



Universidad Técnica de Manabí

Facultad de Ciencias Matemáticas, Físicas y Químicas

Escuela de Ingeniería Civil

TRABAJO DE TITULACIÓN

PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE INGENIERO CIVIL

MODALIDAD: PROYECTO INVESTIGATIVO

TEMA:

**DETERMINACIÓN DEL COMPORTAMIENTO DEL SUELO ARCILLOSO
EXISTENTE DE LA CALLE ELOY ALFARO DE LA PARROQUIA
ANDRÉS DE VERA DEL CANTÓN PORTOVIEJO Y SUS
CARACTERÍSTICAS DE NEUTRALIZACIÓN.**

AUTORES:

MERO MERO MAURICIO FABIÁN

FRANCO ZAMBRANO JONATHAN JAVIER

Portoviejo-Manabí-Ecuador

2017

1. DEDICATORIA

Dedico este trabajo de titulación que con mucha emoción y esfuerzo se ha realizado.

En primer lugar al Dios todo poderoso Jesucristo nuestro salvador el que me ha guardado y dado fuerzas para lograr esta meta.

A mis amados padres Manuel Arcadio Mero Navarro y Graciela Herminda Mero Vera que son una base principal en mi vida que con tanto amor y apoyo en oración estuvieron conmigo ayudándome a trazar esta meta.

A mi hermano Deivie Mero Mero que con apoyo mutuo y en oraciones ha estado ayudándome siempre.

Mero Mero Mauricio Fabián.

1. DEDICATORIA

La dedicación y esfuerzo en este trabajo es para mi Dios Jesús y las personas que han estado siempre a mi lado apoyándome.

A Dios que me ha guardado y guiado en el camino de mi vida dándome fuerzas y ánimo.

A mis padres queridos Luis Adalberto Franco Quiroz y María Edith Zambrano Quijije que con tanto apoyo y dedicación han estado en mi vida siempre dándome apoyo y guiándome hacia el camino de las buenas costumbres.

A mi hermano y hermana Kelvin Andrés Franco Zambrano y Génesis Ariana Franco Zambrano que con apoyo mutuo están conmigo dándome ánimos en este camino de estudio y de la vida diaria que enfrentamos.

Franco Zambrano Jonathan Javier

2. AGRADECIMIENTO

Agradecimientos primeramente al Dios todo poderoso que con sus promesas de estar con los hijos que le temen ha estado hay guardándome, guiándome y bendiciéndome en todo momento de mis días.

A nuestros padres que estuvieron siempre con apoyo moral y oraciones fueron y son de gran bendición en la vida.

A nuestros hermanos que nos brindaron apoyo.

Al tutor de tesis, el ingeniero Eduardo Humberto Ortiz Hernández y a si mismo al ingeniero Jimmy Jeffrey García Vincés revisor de tesis.

A los docentes y compañeros de la Universidad Técnica de Manabí que de alguna u otra manera colaboraron con su apoyo.

Autores

Mero Mero Mauricio Fabián

Franco Zambrano Jonathan Javier

3. CERTIFICACIÓN DEL DIRECTOR DE TESIS

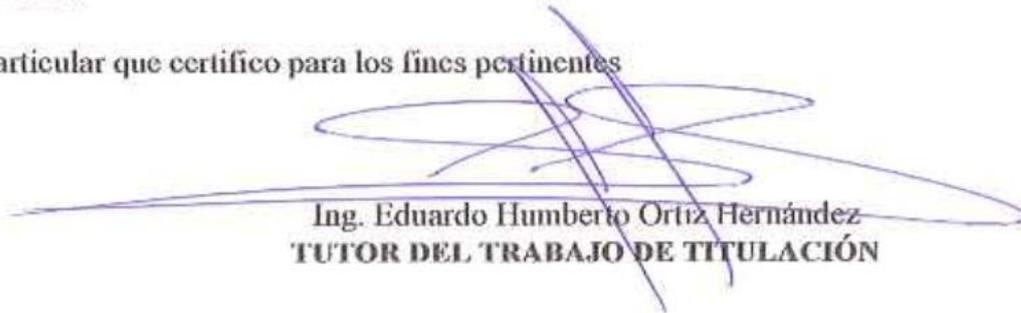
UNIVERSIDAD TÉCNICA DE MANABÍ
FACULTAD DE CIENCIAS MATEMÁTICAS, FÍSICAS Y QUÍMICAS
ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL

Quien suscribe la presente Ing. Eduardo Humberto Ortiz Hernández, Docente de la Universidad Técnica de Manabí, de la Facultad de Ciencias Matemáticas, Físicas y Químicas; en mi calidad de Tutor del trabajo de titulación **“DETERMINACIÓN DEL COMPORTAMIENTO DEL SUELO ARCILLOSO EXISTENTE DE LA CALLE ELOY ALFARO DE LA PARROQUIA ANDRÉS DE VERA DEL CANTÓN PORTOVIEJO Y SUS CARACTERÍSTICAS DE NEUTRALIZACIÓN”** desarrollado por: Mero Mero Mauricio Fabián y Franco Zambrano Jonathan Javier; en este contexto, tengo a bien extender la presente certificación en base a lo determinado en el Art. 8 del reglamento de titulación en vigencia, habiendo cumplido con los siguientes procesos:

- Se verificó que el trabajo desarrollado por los egresados cumple con el diseño metodológico y rigor científico según la modalidad de titulación aprobada.
- Se asesoró oportunamente a los estudiantes en el desarrollo del trabajo de titulación.
- Presentaron el informe del avance del trabajo de titulación a la Comisión de Titulación Especial de la Facultad.
- Se confirmó la originalidad del trabajo de titulación.
- Se entregó al revisor una certificación de haber concluido el trabajo de titulación.

Cabe mencionar que durante el desarrollo del trabajo de titulación los egresados pusieron mucho interés en el desarrollo de cada una de las actividades de acuerdo al cronograma trazado.

Particular que certifico para los fines pertinentes


Ing. Eduardo Humberto Ortiz Hernández
TUTOR DEL TRABAJO DE TITULACIÓN

4. CERTIFICACIÓN DE LA COMISIÓN DE REVISIÓN Y EVALUACIÓN

CERTIFICACIÓN DE LA COMISIÓN DE REVISIÓN Y EVALUACIÓN

Luego de haber revisado el trabajo de titulación, en la modalidad de proyecto de investigación, que lleva por tema: **“DETERMINACIÓN DEL COMPORTAMIENTO DEL SUELO ARCILLOSO EXISTENTE DE LA CALLE ELOY ALFARO DE LA PARROQUIA ANDRÉS DE VERA DEL CANTÓN PORTOVIEJO Y SUS CARACTERÍSTICAS DE NEUTRALIZACIÓN”** desarrollado por los señores: Mero Mero Mauricio Fabián con C.I:1313584391 y Franco Zambrano Jonathan Javier con C.I. 1312705799, previo a la obtención del Título de INGENIERO CIVIL, bajo la tutoría y control del Ing. Eduardo Humberto Ortiz Hernández y cumpliendo con todos los requisitos del nuevo reglamento de la Unidad de Titulación Especial de la Universidad Técnica de Manabí, aprobada por el Honorable Consejo Universitario el 16 de Agosto del 2016, cumpla con informar que en la ejecución del mencionado trabajo de titulación sus autores:

1. Ha respetado los derechos de autor correspondiente a tener menos del 10% de similitud con otros documentos existentes en el repositorio.
2. Han aplicado correctamente el manual de estilos de la Universidad Andina Simón Bolívar de Ecuador.
3. Las conclusiones guardan estrecha relación con los objetivos planteados.
4. El trabajo posee suficiente argumentación técnica científica, evidenciada en el contenido bibliográfico consultado.
5. Mantiene rigor científico en las diferentes etapas de su desarrollo.

Sin más que informar suscribo este documento **NO VINCULANTE** para fines legales pertinentes.



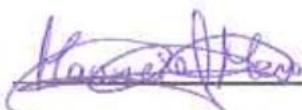
Ing. Jimmy Garcia Vincés

REVISOR DEL TRABAJO DE TITULACIÓN

5. DECLARACIÓN DE DERECHOS DE AUTOR

Quienes firmamos la presente, profesionistas; Mero Mero Mauricio Fabián, y Franco Zambrano Jonathan Javier, en calidad de autores del trabajo de titulación titulado **“DETERMINACIÓN DEL COMPORTAMIENTO DEL SUELO ARCILLOSO EXISTENTE DE LA CALLE ELOY ALFARO DE LA PARROQUIA ANDRÉS DE VERA DEL CANTÓN PORTOVIEJO Y SUS CARACTERÍSTICAS DE NEUTRALIZACIÓN”**, por la presente permito a la Universidad Técnica de Manabí, hacer uso de todos los contenidos y hallazgos que nos pertenecen o de parte de los que contienen este proyecto, con fines estrictamente académicos o de investigación. Los derechos que como autores nos conciernen, con excepción de la presente autorización, seguirán vigentes a nuestro favor, de conformidad con lo establecido en los artículos 5, 6 ,8 ,19 y demás pertinentes de la Ley de Propiedad Intelectual y su Reglamento. Así mismo las conclusiones y recomendaciones constantes en este texto, son criterios claramente personales y asumimos con responsabilidad la descripción de las mismas.

Portoviejo, Abril del 2017



Mero Mero Mauricio Fabián



Franco Zambrano Jonathan Javier

6. ÍNDICE GENERAL

1. DEDICATORIA	ii
1. DEDICATORIA	iii
2. AGRADECIMIENTO	iv
3. CERTIFICACIÓN DEL DIRECTOR DE TESIS.....	v
4. CERTIFICACIÓN DE LA COMISIÓN DE REVISIÓN Y EVALUACIÓN	vi
5. DECLARACIÓN DE DERECHOS DE AUTOR	vii
6. ÍNDICE GENERAL	viii
7. RESUMEN.....	xi
8. SUMMARY.....	xii
1. TEMA.....	1
2. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	2
2.1 DESCRIPCIÓN DE LA REALIDAD PROBLEMÁTICA	2
2.2 FORMULACIÓN DEL PROBLEMA.....	3
2.3 DELIMITACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN.....	3
3. REVISIÓN DE LA LITERATURA Y DESARROLLO DEL MARCO TEÓRICO	4
3.1 ANTECEDENTES	4
3.2 LOCALIZACIÓN FÍSICA DEL PROYECTO	5
3.2.1 MACRO LOCALIZACIÓN	5
3.2.2 MICRO LOCALIZACIÓN.....	8
3.3 JUSTIFICACIÓN	9
3.4 MARCO REFERENCIAL.....	10
3.4.1 LA MECÁNICA DE SUELOS EN LA INGENIERIA CIVIL	10
3.4.2 ARCILLAS EXPANSIVAS	10
3.4.3 CARACTERÍSTICAS FÍSICO-QUÍMICAS DE LOS SUELOS EXPANSIVOS.....	11
3.4.4 PRINCIPALES MINERALES DE LAS ARCILLAS EXPANSIVAS.....	12
3.4.5 CAPACIDAD DE ABSORCIÓN DE LAS ARCILLAS	13
3.4.6 ORIGEN DE LAS PARTICULAS EN ARCILLAS	13
3.4.7 CARACTERÍSTICAS DE LAS ARCILLAS.....	13
3.4.8 COMPORTAMIENTO DE LAS ARCILLAS	14
3.4.9 CLASIFICACIÓN DE LOS SUELOS.....	14
3.4.10 DETERMINACIÓN DE SUELOS EXPANSIVOS	18
3.4.11 PLASTICIDAD DE LAS ARCILLAS.....	20
3.4.12 HUMEDAD NATURAL.....	20
3.4.13 GRANULOMETRÍA	21
3.4.14 LÍMITES ATTERBERG	21
3.4.15 COMPACTACIÓN PROCTOR	24

3.4.16	CAPACIDAD PORTANTE (CBR)	25
3.4.17	NEUTRALIZACIÓN	25
3.4.18	COMPONENTES PARA LA NEUTRALIZACIÓN DE SUELOS EXPANSIVOS	25
3.4.19	CANTIDADES DE CAL USADAS PARA EL TRATAMIENTO DE NEUTRALIZACIÓN EN SUELOS EXPANSIVOS	27
3.4.20	CAMBIOS Y REACCIONES CAUSADOS POR LA CAL EN EL SUELO EXPANSIVO	27
3.4.21	MODIFICACIÓN DE LOS SUELOS ARCILLOSOS NEUTRALIZADOS CON CAL	29
3.4.22	MECANISMO DE INTERACCIÓN DE LA CAL SOBRE UN SUELO	29
3.4.23	EFFECTOS DE LA APLICACIÓN DE LA CAL EN LA ARCILLA	31
4.	VISUALIZACIÓN DEL ALCANCE DEL ESTUDIO	37
4.1	<i>EN LO SOCIAL</i>	37
4.2	<i>EN LO ECONÓMICO</i>	37
4.3	<i>EN LO CIENTÍFICO</i>	37
5.	ELABORACIÓN DE HIPÓTESIS Y DEFINICIÓN DE VARIABLES	38
5.1	<i>HIPÓTESIS</i>	38
5.1.1	HIPÓTESIS GENERAL	38
5.1.2	HIPÓTESIS ESPECÍFICAS	38
5.2	<i>VARIABLES Y SU OPERACIONALIZACIÓN</i>	38
5.2.1	VARIABLES	38
5.3	<i>OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES</i>	39
5.3.1	VARIABLE DEPENDIENTE	39
5.3.2	VARIABLE INDEPENDIENTE	40
6.	DESARROLLO DEL DISEÑO DE INVESTIGACIÓN	41
6.1	<i>OBJETIVOS</i>	41
6.1.1	OBJETIVO GENERAL	41
6.1.2	OBJETIVOS ESPECÍFICOS	41
6.2	<i>NIVEL DE INVESTIGACIÓN</i>	42
6.3	<i>MÉTODO</i>	43
6.4	<i>TÉCNICAS</i>	43
7.	DEFINICIÓN Y SELECCIÓN DE LA MUESTRA POBLACIÓN Y MUESTRA	44
7.1	<i>MUESTREO</i>	44
7.2	<i>UBICACIÓN DE LA FUENTE DE LAS MUESTRAS</i>	44
8.	RECOLECCIÓN DE MUESTRAS	45
8.1	<i>METODOLOGÍA DE LOS ENSAYOS Y NORMAS EMPLEADAS</i>	45
9.	ANÁLISIS DE LOS DATOS Y ELABORACIÓN DEL REPORTE DE LOS RESULTADOS	46
9.1	<i>COMPORTAMIENTO DEL SUELO ARCILLOSO ESTUDIADO</i>	46
9.1.1	RESULTADOS DE LOS ENSAYOS OBTENIDOS EN ESTADO NATURAL DEL SUELO	46

9.1.2 COMPARACIÓN Y RESULTADOS DE LOS ENSAYOS OBTENIDOS DEL SUELO NEUTRALIZADO CON CAL.....	50
9.1.2 RESULTADOS OBTENIDOS EN LA REDUCCIÓN DE LA EXPANSIVIDAD DEL SUELO ARCILLOSO POR MEDIO DEL COMPONENTE CAL	57
10.2 CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	59
10.2.1 CONCLUSIONES.....	59
10.2.2 RECOMENDACIONES.....	61
2. CRONOGRAMA VALORADO.....	63
3. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	64
4. ANEXOS.....	67
4.1 ANEXOS CALCULOS	67
4.2 ANEXOS FOTOGRÁFICOS.....	103

7. RESUMEN

El presente proyecto denominado “DETERMINACIÓN DEL COMPORTAMIENTO DEL SUELO ARCILLOSO EXISTENTE DE LA CALLE ELOY ALFARO DE LA PARROQUIA ANDRÉS DE VERA DEL CANTÓN PORTOVIEJO Y SUS CARACTERÍSTICAS DE NEUTRALIZACIÓN” hace referencia al comportamiento estudiado del suelo arcilloso existente en la calle Eloy Alfaro, situado en la parroquia Andrés de Vera del cantón Portoviejo, para luego alterar el suelo expansivo utilizando el componente CAL y analizando la expansividad y las características de neutralización Arcilla-Cal.

Este estudio investigativo se basa en la clasificación del suelo y determinar su comportamiento expansivo, de la misma manera el comportamiento de expansividad de la composición Arcilla-Cal que se hará para lograr su reducción del índice de plasticidad y su expansión, los ensayos realizados en el laboratorio son: humedad natural, límites Atterberg, ensayos granulométricos, ensayo de compactación y ensayo de capacidad portante del suelo (C.B.R.).

Los resultados de la arcilla natural y de la composición Arcilla-Cal proporcionados por los ensayos en el laboratorio facilitan resultados para realizar una comparación de las características obtenidas como es su índice de plasticidad y el grado de expansividad de la arcilla tomada de la calle Eloy Alfaro situado en la parroquia Andrés de Vera del cantón Portoviejo.

8. SUMMARY

The current project titled: “Behavior determination of the clayey ground existent at the Eloy Alfaro Street of Andrés de Vera parish, Portoviejo Canton and its neutralization characteristics” makes reference to the behavior studied of the clayey ground existent at the Eloy Alfaro street, placed at the Andrés de Vera parish of the Portoviejo Canton, accordingly altering the expansive ground utilizing the CAL component and analyzing the expansiveness and the neutralization characteristics CAL-clay.

This study is based on the ground classification and determine its expansive behavior, at the same time the behavior of expansiveness of the composition Clay-CAL that it will realize to achieve its reduction of the plasticity index and its expansion, the tests realized at the laboratory are: Natural humidity, Atterberg limits, granulometry test, compression test and test of capacity of the ground (C.B.R.).

The results of the natural clay and the composition clay-CAL provided by the test at the laboratory, it make easy results to accomplish a comparison of the characteristic obtained as its index of plasticity and the grade of expansiveness of the taken clay of the Eloy Alfaro street placed at the Andrés de Vera parish of the Portoviejo canton.

1. TEMA

**DETERMINACIÓN DEL COMPORTAMIENTO DEL SUELO ARCILLOSO
EXISTENTE DE LA CALLE ELOY ALFARO DE LA PARROQUIA
ANDRÉS DE VERA DEL CANTÓN PORTOVIEJO Y SUS
CARACTERÍSTICAS DE NEUTRALIZACIÓN.**

2. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

2.1 DESCRIPCIÓN DE LA REALIDAD PROBLEMÁTICA

Hoy la considerable inquietud en cualquier tipo de obra está en la construcción sobre suelos arcillosos, es por esto, que desde el punto de vista en la ingeniería se trata de oprimir o remediar esta dificultad.

Denotando el tipo de suelo de la calle Eloy Alfaro de la parroquia Andrés de Vera del cantón Portoviejo y habiendo determinado arcillas expansivas será un problema para un futuro mejoramiento de la calle, ya que estas arcillas expansivas deteriorarían la estructura del pavimento, es por esto que se estudiara el tipo de arcilla y su grado expansivo para así neutralizar estos efectos reduciéndolos con el componente cal.

En Ecuador existen territorios, y en especial la Provincia de Manabí zonas que contienen suelos altamente expansivos, siendo un problema de alta importancia por su extensión y tipología de sus daños. Los efectos provocados de estos suelos expansivos por su mecanismo, cambio de estados, su deformabilidad, o sus cambios volumétricos son perjudiciales al momento de ejecutar cualquier obra de construcción.

Estas arcillas altamente expansivas suelen transformarse al contacto con el agua y logran un incremento de volumen que inestabilizan la estructura, o, provocan un asentamiento irregular por lo que logran un considerable problema. La presencia de cargas eléctricas negativas en la superficie de los minerales arcillosos, así como la capacidad de intercambio catiónico resultan fundamentales para la magnitud de la expansión.

Es por esto, que esta investigación tiene como objetivo, la determinación del comportamiento del suelo arcilloso existente de la calle Eloy Alfaro de la parroquia Andrés de Vera del cantón Portoviejo y sus características de neutralización.

2.2 FORMULACIÓN DEL PROBLEMA

¿Cómo determinar el comportamiento del suelo arcilloso existente de la calle Eloy Alfaro de la Parroquia Andrés de Vera del cantón Portoviejo identificando las características de neutralización?

2.3 DELIMITACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN

El desarrollo de este trabajo investigativo será específicamente en el suelo arcilloso de la calle Eloy Alfaro Parroquia Andrés de Vera del Cantón Portoviejo con una longitud de calle de 700 metros y su neutralización con cal de las calicatas tomadas.

3. REVISIÓN DE LA LITERATURA Y DESARROLLO DEL MARCO TEÓRICO

3.1 ANTECEDENTES

Desde sus inicios la mecánica de los suelos ha tratado de investigar el comportamiento mecánico de estos, sus ventajas, sus efectos y problemas que generan al no ser controlados adecuadamente. El conocimiento de la naturaleza de la arcilla ha mejorado desde hace muchos años atrás con el avance tecnológico de microscopios, necesarios para analizar los tamaños de sus partículas.

Desde la antigüedad la arcilla ha estado presente en suelos o rocas sedimentarias constituido por agregados de silicatos de aluminio hidratados, procedentes de la descomposición de rocas que contienen feldespato, como el granito que presenta diversas coloraciones según las impurezas que contiene, desde el rojo anaranjado hasta el blanco cuando es pura.

Las funciones de los suelos en características y expansión son diferentes en las regiones geográficas dependiendo de factores ambientales como la lluvia y temperatura donde experimentan continuos ciclos de humedecimiento y secado, expansión y contracción del mismo. Es por esto el ingeniero en suelos se ve a resolver estos posibles cambios a veces perjudiciales en estructuras buscando soluciones favorables y novedosas o rescatando métodos del pasado como es el uso de la cal.

3.2 LOCALIZACION FISICA DEL PROYECTO

3.2.1 MACRO LOCALIZACION

3.2.1.1 NIVEL NACIONAL

Ecuador está ubicado en la parte noroeste de América del Sur, en la región andina; limita al norte con Colombia, al sur y al este con Perú y al oeste con el océano Pacífico. Tiene una extensión aproximada de 272.031,00 Km² y una población de 14'483.499 millones de habitantes.¹

Ecuador



Grafico 1. Ubicación geográfica del Ecuador

Fuente: Google Maps

3.2.1.2 NIVEL REGIONAL

Manabí está ubicada al oeste del país, es una de las seis provincias del Ecuador que forman la región Costa; limita al norte con la provincia de Esmeraldas, al este con Pichincha y Guayas y al oeste con el Océano Pacífico. La provincia de Manabí tiene 350 Kilómetros de costa. Su área total es 18.893,7 Km² y su población es de 1'186.025 habitantes. Manabí está constituida por 22 cantones y 93 Parroquias (41 urbanas y 52 rurales); los cantones son: Portoviejo, Bolívar, Chone, El Carmen, Flavio Alfaro, Jipijapa, Manta, Junín, Montecristi, Paján, Pichincha, Rocafuerte,

¹ <http://countrymeters.info/es/Ecuador>

Santa Ana, Sucre, Tosagua, 24 de mayo, Pedernales, Olmedo, Puerto López, Jama, Jaramijó y San Vicente.²

Manabí



Grafico 2. Ubicación geográfica de Manabí

Fuente: Google Maps

3.2.1.3 NIVEL LOCAL

El cantón Portoviejo es una entidad territorial sub-nacional Ecuatoriana, capital de la provincia de Manabí, en la República del Ecuador. Su cabecera cantonal es la ciudad de Portoviejo, lugar donde se agrupa más del 72% de su población total.

Limita al Norte con los cantones Rocafuerte, Sucre, Junín y Bolívar, al Sur con el cantón Santa Ana, al Oeste con el cantón Montecristi y el Océano Pacífico y al Este con los cantones Pichincha y Santa Ana. La ciudad y el cantón Portoviejo, al igual que las demás localidades ecuatorianas, se rige por una municipalidad según lo pactado en la Constitución Política Nacional. La Municipalidad de Portoviejo es una entidad de gobierno seccional que dirige el cantón de forma autónoma al gobierno

² <http://teodoro8.tripod.com/mipagina/id13.html>

central. El cantón se divide en parroquias que pueden ser urbanas o rurales y son representadas por las Juntas Parroquiales ante el Municipio de Portoviejo.

Parroquias Urbanas

- 12 de marzo
- 18 de octubre
- Andrés de Vera
- Colón
- Francisco Pacheco
- San Pablo
- Simón Bolívar
- Picoazá
- Portoviejo.

Parroquias Rurales

- Abdón Calderón (San Francisco)
- Alajuela (Bajo Grande)
- Chirijos
- Crucita
- Pueblo Nuevo
- San Plácido
- Riochico (Río Chico) (la más antigua)³

³https://es.wikipedia.org/wiki/Cant%C3%B3n_Portoviejo#Parroquias_Urbana

Portoviejo

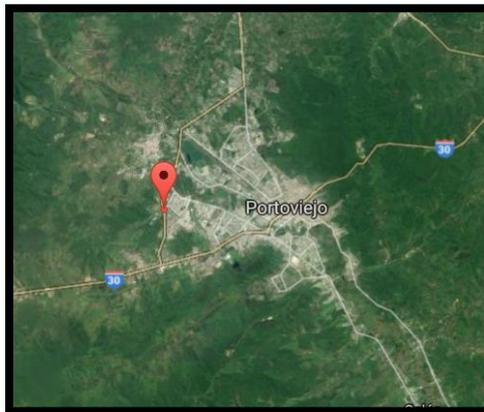


Grafico 3. Ubicación geográfica de Portoviejo

3.2.2 MICRO LOCALIZACIÓN

Calle Eloy Alfaro de la parroquia Andrés de vera del Cantón Portoviejo Provincia de Manabí.

