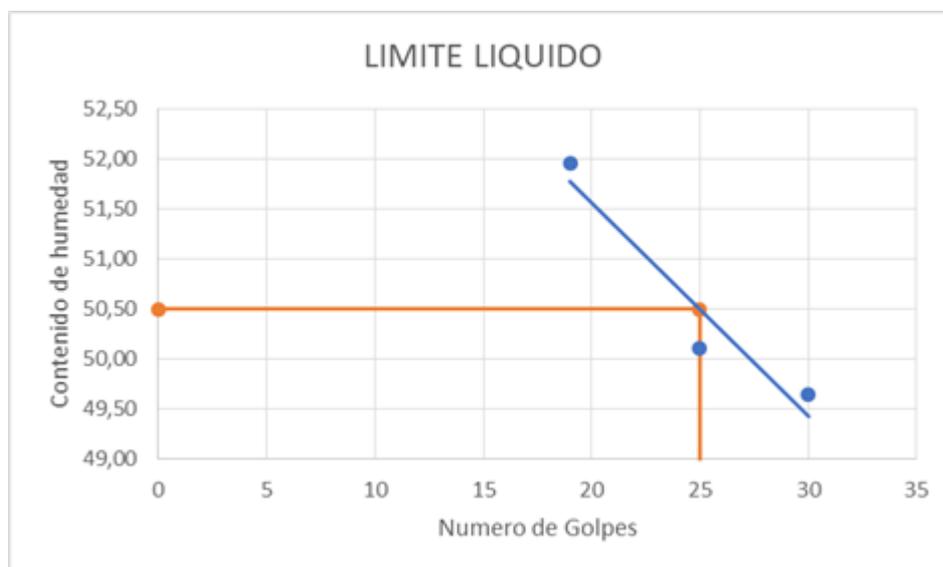
IP > 17 % Suelo de alta plasticidad

LIMITE DE CONTRACCION

PRUEBA Nº	CÁPSULA Nº	PESO DE ¹ CÁPSULA	PESO CAP ² + PESO Hg	PESO CAP ³ + SUELO HÚMEDO	PESO CAP ⁴ + SUELO SECO	PESO DEL Hg DE SALOJAD	PESO DE Hg 2-1	VOLUMEN DE Hg - V
1	L1	22,19	251,4	52,53	44,18	196,67	229,21	16,854
2	L2	21,54	239,57	50,49	42,53	184,2	218,03	16,032
PRUEBA Nº	CÁPSULA Nº	PESO DEL AGUA 3-4	PESO SUELO HÚMEDO W ₁ = 3 - 1	PESO SUELO SECO W ₂ = 4 - 1	VOLUMEN Hg DE SALOJAD	LIMITE DE CONTRACC. L. C.		
1	L1	8,35	30,34	21,99	14,461	27,091		
2	L2	7,96	28,95	20,99	13,544	26,072		
LIMITE DE CONTRACCION:						26,582		

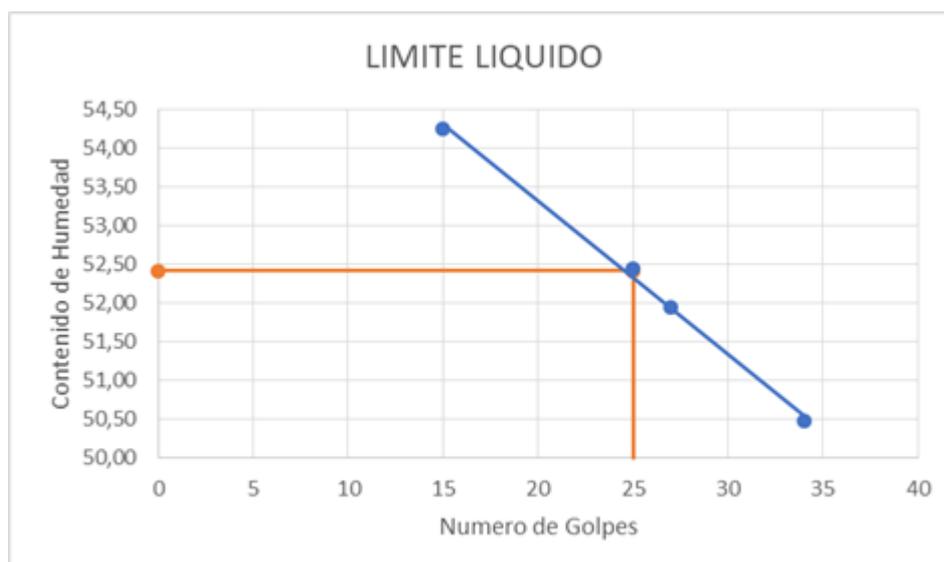
Anexo 14. Límites de consistencia de la calicata #2 a 1m de profundidad