LOCALIZACIÓN DE CALICATAS		
COORDENADAS UTM		
CALICATAS	N	E
1	9883374,74	556785,86
2	9883864,62	557052,32

Calicata #1

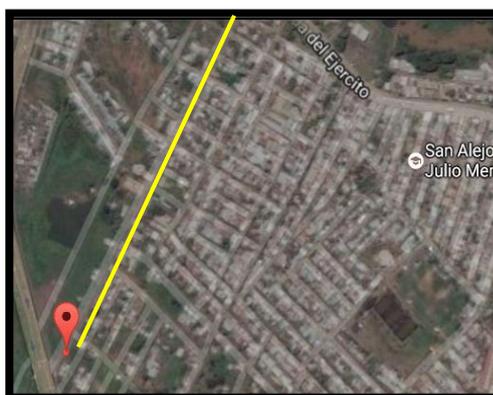


Grafico 4. Calicata una calle Eloy Alfaro

Calicata #2

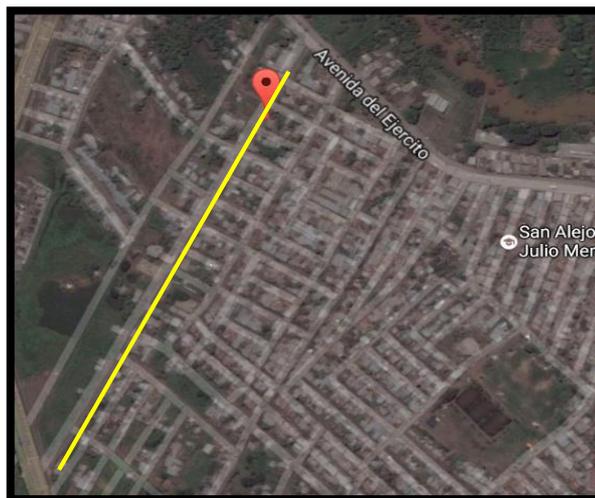


Grafico 5. Calicata dos calle Eloy Alfaro

3.3 JUSTIFICACIÓN

La falta de información sobre estos suelos arcillosos lleva a desarrollar trabajos de investigación, de donde se obtendrán resultados esenciales para la neutralización de estos suelos expansivos.

Estos suelos suelen aumentar excesivamente su volumen con la presencia de humedad, en lo que la problemática sería mayor si no es intervenida, existirían fisuras, fallas, y asentamientos diferenciales en las estructuras. Es por esto, que se llevará a cabo esta investigación que ayudará a corregir las condiciones del suelo al encontrarse en situaciones perjudiciales con suelos expansivos no deseados en cimentaciones de cualquier tipo de estructuras.

Este proyecto de investigación tiene como propósito, conocer la mecánica que tienen estos suelos arcillosos expansivos de la calle Eloy Alfaro de la parroquia Andrés de vera del cantón Portoviejo, la identificación del tipo de arcilla, determinar su expansividad, para así aplicar un método de neutralización y reducir su aumento de volumen, y lograr la reducción del índice de plasticidad sin que estos suelos pierdan su capacidad portante.

Este trabajo ayudará a obtener resultados positivos que servirán de base para la aplicación de proyectos constitutivos que consideren la influencia del comportamiento expansivo y de resistencia de las arcillas expansivas de la calle Eloy Alfaro de la parroquia Andrés de Vera del cantón Portoviejo.

3.4 MARCO REFERENCIAL

3.4.1 LA MECÁNICA DE SUELOS EN LA INGENIERIA CIVIL

La Mecánica de Suelos analiza las características de los distintos tipos de suelos, ya sean suelos de roca, arenas, limos, arcillas en función de otros factores como carga y tiempo y suministra al ingeniero los medios para evaluar su comportamiento que aseguren la estabilidad de las estructuras. En todos los problemas de la ingeniería práctica, el suelo es un factor que siempre ha tenido que ser tomado en cuenta, sea como columna principal de fundaciones, sea como material de construcción o, en todo caso, como medio o unión entre el agua y las estructuras. Pero no solamente el conocimiento de la Mecánica de Suelos es suficiente para poder obtener los datos que resuelvan los problemas, la Mecánica de Suelos por si sola nos sirve de gran ayuda al ingeniero.

Si reconocemos los conceptos intuitivos de peso, movimiento, etc. podemos a continuación entender la forma tan persistente en que la Mecánica de Suelos sirve en los problemas de la Ingeniería Civil. Todas las estructuras y obras que el hombre construya, deben ser cimentadas sobre suelo o roca o a través de unos de ellos; así, los edificios, las carreteras, los muros, las presas, los túneles, etc., son construidos en contacto con los suelos o las rocas.⁴

3.4.2 ARCILLAS EXPANSIVAS

Se detalla un suelo expansivo, como aquel que muestra cambios apreciables de volumen (expansión o contracción), debido al aumento o disminución de humedad. La causa de estos cambios guarda estrecha relación con características físico químicas del suelo, principalmente al gran contenido de finos compuestos por

⁴ Luis Marín, N. (1991). Mecánica de suelos quinta edición. pág. 7

diversos materiales entre los que debemos destacar la montmorillonita (Barreto et al; 1981). La expansión es aplicable a un incremento y disminución de la tensión capilar, que se genera en las zonas límites entre el agua de los vacíos y el aire. Es decir, cuando un suelo expansivo pierde agua se produce un incremento en la tensión capilar al tratar de absorber el agua necesaria para el equilibrio, trayendo como consecuencia un encogimiento; de manera análoga cuando un suelo se haya comprimido y en condición de absorber agua, se produce un relajamiento de la tensión capilar al ganar el agua necesaria para el punto de equilibrio; lo cual produce un hinchamiento. Otra hipótesis referente a la causa de los cambios de volumen, atribuye la expansión al ajuste que tiene lugar entre el agua de poros y la estructura de la montmorillonita, gracias al cambio en sus energías estructurales. (Low; 1972).⁵

Según Salmang (1955), las rocas ácidas, como ser granitos, riolitas, etc., desarrollan minerales arcillosos del tipo de la caolinita como resulta de su descomposición, en tanto que ciertas rocas básicas, ricas en feldespatos cálcicos, como los basaltos, andesitas, etc., darían parte bajo ciertas circunstancias de meteorización, minerales arcillosos del tipo montmorillonita. En el caso específico de la bentonita, ésta provendría de cenizas volcánicas de carácter básico.⁶

3.4.3 CARACTERÍSTICAS FÍSICO-QUÍMICAS DE LOS SUELOS EXPANSIVOS

Los suelos expansivos son arcillas que soportan cambios de volumen en presencia del agua de acuerdo a las circunstancias de origen, composición química y propiedades físicas. Las arcillas están básicamente formadas por silicatos de aluminio que en algunos casos pueden ser sustituidos por silicato de magnesio o de calcio, cuyas partículas tienen una estructura químicamente detallada, donde los átomos se precisan en láminas. Existen tres grandes grupos de minerales que hacen parte de la formación básica de las arcillas: caolinitas, ílitas y montmorillonitas. Los suelos arcillosos no solamente son expansivos debido a la estructura química que

⁵ Lemus, L. J. Q., & Amaya, R. J. G. (2015). caracterización mineralógica de arcillas expansivas con fines de estabilización. *Revista Ingenio UFPSO*, 8(1), 83-92.

⁶Salmang, H., 1955 “los fundamentos físicos y químicos de la cerámica”, Ed. Reverté S.A., Barcelona España.

hace parte de estos, sino que además la presencia de minerales como la montmorillonita cede mayores índices de hinchamiento.⁷

3.4.4 PRINCIPALES MINERALES DE LAS ARCILLAS EXPANSIVAS

Tener en cuenta a los minerales que con mayor frecuencia se encuentran en las arcillas naturales y de acuerdo a su estructura cristalina, se logra hacer la siguiente clasificación:

Caolinitas. Se establecen por superposición imprecisa de láminas alumínicas y silícicas. La unión entre partículas es muy fuerte de tal modo que no admite la penetración de moléculas de agua entre ellas. Muestran poca actividad superficial y sus propiedades coloidales no son favorables para su uso como fluidos de perforación.

Illitas. Estas arcillas se constituyen por las superposiciones indeterminadas de una lámina alumínica entre dos silícicas. En su constitución interna se forman grumos de material que causan una reducción del área expuesta al agua, lo que limita su propiedad de expandirse. Tampoco son recomendables como materiales para la elaboración de lodos de perforación.

Montmorillonita. Su estructura es análoga a la de las illitas, pero su unión es más débil de modo que se permite la introducción de agua en su estructura, lo que causa un aumento en el volumen de los cristales que se vuelve en una expansión del suelo. Las montmorillonitas poseen una gran actividad superficial en sus partículas coloidales, lo que puede variar sus propiedades físicas de un tipo a otro, como en el caso de la montmorillonita cálcica y sódica.⁸

⁷ Tauta, J. F. C., Ortiz, O. J. R., Antolínez, C. M., & Méndez, D. F. (2006). Evaluación de aditivos usados en el tratamiento de arcillas expansivas. *Ciencia e Ingeniería Neogranadina*, 16(2), 45-53.

⁸ Beltrán, R. (2009). Diseño Geotécnico y Estructural de una cimentación en arcilla expansiva. (Tesis Doctoral). Universidad Nacional Autónoma de México. DF.

3.4.5 CAPACIDAD DE ABSORCIÓN DE LAS ARCILLAS

El agua es una sustancia que puede alojarse fácilmente en los diferentes huecos de la estructura, así como en el espacio interlaminar. Cuantos más huecos tenga la estructura de arcilla, mayor será su capacidad de absorción.

La capacidad de absorción está claramente relacionada con las características texturales (superficie específica y porosidad) y existen dos tipos de métodos que difícilmente se dan de forma aislada: absorción y adsorción

- absorción: cuando se trata fundamentalmente de procesos físicos como la retención por capilaridad y
- adsorción: cuando existe una interacción de tipo químico entre el adsorbente, en este caso la arcilla, y el líquido. La capacidad de adsorción se expresa en porcentaje de adsorbato con respecto a la masa y depende, para una misma arcilla, de la sustancia de que se trate. La absorción de agua de arcillas absorbentes es mayor del 100% con respecto al peso.⁹

3.4.6 ORIGEN DE LAS PARTICULAS EN ARCILLAS

Las partículas que se encuentran en suelos y rocas sedimentarias son casi todo el producto final de la meteorización de rocas y minerales primarios, trasladados por el agua, hielo o aire a lugares de deposición, como lagos, océanos o continentes. En el transcurso del transporte las partículas meteorizadas pueden tolerar fragmentación, resultando unidades sedimentarias que pueden tener mezclas de texturas como en el caso de depósitos glaciares, o uniformidad de granos como en el caso de depósitos marinos o desiertos (Selby, 1993).¹⁰

3.4.7 CARACTERÍSTICAS DE LAS ARCILLAS

La moderación de los efectos de una arcilla expansiva en las estructuras realizadas en las áreas con arcillas expansivas es un desafío en la ingeniería

⁹ Calvo Barriga, M. I., & Durán Álvarez, D. J. (2013). Determinación del índice de compresibilidad e índice de expansión de los suelos cohesivos blandos en la zona de Tonsupa en la provincia de Esmeraldas (Doctoral dissertation, PUCE).

¹⁰ Selby, M.J (1993) Hillslope materials and processes. Second Edition. Oxford University Press Inc., New York.

geotécnica. Las arcillas se esparcen con la humedad y se contraen al secarse, formando profundas grietas. Éste proceso ayuda la mezcla de materiales desde horizontes más profundos, ya que al llenarse las grietas con material externo, cuando la arcillas vuelve a hidratarse, expulsa parte del material más hondo por la falta de espacio. Este paso repetido durante años acaba creando suelos generalmente negros, en donde hay un alto contenido de arcillas expansivas conocida como montmorillonita.¹¹

3.4.8 COMPORTAMIENTO DE LAS ARCILLAS

Una importante atención de ingeniería relacionada con los materiales parcialmente saturados, ha sido el estudio de comportamiento volumétrico generado por procesos de humedecimiento (expansión)-secado (colapso). Aunque estas dificultades son de mayor relevancia en regiones áridas o semiáridas, la expansión y el colapso pueden ser hallados experimentalmente en cualquier clima. Cuando un suelo es sometido a humedecimiento, puede notar disminución de volumen, incremento de volumen o permanecer ileso. El tipo y magnitud de este cambio volumétrico depende de la composición y estructuras del material, su densidad inicial, el estado de esfuerzo actual y el grado de humedecimiento, entre otros. Ng y Menzies (2007)¹²

3.4.9 CLASIFICACIÓN DE LOS SUELOS

La clasificación de un suelo visualmente se puede detallar mirando su contextura, color, composición, si es compacto o suelto y si es de material de grava, arena, limo, o arcilla. Luego en base a los ensayos de límites Atterberg y granulometría se clasifica el suelo mediante la clasificación SUCS y AASHTO que son las mas comunes y usadas.

¹¹ Carlos Crespo Villalaz, mecánica de suelos y cimentaciones Ed. Limusa. 2004. Consultado en google libros en noviembre de 2010.

¹²Ng, C.W.W. and Menzies, B.,(2007). Avance de ingeniería y mecánica de los suelos no saturada. Taylor & Francis Group., London and New York.

3.4.9.1 Clasificación SUCS

La tabla carta de plasticidad muestra sobre las condiciones para clasificar los suelos, si retiene más del 50% de la muestra en el tamiz N° 200 el material se considera grueso y se subdivide en Grava (G) o Arena (S), y si pasa mas del 50% del material se considera fino y se subdivide en Limo (M), Arcilla (C), u Orgánico (O).

Si el material es grueso y contiene poco o ningún fino <5% se divide en: bien graduado (W) o pobremente graduado (P), esto depende de los valores de C_u y C_c determinados en la granulometría; si la cantidad de finos es mayor se divide en: GM, GC, SM, SC, para esto se deben realizar los ensayos de límites Atterberg y clasificarlos con la carta de plasticidad.

LIMITES DE ATTERBERG Carta de Plasticidad

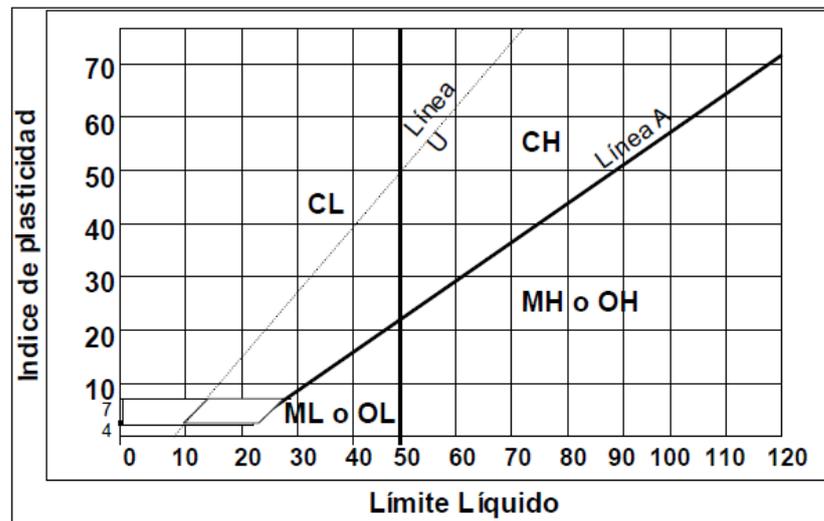


Tabla 1. Carta de plasticidad Atterberg

Tabla 2. Sistema unificado de Clasificación de Suelos

Según Wagner 1957

Sistema unificado de Clasificación de Suelos									
Identificación en el campo (excluyendo partículas mayores de 7.6 cm (3") y basando las fracciones en pesos estimados)			Símbolo del grupo ^a	Nombres típicos	Información necesaria para la descripción de los suelos	Criterios de Clasificación en el Laboratorio			
Suelos de grano grueso: Más de la mitad del material retenido por el tamiz No. 200 ^b	Arenas-Más de la mitad de la fracción gruesa pasa por el tamiz No. 4 (para la clasificación visual puede suponerse que la abertura del tamiz no. 4 equivale a medio centímetro)	Gravas con limpas (con pocos finos o sin ellos)	Amplia gama de tamaños y cantidades apreciables de todos los tamaños intermedios.	GW	Gravas bien graduadas mezclas de grava y arenas con pocos finos o sin ellos.	<p>Deje el nombre típico, indiquense los porcentajes aproximados de grava y arena, tamaño máximo, angulosidad, estado superficial y dureza de los granos gruesos; el nombre local o geológico y cualquier otra información o descripción pertinente y el símbolo entre paréntesis.</p> <p>Para los suelos inalterados agréguese información sobre estratificación, compactación, cimentación, condiciones de humedad y características de drenaje</p> <p>Ejemplo: Arena limosa, con grava, aproximadamente un 20% de partículas de grava angulosas de 1.5 cm. de tamaño máximo, arena gruesa a fina, con partículas redondeadas o subangulosas alrededor del 15% de finos no plásticos, con baja resistencia en estado seco, compacta y húmeda in situ, arena aluvial. (SM).</p>	<p> $C_u = \frac{D_{60}}{D_{10}}$ Mayor de 4 $C_c = \frac{(D_{30})^2}{D_{10} \times D_{60}}$ Entre 1 y 3 No satisfacen todos los requisitos granulométricos de las GW Límites de Atterberg por debajo de la línea "A" o Ip menor de 4 Límites de Atterberg por encima de la línea "A" con Ip mayor de 7 $C_u = \frac{D_{60}}{D_{10}}$ Mayor de 4 $C_c = \frac{(D_{30})^2}{D_{10} \times D_{60}}$ Entre 1 y 3 No satisfacen todos los requisitos granulométricos de las SW Límites de Atterberg por debajo de la línea "A" o Ip menor de 4 Límites de Atterberg por debajo de la línea "A" con Ip mayor de 7 Por encima de la línea "A", con Ip entre 4 y 7 Por encima de la línea "A" con Ip entre 4 y 7 casos límite que requieren el uso de símbolos dobles. </p>		
			Prepredominio de un tamaño o un tipo de tamaños, con ausencia de algunos tamaños intermedios.	GP	Gravas mal graduadas, mezclas de arena y grava con pocos finos o sin ellos.				
			Fracción fina no plástica (para la identificación ver el grupo ML más abajo)	GM	Gravas limosas, mezclas mal graduadas de grava, arena y limo				
		Finos plásticos (para identificación ver el grupo CL más abajo)	GC	Gravas arcillosas, mezclas mal graduadas de grava, arena y arcilla					
		Arenas limpas (con pocos finos o sin ellos)	Amplia gama de tamaños y cantidades apreciables de todos los tamaños intermedios.	SW	Arenas bien graduadas, arenas con grava, con pocos finos o si ellos				
			Prepredominio de un tamaño o un tipo de tamaños, con ausencia de algunos tamaños intermedios.	SP	Arenas mal graduadas, arenas con grava, con pocos finos o sin ellos.				
	Finos no plásticos (para identificación ver el grupo ML más abajo)		SM	Arenas limosas, mezclas de arena y fino mal graduadas					
	Arenas con finos (cantidad apreciable de finos)	Arenas-Más de la mitad de la fracción gruesa pasa por el tamiz No. 4	Arenas con finos (cantidad apreciable de finos)	Finos plásticos (para identificación ver el grupo CL más abajo).	SC			Arenas arcillosas, mezclas mal graduadas de arenas y arcillas	
				Finos no plásticos (para identificación ver el grupo ML más abajo).	SM			Arenas limosas, mezclas de arena y fino mal graduadas	
				Finos plásticos (para identificación ver el grupo CL más abajo).	SC			Arenas arcillosas, mezclas mal graduadas de arenas y arcillas	
		Suelos de grano fino: Más de la mitad del material en retención por el tamiz No. 200 ^b (La abertura del tamiz No. 200 corresponde aproximadamente al tamaño de la menor partícula apreciable a simple vista)	Limos y arcillas con límite líquido menor de 50	Métodos de identificación para la fracción que pasa por el tamiz No. 40					
				Resistencia en estado seco (a la disgregación)	Dilatación (reacción a la agitación)			Tenacidad (consistencia cerca del límite plástico)	
Nula a ligera				Rápida o lenta	Nula	ML	Limos inorgánicos y arenas finas, polvo de roca, arenas finas limosas o arcillosas con ligera plasticidad		
Media a alta	Nula a muy lenta			Media	CL	Arcillas inorgánicas de plasticidad bajo a media, arcillas con grava, arcillas arenosas, arcillas limosas, arcillas magras			
Ligera a media	Lenta			Ligera	OL	Limos orgánicos y arcillas limosas orgánicas de baja plasticidad			
Ligera a media	Lenta a nula			Ligera media	MH	Limos inorgánicos, suelos limosos o arenosos finos mucosos o con diatomeas, limos elásticos			
Alta a muy alta	Nula	Alta	CH	Arcillas inorgánicas de plasticidad elevada, arcillas grasas					
Media alta	Nula a muy lenta	Ligera a media	OH	Arcillas orgánicas de plasticidad media a alta					
Suelos Altamente orgánicos	Fácilmente identificables por color, olor, sensación esponjosa y frecuentemente con su textura fibrosa			Pt	Turba y otros suelos altamente orgánicos.				

Utilícese la curva granulométrica para identificar las fracciones de más o indicadas en la columna de identificación en el campo.

Determinense los porcentajes de grava y arena a partir de la curva granulométrica. Según el porcentaje de finos (fracción que pasa por el tamiz No. 200) los suelos gruesos se clasifican como sigue:
 Más del 15% GW, GP, SW, SP
 Más del 12% GM, GC, SM, SC
 5% al 12% Casos límites que requieren el empleo de símbolos dobles

Gráfico de plasticidad para la clasificación en laboratorio de suelos de grano fino

Según Wagner 1957
^a Casos límites. Los suelos que posean características de dos grupos se designan con la combinación de los dos símbolos. Por ejemplo, GW-GC, mezcla bien graduada de arena y grava en una matriz arcillosa.
^b Todos los tamaños de tamices se refieren al U.S. Standard

3.4.9.2 Clasificación AASHTO

En la clasificación AASHTO se observan los parámetros que se deben tener del suelo para apreciarlo. Primero se debe obtener la granulometría y los porcentajes que pasan de los tamices N° 10, 40 y 200, y la porción que pasa el tamiz N°40 obtener los límites Atterberg del suelo, y con estos datos clasificar la muestra mediante un proceso de eliminación.

Tabla 3. Clasificación ASSHTO.

CLASIFICACION GENERAL	MATERIAL GRANULARES (35% menos que pasa por el tamiz N° 200)							MATERIAL LIMO-ARCILLOSOS (Mas del 35% que pasa por el tamiz N° 200)			
Clasificación en grupos	A-1		A-3	A-2				A-4	A-5	A-6	A-7
	A-1-a	A-1-b		A-2-4	A-2-5	A-2-6	A-2-7				A-7-5 A-7-6
Análisis granulométrico % que pasa Tamiz n° 10 Tamiz n° 40 Tamiz n° 200	50 máx. 30 máx. 15 máx.	50 máx. 25 máx.	51 min 10 máx.	35 máx.	35 máx.	35 máx.	35 máx.	36 min	36 min	36 min	36 min
Características de la fracción que pasa por el tamiz n° 40 Limite liquido..... Limite de plasticidad.....	6 máx.		NP	40 máx. 41 min 10 máx. 10 máx.	40 máx. 41 min 11 min 11 min	40 máx. 41 min 10 máx. 10 máx.	40 máx. 41 min 11 min 11 min	40 máx. 41 min 10 máx. 10 máx.	40 máx. 41 min 11 min 11 min	40 máx. 41 min 11 min 11 min	40 máx. 41 min 11 min 11 min
Índice de grupo.....	0		0	0	4 máx.		8máx.	12 máx.	16 máx.	20 máx.	
Materiales que constituyen fundamentalmente estos grupos	Fragmentos de piedra, grava y arena		Arena fina	Grava y Arena Limosas o Arenosas				Suelo Limosos		Suelos Arcillosos	

3.4.10 DETERMINACIÓN DE SUELOS EXPANSIVOS

La expansividad de un suelo puede determinarse mediante los ensayos límites Atterberg, (límite líquido LL, límite plástico LP, límite de contracción LC), y tomando la expansividad de los especímenes de CBR mediante el dial de deformación. Otra manera de determinar el grado de expansividad de un suelo es por medio de métodos de autores que toman como referencia el límite de contracción y el índice de plasticidad de los suelos expansivos.

3.4.10.1 Métodos para determinar la expansividad de las arcillas

Se han anticipado métodos indirectos que atreves de las evaluadas de ciertas propiedades básicas y sencillas que poseen los suelos que determinan su posible potencial expansivo. Estos métodos tienen la ventaja y son posibles de ejecutar ya que los equipos que se manipulan están disponibles en los laboratorios de suelos. La desventaja que poseen es que no cuantifican la expansión directamente, si no que cualitativamente se establecen relaciones y categorías de grados del potencial expansivo. A continuación una explicación de los siguientes métodos:

3.4.10.2 Propiedades índices

Los investigadores han confirmado que las características plásticas de los suelos pueden ser usados como indicador primario de las características expansivas de las arcillas y que dependen de la cantidad de agua que la arcilla absorba. Desde hace mucho tiempo los límites de Atterberg han sido manejados para identificar de una manera sencilla las características expansivas de las arcillas.

Método de Holtz y Gibbs (1956).- Estos autores utilizaron el límite de contracción y el índice de plasticidad para especificar tres niveles de potencial expansivo del suelo.

Clasificación de los suelos expansivos con base al límite de contracción e índice de plasticidad.