 UNIVERSIDAD TÉCNICA DE MACHALA UNIDAD ACADÉMICA DE INGENIERÍA CIVIL LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS								
PROYECTO	REACTIVO PRACTICO DEL COMPLEXIVO							
OBRA	DETERMINAR LAS CARACTERISTICAS DEL SUELO							
LOCALIZACIÓN	CALICATA #2 DISTRIBUIDOR DE TRAFICO BELLA INDIA							
ENSAYO	LIMITES DE CONSISTENCIA							
PROFUNDIDAD	1 m							
LIMITE LIQUIDO								
FECHA	28/5/2018	GRUPO	REACTIVO PRACTICO COMPLEXIVO					
OPERADOR	FABRICO ALEXANDER CHAMBA DIAZ	CALCULO	FABRICO A. CHAMBA DIAZ					
TUTORA	Ing. Yudi Patricia Medina Sanchez							
PRUEBA N°	CÁPSULA N°	NUMERO DE GOLPES	PE SO CAP + SUELO HUMEDO (gr)	PE SO CAP + SUELO SECO (gr)	PE SO DEL AGUA (gr)	PE SO DE CÁPSULA (gr)	PE SO DEL SUELO SECO (gr)	CONTENIDO DE HUMEDAD %
1	R119	20	23,65	18,88	4,77	9,46	9,42	50,64
2	X19	25	23,97	19,16	4,81	9,56	9,60	50,10
3	R77	30	22,19	18,01	4,18	9,59	8,42	49,64
4	R35	19	21,28	17,29	3,99	9,61	7,68	51,95
5	R22A	17	25,59	19,93	5,66	9,48	10,45	54,16
LIMITE LIQUIDO							50,50 %	



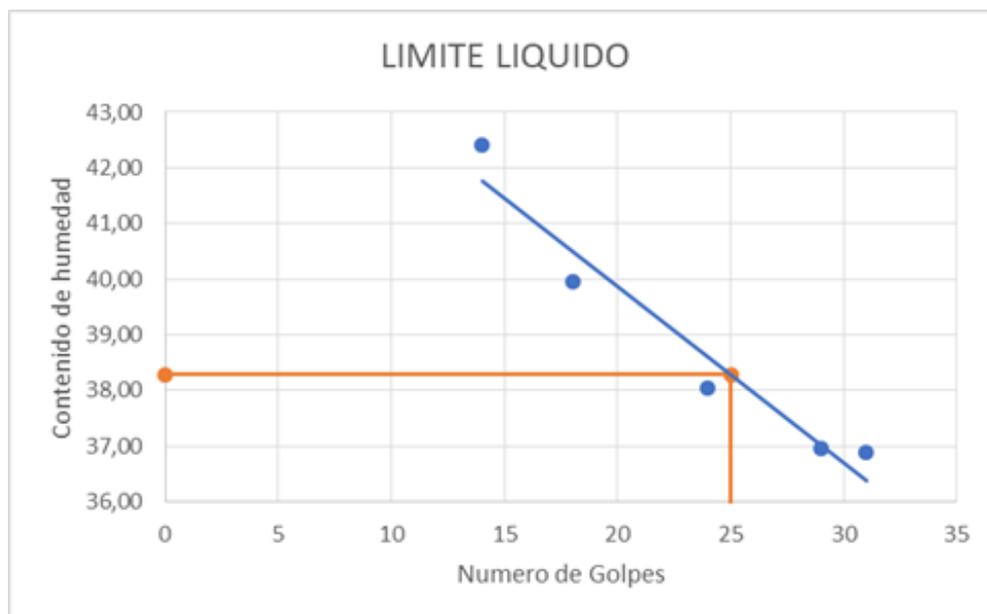
Anexo 15 Límites de consistencia de la calicata #3 a 1m de profundidad