Cambio de volumen	Límite de contracción	Índice de plasticidad
Bajo	> 12	0-15
Moderado	10-12	15-30
Alto	0-10	>30

Tabla 4. Clasificación de los suelos expansivos con base al límite de contracción e índice de plasticidad (FUENTE: Holtz y Gibbs 1956)

Holtz y Gibbs (1956)

Holtz y Gibbs demostraron que el índice de plasticidad y el límite líquido son Índices de utilidad para determinar las características de expansión de la mayoría de las arcillas. La relación entre el potencial de expansión de las arcillas y el índice de plasticidad puede establecerse como a continuación se indica en la Tabla.¹³

Relación del potencial de expansión y el índice de plasticidad

Potencial de expansión	Índice de Plasticidad
Bajo	0-15
Medio	10-35
Alto	20-55
Muy Alto	35 ó más

Tabla 5. Relación del potencial de expansión y el índice de plasticidad

¹³ Beltrán, R. (2009). Diseño Geotécnico y Estructural de una cimentación en arcilla expansiva. (Tesis Doctoral). Universidad Nacional Autónoma de México. DF.

3.4.11 PLASTICIDAD DE LAS ARCILLAS

Los límites se basan en el concepto de que en un suelo de grano fino solo pueden estar cuatro estados de consistencia según su humedad. Así, un suelo se encuentra en estado sólido, cuando está seco. Al agregársele agua poco a poco va cruzando sucesivamente a los estados de semisólido, plástico, y últimamente líquido. Los contenidos de humedad en los puntos de transformación de un estado al otro son los denominados límites de Atterberg. Los ensayos se realizan en el laboratorio y miden la cohesión del terreno y su contenido de humedad.¹⁴

3.4.12 HUMEDAD NATURAL

Esta propiedad física del suelo es de gran utilidad en la construcción civil y se obtiene de una manera sencilla, pues la conducta y la resistencia de los suelos en la construcción están gobernadas por la cantidad de agua que contienen. El contenido de humedad de un suelo es la relación del cociente del peso de las partículas sólidas y el peso del agua que guarda, esto se pronuncia en términos de porcentaje.

El contenido de humedad de una masa de suelo, esta formado por la suma de sus aguas libres, capilares. El grado del contenido de agua que presenta un suelo representa junto a la cantidad de aire una de las características mas importantes para manifestar el comportamiento de este en especial a aquellos que su textura es mas fina como por ejemplo cambios de volumen, cohesión, estabilidad mecánica. El método acostumbrado de determinación de la humedad del suelo en laboratorio, es por medio del secado a horno, donde la humedad de un suelo es la relación expresada en porcentaje entre el peso del agua existente en una establecida masa de suelo y el peso de las partículas sólidas.¹⁵

Este porcentaje de humedad se calcula dividiendo la masa de agua resultada para la masa de muestra seca del suelo a una temperatura 105°C durante 24 horas o hasta que deje registrar humedad, este valor viene dado en porcentajes.

¹⁴ASTM D4318-05 Standard Test Method for Liquid Limit, Plastic Limit and Plasticity Index of soils.

¹⁵ <http://www.buenastareas.com/ensayos/Humedad-Natural/2635387.html>

$$W\% = \frac{\text{masa de agua}}{\text{masa de suelo seco}} \times 100$$

Donde:

W% = porcentaje de agua que tiene el suelo

3.4.13 GRANULOMETRÍA

El análisis granulométrico consiste en separar las partículas por medio de tamices y clasificarlas por tamaño, y se determina el porcentaje de cada uno dividiendo la cantidad de partículas separadas para el total del peso de la muestra. En este caso de investigación se trabaja con suelos finos que llevan aplicar la granulometría por vía húmeda donde se utilizan los pesos de los pasantes con los tamices N# 10, 40, 200.

3.4.14 LÍMITES ATTERBERG

Los límites fundados por Atterberg para distinguir los distintos estados de consistencia se deben conseguir a partir de la fracción que pasa por el tamiz N° 40, descartando la porción retenida.

Estos ensayos nos permiten medir la plasticidad de los suelos, Atterberg vio que la plasticidad de un suelo no era una propiedad permanente, si no casual que dependía del aumento de agua.

Los estados de consistencia de los suelos se los cataloga de la siguiente manera:

- Estado líquido: Cuando presenta propiedades y apariencia de una suspensión.
- Estado semilíquido: Cuando el suelo tiene propiedades de un fluido viscoso.
- Estado plástico: Cuando el suelo se comporta plásticamente.

- Estado semisólido: El suelo se presenta como un sólido pero su volumen varía al ser sometido a un secado.
- Estado sólido: cuando el volumen del suelo no cambia con el secado.

Entre cada uno de estos estados existen límites, los cuales Atterberg definió de la siguiente manera:

- Límite líquido: frontera entre el límite semilíquido y plástico
- Límite plástico: frontera entre el estado plástico y estado semisólido
- Límite de contracción: frontera entre el estado semisólido y sólido.

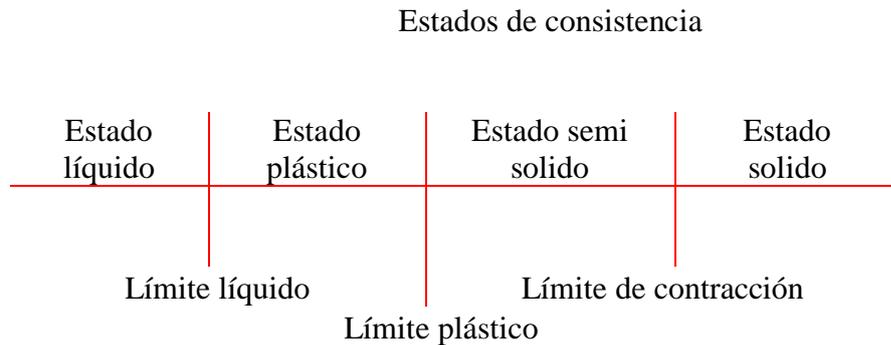


Tabla 6. Estados de consistencia (Fuente: Juárez Badillo 2005)

A las divisorias que definen el intervalo en que la muestra mantiene su plasticidad entre el límite líquido y el límite plástico se los denomina “límites de plasticidad”, la diferencia entre estos límites se conoce como el índice plástico, que es el segundo parámetro para medir la plasticidad de un suelo.¹⁶

$$IP = LL - LP$$

Donde:

IP = índice de plasticidad

LL= límite líquido

LP= límite plástico

¹⁶ Juárez Badillo E. Mecánica de suelos. Tomo 1. México. 1986

3.4.14.1 Límite líquido (LL)

Es el contenido de humedad del suelo en el límite entre el estado semilíquido y Plástico. Se determina cuando en el aparato de límite líquido según A. casa grande la muestra de suelo tiene una humedad tal que la muestra moldeada y cortada una ranura por un separador estándar alcance a toparse sin unirse luego de 25 golpes.

Los suelos granulares arenosos tienen límite líquido bajo e incluso no obtienen. En cambio los suelos de partículas finas tienen un alto límite líquido y minerales que absorben cantidades de agua.

3.4.14.2 Límite plástico (LP)

Es el contenido de humedad del suelo en el límite entre los estados semisólidos y plástico. Para determinar el límite plástico se elaboran cilindros de 3mm de diámetro hasta que se fisuren sin que estos se rompan por completo o desmorone, la mínima humedad con la cual se cumplan estos requerimientos es considerado su límite plástico.

El límite plástico es de importancia práctica, debido a que en este estado el suelo es manipulado de manera más fácil, se puede compactar y escavar de manera sencilla.¹⁷

3.4.14.3 Índice de plasticidad (IP)

Es la diferencia entre los límites líquido y plástico:

$$IP = LL - LP$$

3.4.14.4 Límite de Contracción (LC)

Es la humedad máxima de un suelo para la cual una reducción de la humedad no produce disminución del volumen del suelo.

Como se vio en los ensayos anteriores (LL y LP), con ellos se puede predecir la presencia potencial de cambios de volumen en el suelo que podrían inducir problemas posteriores. Sin embargo, para lograr una indicación de cantidad de

¹⁷ Juárez Badillo E. Mecánica de suelos. Tomo 1. México. 1986

cambio de humedad puede presentarse (antes de tener un cambio de volumen significativo y para obtener una indicación de la cantidad de este), es necesario hacer el ensayo del límite de contracción. El ensayo comienza con un volumen de suelo que presente un estado de humedad entre la condición de saturación completa (pero no absolutamente necesario) y la humedad cercana al límite líquido o superior. El suelo se deja secar, en cuyo proceso se supone que cualquier pérdida de humedad esta acompañada por una disminución en el volumen global de la muestra (o relación de vacíos).

A partir de ese valor límite en el contenido de humedad, es viable producir cambios adicionales en el volumen del suelo debido a la pérdida adicional de agua de poros. El tamaño de la muestra de ensayo será de aproximadamente 30 grs. y deberá pasar completamente por el tamiz de # 40.¹⁸

3.4.14.5 Índice de Contracción (Ic)

Permite examinar suelos expansivos. Es la diferencia entre el límite plástico y el límite de contracción.

$$Ic = Lp - Lc$$

3.4.15 COMPACTACIÓN PROCTOR

Determinar la relación entre la humedad óptima y la densidad seca máxima del material compactado en un molde de un tamaño dado estándar o modificado con un martillo de 10 lb que cae desde una altura de 45,72 cm

$$Ds = \frac{Dh}{1 + \frac{w}{100}}$$

Donde:

Ds= densidad seca máxima

Dh = densidad húmeda

W = porcentaje de humedad añadida

¹⁸ http://icc.ucv.cl/geotecnia/03_docencia/02_laboratorio/manual_laboratorio/limites.pdf

3.4.16 CAPACIDAD PORTANTE (CBR)

Se determina la capacidad portante del suelo en la maquina Marshall introduciendo un pistón de área de 19.635 cm² a cada cilindro elaborado en el laboratorio, compactados en cinco capas cada uno con golpes de 11, 27, y 61, utilizando un martillo de 10 lb que cae desde una altura de 45,72 cm

Dejándolos sumergidos en agua durante tres días, el porcentaje de esponjamiento que tiene el material se lo mide cada día con el dial de deformación observando su hinchamiento en pulgadas.

3.4.17 NEUTRALIZACIÓN

La neutralización es la anulación o moderación, disminución en el exceso o violencia de una cosa, en este caso se lograra disminuir efectos de expansividad y plasticidad de estos suelos arcillosos aplicando un componente de neutralización. En este caso de estudio se lograra la combinación de Arcilla-Cal.

También se trata procedimientos físicos y/o químicos que nos permiten modificar las características de un suelo con la finalidad de mejorar su comportamiento en cuanto a resistencia y deformación. Para disminuir los cambios volumétricos en un suelo, se puede incorporar un aditivo a éste, uno de los métodos más comunes involucra el uso de cal. Este aditivo es particularmente efectivo con suelos arcillosos, con los que reacciona tanto química como físicamente¹⁹

3.4.18 COMPONENTES PARA LA NEUTRALIZACIÓN DE SUELOS EXPANSIVOS

Entre los aditivos usados en la estabilización de los suelos se encuentran los siguientes (Sowers, 1994):

- Aditivos que retienen humedad: sales comunes y cloruro de calcio.
- Aditivos resistentes a la humedad: agentes impermeabilizantes resinosos e hidrófugos, materiales bituminosos y asfaltos rebajados.
- Mezcla de suelo-cemento, en la mayoría de los casos se hace con cementos Pórtland.

¹⁹ López-Lara, T., Hernández-Zaragoza, J. B., Horta-Rangel, J., Castaño-Meneses, V. M., & Coronado-Márquez, A. (2010). Polímeros para la estabilización volumétrica de arcillas expansivas. *Revista Iberoamericana de Polímeros*, 11(3), 159-168.

- Cal y cemento: reacciona con el suelo químicamente permitiendo reacciones puzolánicas.
- Agentes dispersante: entre los cuales se encuentran el silicato de sodio y poli fosfato de sodio que reducen el límite líquido, el índice plástico y la permeabilidad.²⁰

3.4.18.1 La cal

También llamada cal viva es un vocablo que distingue todas las formas físicas en las que puede presentarse el óxido de calcio. Se obtiene como resultado de la calcinación de las rocas calizas o dolomías. Se ha usado desde la más remota antigüedad como conglomerante en la construcción, también para pintar muros y fachadas de los edificios construidos con adobes o tapial típico en las antiguas viviendas mediterráneas o en la fabricación de fuego griego. La densidad de la cal es de 3.35 g/cm³.²¹

3.4.18.2 Cal hidratada (Hidróxido de calcio)

El hidróxido de calcio, o cal hidratada (otros sinónimos: hidrato de cal, cal apagada, cal muerta, cal aérea apagada, cal de construcción, cal química, cal fina, cal de albañilería, flor de cal, cal Viena) con fórmula $\text{Ca}(\text{OH})_2$, se consigue por hidratación del óxido de calcio (cal viva) en unos equipos designados hidratadores.

3.4.18.3 Cal para tratamiento de arcillas

Para el tratamiento de suelos se puede utilizar cal viva (óxido de calcio- CaO), cal hidratada (hidróxido de calcio- $\text{Ca}[\text{OH}]_2$), o una lechada de cal (suspensión de cal hidratada en agua). La cal viva se origina de la transformación química del carbonato de calcio (piedra caliza- CaCO_3) en óxido de calcio. La cal hidratada se logra cuando la cal viva reacciona químicamente con el agua. La cal hidratada (hidróxido de calcio) es la que reacciona con las partículas arcillosas y las convierte permanentemente en una fuerte matriz cementante. Para este caso de estudio y para

²⁰ Tauta, J. F. C., Ortiz, O. J. R., Antolínez, C. M., & Méndez, D. F. (2006). Evaluación de aditivos usados en el tratamiento de arcillas expansivas. *Ciencia e Ingeniería Neogranadina*, 16(2), 45-53.

²¹ https://es.wikipedia.org/wiki/%C3%93xido_de_calcio

fines prácticos se utilizara la cal viva mezclándose con el suelo arcilloso y disminuyendo su plasticidad y expansividad del suelo.²²

3.4.18.3 NEUTRALIZACIÓN DE SUELOS CON CAL

Tradicionalmente se ha cumplido que los suelos más apropiados para que sean tratados con cal son aquellos que son muy arcillosos; los suelos arenosos son más adecuados para ser tratados con cemento o productos bituminosos. Sin embargo, la cal tiene una capacidad cementante bastante significativa que puede mejorar las propiedades de otros tipos de suelos (Figueroa y Reyes 2013).²³

3.4.19 CANTIDADES DE CAL USADAS PARA EL TRATAMIENTO DE NEUTRALIZACIÓN EN SUELOS EXPANSIVOS

En estos temas si se desea claramente mejorar las características del suelo sin un efecto cementante la literatura tradicional recomienda utilizar la cal en pequeñas cantidades que oscilan entre el 1% y 3% del peso del material a utilizar, a los cuales se les denomina materiales tratados con cal. En el caso de querer un efecto que involucre cementación, la cantidad varía entre 2% y 8% del peso del material que va a ser utilizado; otros autores como Braja (2001), certifican que para cementación el rango óptimo de contenido de cal se presenta entre el 5% y el 10%.²⁴

3.4.20 CAMBIOS Y REACCIONES CAUSADOS POR LA CAL EN EL SUELO EXPANSIVO

La cal permite la disminución del límite líquido y el incremento del límite plástico por lo que el índice plástico disminuye, otros cambios que presenta el suelo es en el descenso de la densidad seca máxima y el incremento de la capacidad portante del suelo (CBR), los cambios volumétricos también se disminuyan, así

²² (Enero 2004) National lime Association the versatile chemical. Estabilización de suelos tratados con cal, estabilización y modificación con cal.

²³ Moreno, M. A. R., & Montoya, C. A. H. (2005). Comportamiento de suelos residuales de diorita estabilizados con cal y su evolución en el tiempo. *Revista Ingenierías Universidad de Medellín*, 4(6), 111-122.

²⁴ Moreno, M. A. R., & Montoya, C. A. H. (2005). Comportamiento de suelos residuales de diorita estabilizados con cal y su evolución en el tiempo. *Revista Ingenierías Universidad de Medellín*, 4(6), 111-122.

mismo produce reacciones químicas como intercambio catiónico, reacciones puzolánicas, aumenta la manejabilidad y permeabilidad, mejora las propiedades de resistencia e incrementa el límite de contracción (Braja, 2001).²⁵

²⁵ Tauta, J. F. C., Ortiz, O. J. R., Antolínez, C. M., & Méndez, D. F. (2006). Evaluación de aditivos usados en el tratamiento de arcillas expansivas. *Ciencia e Ingeniería Neogranadina*, 16(2), 45-53.

3.4.21 MODIFICACIÓN DE LOS SUELOS ARCILLOSOS NEUTRALIZADOS CON CAL

La suma de la cal a un suelo con una fracción de partículas finas notables cambia su comportamiento con una unión de sus propiedades. Los mecanismos que entran en este proceso, que se reduce fundamentalmente en dos expresiones características:

- a) Una modificación de la textura del suelo; y
- b) Un incremento de su resistencia.

Estos hechos causan en mayor o menor medida según el tipo de suelo, su granulometría y mineralogía, y el de la cal usada, en función de su riqueza y acción. Su justificación esta en la variación del estado natural de ambos materiales por las reacciones químicas que se producen en la interacción de sus estructuras.²⁶

3.4.22 MECANISMO DE INTERACCIÓN DE LA CAL SOBRE UN SUELO

En la mezcla de la cal con un suelo arcilloso se originan dos tipos de reacciones que se pueden concentrar según sus pruebas en:

a) Una modificación inmediata de las condiciones de granulometría, textura y compacidad originada por:

- Intercambio de iones entre la arcilla y la cal
- Floculación de las partículas de arcillas
- Reducción de la cantidad de agua absorbida por la arcilla.

b) Una mejora de las características resistentes del suelo a medio y largo plazo, producida por:

- Reacción puzolánicas de cementación
- Carbonatación

²⁶ Castelló, J. D. B. criterios de selección y dosificación en los tratamientos con cal.

3.4.22.1 Intercambio iónico entre arcilla y la cal

Cuando la cal toma contacto con las arcillas los cationes de calcio tienden a reemplazar a aquellos otros que están absorbidos en la superficie de sus partículas, dispersos en lo que se ha llamado la capa doble. Desplazan así a cationes monovalentes usuales en las arcillas naturales, como los de sodio, potasio o magnesio. Como consecuencia clara de ello, además, se reduce el espesor de la capa doble.

3.4.22.2 Floculación de las partículas

El fenómeno de cambio iónico por cationes de mayor valencia oprime el espesor de la capa doble de la arcilla. Ello crea que se reduzca pues la zona de alta presencia de cationes que distancia una partícula de otra, tanto por concentración como por repulsión eléctrica. Por tanto logran que se aproximen las partículas y esto da lugar a nuevas fuerzas de atracción entre ellas.

El hecho que se orienten en contacto nuevas partículas de arcillas y se generen fuerzas de atracción entre ellas causa unas nuevas agrupaciones de partículas que antes eran dispersas o separadas creando flóculos o conjuntos de partículas.

Este equipo se ayuda evidentemente con una mayor agrupación de electrólito o de cationes a intercambiar en el medio en que se hallan las partículas de arcillas. Pero también se ayuda por la presencia de valores altos de PH en el medio, como la que aporta fundamentalmente la presencia de la cal.

3.4.22.3 La reacción puzolánicas

Las arcillas son minerales que contienen en su estructura importantes cantidades de sílice y alúmina y otros elementos de sustitución como el hierro, magnesio, etc. En estas circunstancias es posible decir que las arcillas son productos naturales con propiedades puzolánicas. Estas propiedades se basan en que bajo condiciones de PH altos pueden provocar un efecto consistente en la reacción de la cal con la sílice y alúmina para producir productos cementantes.

En el caso de la mezcla arcilla y cal, la sílice y alúmina procedentes de las partículas de arcillas al entrar en contacto con la cal, que proporciona el medio

básico, lleva a formar silicatos y aluminatos de calcio hidratados. Estos productos son parecidos a los que se generan en el fraguado del cemento portland.

3.4.22.4 Carbonatación de la cal

Un fenómeno que, si bien no está asociado a la interacción del suelo con la cal es justo referirse como un efecto terminante de la mezcla es la carbonatación de la cal sobrante en el tratamiento.

Tan sólo cabe en este punto indicar que, como se describió al tratar las propiedades de la cal, el proceso de su formación es una reacción cambiante. Por ello, la manifestación de los hidróxidos de calcio al dióxido de carbono puede dar lugar a la restauración de los carbonatos de los que se originó la cal. Evidentemente, esta eventualidad de reacción de los hidróxidos resta actividad a la cal ya que sustrae de la misma parte del principio activo que debe reaccionar con las arcillas.²⁷

3.4.23 EFECTOS DE LA APLICACIÓN DE LA CAL EN LA ARCILLA

Como resultado de la mezcla de los elementos descritos en el apartado anterior, la aplicación de cal a un suelo arcilloso origina una alteración en las propiedades físicas características de su comportamiento originario.

Si bien ya se ha indicado que en función de la mineralogía del suelo y de la proporción y forma de aplicación de cal se producen unos u otros procesos en mayor o menor medida, es posible simplificar y abarcar los efectos más genéricos de la mejora en los que siguen:

- Reducción de la humedad natural del suelo
- Modificación de la granulometría
- Aumento de la permeabilidad
- Reducción del índice de plasticidad
- Reducción del potencial de cambios volumétricos
- Modificación de las características de compactación
- Aumento inmediato de la consistencia

²⁷ Castelló, J. D. B. criterios de selección y dosificación en los tratamientos con cal.

- Mayor resistencia a medio y largo plazo

3.4.23.1 Reducción de la humedad natural del suelo

Es cierto que este resultado sólo se causa cuando la cal se aplica en forma de cal viva en polvo. El proceso, ya explicado en las propiedades de la cal se basa en que para la hidratación de los óxidos de calcio existentes en la adición y su conversión en hidróxidos cálcicos, se toma el agua precisa de la presente en la masa del suelo. Además, y dado que la reacción que se produce es exotérmica, el propio calor producido en la hidratación facilita la evaporación del exceso de humedad. Es, al fin y al cabo, la producción del apagado de la cal en el suelo húmedo que se quiere secar.

3.4.23.2 Modificación de la granulometría

Un segundo efecto importante que se produce en la aplicación de la cal a suelos arcillosos es la modificación de su granulometría. Este hecho se justifica en los mecanismos de floculación y aglomeración de las partículas que se originan por el intercambio iónico en la superficie de las mismas.

3.4.23.3 Aumento de la permeabilidad

Sin embargo, el efecto anterior de reforma de la granulometría sí puede ser apreciado de forma indirecta en otros cambios de propiedades físicas asociadas a la distribución granulométrica de un suelo: Es el caso de la permeabilidad. El aumento de permeabilidad contiguo de los suelos por la aplicación de la cal no es sin embargo un efecto especialmente conocido o aprovechado en las obras. Y aunque la calidad ante procesos de consolidación de suelos o susceptibilidad ante el agua podría ser relevante, ello se debe a que existe un factor favorable de este aumento a largo plazo. En efecto, si bien la permeabilidad acrecienta en los primeros momentos de aplicación de la cal, fenómenos posteriores que inciten a una disolución, sustitución o lavado de los iones de calcio que han originado esta nueva estructura más

permeable pueden llevar a una extrema caída de la permeabilidad a medio o largo plazo.²⁸

²⁸ Castelló, J. D. B. criterios de selección y dosificación en los tratamientos con cal

3.4.23.4 Reducción del índice de plasticidad

Una de las importantes pruebas de la aplicación de la Cal en los suelos arcillosos es la disminución de la plasticidad, característica evidente y diferencial de este tipo de suelos.

Esta disminución, justificada por los mismos mecanismos narrados en los puntos anteriores, se manifiesta y cuantifica mediante un cambio de los límites de Atterberg, determinación habitual en el mundo de la construcción. Más resumidamente la aplicación de la cal estimula de manera generalizada un aumento del límite plástico sin afectar al límite líquido. Tan sólo parece verse este afectado en las primeras veinticuatro horas desde la aplicación de la cal, pero en todo caso, en menor proporción que el límite líquido. Como consecuencia de ello, se identifica una reducción del índice de plasticidad, diferencia numérica entre los límites líquido y límite plástico. Esta disminución que se ha dicho que es generalizada para todas las arcillas, se muestra no obstante en mayor medida en los suelos con mayor plasticidad. Así suelos más plásticos logran a igualdad de cal aplicada una más importante reducción de la plasticidad.

3.4.23.5 Reducción del potencial de cambios volumétricos

Otro resultado práctico de los fenómenos de reducción de la capa doble y el agua entre las partículas de las arcillas logradas con la aplicación de la cal es la disminución de la susceptibilidad de las mismas al agua, entendida principalmente ésta como la propensión a los cambios de volumen ante alteraciones del nivel de humedad del suelo.

El conjunto de reacciones entre la cal y las partículas de arcilla valen no sólo para disminuir el porcentaje de humedad en las mismas, sino incluso para fijar en este nivel de humedad de una manera más estable y evitar su reducción o aumento ante aportes externos. Con ello se reduce el riesgo que esta reducción o aumento puede tener en el volumen del suelo, y que en caso contrario se volverían en expansiones o retracciones del mismo. Este efecto conlleva que el tratamiento con cal de un suelo potencialmente expansivo sirve para lograr significativas reducciones del riesgo de hinchamiento y retracción del mismo. El provecho de este efecto es

claro y de gran espectro dada la importante magnitud de los daños ocasionados en la construcción por las arcillas expansivas. No obstante, su limitación clara consiste en que sólo se mejora aquella parte del suelo que es sometida al tratamiento y que ello supone la manipulación y mezclado de la masa a tratar.