<div style="display: flex; justify-content: space-between; align-items: center;">  <div style="text-align: center;"> <h2>UNIVERSIDAD TÉCNICA DE MACHALA</h2> <h3>UNIDAD ACADÉMICA DE INGENIERÍA CIVIL</h3> <h4>LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS</h4> </div>  </div>								
PROYECTO OBRA LOCALIZACIÓN EN SAYO PROFUNDIDAD		REACTIVO PRACTICO DEL COMPLEXIVO DETERMINAR LAS CARACTERISTICAS DEL SUELO CALICATA #3 DISTRIBUIDOR DE TRAFICO BELLA IN DIA LIMITES DE CONSISTENCIA 1 m						
LIMITE LIQUIDO								
FECHA		28/5/2018			GRUPO		REACTIVO PRACTICO COMPLEXIVO	
OPERADOR		FABRICIO ALEXANDER CHAMBA DIAZ			CALCULO		FABRICIO A. CHAMBA DIAZ	
TUTORA		Ing. Yudi Patricia Medina Sanchez						
PRUEBA Nº	CÁPSULA Nº	NUMERO DE GOLPES	PESO CAP + SUELO HÚMEDO (gr)	PESO CAP + SUELO SECO (gr)	PESO DEL AGUA (gr)	PESO DE CÁPSULA (gr)	PESO DEL SUELO SECO (gr)	CONTENIDO DE HUMEDAD %
1	R319	34	25,33	20,07	5,26	9,65	10,42	50,48
2	R58	15	26,84	20,78	6,06	9,61	11,17	54,25
3	R70	25	25,10	19,84	5,26	9,81	10,03	52,44
4	R29	27	25,29	19,94	5,35	9,64	10,30	51,94
5	R20	19	26,98	20,89	6,09	9,62	11,27	54,04
LIMITE LIQUIDO							52,42 %	



Anexo 16. Límites de consistencia de la calicata #4 a 1m de profundidad

 UNIVERSIDAD TÉCNICA DE MACHALA								
UNIDAD ACADÉMICA DE INGENIERÍA CIVIL								
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS								
PROYECTO	REACTIVO PRACTICO DEL COMPLEXIVO							
OBRA	DETERMINAR LAS CARACTERISTICAS DEL SUELO							
LOCALIZACIÓN	CALICATA #4 DISTRIBUIDOR DE TRAFICO BELLA INDIA							
ENSAYO	LIMITES DE CONSISTENCIA							
PROFUNDIDAD	1 m							
LIMITE LIQUIDO								
FECHA	28/5/2018	GRUPO	REACTIVO PRACTICO COMPLEXIVO					
OPERADOR	FABRICO ALEXANDER CHAMBA DIAZ	CALCULO	FABRICO A. CHAMBA DIAZ					
TUTORA	Ing. Yudi Patricia Medina Sanchez							
PRUEBA Nº	CÁPSULA Nº	NUMERO DE GOLPES	PESO CAP + SUELO HÚMEDO (g)	PESO CAP + SUELO SECO (g)	PESO DEL AGUA (g)	PESO DE CÁPSULA (g)	PESO DEL SUELO SECO (g)	CONTENIDO DE HUMEDAD %
1	A42	18	27,27	22,24	5,03	9,65	12,59	39,95
2	R21	31	27,03	22,37	4,66	9,74	12,63	36,90
3	R34X	29	28,77	23,80	4,97	10,35	13,45	36,95
4	R186	24	31,43	25,41	6,02	9,59	15,82	38,05
5	R117	14	26,98	21,82	5,16	9,65	12,17	42,40
LIMITE LIQUIDO							38,30 %	





UNIVERSIDAD TÉCNICA DE MACHALA

UNIDAD ACADÉMICA DE INGENIERÍA CIVIL

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS



PROYECTO REACTIVO PRACTICO DEL COMPLEXIVO
OBRA DETERMINAR LAS CARACTERISTICAS DEL SUELO
LOCALIZACIÓN CALICATA #4 DISTRIBUIDOR DE TRAFICO BELLA INDIA
EN SAYO LIMITES DE CONSISTENCIA
PROFUNDIDAD 1 m

LIMITE PLASTICO

FECHA	28/5/2018	GRUPO	REACTIVO PRACTICO COMPLEXIVO					
OPERADOR	DION EMILIO PÉREZ RAMÓN	CALCULO	FABRICIO ALEXANDER CHAMBA DIAZ					
TUTORA	Ing. Yudi Patricia Medina Sanchez							
PRUEBA N°	CÁPSULA N°	NUMERO DE GOLPES	PESO CAP + SUELO HÚMEDO (gr)	PESO CAP + SUELO SECO (gr)	PESO DEL AGUA (gr)	PESO DE CÁPSULA (gr)	PESO DEL SUELO SECO (gr)	CONTENIDO DE HUMEDAD %
1								
2								
3								
4								

NO PLASTICO

IP = 0 % Suelo No Plástico (NP)

0 % < IP < 7 % Suelo de baja plasticidad

7 % < IP < 17 % Suelo de mediana plasticidad

IP > 17 % Suelo de alta plasticidad

LIMITE DE CONTRACCION

PRUEBA N°	CÁPSULA N°	PESO DE ¹ CÁPSULA	PESO CAP ² + PESO Hg	PESO CAP ³ + SUELO HÚMEDO	PESO CAP ⁴ + SUELO SECO	PESO DEL Hg DESALOJAD	PESO DE Hg 2-1	VOLUMEN DE Hg = V
1	Grillo	19,45	232,87	46,9	38,4	166,29	213,42	15,693
PRUEBA N°	CÁPSULA N°	PESO DEL AGUA 3-4	PESO SUELO HÚMEDO W ₁ = 3 - 1	PESO SUELO SECO W _s = 4 - 1	VOLUMEN Hg DESALOJAD	LIMITE DE CONTRACC. L. C.		
1	Grillo	8,5	27,45	18,95	12,227	26,568		

Anexo 17 Clasificación de las calicatas según el AASHTO

CALICATA #	PASA No 10 %	PASA No 40 %	PASA No 200 %	WL %	IP %	AASHTO	INDICE DE GRUPO
1	50,43	32,2	6,01	39,70	9,70	A-2-4	0
2	18,74	3,35	0,2	50,50	---	A-2-7	4
3	28,97	12,15	2,34	52,42	---	A-2-7	4
4	37,22	17,28	1,07	38,30	---	A-2-4	0
DE EXCELENTE A BUENA							

Tabla 1.7 Sistema de clasificación de suelos de la AASHTO

Clasificación general	Materiales granulares (35% o menos de la muestra total pasa la malla núm. 200)						
	A-1			A-2			
	A-1-a	A-1-b	A-3	A-2-4	A-2-5	A-2-6	A-2-7
Análisis por mallas (% que pasa)							
Malla núm. 10	50 máx						
Malla núm. 40	30 máx	50 máx	51 mín				
Malla núm. 200	15 máx	25 máx	10 máx	35 máx	35 máx	35 máx	35 máx
Para la fracción que pasa							
Malla núm. 40							
Límite líquido (LL)				40 máx	41 mín	40 máx	41 mín
Índice de plasticidad (IP)	6 máx		No plástico	10 máx	10 máx	11 mín	11 mín
Tipo usual de material	Fragmentos de roca, grava y arena		Arena fina	Grava y arena limosa o arcillosa			
Clasificación de la capa	Excelente a buena						
Clasificación general	Materiales de limo y arcilla (más de 35% de la muestra total pasa la malla núm. 200)						
	A-4	A-5	A-6	A-7			
Análisis por mallas (% que pasa)							
Malla núm. 10							
Malla núm. 40							
Malla núm. 200	36 mín	36 mín	36 mín	36 mín			
Para la fracción que pasa							
Malla núm. 40							
Límite líquido (LL)	40 máx	41 mín	40 máx	41 mín			
Índice de plasticidad (IP)	10 máx	10 máx	11 mín	11 mín			
Tipo usual de material	Principalmente suelos limosos		Principalmente suelos arcillosos				
Calificación subrasante	Regular a malo						