3.4.23.6 Modificación de las características de compactación

Las variaciones que la cal genera en los suelos arcillosos es la transformación de los valores característicos que relacionan los estados de humedad del suelo y su densidad, que son los que rigen su proceso de compactación. La redistribución de las partículas en secciones de mayor tamaño hace que ante una misma energía de compactación sea viable obtener una menor densidad máxima. La justificación es puramente geométrica y similar a la referida al tratar el aumento de permeabilidad.

Otra consecuencia en las propiedades de compactación de la aplicación de la cal es el aumento de la humedad necesaria para conseguir la densidad máxima relacionada a un nivel de energía dado, o lo que se conoce como “humedad óptima”.²⁹

3.4.23.7 Efectos sobre la compactación.

La añadidura de cal produce en todos los suelos una caída de la densidad seca máxima y un aumento de la humedad óptima de compactación en relación al suelo no tratado. Dichos resultados concuerdan con los obtenidos Ayuso (1982). Los descensos causados en la densidad seca máxima son debidos por una parte al menor peso específico de los aditivos empleados en relación al del suelo, en este caso el aditivo que se añadirá para la neutralización del suelo arcilloso es la cal como se ha venido pronunciando. Las interacciones físico-químicas que se producen entre éstos y las partículas del suelo. Así, la interacción de la cal con las partículas de arcilla produce una estructura floculada más porosa y de menor densidad (Venuat, 1980).³⁰

²⁹ Castelló, J. D. B. criterios de selección y dosificación en los tratamientos con cal.

³⁰ Garzón, E., SÁNCHEZ-SOTO, P. J., RAIGÓN, M., & RUIZ-CONDE, Y. A. (2006). EFECTOS DE LA COMPACTACIÓN Y ESTABILIZACIÓN CON CEMENTO Y CAL EN LAS PROPIEDADES MECÁNICAS DE FILITAS. *XXVI REUNIÓN (SEM)/XX REUNIÓN (SEA)*, 217-220.

3.4.23.8 Aumento inmediato de la consistencia

La reordenación de las partículas estimulada por la ruptura de la distribución laminar y la reducción de la capa doble se revela, como ya se ha dicho, en varios efectos en cuanto al cambio de las propiedades físicas de los suelos arcillosos. Pero también tiene una manifestación en las propiedades mecánicas de los mismos. Esta manifestación se muestra como un aumento de lo que se podría llamar su capacidad portante CBR.

3.4.23.9 Incremento del valor CBR

La declaración más típica de este aumento de la consistencia de un suelo es el incremento del C.B.R. que se produce en el mismo ante el aumento de cal. Tal y como ya se ha considerado en otros efectos, el incremento del C.B.R. es un resultado general para todos los suelos estudiados. Se puede observar que el aumento es muy rápido para pequeños porcentajes de cal aplicado y la progresión, aunque en ocasiones reduce la velocidad de aumento con la cantidad de cal, aparece con una tendencia creciente casi indefinida.

3.4.23.10 Mayor resistencia a largo plazo

El único resultado de entre los indicados en el que intercede lo que se ha llamado la reacción puzolánicas se plasma en un aumento muy importante de la resistencia de un suelo a medio o largo plazo por la aplicación de cal. Este efecto se basa en la alineación de productos cementantes en la matriz de partículas de la arcilla que constituye enlaces de rigidez y resistencia mucho mayores que las inicialmente existentes. A diferencia de la ganancia en la consistencia que se ha descrito como un fenómeno inmediato de aplicación de la cal justificado por el aumento en el rozamiento interno, el efecto de la reacción puzolánicas se basa en un aumento muy sustancial de la cohesión interna de las partículas.³¹

³¹ Castelló, J. D. B. criterios de selección y dosificación en los tratamientos con cal.

4. VISUALIZACIÓN DEL ALCANCE DEL ESTUDIO

“Determinación del comportamiento del suelo arcilloso existente de la calle Eloy Alfaro de la parroquia Andrés de Vera del cantón Portoviejo y sus características de neutralización”.

4.1 EN LO SOCIAL

En este proyecto se quiere obtener información del tipo de suelo arcilloso de la calle Eloy Alfaro de la parroquia Andrés de Vera del cantón Portoviejo y su clasificación y características de neutralización por medio del componente cal, y a su vez tener estos resultados para un futuro proyecto vial

4.2 EN LO ECONÓMICO

Agradecimientos al esfuerzo personal y económico de los estudiantes que son parte de este proyecto de titulación, se pudo acceder a recursos para la obtención de los ensayos en el laboratorio de suelo sobre Determinación del comportamiento del suelo arcilloso existente y sus características de neutralización.

4.3 EN LO CIENTÍFICO

Gracias a los conocimientos que se obtuvieron a lo largo de la carrera permitió el desarrollo de este proyecto de titulación que forma una herramienta científica de información, cooperando a la carrera de Ingeniería Civil, fundamentos útiles en base al progreso de investigación experimental y de campo, su utilidad es aplicable para futuras investigaciones y proyectos de diseños viales.

5. ELABORACIÓN DE HIPÓTESIS Y DEFINICIÓN DE VARIABLES

5.1 HIPÓTESIS

5.1.1 HIPÓTESIS GENERAL

La identificación del comportamiento de las arcillas expansivas de la calle Eloy Alfaro de la parroquia Andrés de Vera del cantón Portoviejo proporcionará resultados para su neutralización.

5.1.2 HIPÓTESIS ESPECÍFICAS

- La identificación del comportamiento de las arcillas expansivas nos permitirá analizar el porcentaje adecuado para su neutralización del suelo arcilloso de la calle Eloy Alfaro de la parroquia Andrés de Vera del cantón Portoviejo.
- La cal suministra resultados y características favorables para una buena neutralización del suelo arcilloso de la calle Eloy Alfaro de la parroquia Andrés de Vera del cantón Portoviejo.

5.2 VARIABLES Y SU OPERACIONALIZACIÓN

5.2.1 VARIABLES

5.2.1.1 VARIABLE DEPENDIENTE

Comportamiento del suelo arcilloso

5.2.1.2 VARIABLE INDEPENDIENTE

Características de neutralización.

5.3 OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES

5.3.1 VARIABLE DEPENDIENTE: Comportamiento del suelo arcilloso

CONCEPTUALIZACIÓN	CATEGORÍA	INDICADOR	ITEMES	TÉCNICA
<p>Un suelo expansivo es aquel que es susceptible de sufrir cambios volumétricos por cambios de humedad, estos suelos al ser altamente expansivos logran aumentar su volumen de tal manera que son perjudiciales para una estructura de pavimento, por lo que se debe tomar en cuenta la soluciones de tratamiento o neutralización de suelos por medio de un componente.</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Comportamiento del suelo arcilloso • Aumento de volumen de la calle en servicio. • Análisis del comportamiento y clasificación de la arcilla. 	<ul style="list-style-type: none"> • Clasificación del suelo arcilloso. • Niveles de comportamiento volumétrico • Clasificación de los suelo por los métodos SUCS y AASHTO. 	<p>¿Conoce usted los tipos de arcillas?</p> <p>¿Conoce usted cuanto puede aumentar el volumen de una arcilla?</p> <p>¿Tiene conocimientos acerca de los métodos de calcificación de suelos?</p>	<p>Ensayos experimentales de laboratorio de suelos como: humedad natural, granulometría, limites Atterberg, compactación proctor, capacidad portante CBR de las muestras tomadas en la calle Eloy Alfaro de la ciudadela Eloy Alfaro parroquia Andrés de Vera del cantón Portoviejo.</p>

5.3.2 VARIABLE INDEPENDIENTE: Características de Neutralización

CONCEPTUALIZACIÓN	CATEGORÍA	INDICADOR	ITEMES	TÉCNICA
<p>La neutralización de un suelo es el proceso por el cual se mejora las propiedades del mismo y cambia su características físicas y químicas, estos componentes utilizados para la mejora o neutralización de los suelos arcillosos permiten la disminución de la plasticidad de la arcilla y aumento de volumen, en este caso se utilizara el componente Cal (oxido de calcio) este componente reduce su capacidad de absorción de humedad del suelo.</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Neutralización del suelo arcilloso expansivo. • Porcentaje de cal adecuado para la mezcla Arcilla-Cal. • Cambios en la características del suelo 	<ul style="list-style-type: none"> • Generalidades e importancias. • Porcentaje de cal depende de la plasticidad de la arcilla. • Métodos de clasificación SUCS y AASHTO para verificar los cambios 	<p>¿Conoce usted sobre la neutralización de suelos expansivos?</p> <p>¿Conoce usted el porcentaje de cal adecuado para la arcilla expansiva?</p> <p>¿Tiene conocimiento sobre la clasificación de suelos?</p>	<p>Ensayos para la Composición de suelo y cal (óxido de calcio). En el laboratorio de suelos como: humedad natural, granulometría, límites Atterberg, compactación proctor, capacidad portante CBR de las muestras tomadas en la calle Eloy Alfaro de la ciudadela Eloy Alfaro parroquia Andrés de Vera del cantón Portoviejo.</p>

6. DESARROLLO DEL DISEÑO DE INVESTIGACIÓN

6.1 OBJETIVOS

6.1.1 OBJETIVO GENERAL

Determinar el comportamiento del suelo arcilloso existente de la calle Eloy Alfaro de la parroquia Andrés de Vera del cantón Portoviejo para identificar las características de neutralización.

6.1.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Clasificar el suelo natural de la calle Eloy Alfaro de la parroquia Andrés de Vera del cantón Portoviejo.
- Conocer la mecánica del suelo arcilloso expansivo al estar en contacto con la humedad.
- Determinar el grado de expansividad del suelo arcilloso de la calle Eloy Alfaro de la parroquia Andrés de Vera del cantón Portoviejo.
- Reducir su índice de plasticidad mediante un componente de neutralización (CAL) a una profundidad de 0.50 m.
- Reducir el grado de expansividad de la arcilla mediante un componente de neutralización (CAL) a una profundidad de 0.50 m.

6.2 NIVEL DE INVESTIGACIÓN

La Investigación de campo, definida como el proceso que, utilizando el método científico, permite obtener nuevos conocimientos en el campo de la realidad social. (Investigación pura), o bien estudiar una situación para diagnosticar necesidades y problemas a efectos de aplicar los conocimientos con fines prácticos (investigación aplicada). Este tipo de investigación es también conocida como investigación in situ ya que se realiza en el propio sitio donde se encuentra el objeto de estudio. Ello permite el conocimiento más a fondo del investigador, puede manejar los datos con más seguridad y podrá soportarse en diseños exploratorios, descriptivos y experimentales, creando una situación de control en la cual manipula sobre una o más variables dependientes (efectos). Por tanto, es una situación provocada por el investigador para introducir determinadas variables de estudio manipuladas por él, para controlar el aumento o disminución de esas variables y sus efectos en las conductas observadas.

Con estos antecedentes se utilizará un tipo de investigación de campo, por cuanto esta investigación corresponde a un tipo de diseño de investigación, que se basa en informaciones obtenidas directamente de la realidad, permitiendo a los proponentes de esta investigación cerciorarse de las condiciones reales en que se conseguirán los datos. En otras palabras, se efectuará una medición de los datos; en el caso propuesto, permitirá obtener información respecto al comportamiento de las arcillas expansivas de la calle Eloy Alfaro de la parroquia Andrés de Vera del cantón Portoviejo identificando las características de neutralización, y conducirá a obtener conocimientos en el campo de la realidad social.

6.3 MÉTODO

El método seleccionado es HIPOTÉTICO-DEDUCTIVO, puesto que se plantea hipótesis que se pueden analizar deductiva y/o inductivamente, con su correspondiente comprobación experimental, es decir, se busca que la parte teórica no pierda su sentido, por ello se relaciona posteriormente con la realidad.

6.4 TÉCNICAS

- Ensayos experimentales de las muestras tomadas en la calle Eloy Alfaro de la ciudadela Eloy Alfaro parroquia Andrés de Vera del cantón Portoviejo
- Ensayos para la composición de suelo y cal (óxido de calcio).
- Bibliografía

7. DEFINICIÓN Y SELECCIÓN DE LA MUESTRA POBLACIÓN Y MUESTRA

La muestra de esta investigación se basa en la calle Eloy Alfaro de la ciudadela Eloy Alfaro parroquia Andrés de Vera del cantón Portoviejo con una longitud aproximada a los 700 metros, en la cual se elaboraron dos calicatas para sus respectivos ensayos en el laboratorio de suelos.

7.1 MUESTREO

Para el desarrollo de este trabajo investigativo se realizaron dos calicatas a cielo abierto de la calle, y a simple vista se observó que existen suelos arcillosos por lo cual se analizaron en el laboratorio y con los respectivos ensayos se clasificaron y se puede establecer que estos suelos se pueden neutralizar con cal, teniendo en cuenta la información se realizara el avance de este trabajo que será reducir su plasticidad y volumen.

7.2 UBICACIÓN DE LA FUENTE DE LAS MUESTRAS

La toma de las calicatas para el proyecto se realizó en la calle Eloy Alfaro de la parroquia Andrés de Vera del Cantón Portoviejo Provincia de Manabí.

LOCALIZACIÓN DE CALICATAS		
COORDENADAS UTM		
CALICATAS	N	E
1	9883374,74	556785,86
2	9883864,62	557052,32

Calicata #1

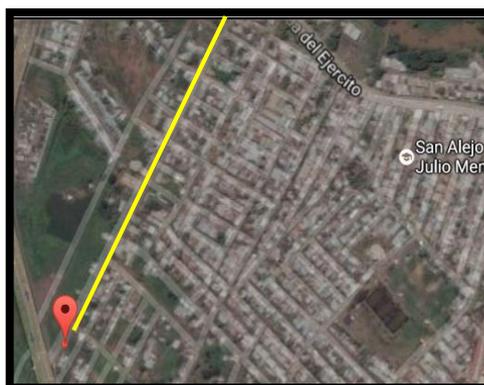


Grafico 6. Ubicación de muestra uno calle Eloy Alfaro



Grafico 7. Ubicación de muestra dos calle Eloy Alfaro

8. RECOLECCIÓN DE MUESTRAS

La principal técnica empleada en esta investigación es la elaboración de ensayos de suelo, estos ensayos son aplicados a las dos calicatas que realizaron, tomando muestras a profundidades de 0.50 m, 1.00 m, 1.50 m en la calle Eloy Alfaro de la parroquia Andrés de Vera del Cantón Portoviejo Provincia de Manabí.

8.1 METODOLOGÍA DE LOS ENSAYOS Y NORMAS EMPLEADAS.

Normas Empleadas

- ASTM D-2216 Contenido de humedad Natural.
- ASTM D-422 Análisis granulométrico por tamizado
- ASTM D-4318 Limite plástico
- ASTM D-2487 Clasificación SUCS-incluye granulometría y Limites Atterberg
- AASHTO M-145 Clasificación ASSHTO-incluye granulometría Limites Atterberg
- ASTM D-1557 Ensayo Compactación proctor
- ASTM D-1883 Ensayo capacidad portante C.B.R. (Incluye Proctor)

9. ANÁLISIS DE LOS DATOS Y ELABORACIÓN DEL REPORTE DE LOS RESULTADOS

9.1 COMPORTAMIENTO DEL SUELO ARCILLOSO ESTUDIADO

El comportamiento del suelo al entrar en contacto con la humedad se refleja en los resultados y valores que se obtuvieron en los ensayos en el laboratorio, analizando y comparando los resultados en estado natural del suelo y la combinación arcilla-cal se observan cambios favorables para el control de las arcillas expansivas.

9.1.1 RESULTADOS DE LOS ENSAYOS OBTENIDOS EN ESTADO NATURAL DEL SUELO

Los ensayos y resultados calculados de las calicatas en estado natural del suelo, es decir sin agregar ningún componente son los siguientes que se indicaran en los cuadros correspondientes a cada ensayo.

9.1.1.1 Humedad natural

La humedad natural que se obtuvieron con los ensayos de laboratorio de las calicatas estudiadas en este trabajo de investigación de la calle Eloy Alfaro de la parroquia Andrés de Vera del Cantón Portoviejo Provincia de Manabí fueron las indicadas en el siguiente cuadro.

CALICATA #	%W a 0.50 m	%W a 1.00 m	%W a 1.50 m
1	40,51 %	49,48 %	44,44 %
2	34,50 %	41,50 %	41,58 %

Tabla 7. Humedad del suelo en estado natural

9.1.1.2 Granulometría

Los porcentajes calculados que pasan los tamices # 10, # 40, # 200 del suelo de las calicatas estudiadas en el laboratorio son las indicadas en el siguiente cuadro.

Calicata #	1			2		
	% Pasa 0,50 m	% Pasa 1,00 m	% Pasa 1,50 m	% Pasa 0,50 m	% Pasa 1,00 m	% Pasa 1,50 m
Tamiz # 10	98,13 %	97,22 %	98,29 %	96,51 %	99,82 %	99,78 %
Tamiz # 40	94,69 %	94,66 %	96,07 %	92,14 %	99,49 %	99,47 %
Tamiz # 200	89,25 %	89,58 %	91,88 %	80,89 %	98,64 %	98,88 %

Tabla 8. Porcentajes pasante los tamices # 10, 40, 200

9.1.1.3 Límites de Atterberg

Los límites fundados por Atterberg para distinguir los distintos estados de consistencia se deben obtener a partir de la fracción que pasa por el tamiz N° 40, descartando la porción retenida.

Los valores de consistencia del suelo de las calicatas estudiadas en el laboratorio son los indicados en el siguiente cuadro.

Calicata #	1			2		
	0,50 m	1,00 m	1,50 m	0,50 m	1,00 m	1,50 m
LL	101,03 %	106,86 %	104,41 %	68,36 %	64,89 %	49,06 %
LP	29,35 %	37,82 %	30,19 %	38,70 %	34,96 %	21,23 %
LC	9,91 %	8,66 %	10,01 %	11,96 %	11,32 %	11,17 %
IP	71,68 %	69,05 %	74,23 %	29,67 %	29,92 %	27,83 %
IC	19,43 %	29,15 %	20,18 %	26,74 %	23,65 %	10,05 %

Tabla 9. Valores de consistencia del suelo en estado natural de las calicatas ensayadas

9.1.1.4 Compactación proctor

La densidad seca máxima y humedad óptima obtenidas en el laboratorio del suelo natural de las calicatas estudiadas se indican en el cuadro siguiente.

Calicata #	1	2
Profundidad	0,50 m	0,50 m
Densidad seca máxima	1474 kg/m ³	1430 kg/m ³
Humedad óptima	23,60 %	26,50 %

Tabla 10. Densidad seca máxima y humedad óptima del suelo en estado natural de las calicatas ensayadas

9.1.1.5 Capacidad portante del suelo (CBR)

La capacidad portante del suelo calculada a su máxima densidad seca de las calicatas ensayadas que se obtuvieron en el laboratorio son las indicadas en el cuadro siguiente.

Calicata #	1	2
Profundidad	0,50 m	0,50 m
CBR	2,30 %	2,60 %

Tabla 11. Valor CBR en estado natural del suelo de las calicatas estudiadas

9.1.1.6 CLASIFICACIÓN DEL SUELO

La clasificación del suelo natural correspondiente a los métodos SUCS y AASHTO a la profundidad de cada calicata está indicada en la tabla siguiente.

PROFUNDIDAD	CALICATA # 1			CALICATA # 2		
	CLASIFICACION		DESCRIPCION DEL SUELO	CLASIFICACION		DESCRIPCION DEL SUELO
	SUCS	AASHTO		SUCS	AASHTO	
0,50 m	CH	A-7-6	SUELO NATURAL.- Arcilla inorgánica de plasticidad elevada, arcillas grasas	CH	A-7-6	SUELO NATURAL.- Arcilla inorgánica de plasticidad elevada, arcillas grasas
1,00 m	CH	A-7-6	SUELO NATURAL.- Arcilla inorgánica de plasticidad elevada, arcillas grasas	CH	A-7-6	SUELO NATURAL.- Arcilla inorgánica de plasticidad elevada, arcillas grasas
1,50 m	CH	A-7-6	SUELO NATURAL.- Arcilla inorgánica de plasticidad elevada, arcillas grasas	CL	A-7-5	SUELO NATURAL.- Arcilla inorgánica de plasticidad baja o media, arcilla con grava, arcilla arenosa, arcilla limosa, arcillas pobres

Tabla 12. La clasificación del suelo natural correspondiente a los métodos SUCS y AASHTO

9.1.1.7 EXPANSIVIDAD DEL SUELO ARCILLOSO DE LAS CALICATAS ESTUDIADAS EN ESTADO NATURAL

La expansividad del suelo arcilloso de la calle Eloy Alfaro de la parroquia Andrés de Vera del cantón Portoviejo se determino mediante el método según Holtz y Gibbs (1956), tomando en cuenta el límite de contracción y el índice de plasticidad del suelo como indica la tabla siguiente.

Método Holtz y Gibbs (1956) para determinar la expansividad del suelo		
Cambio de volumen	Límite de contracción	Índice de plasticidad
Bajo	> 12	0-15
Moderado	10-12	15-30
Alto	0-10	>30

Tabla 13. Método Holtz y Gibbs (1956) para determinar la expansividad del suelo

FUENTE: Holtz y Gibbs (1956)

Los valores de límite de contracción y el índice de plasticidad de cada profundidad del suelo de las calicatas para determinar la expansividad del suelo se indican en la siguiente tabla.

	En estado natural					
	0,50 m		1,00 m		1,50 m	
	límite de contracción	índice de plasticidad	límite de contracción	índice de plasticidad	límite de contracción	índice de plasticidad
Calicata # 1	9,91%	71,68%	8,66%	69,05%	10,01%	74,23%
Calicata # 2	11,96 %	29,67%	11,32%	29,92%	11,17%	27,83%

Tabla 14. Valores de límites de estado de consistencia

Expansividad del suelo según Holtz y Gibbs (1956)

Expansividad del suelo	Calicata # 1 En estado natural		
	0,50 m	1,00 m	1,50 m
Bajo			
Moderado			
Alto	✓	✓	✓

Tabla 15. Expansividad del suelo de la calicata #1

Expansividad del suelo	Calicata # 2 En estado natural		
	0,50 m	1,00 m	1,50 m
Bajo			
Moderado	✓	✓	✓
Alto			

Tabla 16. Expansividad del suelo de la calicata #2

9.1.2 COMPARACIÓN Y RESULTADOS DE LOS ENSAYOS OBTENIDOS DEL SUELO NEUTRALIZADO CON CAL

La combinación de la arcilla y el componente cal permite neutralizar, es decir, disminuir efectos mecánicos de la arcilla, para esto se ha trabajado en estas dos calicatas con porcentajes moderados de cal dependiendo del valor del índice de plasticidad obtenido de los suelos de ambas calicatas.

La primera calicata dio resultados de índice de plasticidad elevado por lo que se aplico un porcentaje de cal de 6% del peso del material utilizado.

En la segunda calicata se obtuvo un valor índice de plasticidad menor a la primera, por lo que se le aplico un menor porcentaje de cal del 3% del peso del material utilizado. Los valores y resultados con esta combinación de arcilla-cal se observan a continuación con los respectivos ensayos realizados.

9.1.2.1 Humedad

La humedad que se obtuvo con la mezcla de arcilla-cal bajó ya que la cal absorbió la humedad que contenía el suelo en estado natural, los valores son los indicados en la tabla.

CALICATA #	PORCENTAJE DE CAL	PROFUNDIDAD DE MUESTREO		
		0.50 m	1.00 m	1.50 m
1	6%	11,85%	41,17%	34,59%
2	3%	12,81%	23,45%	39,64%

Tabla 17. Humedad del suelo Arcilla-Cal

9.1.2.2 Granulometría

La granulometría obtenida con la mezcla arcilla-cal no hubo muchos cambios en los resultados, son similares a los del suelo natural.

Granulometría

Calicata	# 1 (6% de cal)			# 2 (3% de cal)		
	0,50 m	1,00 m	1,50 m	0,50 m	1,00 m	1,50 m
Tamiz # 10	99,63 %	97,21 %	97,77 %	98,27 %	99,62 %	99,79 %
Tamiz # 40	93,64 %	93,78 %	92,17 %	95,01 %	99,25 %	99,48 %
Tamiz # 200	84,15 %	84,91 %	76,15 %	89,51 %	98,74 %	98,89 %

Tabla 18. Pasantes los tamices # 10, 40, 200

9.1.2.3 Reducción del índice de plasticidad mediante el componente de neutralización (cal).

En este caso los valores índices de plasticidad son bajos a los índices de plasticidad del estado natural del suelo ya que la actuación de la cal logra reducirlos.

9.1.2.4 Límites de Atterberg

En los límites de consistencia Atterberg se puede observar cambios favorables, ya que el suelo en estado natural resulto de muy alta plasticidad; pero con la mezcla arcilla-cal se logro reducir el índice de plasticidad, y se obtuvo los límites de contracción e índice de contracción a una profundidad de 0.50 m del suelo.

Calicata	# 1 (6% de Cal)			# 2 (3% de Cal)		
Profundidad	0,50 m	1,00 m	1,50 m	0,50 m	1,00 m	1,50 m
LL	54,12 %	61,39 %	58,21 %	59,19 %	64,50 %	47,28 %
LP	39,57 %	40,54 %	40,14 %	44,77 %	40,35 %	28,79 %
LC	27,70 %			19,39 %		
IP	14,55 %	20,85 %	18,07 %	14,42 %	24,15 %	18,49 %
IC	11,87 %			25,41 %		

Tabla 19. Limites de consistencia donde se aplico Cal

9.1.2.5 Cuadro comparativo de los índices de plasticidad

Se logro reducir el índice de plasticidad del suelo expansivo arcilloso aplicando porcentajes de cal moderados a cada espesor de suelo de cada calicata.

Calicata	# 1						# 2					
	0,50 m		1,00 m		1,50 m		0,50 m		1,00 m		1,50 m	
Estado del suelo	Natural	Cal 6%	Natural	Cal 6%	Natural	Cal 6%	Natural	Cal 3%	Natural	Cal 3%	Natural	Cal 3%
LL	101,03%	54,12%	106,86%	61,39%	104,41%	58,21%	68,36%	59,19%	64,89%	64,50%	49,06%	47,28%
LP	29,35%	39,57%	37,82%	40,54%	30,19%	40,14%	38,70%	44,77%	34,96%	40,35%	21,23%	28,79%
IP	71,68%	14,55%	69,05%	20,85%	74,23%	18,07%	29,67%	14,42%	29,92%	24,15%	27,83%	18,49%

Tabla 20. Cuadro comparativo de los índices de plasticidad

Comparación de índices de plasticidad de las calicatas a 0.50 m en estado natural y Arcilla-cal

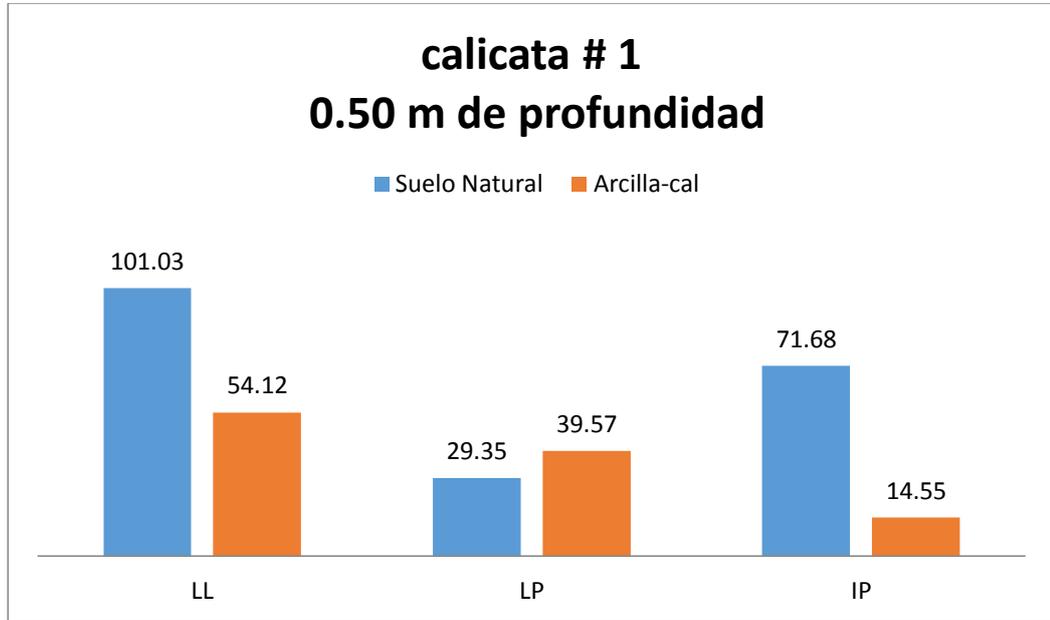


Grafico 8. Comparación de índices de plasticidad suelo natural y Arcilla-Cal Calicata uno

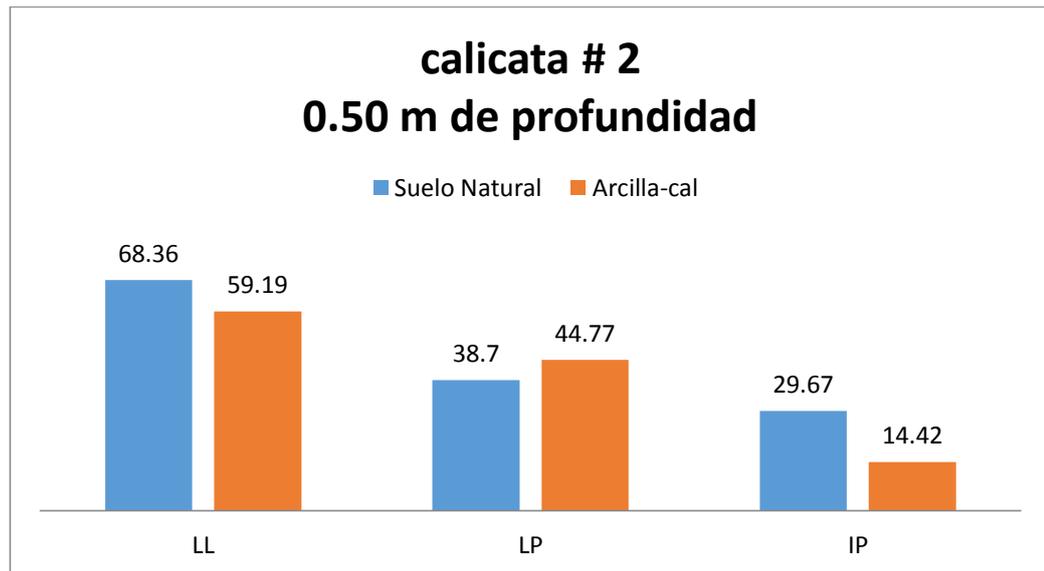


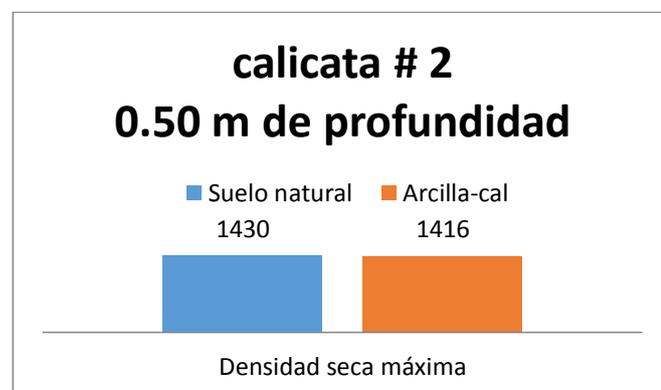
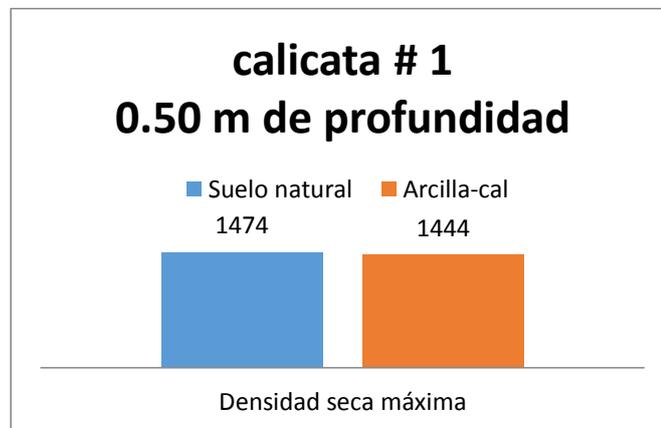
Grafico 9. Comparación de índices de plasticidad suelo natural y Arcilla-Cal Calicata dos

9.1.2.6 Densidades máximas y humedad óptima

La densidad seca máxima del proctor en este caso con la aplicación de la cal en el suelo bajo. Los descensos producidos en la densidad seca máxima son debidos por una parte al menor peso específico de los aditivos empleados en relación al del suelo y por otro a las interacciones físico-químicas que se producen entre éstos y las partículas del suelo. Así, la interacción de la cal con las partículas de arcilla produce una estructura floculada más porosa y de menor densidad (Venuat, 1980).

	Calicata # 1		Calicata # 2	
	Densidad máxima	Humedad óptima	Densidad máxima	Humedad óptima
Suelo Natural	1474 kg/m ³	23,60 %	1430 kg/m ³	26,50 %
Arcilla-Cal	1444 kg/m ³	31,00 %	1416 kg/m ³	27,80 %

Tabla 21. Comparación de Densidades máximas y humedad óptima entre el suelo natural y Arcilla-Cal

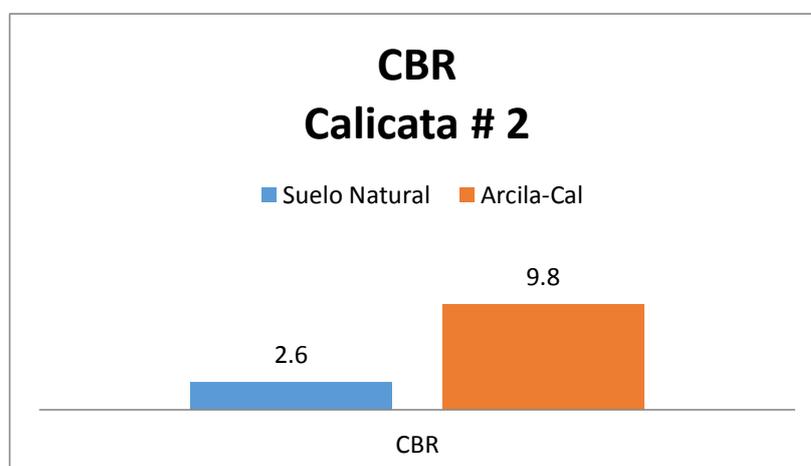
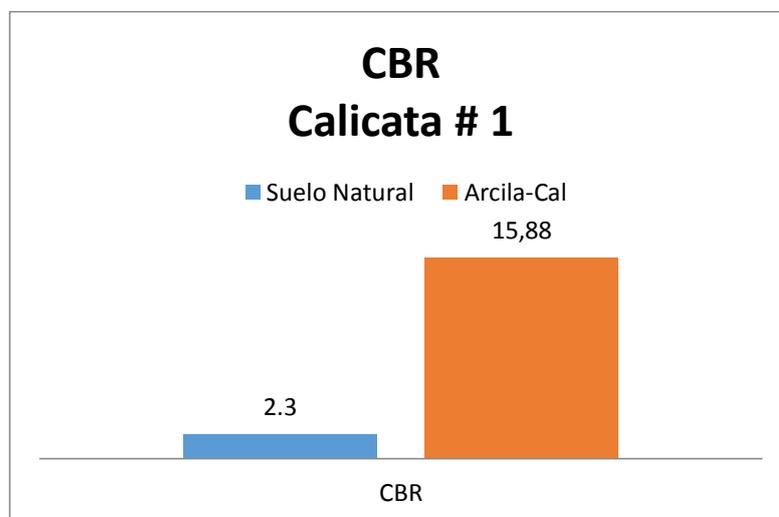


9.1.2.7 Capacidad portante del suelo (CBR)

En el caso del ensayo CBR los valores de carga que ejerce el pistón en el cilindro son altos, esto tiene que ver con la aplicación de cal en el suelo cuyo componente produce cambios favorables en el suelo arcilloso.

CBR		
Calicata #	1	2
Suelo Natural	2,30 %	2,60 %
Arcilla-Cal	15,88 %	9,80 %

Tabla 22. Valores CBR de las calicatas tratadas con cal



9.1.2 RESULTADOS OBTENIDOS EN LA REDUCCIÓN DE LA EXPANSIVIDAD DEL SUELO ARCILLOSO POR MEDIO DEL COMPONENTE CAL

Se determina la expansividad del suelo arcilloso mediante el método según Holtz y Gibbs (1956). Utilizando el límite de contracción y el índice de plasticidad del suelo, en este caso, como objetivo de estudio solo se logro reducir la expansividad del suelo de las calicatas a una profundidad de 0.50 m.

Método Holtz y Gibbs (1956) para determinar la expansividad del suelo		
Cambio de volumen	Límite de contracción	Índice de plasticidad
Bajo	> 12	0-15
Moderado	10-12	15-30
Alto	0-10	>30

FUENTE: Holtz y Gibbs (1956)

Los valores de límite de contracción y el índice de plasticidad con porcentajes de cal agregada a solo 0.50 m de profundidad de las calicatas para determinar la expansividad del suelo se indican en la siguiente tabla.

	Suelo natural	
	0,50 m	
	límite de contracción	índice de plasticidad
Calicata # 1	9,91 %	71,68 %
Calicata # 2	11,96 %	29,67 %

Tabla 23. Valores de límite de contracción y el índice de plasticidad del suelo natural

	Arcilla-cal	
	0,50 m	
	límite de contracción	índice de plasticidad
Calicata # 1	27,70%	14,55%
Calicata # 2	19,39%	14,42%

Tabla 24. Valores de límite de contracción y el índice de plasticidad del suelo Arcilla-Cal

Expansividad del suelo según Holtz y Gibbs (1956) del suelo de las calicatas estudiadas a 0.50 m de profundidad.

Expansividad del suelo	Calicata	
	# 1	# 2
	0,50 m	0,50 m
Bajo		
Moderado		✓
Alto	✓	

Tabla 25. Expansividad del suelo en estado natural

Expansividad del suelo	Calicata	
	# 1	# 2
	0,50 m	0,50 m
Bajo	✓	✓
Moderado		
Alto		

Tabla 26. Expansividad del suelo Arcilla –Cal

Como se muestran en los cuadros de resultados de expansividad se logró reducir la expansividad del suelo, la primera calicata a una profundidad de 0.50 metros con un porcentaje de cal del 6% su expansividad de alto se redujo a bajo, la segunda calicata a una profundidad de 0.50 metros con 3% de cal se logró bajar la expansividad de moderado a bajo.

10.2 CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

10.2.1 CONCLUSIONES

- En el estudio del suelo en estado natural de la calle Eloy Alfaro de la Parroquia Andrés de Vera del cantón Portoviejo se obtuvo la clasificación mediante los métodos SUCS Y AASTHO.
- Donde el método Sistema Unificado de Clasificación de los Suelos (SUCS) de la primera calicata se obtuvo la siguiente tipificación a profundidades de 0.50 m a 1.50 m un tipo de suelo homogéneo de clasificación (CH) Arcilla inorgánica de plasticidad elevada, arcillas grasas. Mientras que en la segunda calicata de 0.50 m a 1.00 m de profundidad se obtuvo el mismo tipo de suelo con características (CH) Arcilla inorgánica de plasticidad elevada, arcillas grasas, y a 1.50 m presenta un tipo de suelo (CL) Arcilla inorgánica de plasticidad baja o media, arcilla con grava, arcilla arenosa, arcilla limosa, arcillas pobres, presentando con características de suelo heterogéneo
- En el método AASTHO la primera calicata presenta un tipo de suelo arcilloso A-7-6. Mientras que en la segunda calicata presento suelos arcillosos de clasificación A-7-6 a 1.00 m y suelos arcillosos A-7-5 a 1.50 m.
- La mecánica del suelo observa en los resultados de los ensayos como la plasticidad y expansión, la cantidad de humedad absorbida y su aumento de volumen, el porcentaje de humedad absorbida por el suelo “arcilla” de las calicatas fueron las siguientes: la primera calicata con porcentajes promedio de humedad del 44,81%, y la segunda calicata con porcentaje de humedad del 39.19 %
- Las densidades en estado natural de las calicatas a 0.50 m fueron: la primera con 1474 kg/m³ y humedad óptima del 23,60 %, la segunda calicata 1430 kg/m³ y humedad óptima del 26,50 %. Pero al aplicar porcentajes de Cal la humedad óptima aumenta por lo que las densidades bajan. La primera calicata con un porcentaje del 6% de Cal los valores de densidad y humedad son: 1444 kg/m³, %W 31,00 %. La segunda calicata con un porcentaje del 3% de cal agregado los valores son 1416 kg/m³, 27,80 %. Con los pequeños porcentajes de cal agregado al suelo las densidades bajan en cantidades

mínimas, se puede decir que entre cantidades mayores de cal agregado las densidades bajarían en cantidades mayores.

- Los valores de la capacidad portante del suelo (CBR) de la calle Eloy Alfaro de la Parroquia Andrés de Vera del cantón Portoviejo fueron bajas, la primera con un valor de 2,30% y la segunda con un valor de 2,60%. Pero al agregar porcentajes de cal al suelo los valores de CBR aumentaron, la primera calicata con 6% de cal obtuvo un CBR de 18,88% y la segunda calicata con un porcentaje de cal del 3% obtuvo un CBR de 9,80%.
- Los índices de plasticidad de las calicatas fueron muy altos pero al aplicar porcentajes de cal se obtuvo una reducción de los índices de plasticidad ya que al agregar cal el límite líquido disminuye y el límite plástico aumenta y esto se obtiene un índice de plasticidad menor al suelo natural.
- La expansividad según el método Holtz y Gibbs (1956) determina la expansividad en alto, moderado y bajo, por lo que la expansividad del suelo de las calicatas tomadas de la calle Eloy Alfaro de la Parroquia Andrés de Vera del cantón Portoviejo se determinó que la expansividad de la primera calicata fue alta y en la segunda calicata se determinó una expansividad moderada. Pero al aplicar la Cal en porcentajes la expansividad se logra reducir, la primera calicata con un porcentaje de 6% de cal determina una expansividad baja, y la segunda calicata con un porcentaje de cal de 3% se reduce a una expansividad baja, por lo que se observa que la cal neutraliza la expansividad del suelo arcilloso expansivo.

10.2.2 RECOMENDACIONES

- Corresponde realizar la clasificación del suelo para obtener la característica y tipo de arcilla.
- Se debe obtener los resultados de los ensayos del índice de plasticidad para estimar el porcentaje de cal adecuado.
- Se utilizo porcentajes de cal viva de acuerdo al índice de plasticidad del suelo.
- Entre mayor es el índice de plasticidad y el índice de contracción se debe estimar porcentaje mayor a 6 de cal agregado al suelo.
- En porcentajes de cal entre el 3% y 6% de cal el suelo reacciona con resultados favorables para un buen manejo del suelo expansivo.
- Se determino que para elevar la capacidad portante del suelo la cal es un componente que sirve de ayuda para mejorar el suelo de bala capacidad.

1. PRESUPUESTO

DESCRIPCIÓN	VALOR
Viáticos	\$150,00
Ensayos de laboratorio	\$100,00
Copias e impresiones	\$100,00
Cal	\$4,00
Otros materiales (fundas, sacos, cintas, entre otros)	\$40,00
TOTAL	\$394,00

2. CRONOGRAMA VALORADO

TIEMPOS ACTIVIDADES	SEMANAS									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Recopilación de información	x									
Elaboración del ante-proyecto		x	x							
Aplicación de las técnicas				x						
Tema y planteamiento de problema					x					
Desarrollo del marco teórico						x				
Visualización del alcance de estudio							x			
Elaboración de hipótesis y definiciones de variables								x		
Desarrollo y diseño de la investigación									x	x
Reporte de los resultados (conclusiones y recomendaciones)										x

3. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

https://es.wikipedia.org/wiki/Arcilla_expansiva

Ayuso, J. (1982). Boletín del Laboratorio de Carreteras y Geotecnia, 1 52, 3-1 1.

Ayuso, J. M^a. Caballero, A.; Pérez, F. (1 998). IV Congreso Internacional de Ingeniería de Proyectos. Córdoba.

AKAWWI, E., AL-KHARABSHEH, A. (2000). “La cal y los efectos de estabilización en propiedades geotécnica de terrenos expansivos”. En: www.ejge.com. Volumen 5.

BRAJA, M. (2001). “Principios de Ingeniería de Cimentaciones, México D.F, Thomson Editores, 862 p.

BARRETO. C. Zaida, PEREZ C. Gabriel (1981). Estudio y Tratamiento de Estabilización de las Arcillas Expansivas de la Zona Norte de Cúcuta; Universidad Francisco de Paula Santander.

Castelló, J. D. B. (s.f.). Criterios de selección y dosificación en los tratamientos con cal.

Crespo. C, (2004). Mecánica de suelos y cimentaciones Ed. Limusa. Recuperado en google libros en noviembre de 2010.

FIGUEROA, S. Y REYES, F. (2003). Estabilización con cal y cemento IV jornadas de pavimentos y mantenimiento vial. Bogotá, En CD Rom.

Fityus, S. & Buzzi, O. (2009). El lugar de arcillas expansivas en el armazón de mecánica de los suelos no saturada. La ciencia aplicada de arcillas 43:150-155.

Holtz, W.G. and Gibbs, H.J. (1956). Engineering properties of expansive clays. Trns ASCE, Vol. 121.

- Juárez, B.E. y Rico, R.A. (1976). "Mecánica de Suelos". Tomo I, II y III 3ª edición, Ed Limusa.
- Jiménez, J.A. y De Justo, J.L. (1.975). "Geotecnia y cimientos". Editorial Rueda, Madrid.
- LOW, P. (1972). Fundamental Mechanisms Involved in Expansion of Clays as Particulary related to clay Mineralogy, Proceedings of Worshop on Expansive Clays and Shales in higway designan construction;
- Marin, N. J (1991). Mecánica de suelos. Quinta Edición, Facultad de Ciencias Matemáticas y Físicas, Universidad de Guayaquil.
- Ng, C.W.W. and Menzies, B. (2007). Avance de ingeniería y mecánica de los suelos no saturada. Taylor & Francis Group., London and new York.
- SOWERS, G. (1992) "Introducción a la Mecánica de Suelos y Cimentaciones", México D.F, Limusa S.A,
- Salmang, H., (1955). "los fundamentos físicos y químicos de la cerámica", Ed. Reverté S.A., Barcelona España.
- Venuat, M. (1980). Le traitement des soIs a la chaux et au cemento Chatillon-s Bagueux.

ANEXOS

4. ANEXOS

4.1 ANEXOS CALCULOS

CALICATA # 1 SUELO NATURAL

LABORATORIO DE SUELOS Y MATERIALES						
PROYECTO :			FECHA DE ENSAYO:		24/10/16	
UBICACION:			CALLE ELOY ALFARO DE LA PARROQUIA ANDRÉS DE VERA DEL CANTÓN PORTOVIEJO		MATERIAL: SUBRASANTE	
ABSCISA:			ESPESOR: 0,50 m		MUESTRA 1A.	
ENSAYOS DE CLASIFICACION						
GRANULOMETRÍA (ASTM D422)						HUMEDAD NATURAL (ASTM D2216)
TAMIZ	P.RETENIDO PARCIAL	P. RETENIDO ACUMULADO	% RETENIDO	% QUE PASA	% ESPCFCD	
GRANULOMETRIA						
4"						
3"						
2 1/2"						
2"						
1 1/2"						
1"						
3/4"						
1/2"						
3/8"						
Nº4						
PASA Nº4						
TOTAL						
SERIE FINA						
Nº4				100		
8						
10	6,64		1,87	98,13		
16						
20						
30						
40	12,26		3,45	94,69		
50						
60						
100						
200	19,34		5,43	(89,25)		
PASA Nº200	317,62		89,25			
TOTAL	355,86					
			P inicial humedo= 500 grms			
			P inicial seco= 355,86 grms			
CLASIFICACION:		HUMEDAD NATURAL:		40,51 %		
		LIMITE LIQUIDO:		101,03 %		
SUCS		CH		INDICE PLASTICO:		
AASTHO		A-7-6		71,68		
		INDICE DE GRUPO:		20		

HUMEDAD NATURAL (ASTM D2216)						
Nº TARRO	Nº GOLPES	PESO HUMEDO	PESO SECO	PESO TARRO	% DE HUMEDAD	% PROMEDIO
A77	----	87,67	71,09	30,52	40,87	
L10	----	76,93	63,67	30,64	40,15	
						40,51

LIMITE LIQUIDO (ASTM D4318)						
	Nº	PESO HUMEDO	PESO SECO	PESO TARRO	% DE HUMEDAD	% PROMEDIO
A24	39	33,32	26,67	19,83	97,22	
A28	25	32,13	26,16	20,22	100,51	
B32	16	36,48	28,24	20,42	105,37	
						101,03

LIMITE PLASTICO (ASTM D4318)						
	Nº	PESO HUMEDO	PESO SECO	PESO TARRO	% DE HUMEDAD	% PROMEDIO
A19		7,19	6,92	6,00	29,35	
G4		7,33	7,06	6,14	29,35	
						29,35

HUMEDAD vs # DE GOLPES.

# DE GOLPES	% DE HUMEDAD
10	105,37
25	97,22

LABORATORIO DE SUELOS Y MATERIALES

PROYECTO : _____ **FECHA DE ENSAYO:** 24/10/16
UBICACION: CALLE ELOY ALFARO DE LA PARROQUIA ANDRÉS DE VERA DEL CANTÓN PORTOVIEJO **MATERIAL:** SUBRASANTE
ABSCISA: _____ **ESPESOR:** 1,00 m **MUESTRA** 1B.