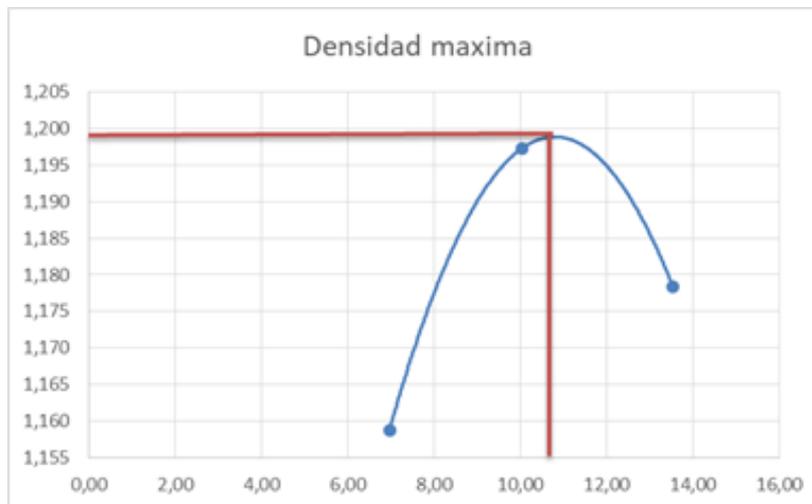
^aSi $IP \leq LL - 30$, la clasificación es A-7-5.

^bSi $IP > LL - 30$, la clasificación es A-7-6.

Fuente. Libro de Braja M. Das Séptima Edición

Anexo 18. Densidad máxima de la calicata #1 a 1m de profundidad

UNIVERSIDAD DE MACHALA FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS								
ENSAYO PROCTOR MODIFICADO								
PROYECTO :			FECHA:					
DESCRIPCION DEL MATERIAL :			PROFUNDIDAD :					
ABSCISA :			N° DE GOLPES : 56			N° DE CAPAS : 5		
PESO DEL MARTILLO : 10 lb			ALTURA DE CAIDA : 18"			DIAMETRO DEL MOLDE = 15,3		
			ALTURA DEL MOLDE = 11,4					
MUESTRA N°	A	B	C	D				
PESO DE LA MUESTRA (gr)	5000	5000	5000	5000				
VOLUMEN DE AGUA (cm ³)	100	200	300	400				
% EQUIVALENTE DE AGUA	2%	4%	6%	8%				
PESO DEL MOLDE SIN COLLARIN (gr)	5256	5256	5256	5256				
PESO DEL MOLDE + SUELO HUM. (gr)	7854	7938	8017	8060				
VOLUMEN DEL MOLDE (cm ³)	2095,9	2095,9	2095,9	2095,9				
N° DE CAPSULA	R121	R187	R77	R860	R52	R34	R70	R611
PESO DE CAPSULA (gr)	9,670	9,750	9,610	9,840	9,820	9,620	9,600	9,570
CAPSULA + SUELO HUMEDO (gr)	75,230	80,500	85,640	82,360	88,020	91,620	90,250	67,590
CAPSULA + SUELO SECO (gr)	71,050	75,800	80,130	77,110	81,030	84,000	82,440	59,440
PESO DEL AGUA (gr)	4,180	4,700	5,510	5,250	6,990	7,620	7,810	8,150
PESO DEL SUELO SECO (gr)	61,380	66,050	70,520	67,270	71,210	74,380	72,840	49,870
CONTEN. HUMEDAD %	6,810	7,116	7,813	7,804	9,816	10,245	10,722	16,342
HUMEDAD PROMEDIO %	6,96		7,81		10,03		13,53	
DENSIDAD HUMEDA (gr/cm ³)	1,24		1,28		1,32		1,34	
DENSIDAD SECA (gr/cm ³)	1,159		1,187		1,197		1,178	



HUMEDAD OPTIMA

10,7%

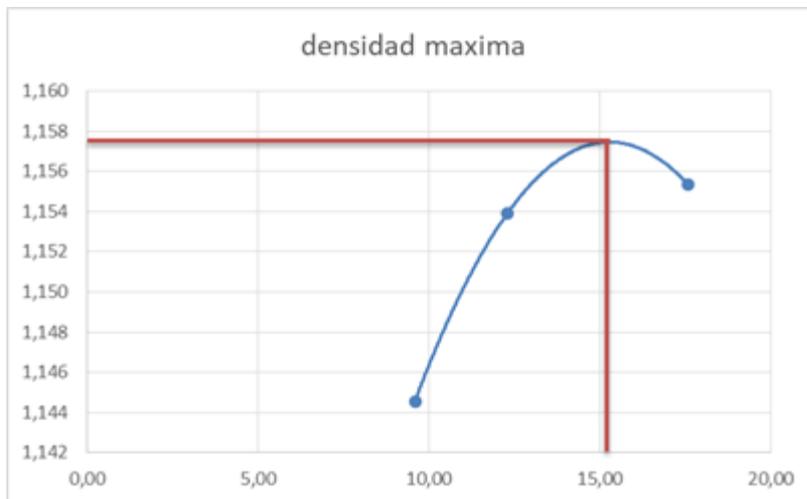
DENSIDAD MAXIMA

1,199 gr/cm³

DATOS	
HUMED.	DENSID.
SECA	
6,96	1,159
7,81	1,187
10,03	1,197
13,53	1,178

Anexo 19. Densidad máxima de la calicata #2 a 1m de profundidad

UNIVERSIDAD DE MACHALA FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS								
ENSAYO PROCTOR MODIFICADO								
PROYECTO :			FECHA :					
DESCRIPCION DEL MATERIAL :			PROFUNDIDAD :					
ABSCISA :			N° DE GOLPES : 56			N° DE CAPAS : 5		
PESO DEL MARTILLO : 10 lb			ALTURA DE CAIDA : 18"			DIAMETRO DEL MOLDE = 15,3		
			ALTURA DEL MOLDE = 11,4					
MUESTRA N°	A		B		C		D	
PESO DE LA MUESTRA (gr)	5000		5000		5000		5000	
VOLUMEN DE AGUA (cm ³)	100		200		300		400	
% EQUIVALENTE DE AGUA	2%		4%		6%		8%	
PESO DEL MOLDE SIN COLLARIN (gr)	5256		5256		5256		5256	
PESO DEL MOLDE + SUELO HUM.(gr)	7885		7972		8057		8103	
VOLUMEN DEL MOLDE (cm ³)	2095,9		2095,9		2095,9		2095,9	
N° DE CAPSULA	R20	R44	R34	R40	R42	R5A	R18	R22
PESO DE CAPSULA (gr)	9,640	9,610	9,670	9,730	9,550	9,610	9,610	9,590
CAPSULA + SUELO HUMEDO (gr)	65,120	61,890	79,170	82,950	71,060	77,660	87,190	88,190
CAPSULA + SUELO SECO (gr)	60,050	57,520	70,630	75,940	62,170	69,550	76,970	75,110
PESO DEL AGUA (gr)	5,070	4,370	8,540	7,010	8,890	8,110	10,220	13,080
PESO DEL SUELO SECO (gr)	50,410	47,910	60,960	66,210	52,620	59,940	67,360	65,520
CONTEN. HUMEDAD %	10,058	9,121	14,009	10,588	16,895	13,530	15,172	19,963
HUMEDAD PROMEDIO %	9,59		12,30		15,21		17,57	
DENSIDAD HUMEDA (gr / cm ³)	1,25		1,30		1,34		1,36	
DENSIDAD SECA (gr / cm ³)	1,145		1,154		1,160		1,155	