ENSAYOS DE CLASIFICACION

GRANULOMETRÍA (ASTM D422)

TAMIZ	P.RETENIDO PARCIAL	P. RETENIDO ACUMULADO	% RETENIDO	% QUE PASA	% ESPCFCD
GRANULOMETRIA					
4"					
3"					
2 ½"					
2"					
1½"					
1"					
¾"					
½"					
3/8"					
Nº4					
PASA Nº4					
TOTAL					

SERIE FINA

Nº4				100	
8					
10	9,31		2,78	97,22	
16					
20					
30					
40	8,54		2,55	94,66	
50					
60					
100					
200	17,00		5,08	(89,58)	
PASA Nº200	299,64		89,58		
TOTAL	334,49				

P inicial humedo= **500** grms
P inicial seco= **334,49** grms

CLASIFICACION:	HUMEDAD NATURAL:	49,48 %
	LIMITE LIQUIDO:	106,86 %
SUCS	INDICE PLASTICO:	69,05
AASTHO	INDICE DE GRUPO:	20
	CH	
	A-7-6	

HUMEDAD NATURAL(ASTM D2216)

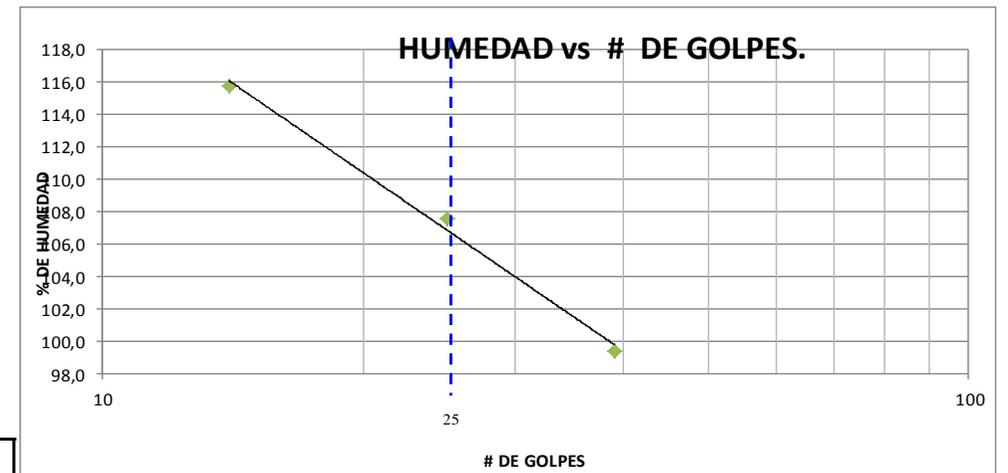
Nº TARRO	Nº GOLPES	PESO HUMEDO	PESO SECO	PESO TARRO	% DE HUMEDAD	% PROMEDIO
A77	----	75,45	61,02	32,00	49,72	
L10	----	74,52	60,33	31,51	49,24	
	----					49,48

LIMITE LIQUIDO(ASTM D4318)

A24	39	15,55	10,69	5,80	99,39	
A28	25	18,00	11,77	5,98	107,60	
B32	14	18,18	11,64	5,99	115,75	
						106,86

LIMITE PLASTICO(ASTM D4318)

A19		7,74	7,30	6,14	37,93	
G4		7,57	7,11	5,89	37,70	
						37,82



LABORATORIO DE SUELOS Y MATERIALES

PROYECTO :		FECHA DE ENSAYO:	24/10/16
UBICACION:	CALLE ELOY ALFARO DE LA PARROQUIA ANDRÉS DE VERA DEL CANTÓN PORTOVIEJO	MATERIAL:	SUBRASANTE
ABSCISA:		ESPESOR:	1,50 m
		MUESTRA	1C.

ENSAYOS DE CLASIFICACION

GRANULOMETRÍA (ASTM D422)

TAMIZ	P.RETENIDO PARCIAL	P. RETENIDO ACUMULADO	% RETENIDO	% QUE PASA	% ESPCFCD
GRANULOMETRIA					
4"					
3"					
2 ½"					
2"					
1½"					
1"					
¾"					
½"					
⅜"					
Nº4					
PASA Nº4					
TOTAL					

SERIE FINA

Nº4				100	
8					
10	5,91		1,71	98,29	
16					
20					
30					
40	7,69		2,22	96,07	
50					
60					
100					
200	14,52		4,19	(91,88)	
PASA Nº200	318,05		91,88		
TOTAL	346,17				

P inicial humedo= **500** grms
P inicial seco= **346,17** grms

CLASIFICACION:	HUMEDAD NATURAL:	44,44 %
	LIMITE LIQUIDO:	104,41 %
SUCS	INDICE PLASTICO:	74,23
AASHTO	INDICE DE GRUPO:	20
	CH	
	A-7-6	

HUMEDAD NATURAL(ASTM D2216)

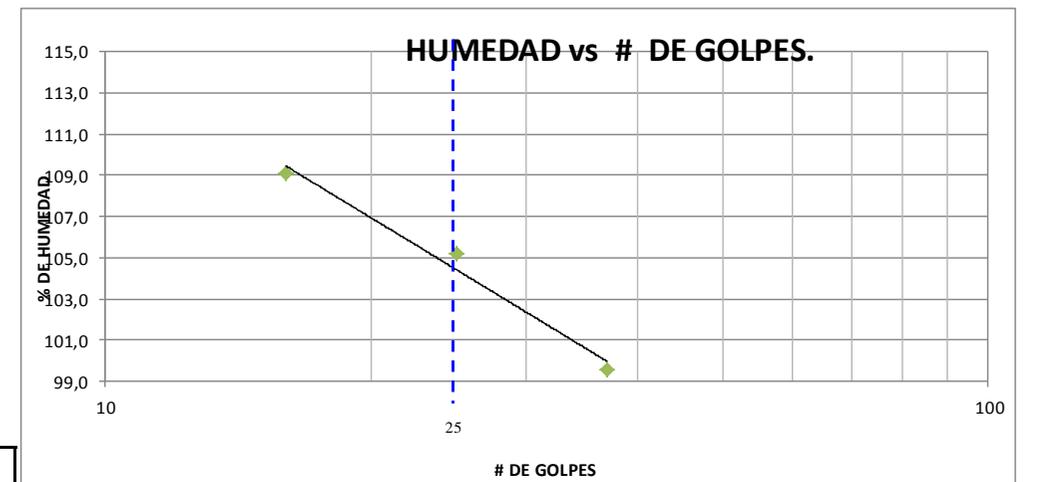
Nº TARRO	Nº GOLPES	PESO HUMEDO	PESO SECO	PESO TARRO	% DE HUMEDAD	% PROMEDIO
A77	----	79,98	65,10	31,75	44,62	
L10	----	86,75	69,64	30,98	44,26	
	----					44,44

LIMITE LIQUIDO(ASTM D4318)

A24	37	33,82	27,33	20,81	99,54	
A28	25	29,74	24,51	19,54	105,23	
B32	16	30,46	24,93	19,86	109,07	
						104,41

LIMITE PLASTICO(ASTM D4318)

A19		7,30	7,00	6,00	30,00	
G4		5,91	5,50	4,15	30,37	
						30,19



LIMITE DE CONTRACCION

PROYECTO:

UBICACION: CALLE ELOY ALFARO DE LA PARROQUIA ANDRÉS DE VERA DEL CANTÓN PORTOVI

CALICATA # : 1

PROFUNDIDAD: 0,50 m **TIPO DE MUESTRA :** suelo natural

DATOS :

Peso de capsula: 20,98 gr
 γ mercurio (Hg) : 13,55 gr
 P. mercurio+cap : 271,39 gr L.L(%) 101,03 L.P(%) 29,35
 PESO SECO M: 13,95 gr IP (%) 71,68

NUMERO DE LA CAPSULA		1	V	Vol. De cap (cm ³)	18,48
A	P. de la Cap. (g)	20,98	F	P. del mercurio desalojado (g)	115,90
B	Caps + Suelo Hum (g)	46,24	Vo = F/ 13,55	Vol. Del suelo seco (cm ³)	8,55
C	Caps + Suelo Sec (g)	34,93	U = $\frac{V - V_o}{D} \times 100$		71,16
D=C - A	P. del Suelo seco (g)	13,95			
E = B - C	Peso del agua (g)	11,31	Lc = W - U	L. de Contraccion (%)	9,91
W = E/D x100	Conten. De Hum (g)	81,08	Rc = D / Vo	Raz. de Contraccion (%)	1,63
			Ic= Lp - Lc	Indice de Contracciòn Ic (%)	19,43

PROFUNDIDAD: 1,00 m **TIPO DE MUESTRA :**

DATOS :

Peso de capsula: 20,98 gr
 γ mercurio (Hg) : 13,55 gr
 P. mercurio+cap : 271,39 gr L.L(%) 106,86 L.P(%) 37,82
 PESO SECO M: 14,5 gr IP (%) 69,05

NUMERO DE LA CAPSULA		1	V	Vol. De cap (cm ³)	18,48
A	P. de la Cap. (g)	20,98	F	P. del mercurio desalojado (g)	120,82
B	Caps + Suelo Hum (g)	46,30	Vo = F/ 13,55	Vol. Del suelo seco (cm ³)	8,92
C	Caps + Suelo Sec (g)	35,48	U = $\frac{V - V_o}{D} \times 100$		65,96
D=C - A	P. del Suelo seco (g)	14,50			
E = B - C	Peso del agua (g)	10,82	Lc = W - U	L. de Contraccion (%)	8,66
W = E/D x100	Conten. De Hum (g)	74,62	Rc = D / Vo	Raz. de Contraccion (%)	1,63
			Ic= Lp - Lc	Indice de Contracciòn Ic (%)	29,15

PROFUNDIDAD: 1,50 m **TIPO DE MUESTRA :**

DATOS :

Peso de capsula: 20,98 gr
 γ mercurio (Hg) : 13,55 gr
 P. mercurio+cap : 271,39 gr L.L(%) 104,41 L.P(%) 30,19
 PESO SECO M: 16,37 gr IP (%) 74,23

NUMERO DE LA CAPSULA		1	V	Vol. De cap (cm ³)	18,48
A	P. de la Cap. (g)	20,98	F	P. del mercurio desalojado (g)	133,18
B	Caps + Suelo Hum (g)	47,64	Vo = F/ 13,55	Vol. Del suelo seco (cm ³)	9,83
C	Caps + Suelo Sec (g)	37,35	U = $\frac{V - V_o}{D} \times 100$		52,85
D=C - A	P. del Suelo seco (g)	16,37			
E = B - C	Peso del agua (g)	10,29	Lc = W - U	L. de Contraccion (%)	10,01
W = E/D x100	Conten. De Hum (g)	62,86	Rc = D / Vo	Raz. de Contraccion (%)	1,67
			Ic= Lp - Lc	Indice de Contracciòn Ic (%)	20,18

LABORATORIO ENSAYO DE MATERIALES

Determinación de la Relación Humedad-Densidad de Suelos Curva de Compactacion

Proyecto :	FECHA: 24/10/2016
Localización : CALLE ELOY ALFARO DE LA PARROQUIA ANDRÉS DE VERA DEL CANTÓN PORTO	Calicata N° : 1
Procedencia :	Muestra N° : 1A.
Descripción de la muestra (VISUAL) : SUBRASANTE	

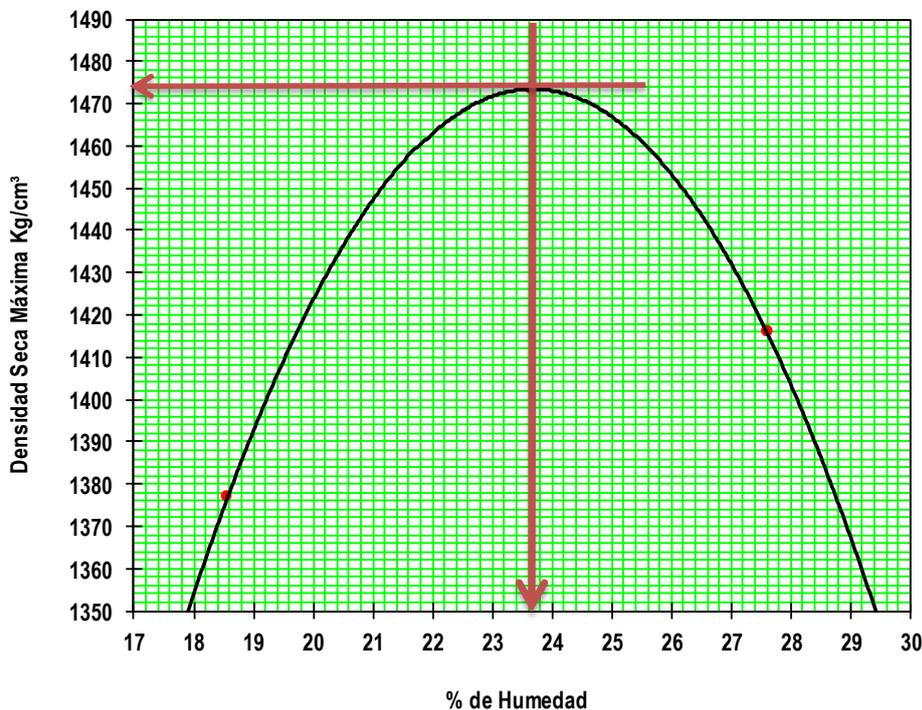
MASA DEL CILINDRO (P7)	4335,0
VOLUMEN DEL CILINDRO (V)	976,9
MASA DEL MARTILLO (Kg.)	4,54
ALTURA DE CAÍDA DEL MARTILLO (cm.)	45,72
TIPO DEL ENSAYO	Modificado Ø=4" ; 18"-4.5 Kg. ; 5c-25
# DE CAPAS	5
# DE GOLPES POR CAPA	25

Observaciones:

Normas de Referencia
 ASTM D 698-91
 ASTM D 1557-91
 AASHTO T 99-94
 AASHTO T 180-93

DATOS DEL ENSAYO

PUNTO #	1		2		3		4	5	6
Material para ensayo									
RECIPIENTE #	L54	D77	L1	C81	A8	C3			
MASA DE RECIPIENTE + MUESTRA HÚMEDA (P1)	77,81	74,30	66,45	66,52	62,84	67,38			
MASA DE RECIPIENTE + MUESTRA SECA (P2)	70,69	67,60	59,43	59,70	56,08	59,43			
MASA DE AGUA (P3 = P1 - P2)	7,12	6,70	7,02	6,82	6,76	7,95			
MASA DE RECIPIENTE (P4)	31,81	32,03	30,12	30,51	31,55	30,68			
MASA DE MUESTRA SECA (P5 = P2 - P4)	38,88	35,57	29,31	29,19	24,53	28,75			
% DE HUMEDAD (W = P3 × 100 ÷ P5)	18,31	18,84	23,95	23,36	27,56	27,65			
% DE HUMEDAD PROMEDIO	18,57		23,66		27,61				
% DE HUMEDAD AÑADIDA AL SUELO	5,00		10,00		15,00				
MASA DE CILINDRO + SUELO HÚMEDO (P6)	5930,0		6115,0		6100,0				
MASA DE SUELO HÚMEDO (P8 = P6 - P7)	1595		1780		1765				
DENSIDAD HÚMEDA DEL SUELO (Dh = P8 ÷ V)	1633		1822		1807				
DENSIDAD SECA DEL SUELO (Ds = Dh ÷ (1 + W ÷ 100))	1377		1473		1416				



 Vto. Bueno
 Fiscalización

 Vto. Bueno
 Contratista

RESULTADOS
Densidad Seca Máxima 1474 Kg./m³
% de Humedad Óptima 23,60 %

LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS Y MATERIALES

PROYECTO:

LOCALIZACION:

CALLE ELOY ALFARO DE LA PARROQUIA ANDRÉS DE VERA DEL
CANTÓN PORTOVIEJO

ESPESOR: 0,50 m

MUESTRA: 1A

DESCRIPCION DE LA MUESTRA (VISUAL): SUBRASANTE

FECHA : 09/11/2016

CALCULADO POR :

ENSAYO C. B. R.

Molde N°	1		2		3	
Número de capas	5		5		5	
Número de golpes por capas	61		27		11	
	ANTES del REMOJO	DESPUES del REMOJO	ANTES del REMOJO	DESPUES del REMOJO	ANTES del REMOJO	DESPUES del REMOJO
Peso muestra húmeda + molde Gr	12027	12215	11682	11905	11430	12716
Peso del molde Gr	7825	7825	7767	7767	7640	7640
Peso muestra húmedad Gr.	4202	4390	3915	4138	3790	5076
Volumen de la muestra cm.3	2400,78	2400,78	2351,54	2351,54	2412,36	2412,36
Densidad húmeda Gr/cm.3	1750	1829	1665	1760	1571	2104
Densidad seca Gr/cm.3	1362	1418	1295	1331	1225	1557

CONTENIDO DE AGUA

Tarro N°	B5	BY	C2	A21	A30	C3
P. muestra húmeda + tarro Gr.	78,25	61,46	75,21	69,05	77,48	62,80
P. muestra seca + tarro Gr.	67,97	54,52	65,15	59,73	67,05	54,28
Peso agua Gr.	10,28	6,94	10,06	9,32	10,43	8,52
Peso tarro Gr.	31,96	30,53	29,89	30,76	30,11	30,02
Peso muestra seca Gr.	36,01	23,99	35,26	28,97	36,94	24,26
Contenido de humedad %	28,55	28,93	28,53	32,17	28,23	35,12
Contenido promedio de h. %	28,74		30,35		31,68	

Area de Pistón: 19,635 cm2
3,0434311

MUESTRA : 1A

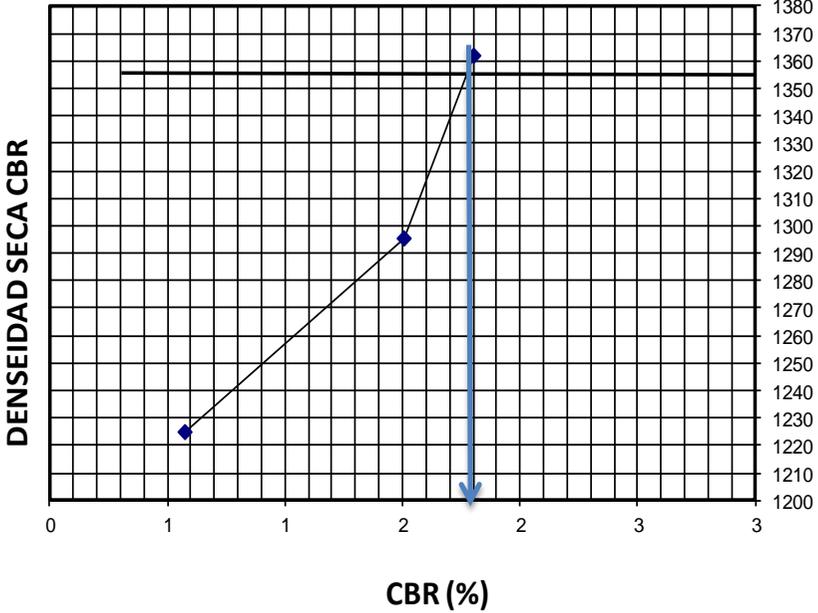
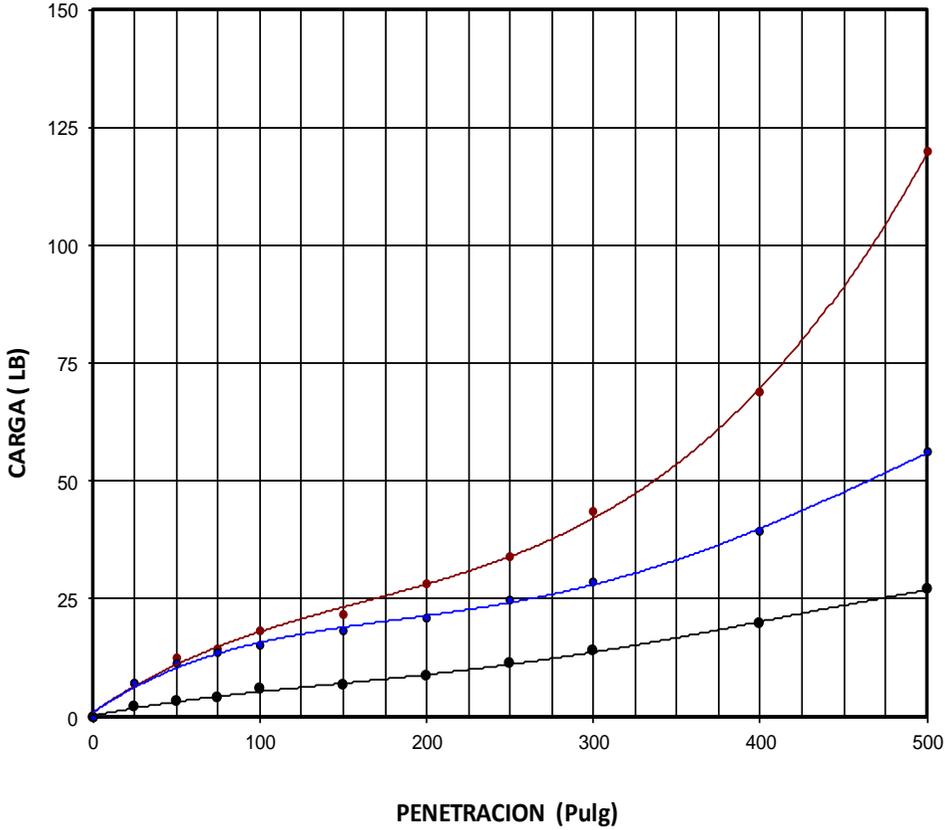
DATOS DE ESPONJAMIENTO

Día y Mes	Hora	MOLDE N° 1					Día y Mes	Hora	MOLDE N° 2					Día y Mes	Hora	MOLDE N° 3				
		Tiempo	Lectura	Altura	Esponjamiento				Tiempo	Lectura	Altura	Esponjamiento				Tiempo	Lectura	Altura	Esponjamiento	
		Transcurrido	Dial	Muestra	Pulg.	%			Transcurrido	Dial	Muestra	Pulg.	%			Transcurrido	Dial	Muestra	Pulg.	%
09-nov	11:00	0	0	5,05	0,000	0,0	09-nov	11:00	0	0	5,05	0	0,0	09-nov	11:00	0	0	5,05	0	0,0
10-nov	11:00	1	150	5,05	0,150	3,0	10-nov	11:00	1	170	5,05	0,17	3,4	10-nov	11:00	1	190	5,05	0,19	3,8
11-nov	11:00	2	195	5,05	0,195	3,9	11-nov	11:00	2	220	5,05	0,22	4,4	11-nov	11:00	2	245	5,05	0,245	4,9
12-nov	11:00	3	218	5,05	0,218	4,3	12-nov	11:00	3	250	5,05	0,25	5,0	12-nov	11:00	3	272	5,05	0,272	5,4

Anillo N°= 2,2 (LD)
Constante = _____

TIEMPO		Penetrac. Pulgadas	MOLDE N° 1						MOLDE N° 2						MOLDE N° 3					
Seg.	Min.		Carga		Presiones	Presiones	Presiones	Valores C.B.R.	Carga		Presiones	Presiones	Presiones	Valores C. B. R.	Carga		Presiones	Presiones	Presiones	Valores C. B. R.
			Dial	Lbs.	Lbs/ Pulg2	Corregi. Lbs/ Pulg2	Standar Lbs/ Pulg2		Dial	Lbs.	Lbs/ Pulg2	Corregi. Lbs/ Pulg2	Standar Lbs/ Pulg2		Dial	Lbs.	Lbs/ Pulg2	Corregi. Lbs/ Pulg2	Standar Lbs/ Pulg2	
		0	0		0			0,0		0				0,0		0				
		25	10,0		7			10,0		7				3,0		2				
		50	17,5		13			15,6		11				4,5		3				
		75	20,0		14			18,6		13				5,6		4				
		100	25,0		18		1,8	20,9		15			1,5	8,0		6			0,6	
		150	30,0		22			25,4		18				9,4		7				
		200	39,0		28			29,0		21				11,9		9				
		250	47,0		34			34,3		25				15,5		11				
		300	60,0		43			39,7		29				19,5		14				
		400	95,0		69			54,3		39				27,5		20				
		500	165,9		120			77,6		56				37,2		27				

VALOR DEL CBR = 2,30 %
AL 92 % DE SU MAXIMA DENSIDAD SECA



ESTRATIGRAFÍA CALICATA # 1

DETERMINACIÓN DEL COMPORTAMIENTO DEL SUELO ARCILLOSO EXISTENTE DE LA CALLE ELOY ALFARO DE LA PARROQUIA ANDRÉS DE VERA DEL CANTÓN PORTOVIEJO.

CALICATA:	1	
FECHA:	15/11/2016	
COORDENADAS:	N	E
	9883374,74	556785,86



SIMBOLOGIA	
RELLENO	(++++++)
GRAVA	(O O O O O O O O)
ARENA	(.....)
ARCILLA	(//////)
LIMO	()
TURBA	(=====)

PROFUNDIDAD (m)	ESPESOR (m)	ESTRATIGRAFIA	GRANULOMETRIA % PASANTE											LIMETES			W%	CLASIFICACION		PROCTOR	CBR	DESCRIPCION DEL SUELO				
			3"	2 1/2"	2"	1 1/2"	1"	3/4"	1/2"	3/8"	Nº4	10	40	200	LL	LP		IP	SUCS				AASHTO			
0,500	0,50													100,0	98,13	94,69	89,25	101,03	29,35	71,68	40,51	CH	A-7-6	1474,00	2,30 %	SUELO NATURAL - Arcilla inorganica de plasticidad elevada, arcillas grasas
1,000	0,50													100,0	97,22	94,66	89,58	106,86	37,82	69,04	49,48	CH	A-7-6			SUELO NATURAL - Arcilla inorganica de plasticidad elevada, arcillas grasas
1,500	0,50													100,0	98,29	96,07	91,88	104,41	30,19	74,22	44,44	CH	A-7-6			SUELO NATURAL - Arcilla inorganica de plasticidad elevada, arcillas grasas

CALICATA #2 SUELO NATURAL

LABORATORIO DE SUELOS Y MATERIALES					
PROYECTO :	DETERMINACIÓN DEL COMPORTAMIENTO DEL SUELO ARCILLOSO EXISTENTE			FECHA DE ENSAYO:	26/10/16
UBICACION:	CALLE ELOY ALFARO DE LA PARROQUIA ANDRÉS DE VERA DEL CANTÓN PORTOVIEJO			MATERIAL:	SUBRASANTE
ABSCISA:		ESPESOR:	0,50 m	MUESTRA	2A.

ENSAYOS DE CLASIFICACION

GRANULOMETRÍA (ASTM D422)

TAMIZ	P.RETENIDO PARCIAL	P. RETENIDO ACUMULADO	% RETENIDO	% QUE PASA	% ESPCFCD
GRANULOMETRIA					
4"					
3"					
2 ½"					
2"					
1 ½"					
1"					
¾"					
½"					
3/8"					
Nº4					
PASA Nº4					
TOTAL					

SERIE FINA

Nº4				100	
8					
10	12,96		3,49	96,51	
16					
20					
30					
40	16,24		4,37	92,14	
50					
60					
100					
200	41,85		11,26	(80,89)	
PASA Nº200	300,69		80,89		
TOTAL	371,74				

P inicial humedo= **500** grms
P inicial seco= **371,74** grms

CLASIFICACION:		HUMEDAD NATURAL:	34,50 %
		LIMITE LIQUIDO:	68,36 %
		INDICE PLASTICO:	29,67
		INDICE DE GRUPO:	20
SUCS AASTHO	CH A-7-6		

HUMEDAD NATURAL (ASTM D2216)

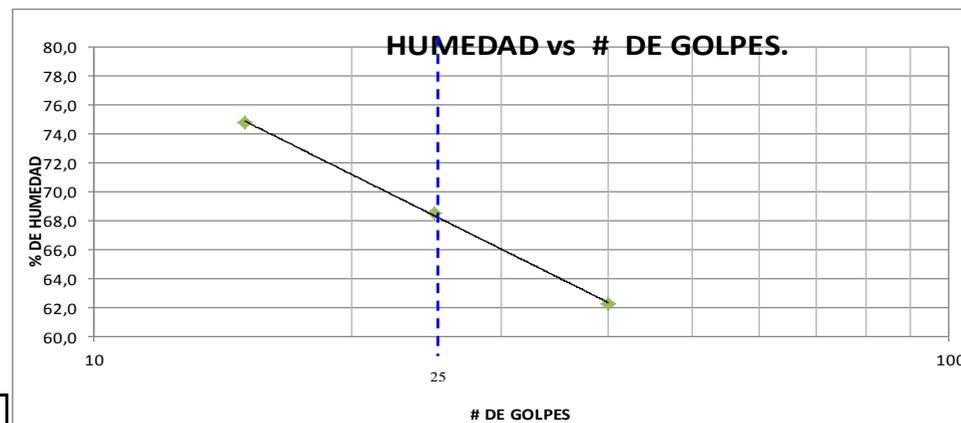
Nº TARRO	Nº GOLPES	PESO HUMEDO	PESO SECO	PESO TARRO	% DE HUMEDAD	% PROMEDIO
A77	----	92,40	76,80	31,62	34,53	
L10	----	83,19	70,25	32,72	34,48	
						34,50

LIMITE LIQUIDO (ASTM D4318)

A24	40	30,60	26,13	18,95	62,26	
A28	25	30,47	25,24	17,61	68,55	
B32	15	33,78	27,84	19,90	74,81	
						68,36

LIMITE PLASTICO (ASTM D4318)

A19		7,24	6,91	6,05	38,37	
G4		7,24	6,92	6,10	39,02	
						38,70



LABORATORIO DE SUELOS Y MATERIALES

PROYECTO: DETERMINACIÓN DEL COMPORTAMIENTO DEL SUELO ARCILLOSO EXISTENTE			FECHA DE ENSAYO: 26/10/16		
UBICACION: CALLE ELOY ALFARO DE LA PARROQUIA ANDRÉS DE VERA DEL CANTÓN PORTOVIEJO			MATERIAL: SUBRASANTE		
ABSCISA:	ESPESOR: 1,00 m		MUESTRA 2B.		

ENSAYOS DE CLASIFICACION

GRANULOMETRÍA (ASTM D422)

TAMIZ	P.RETENIDO PARCIAL	P. RETENIDO ACUMULADO	% RETENIDO	% QUE PASA	% ESPCFCD
GRANULOMETRIA					
4"					
3"					
2 ½"					
2"					
1½"					
1"					
¾"					
½"					
3/8"					
N°4					
PASA N°4					
TOTAL					

SERIE FINA

N°4				100	
8					
10	0,62		0,18	99,82	
16					
20					
30					
40	1,19		0,34	99,49	
50					
60					
100					
200	2,98		0,84	(98,64)	
PASA N°200	348,56		98,64		
TOTAL	353,35				

P inicial humedo= **500** grms
P inicial seco= **353,35** grms

CLASIFICACION:		HUMEDAD NATURAL:	41,50 %
		LIMITE LIQUIDO:	64,89 %
SUCS		INDICE PLASTICO:	29,92
AASTHO		INDICE DE GRUPO:	20
		CH	
		A-7-6	

HUMEDAD NATURAL (ASTM D2216)

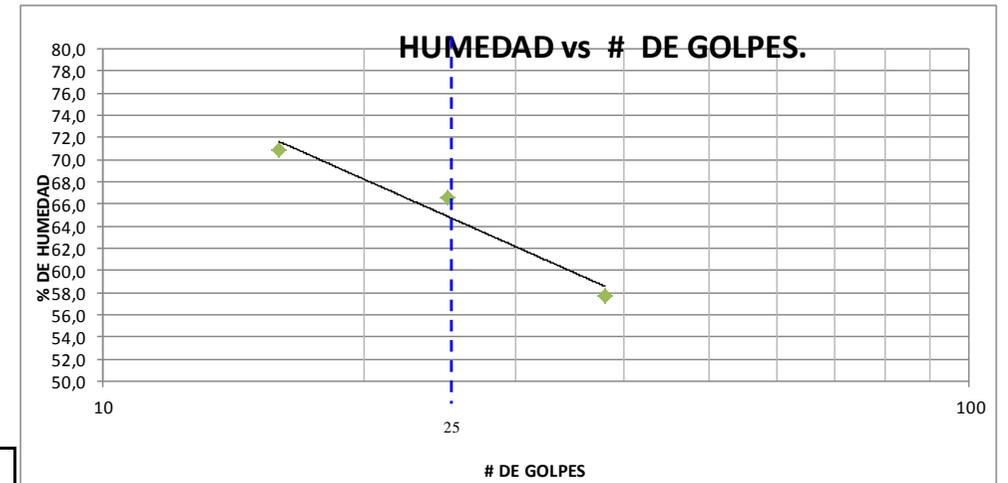
N° TARRO	N° GOLPES	PESO HUMEDO	PESO SECO	PESO TARRO	% DE HUMEDAD	% PROMEDIO
A77	----	85,77	69,64	30,47	41,18	
L10	----	85,40	69,46	31,35	41,83	
	----					41,50

LIMITE LIQUIDO (ASTM D4318)

A24	38	43,97	39,00	30,39	57,72	
A28	25	32,72	27,67	20,08	66,53	
B32	16	29,41	25,43	19,81	70,82	
						64,89

LIMITE PLASTICO (ASTM D4318)

A19		7,62	7,23	6,11	34,82	
G4		7,18	6,85	5,91	35,11	
						34,96



LABORATORIO DE SUELOS Y MATERIALES

PROYECTO: DETERMINACIÓN DEL COMPORTAMIENTO DEL SUELO ARCILLOSO EXISTENTE **FECHA DE ENSAYO:** 26/10/16

UBICACION: CALLE ELOY ALFARO DE LA PARROQUIA ANDRÉS DE VERA DEL CANTÓN PORTOVIEJO **MATERIAL:** SUBRASANTE

ABSCISA: **ESPESOR:** 1,50 m **MUESTRA** 2C.

ENSAYOS DE CLASIFICACION

GRANULOMETRÍA (ASTM D422)

TAMIZ	P.RETENIDO PARCIAL	P. RETENIDO ACUMULADO	% RETENIDO	% QUE PASA	% ESPCFCD
GRANULOMETRIA					
4"					
3"					
2 1/2"					
2"					
1 1/2"					
1"					
3/4"					
1/2"					
3/8"					
N°4					
PASA N°4					
TOTAL					

HUMEDAD NATURAL (ASTM D2216)

N° TARRO	N° GOLPES	PESO HUMEDO	PESO SECO	PESO TARRO	% DE HUMEDAD	% PROMEDIO
A77	----	59,10	49,03	24,68	41,36	
L10	----	74,00	61,55	31,77	41,81	
						41,58

LIMITE LIQUIDO (ASTM D4318)

A24	32	33,98	29,68	20,62	47,46	
A28	25	32,18	28,03	19,68	49,70	
B32	16	33,75	29,03	19,77	50,97	
						49,06

LIMITE PLASTICO (ASTM D4318)

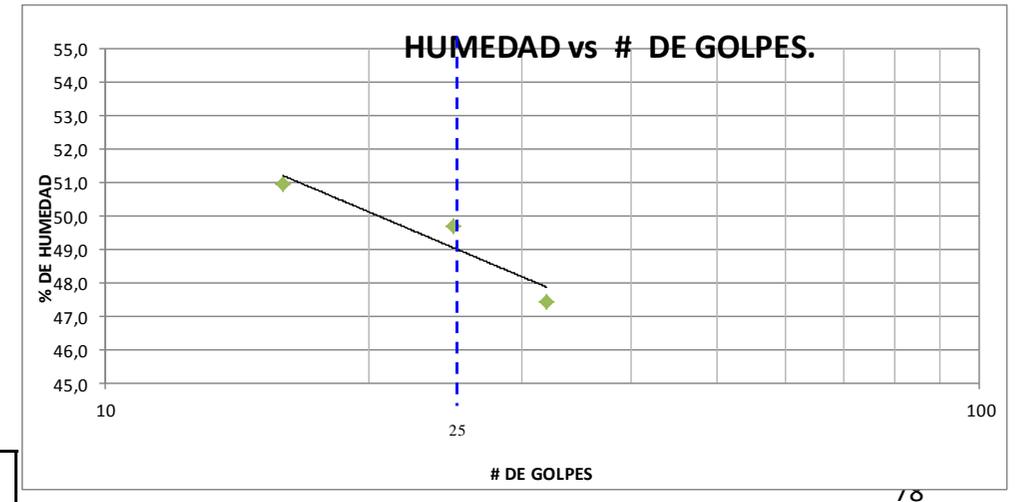
A19		7,21	6,99	5,95	21,15	
G4		7,21	6,98	5,90	21,30	
						21,23

SERIE FINA

N°4				100	
8					
10	0,76		0,22	99,78	
16					
20					
30					
40	1,11		0,31	99,47	
50					
60					
100					
200	2,09		0,59	(98,88)	
PASA N°200	349,19		98,88		
TOTAL	353,15				

P inicial humedo= **500** grms
P inicial seco= **353,15** grms

CLASIFICACION:		HUMEDAD NATURAL:	41,58 %
		LIMITE LIQUIDO:	49,06 %
SUCS	CL	INDICE PLASTICO:	27,83
AASTHO	A-7-5	INDICE DE GRUPO:	17



LIMITE DE CONTRACCION

PROYECTO: DETERMINACIÓN DEL COMPORTAMIENTO DEL SUELO ARCILLOSO EXISTENTE					
UBICACION: CALLE ELOY ALFARO DE LA PARROQUIA ANDRÉS DE VERA DEL CANTÓN PORTOVI					
CALICATA # : 2					
PROFUNDIDAD 0,50 m			TIPO DE MUESTRA :		
DATOS :					
Peso de capsula:		20,98 gr			
γ mercurio (Hg) :		13,55 gr			
P. mercurio+cap :		271,39 gr	L.L(%)	68,36	L.P(%) 38,70
PESO SECO M:		16,35 gr			IP (%) 29,67
NUMERO DE LA CAPSULA		1	V	Vol. De cap (cm ³)	18,48
A	P. de la Cap. (g)	20,98	F	P. del mercurio desalojado (g)	143,03
B	Caps + Suelo Hum (g)	47,21	Vo = F/ 13,55	Vol. Del suelo seco (cm ³)	10,56
C	Caps + Suelo Sec (g)	37,33	$U = \frac{V - V_o}{D} \times 100$		48,47
D=C - A	P. del Suelo seco (g)	16,35			
E = B- C	Peso del agua (g)	9,88	Lc = W - U	L. de Contraccion (%)	11,96
W = E/D x100	Conten. De Hum (g)	60,43	Rc = D / Vo	Raz. de Contraccion (%)	1,55
			Ic= Lp - Lc	Indice de Contracciòn Ic (%)	26,74

PROFUNDIDAD 1,00 m			TIPO DE MUESTRA :		
DATOS :					
Peso de capsula:		20,98 gr			
γ mercurio (Hg) :		13,55 gr			
P. mercurio+cap :		271,39 gr	L.L(%)	64,89	L.P(%) 34,96
PESO SECO M:		15,92 gr			IP (%) 29,92
NUMERO DE LA CAPSULA		1	V	Vol. De cap (cm ³)	18,48
A	P. de la Cap. (g)	20,98	F	P. del mercurio desalojado (g)	140,00
B	Caps + Suelo Hum (g)	46,85	Vo = F/ 13,55	Vol. Del suelo seco (cm ³)	10,33
C	Caps + Suelo Sec (g)	36,90	$U = \frac{V - V_o}{D} \times 100$		51,18
D=C - A	P. del Suelo seco (g)	15,92			
E = B- C	Peso del agua (g)	9,95	Lc = W - U	L. de Contraccion (%)	11,32
W = E/D x100	Conten. De Hum (g)	62,50	Rc = D / Vo	Raz. de Contraccion (%)	1,54
			Ic= Lp - Lc	Indice de Contracciòn Ic (%)	23,65

PROFUNDIDAD 1,50 m			TIPO DE MUESTRA :		
DATOS :					
Peso de capsula:		20,98 gr			
γ mercurio (Hg) :		13,55 gr			
P. mercurio+cap :		271,39 gr	L.L(%)	49,06	L.P(%) 21,23
PESO SECO M:		19,98 gr			IP (%) 27,83
NUMERO DE LA CAPSULA		1	V	Vol. De cap (cm ³)	18,48
A	P. de la Cap. (g)	20,98	F	P. del mercurio desalojado (g)	161,42
B	Caps + Suelo Hum (g)	49,76	Vo = F/ 13,55	Vol. Del suelo seco (cm ³)	11,91
C	Caps + Suelo Sec (g)	40,96	$U = \frac{V - V_o}{D} \times 100$		32,87
D=C - A	P. del Suelo seco (g)	19,98			
E = B- C	Peso del agua (g)	8,80	Lc = W - U	L. de Contraccion (%)	11,17
W = E/D x100	Conten. De Hum (g)	44,04	Rc = D / Vo	Raz. de Contraccion (%)	1,68
			Ic= Lp - Lc	Indice de Contracciòn Ic (%)	10,05

LABORATORIO ENSAYO DE MATERIALES

Determinación de la Relación Humedad-Densidad de Suelos Curva de Compactación

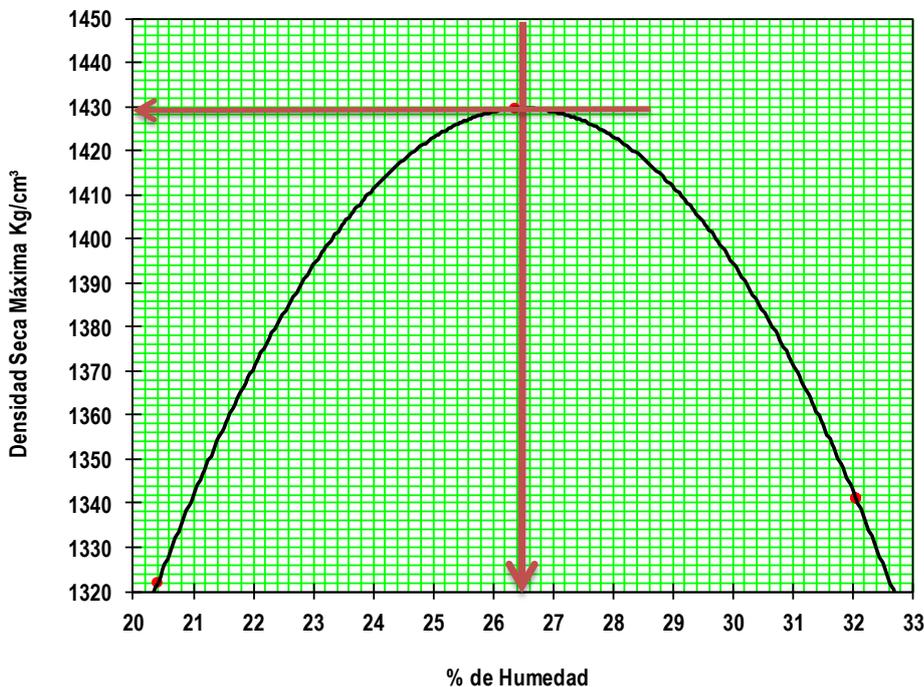
Proyecto : DETERMINACIÓN DEL COMPORTAMIENTO DEL SUELO ARCILLOSO EXISTENTE	FECHA : 26/10/2016
Localización : CALLE ELOY ALFARO DE LA PARROQUIA ANDRÉS DE VERA DEL CANTÓN PORT...	Calicata N° : 2
Procedencia :	Muestra N° : 2A.
Descripción de la muestra (VISUAL) : SUBRASANTE	

MASA DEL CILINDRO (P7)	4335,0
VOLUMEN DEL CILINDRO (V)	976,9
MASA DEL MARTILLO (Kg.)	4,54
ALTURA DE CAÍDA DEL MARTILLO (cm.)	45,72
TIPO DEL ENSAYO	Modificado $\phi=4"$; 18"-4.5 Kg. ; 5c-25g/c
# DE CAPAS	5
# DE GOLPES POR CAPA	25

Observaciones:
Normas de Referencia
 ASTM D 698-91
 ASTM D 1557-91
 AASHTO T 99-94
 AASHTO T 180-93

DATOS DEL ENSAYO

PUNTO #	1		2		3		4	5	6
Material para ensayo									
RECIPIENTE #	L54	D77	L1	C81	A8	C3			
MASA DE RECIPIENTE + MUESTRA HÚMEDA (P1)	66,75	72,50	48,68	64,97	68,81	75,95			
MASA DE RECIPIENTE + MUESTRA SECA (P2)	60,28	65,51	43,76	57,84	59,78	65,39			
MASA DE AGUA (P3 = P1 - P2)	6,47	6,99	4,92	7,13	9,03	10,56			
MASA DE RECIPIENTE (P4)	29,86	29,75	25,23	30,65	31,38	32,72			
MASA DE MUESTRA SECA (P5 = P2 - P4)	30,42	35,76	18,53	27,19	28,40	32,67			
% DE HUMEDAD (W = P3 x 100 ÷ P5)	21,27	19,55	26,55	26,22	31,80	32,32			
% DE HUMEDAD PROMEDIO	20,41		26,39		32,06				
% DE HUMEDAD AÑADIDA AL SUELO	5,00		10,00		15,00				
MASA DE CILINDRO + SUELO HÚMEDO (P6)	5890,0		6100,0		6065,0				
MASA DE SUELO HÚMEDO (P8 = P6 - P7)	1555		1765		1730				
DENSIDAD HÚMEDA DEL SUELO (Dh = P8 ÷ V)	1592		1807		1771				
DENSIDAD SECA DEL SUELO (Ds = Dh ÷ (1 + W ÷ 100))	1322		1429		1341				



Vto. Bueno

Fiscalización

Vto. Bueno

Contratista

RESULTADOS

Densidad Seca Máxima
1430 Kg./m³

% de Humedad Óptima
26,50 %

LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS Y MATERIALES

PROYECTO: DETERMINACIÓN DEL COMPORTAMIENTO DEL SUELO ARCILLOSO EXISTENTE

LOCALIZACION: CALLE ELOY ALFARO DE LA PARROQUIA ANDRÉS DE VERA DEL CANTÓN PORTOVIEJO

ESPESOR: 0,50 m **MUESTRA:** 2A

DESCRIPCION DE LA MUESTRA (VISUAL): SUBRASANTE

FECHA : 09/11/2016

CALCULADO POR :

E N S A Y O C. B. R.

Molde N°	1		2		3	
Número de capas	5		5		5	
Número de golpes por capas	61		27		11	
	ANTES del REMOJO	DESPUES del REMOJO	ANTES del REMOJO	DESPUES del REMOJO	ANTES del REMOJO	DESPUES del REMOJO
Peso muestra húmeda + molde Gr	12220	12555	11820	12275	11590	12275
Peso del molde Gr	7837	7837	7850	7850	7870	7870
Peso muestra húmedad Gr.	4383	4718	3970	4425	3720	4405
Volumen de la muestra cm.3	2351,54	2351,54	2412,36	2412,36	2412,36	2412,36
Densidad húmeda Gr/cm.3	1864	2006	1646	1834	1542	1826
Densidad seca Gr/cm.3	1503	1497	1319	1373	1236	1241

C O N T E N I D O D E A G U A

Tarro N°	B5	BY	C2	A21	A30	C3
P. muestra húmeda + tarro Gr.	86,60	58,27	79,78	58,09	83,19	71,29
P. muestra seca + tarro Gr.	76,03	51,48	70,29	51,41	72,98	58,37
Peso agua Gr.	10,57	6,79	9,49	6,68	10,21	12,92
Peso tarro Gr.	32,01	31,54	31,91	31,55	31,68	30,95
Peso muestra seca Gr.	44,02	19,94	38,38	19,86	41,30	27,42
Contenido de humedad %	24,01	34,05	24,73	33,64	24,72	47,12
Contenido promedio de h. %	29,03		29,18		35,92	

Area de Pistón: 19,635 cm2
3,0434311

MUESTRA: 2A

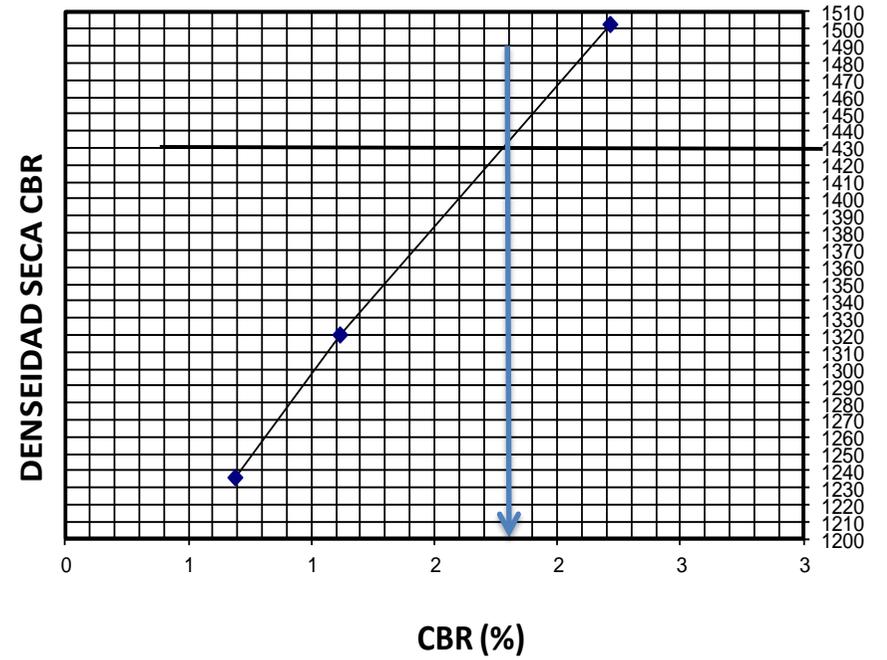
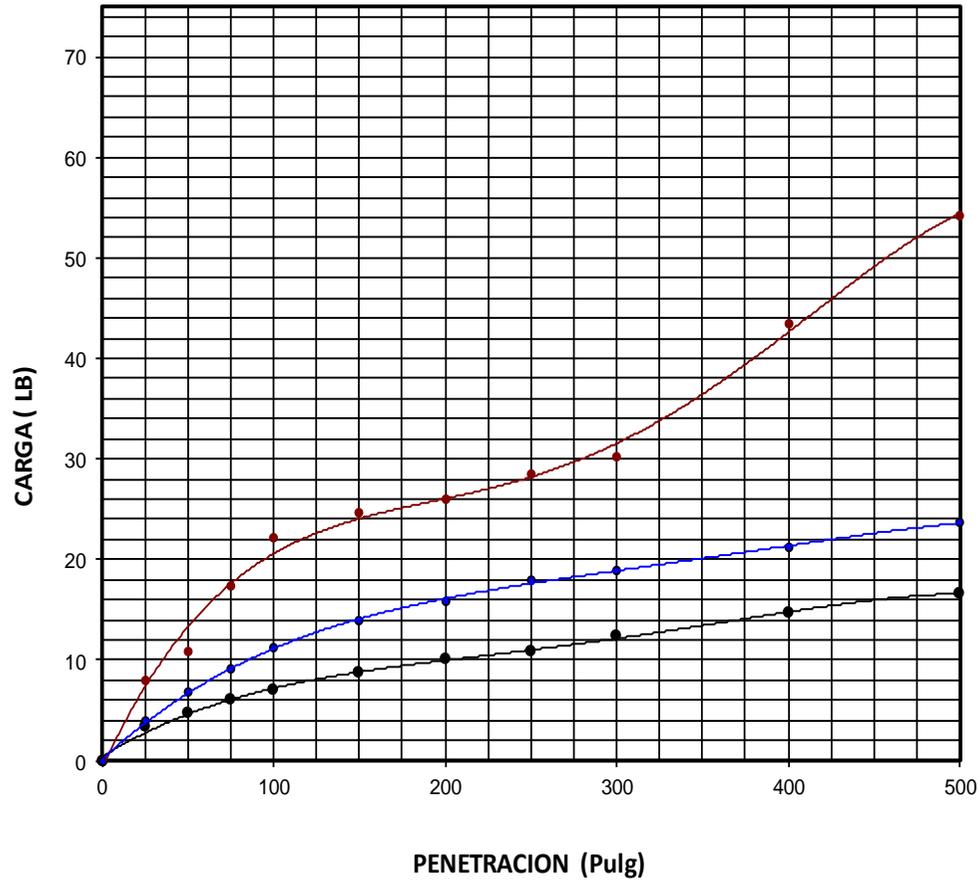
DATOS DE ESPONJAMIENTO