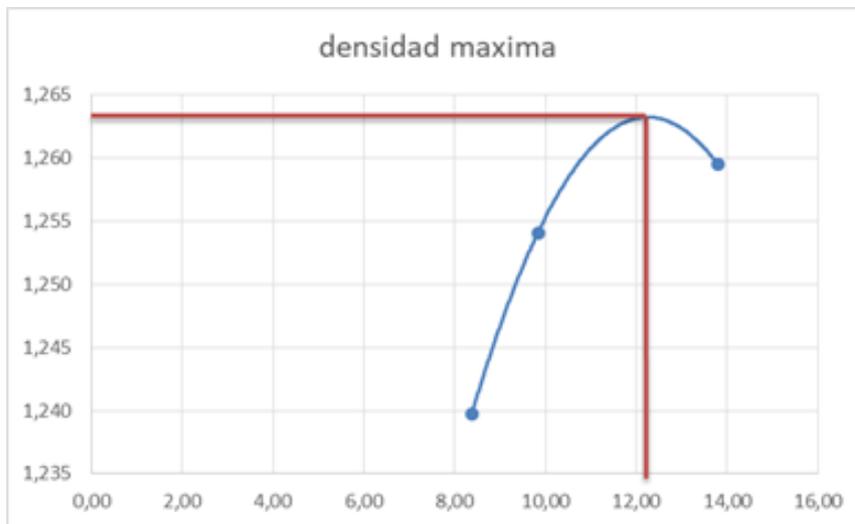
HUMEDAD OPTIMA 15,2 %

DENSIDAD MAXIMA 1,158 gr/cm³

DATOS	
HUMED.	DEN SID.
	SECA
9,59	1,145
12,30	1,154
15,21	1,160
17,57	1,155

Anexo 20. Densidad máxima de la calicata #3 a 1m de profundidad

UNIVERSIDAD DE MACHALA FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS								
ENSAYO PROCTOR MODIFICADO								
PROYECTO :			FECHA:					
DESCRIPCION DEL MATERIAL :			PROFUNDIDAD :					
ABSCISA :			N° DE GOLPES : 56			N° DE CAPAS : 5		
PESO DEL MARTILLO : 10 lb			ALTURA DE CAIDA : 18"			DIAMETRO DEL MOLDE = 15,3		
			ALTURA DEL MOLDE = 11,4					
MUESTRA N°	A		B		C		D	
PESO DE LA MUESTRA (gr)	5000		5000		5000		5000	
VOLUMEN DE AGUA (cm ³)	100		200		300		400	
% EQUIVALENTE DE AGUA	2%		4%		6%		8%	
PESO DEL MOLDE SIN COLLARIN (gr)	5258		5258		5258		5258	
PESO DEL MOLDE + SUELO HUM. (gr)	8072		8143		8212		8260	
VOLUMEN DEL MOLDE (cm ³)	2095,9		2095,9		2095,9		2095,9	
N° DE CAPSULA	A42	R44T	X110	R186	R50	K55	R19Y	R73
PESO DE CAPSULA (gr)	9,590	9,620	9,720	9,580	9,550	9,600	9,590	9,510
CAPSULA + SUELO HUMEDO (gr)	67,100	74,110	72,460	83,170	83,420	87,520	90,250	81,640
CAPSULA + SUELO SECO (gr)	62,110	69,750	68,120	77,450	78,150	79,330	81,110	72,340
PESO DEL AGUA (gr)	4,990	4,360	6,340	5,720	7,270	8,190	9,140	9,300
PESO DEL SUELO SECO (gr)	52,520	60,130	56,400	67,870	66,600	69,730	71,520	62,830
CONTEN. HUMEDAD %	9,501	7,251	11,241	8,428	10,916	11,745	12,780	14,802
HUMEDAD PROMEDIO %	8,38		9,83		11,33		13,79	
DENSIDAD HUMEDA (gr / cm ³)	1,34		1,38		1,41		1,43	
DENSIDAD SECA (gr / cm ³)	1,240		1,254		1,267		1,260	



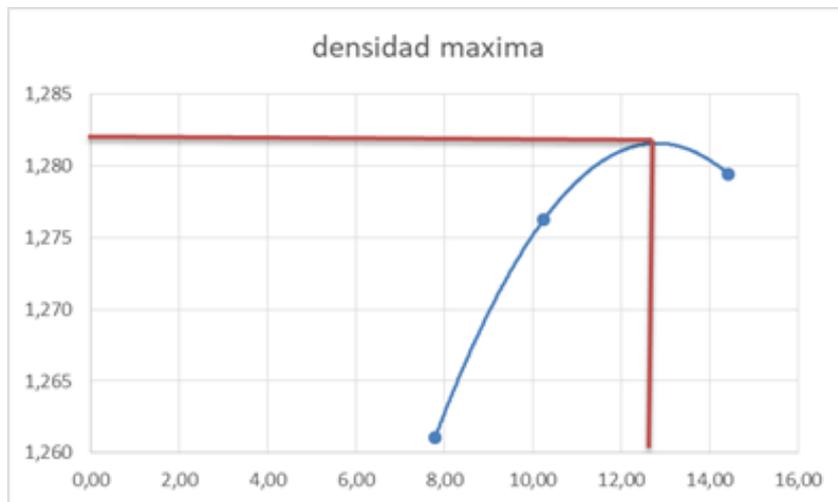
HUMEDAD OPTIMA 12,2%

DENSIDAD MAXIMA 1,264 gr/cm³

DATOS	
HUMED.	DENSID.
SECA	
8,38	1,240
9,83	1,254
11,33	1,267
13,79	1,260

Anexo 21. Densidad máxima de la calicata #4 a 1m de profundidad

UNIVERSIDAD DE MACHALA FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS								
ENSAYO PROCTOR MODIFICADO								
PROYECTO :								
DESCRIPCION DEL MATERIAL :			FECHA :					
ABSCISA :			PROFUNDIDAD :			N° DE CAPAS : 5		
PESO DEL MARTILLO : 10 Lb			ALTURA DE CAIDA : 18"		N° DE GOLPES : 56			
			ALTURA DEL MOLDE = 11,4		DIAMETRO DEL MOLDE = 15,3			
MUESTRA N°	A		B		C		D	
PESO DE LA MUESTRA (gr)	5000		5000		5000		5000	
VOLUMEN DE AGUA (cm ³)	100		200		300		400	
% EQUIVALENTE DE AGUA	2%		4%		6%		8%	
PESO DEL MOLDE SIN COLLARIN (gr)	5256		5256		5256		5256	
PESO DEL MOLDE + SUELO HUM.(gr)	8105		8205		8290		8324	
VOLUMEN DEL MOLDE (cm ³)	2095,9		2095,9		2095,9		2095,9	
N° DE CAPSULA	R50	R309	RX6	R20Y	R14	R11	R52	R34
PESO DE CAPSULA (gr)	9,550	9,610	9,760	9,600	10,470	9,650	9,820	9,620
CAPSULA + SUELO HUMEDO (gr)	79,850	80,500	85,980	83,170	83,420	87,520	90,250	81,640
CAPSULA + SUELO SECO (gr)	75,070	75,080	78,120	77,100	75,150	78,970	80,550	72,190
PESO DEL AGUA (gr)	4,780	5,420	7,860	6,070	8,270	8,550	9,700	9,450
PESO DEL SUELO SECO (gr)	65,520	65,470	68,360	67,500	64,680	69,320	70,730	62,570
CONTEN. HUMEDAD %	7,295	8,279	11,498	8,993	12,786	12,334	13,714	15,103
HUMEDAD PROMEDIO %	7,79		10,25		12,56		14,41	
DENSIDAD HUMEDA (gr/cm ³)	1,36		1,41		1,45		1,46	
DENSIDAD SECA (gr/cm ³)	1,261		1,276		1,286		1,279	



HUMEDAD OPTIMA 12,5%

DENSIDAD MAXIMA 1,282 gr/cm3

DATOS	
HUMED.	DENSID.
SECA	
7,79	1,261
10,25	1,276
12,56	1,286
14,41	1,279

MEMORIA FOTOGRÁFICA



Figura 1. Excavación para obtención de calicatas



Figura 2. Tamizado del suelo



Figura 3. Análisis granulométrico por hidrómetro



Figura 4. Medición de muestra de suelo tallado cilíndricamente



Figura 5. Ensayo de limite líquido



Figura 6. Ensayo de Proctor modificado



Fig. 7 Preparación de la pasta para los límites de consistencia



Fig. 8 Ensayo del límite de contracción