Dia y Mes	Hora	MOLDE N° 1					Dia y Mes	Hora	MOLDE N° 2					Dia y Mes	Hora	MOLDE N° 3				
		Tiempo Transcurrido	Lectura Dial	Altura Muestra	Esponjamiento				Tiempo Transcurrido	Lectura Dial	Altura Muestra	Esponjamiento				Tiempo Transcurrido	Lectura Dial	Altura Muestra	Esponjamiento	
		Dias	Pulg.	Pulg.	Pulg.	%			Dias	Pulg.	Pulg.	Pulg.	%			Dias	Pulg.	Pulg.	Pulg.	%
09-nov	11:00	0	0	5,05	0,000	0,0	09-nov	11:00	0	0	5,05	0	0,0	09-nov	11:00	0	0	5,05	0	0,0
10-nov	11:00	1	350	5,05	0,350	6,9	10-nov	11:00	1	435	5,05	0,435	8,6	10-nov	11:00	1	480	5,05	0,48	9,5
11-nov	11:00	2	400	5,05	0,400	7,9	11-nov	11:00	2	500	5,05	0,5	9,9	11-nov	11:00	2	555	5,05	0,555	11,0
12-nov	11:00	3	475	5,05	0,475	9,4	12-nov	11:00	3	575	5,05	0,575	11,4	12-nov	11:00	3	695	5,05	0,695	13,8

Anillo N°= 2,2 (LD)
Constante =

TIEMPO		Penetrac. Pulgadas	MOLDE N° 1						MOLDE N° 2						MOLDE N° 3					
Seg.	Min.		Carga		Presiones	Presiones Corregi.	Presiones Standar	Valores C.B.R.	Carga		Presiones	Presiones Corregi.	Presiones Standar	Valores C. B. R.	Carga		Presiones	Presiones Corregi.	Presiones Standar	Valores C. B. R.
			Dial	Lbs.	Lbs/ Pulg2	Lbs/ Pulg2	Lbs/ Pulg2		Dial	Lbs.	Lbs/ Pulg2	Lbs/ Pulg2	Lbs/ Pulg2		Dial	Lbs.	Lbs/ Pulg2	Lbs/ Pulg2	Lbs/ Pulg2	
		0	0		0			0,0		0				0,0		0				
		25	11,0		8			5,5		4				4,7		3				
		50	15,1		11			9,3		7				6,5		5				
		75	24,0		17			12,7		9				8,3		6				
		100	30,6		22		2,2	15,5		11			1,1	9,6		7			0,7	
		150	34,1		25			19,3		14				12,0		9				
		200	35,9		26			22,0		16				14,0		10				
		250	39,5		29			24,7		18				15,0		11				
		300	41,8		30			26,2		19				17,2		12				
		400	60,0		43			29,4		21				20,2		15			82	
		500	75,0		54			32,7		24				23,0		17				

VALOR DEL CBR = 2,60 %
 AL 105 % DE SU MAXIMA DENSIDAD SECA



DETERMINACIÓN DEL COMPORTAMIENTO DEL SUELO ARCILLOSO EXISTENTE DE LA CALLE ELOY ALFARO DE LA PARROQUIA ANDRÉS DE VERA DEL CANTÓN PORTOVIEJO.

CALICATA:	2	
FECHA:	15/11/2016	
COORDENADAS:	N	E
	9883864,62	557052,32



SIMBOLOGIA	
RELLENO	(++++++)
GRAVA	
ARENA	
ARCILLA	
LIMO	
TURBA	

PROFUNDIDA D (m)	ESPESOR (m)	ESTRATIGRAFI A	GRANULOMETRIA % PASANTE												LIMETES			W%	CLASIFICACION		PROCTOR	CBR	DESCRIPCION DEL SUELO			
			3"	2 1/2"	2"	1 1/2"	1"	3/4"	1/2"	3/8"	Nº4	10	40	200	LL	LP	IP		SUCS	AASHTO						
0,500	0,50													100,0	96,51	92,14	80,89	68,36	38,70	29,66	34,50	CH	A-7-6	1430,00	2,60 %	SUELO NATURAL.- Arcilla inorganica de plasticidad elevada, arcillas grasas
1,000	0,50													100,0	99,82	99,49	98,64	64,89	34,96	29,93	41,50	CH	A-7-6			SUELO NATURAL.- Arcilla inorganica de plasticidad elevada, arcillas grasas
1,500	0,50													100,0	99,78	99,47	98,88	49,06	21,23	27,83	41,58	CL	A-7-5			SUELO NATURAL.- Arcilla inorganica de plasticidad baja o media, arcilla con grava, arcilla arenosa, arcilla limosa, arcillas pobres

CALICATAS NEUTRALIZADAS CON CAL

ARCILLA-CAL

CALICATA #1 ARCILLA-CAL (6% DE CAL)

LABORATORIO DE SUELOS Y MATERIALES

PROYECTO :	DETERMINACIÓN DEL COMPORTAMIENTO DEL SUELO ARCILLOSO EXISTENTE	FECHA DE ENSAYO:	24/10/16	
UBICACION:	CALLE ELOY ALFARO DE LA PARROQUIA ANDRÉS DE VERA DEL CANTÓN PORTOVIEJO	MATERIAL:	SUBRASANTE NEUTRALIZADA CON CAL	
ABSCISA:	ESPELOR:	0,50 m	MUESTRA	1A.

ENSAYOS DE CLASIFICACION

GRANULOMETRÍA (ASTM D422)

TAMIZ	P.RETENIDO PARCIAL	P. RETENIDO ACUMULADO	% RETENIDO	% QUE PASA	% ESPCFCD
GRANULOMETRIA					
4"					
3"					
2 1/2"					
2"					
1 1/2"					
1"					
3/4"					
1/2"					
3/8"					
N°4					
PASA N°4					
TOTAL					

SERIE FINA

N°	P. RETENIDO PARCIAL	P. RETENIDO ACUMULADO	% RETENIDO	% QUE PASA	% ESPCFCD
N°4				100	
8					
10	1,64		0,37	99,63	
16					
20					
30					
40	26,77		5,99	93,64	
50					
60					
100					
200	42,44		9,49	(84,15)	
PASA N°200	376,16		84,15		
TOTAL	447,01				

P inicial humedo= **500** grms
P inicial seco= **447,01** grms

CLASIFICACION:	HUMEDAD NATURAL:	11,85 %
	LIMITE LIQUIDO:	54,12 %
SUCS	INDICE PLASTICO:	14,55
AASTHO	INDICE DE GRUPO:	13

HUMEDAD NATURAL (ASTM D2216)

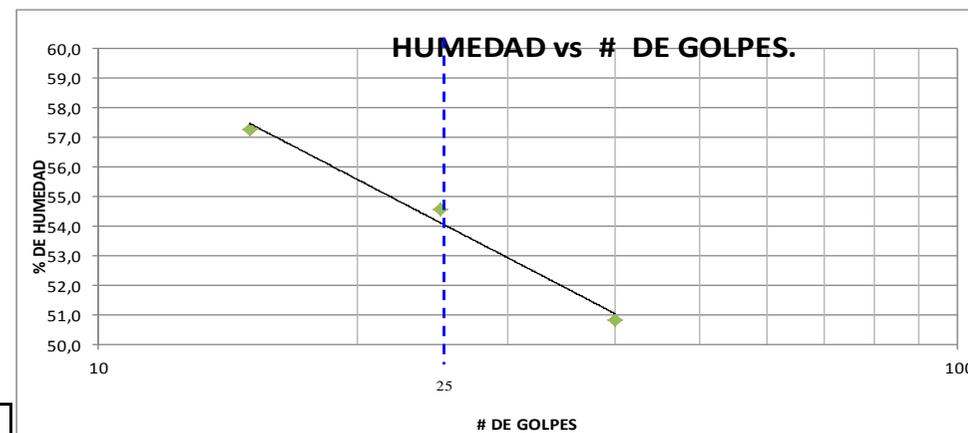
N° TARRO	N° GOLPES	PESO HUMEDO	PESO SECO	PESO TARRO	% DE HUMEDAD	% PROMEDIO
K41	----	81,45	75,96	29,64	11,85	
O5	----	88,81	82,77	31,83	11,86	
						11,85

LIMITE LIQUIDO (ASTM D4318)

U44	N° GOLPES	PESO HUMEDO	PESO SECO	PESO TARRO	% DE HUMEDAD	% PROMEDIO
U44	40	31,87	27,81	19,82	50,81	
T88	25	31,85	27,30	18,96	54,56	
P45	15	30,68	26,62	19,53	57,26	
						54,12

LIMITE PLASTICO (ASTM D4318)

A11	N° GOLPES	PESO HUMEDO	PESO SECO	PESO TARRO	% DE HUMEDAD	% PROMEDIO
A11		6,82	6,54	5,83	39,44	
A4		7,10	6,83	6,15	39,71	
						39,57



LABORATORIO DE SUELOS Y MATERIALES

PROYECTO : DETERMINACIÓN DEL COMPORTAMIENTO DEL SUELO ARCILLOSO EXISTENTE			FECHA DE ENSAYO: 24/10/16		
UBICACION: CALLE ELOY ALFARO DE LA PARROQUIA ANDRÉS DE VERA DEL CANTÓN PORTOVIEJO			MATERIAL: SUBRASANTE NEUTRALIZADA CON CAL 6%		
ABSCISA:		ESPESOR: 1,00 m	MUESTRA	1B.	

ENSAYOS DE CLASIFICACION

GRANULOMETRÍA (ASTM D422)

TAMIZ	P.RETENIDO PARCIAL	P. RETENIDO ACUMULADO	% RETENIDO	% QUE PASA	% ESPCFCD
GRANULOMETRIA					
4"					
3"					
2 ½"					
2"					
1½"					
1"					
¾"					
½"					
3/8"					
N°4					
PASA N°4					
TOTAL					

SERIE FINA

N°4				100
8				
10	9,87		2,79	97,21
16				
20				
30				
40	12,16		3,43	93,78
50				
60				
100				
200	31,40		8,87	(84,91)
PASA N°200	300,76		84,91	
TOTAL	354,19			

P inicial humedo= **500** grms
P inicial seco= **354,19** grms

CLASIFICACION:	HUMEDAD NATURAL:	41,17 %
	LIMITE LIQUIDO:	61,39 %
SUCS	INDICE PLASTICO:	20,85
AASTHO	INDICE DE GRUPO:	16

HUMEDAD NATURAL (ASTM D2216)

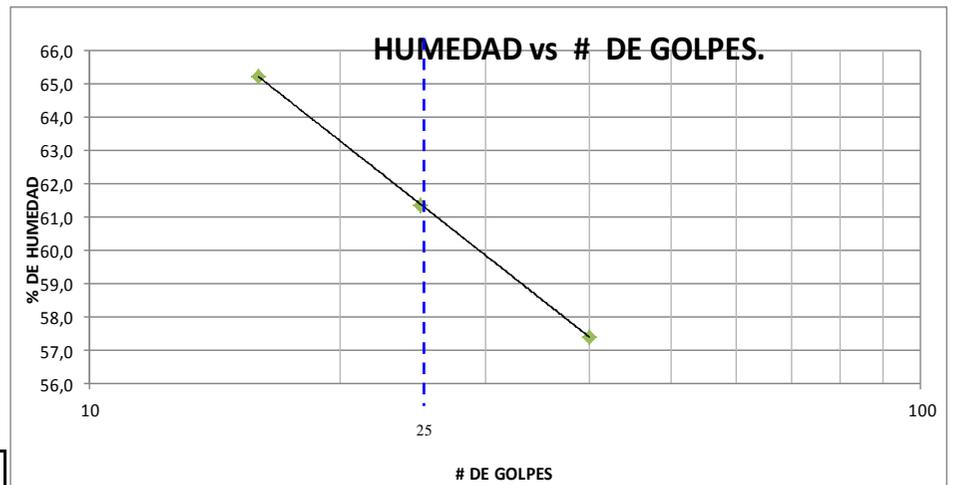
N° TARRO	N° GOLPES	PESO HUMEDO	PESO SECO	PESO TARRO	% DE HUMEDAD	% PROMEDIO
J11	----	73,71	60,95	29,85	41,03	
L1	----	85,97	70,20	32,02	41,30	
						41,17

LIMITE LIQUIDO (ASTM D4318)

A15	40	48,00	41,57	30,37	57,41
D1	25	40,19	32,73	20,57	61,35
LL1	16	35,90	29,58	19,89	65,22
					61,39

LIMITE PLASTICO (ASTM D4318)

J5		7,22	6,84	5,90	40,43
G4		7,42	7,05	6,14	40,66
					40,54



LABORATORIO DE SUELOS Y MATERIALES

PROYECTO :	DETERMINACIÓN DEL COMPORTAMIENTO DEL SUELO ARCILLOSO EXISTENTE	FECHA DE ENSAYO:	24/10/16
UBICACION:	CALLE ELOY ALFARO DE LA PARROQUIA ANDRÉS DE VERA DEL CANTÓN PORTOVIEJO	MATERIAL:	SUBRASANTE NEUTRALIZADA CON CAL 6%
ABSCISA:	ESPESOR: 1,50 m	MUESTRA	1C.

ENSAYOS DE CLASIFICACION

GRANULOMETRÍA (ASTM D422)

TAMIZ	P.RETENIDO PARCIAL	P. RETENIDO ACUMULADO	% RETENIDO	% QUE PASA	% ESPCFCD
GRANULOMETRIA					
4"					
3"					
2 1/2"					
2"					
1 1/2"					
1"					
3/4"					
1/2"					
3/8"					
N°4					
PASA N°4					
TOTAL					

SERIE FINA

N°4				100	
8					
10	8,3		2,23	97,77	
16					
20					
30					
40	20,79		5,60	92,17	
50					
60					
100					
200	59,51		16,02	(76,15)	
PASA N°200	282,90		76,15		
TOTAL	371,50				

P inicial humedo= **500** grms
P inicial seco= **371,50** grms

CLASIFICACION:	HUMEDAD NATURAL:	34,59 %
	LIMITE LIQUIDO:	58,21 %
SUCS	INDICE PLASTICO:	18,07
AASTHO	INDICE DE GRUPO:	15

HUMEDAD NATURAL (ASTM D2216)

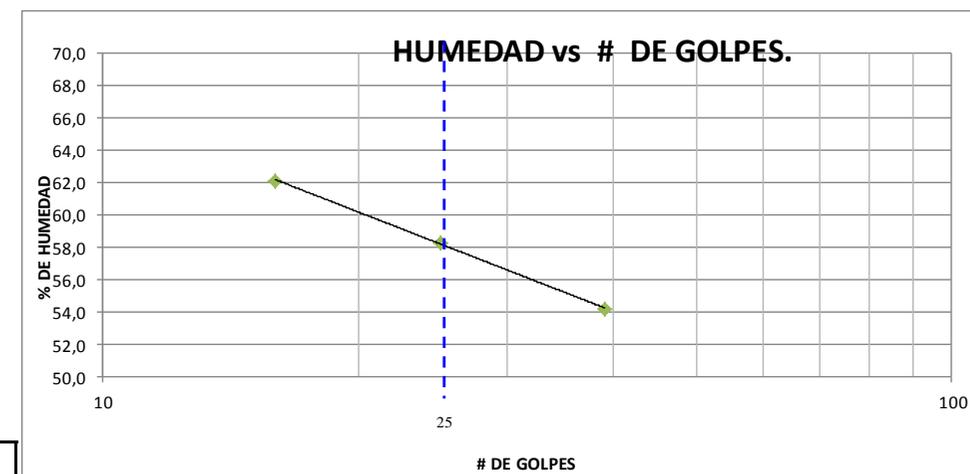
N° TARRO	N° GOLPES	PESO HUMEDO	PESO SECO	PESO TARRO	% DE HUMEDAD	% PROMEDIO
H1	----	76,11	64,32	30,52	34,88	
L7	----	74,08	62,95	30,50	34,30	
						34,59

LIMITE LIQUIDO (ASTM D4318)

A11	39	36,64	30,86	20,20	54,22	
S11	25	33,27	28,32	19,83	58,30	
B32	16	32,22	26,61	17,58	62,13	
						58,21

LIMITE PLASTICO (ASTM D4318)

J2		6,98	6,69	5,97	40,28	
L32		6,90	6,60	5,85	40,00	
						40,14



LIMITE DE CONTRACCION

PROYECTO DETERMINACIÓN DEL COMPORTAMIENTO DEL SUELO ARCILLOSO EXISTENTE

UBICACION: CALLE ELOY ALFARO DE LA PARROQUIA ANDRÉS DE VERA DEL CANTÓN PORTO

CALICATA # : 1

PROFUNDIDA 0,50 m SUBRASANTE NEUTRALIZADA CON CAL

DATOS :

Peso de capsula 20,98 gr

y mercurio (Hg) 13,55 gr

P. mercurio+cap 271,39 gr L.L(%) 54,12 L.P(%) 39,57

PESO SECO M: 19,88 gr IP (%) 14,55

NUMERO DE LA CAPSULA	1	V	Vol. De cap (cm3)	18,48	
A	P. de la Cap. (g)	20,98	F	P. del mercurio desalojado (g)	207,00
B	Caps + Suelo Hum (g)	49,57	Vo = F/ 13,55	Vol. Del suelo seco (cm3)	15,28
C	Caps + Suelo Sec (g)	40,86	$U = \frac{V - V_o}{D} \times 100$		16,12
D=C - A	P. del Suelo seco (g)	19,88			
E = B- C	Peso del agua (g)	8,71	Lc = W - U	L. de Contraccion (%)	27,70
W = E/D x100	Conten. De Hum (g)	43,81	Rc = D / Vo	Raz. de Contraccion (%)	1,30
			Ic= Lp - Lc	Indice de Contracción Ic (%)	11,87

LABORATORIO ENSAYO DE MATERIALES

Determinación de la Relación Humedad-Densidad de Suelos Curva de Compactación

Proyecto : DETERMINACIÓN DEL COMPORTAMIENTO DEL SUELO ARCILLOSO EXISTENTE	FECHA: 24/10/2016
Localización : CALLE ELOY ALFARO DE LA PARROQUIA ANDRÉS DE VERA DEL CANTÓN PORTI	Calicata N° : 1
Procedencia :	Muestra N° : 1A.
Descripción de la muestra (VISUAL) : SUBRASANTE NEUTRALIZADA CON CAL 6%	

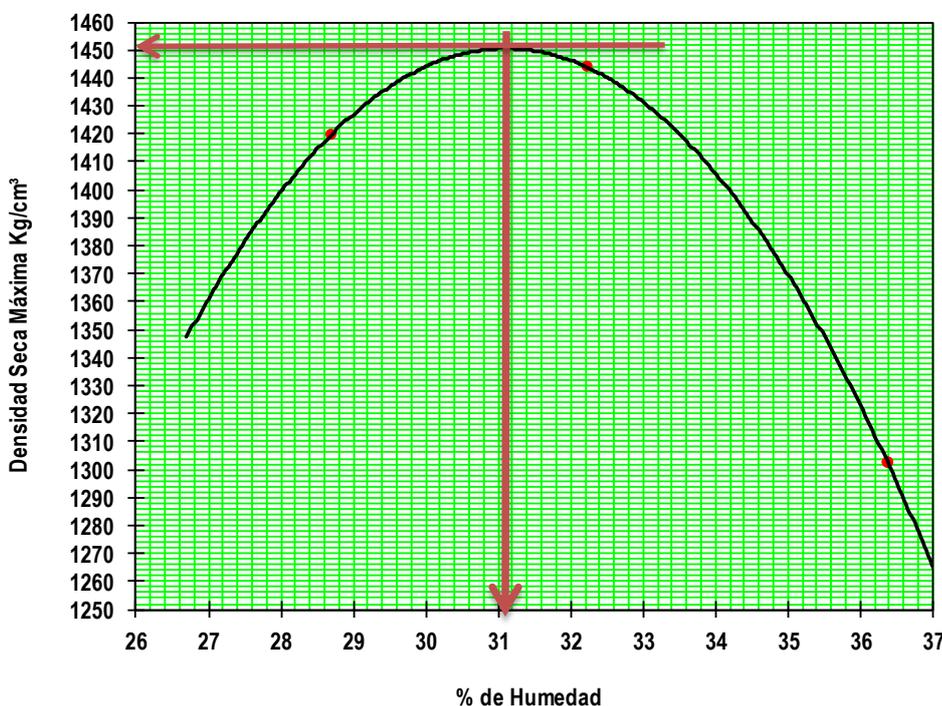
MASA DEL CILINDRO (P7)	4335,0
VOLUMEN DEL CILINDRO (V)	976,9
MASA DEL MARTILLO (Kg.)	4,54
ALTURA DE CAÍDA DEL MARTILLO (cm.)	45,72
TIPO DEL ENSAYO	Modificado $\phi=4"$; 18"-4.5 Kg. ; 5c-25
# DE CAPAS	5
# DE GOLPES POR CAPA	25

Observaciones:

Normas de Referencia
 ASTM D 698-91
 ASTM D 1557-91
 AASHTO T 99-94
 AASHTO T 180-93

DATOS DEL ENSAYO

PUNTO #	1		2		3		4	5	6
Material para ensayo									
RECIPIENTE #	L54	D77	L1	C81	A8	C3			
MASA DE RECIPIENTE + MUESTRA HÚMEDA (P1)	78,50	71,54	85,96	87,66	71,62	68,21			
MASA DE RECIPIENTE + MUESTRA SECA (P2)	68,05	62,77	72,70	73,75	60,50	58,40			
MASA DE AGUA (P3 = P1 - P2)	10,45	8,77	13,26	13,91	11,12	9,81			
MASA DE RECIPIENTE (P4)	31,94	31,95	31,60	30,59	30,09	31,30			
MASA DE MUESTRA SECA (P5 = P2 - P4)	36,11	30,82	41,10	43,16	30,41	27,10			
% DE HUMEDAD (W = P3 × 100 ÷ P5)	28,94	28,46	32,26	32,23	36,57	36,20			
% DE HUMEDAD PROMEDIO	28,70		32,25		36,38				
% DE HUMEDAD AÑADIDA AL SUELO	5,00		10,00		15,00				
MASA DE CILINDRO + SUELO HÚMEDO (P6)	6120,0		6200,0		6070,0				
MASA DE SUELO HÚMEDO (P8 = P6 - P7)	1785		1865		1735				
DENSIDAD HÚMEDA DEL SUELO (Dh = P8 ÷ V)	1827		1909		1776				
DENSIDAD SECA DEL SUELO (Ds = Dh ÷ (1 + W ÷ 100))	1420		1444		1302				



 Vto. Bueno
 Fiscalización

 Vto. Bueno
 Contratista

RESULTADOS
Densidad Seca Máxima 1444 Kg./m³
% de Humedad Óptima 31,00 %

LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS Y MATERIALES

PROYECTO: DETERMINACIÓN DEL COMPORTAMIENTO DEL SUELO ARCILLOSO EXISTENTE

LOCALIZACION: CALLE ELOY ALFARO DE LA PARROQUIA ANDRÉS DE VERA DEL CANTÓN PORTOVIEJO

ESPESOR: 0,50 m **MUESTRA:** 1A

DESCRIPCION DE LA MUESTRA (VISUAL): SUBRASANTE NEUTRALIZADA CON CAL 6%

FECHA : 05/12/2016

CALCULADO POR :

ENSAYO C. B. R.

Molde N°	1		2		3	
Número de capas	5		5		5	
Número de golpes por capas	61		27		11	
	ANTES del REMOJO	DESPUES del REMOJO	ANTES del REMOJO	DESPUES del REMOJO	ANTES del REMOJO	DESPUES del REMOJO
Peso muestra húmeda + molde C	12090	12240	11820	12000	11935	12175
Peso del molde	7825	7825	7767	7767	7850	7850
Peso muestra húmedad	4265	4415	4053	4233	4085	4325
Volumen de la muestra cm.	2400,78	2400,78	2351,54	2351,54	2412,36	2412,36
Densidad húmeda Gr/cm.	1777	1839	1724	1800	1693	1793
Densidad seca Gr/cm.	1304	1328	1266	1293	1244	1266

CONTENIDO DE AGUA

Tarro N°	B5	BY	C2	A21	A30	C3
P. muestra húmeda + tarro Gr	82,50	61,61	90,85	65,56	84,13	66,43
P. muestra seca + tarro Gr.	68,45	53,37	74,73	56,06	69,90	56,21
Peso agua Gr	14,05	8,24	16,12	9,50	14,23	10,22
Peso tarro Gr	29,63	31,96	30,11	31,86	30,54	31,62
Peso muestra seca Gr.	38,82	21,41	44,62	24,20	39,36	24,59
Contenido de humedad %	36,19	38,49	36,13	39,26	36,15	41,56
Contenido promedio de h. %	37,34		37,69		38,86	

MUESTRA : 1A NEUTRALIZADA CON CAL 6%

DATOS DE ESPONJAMIENTO

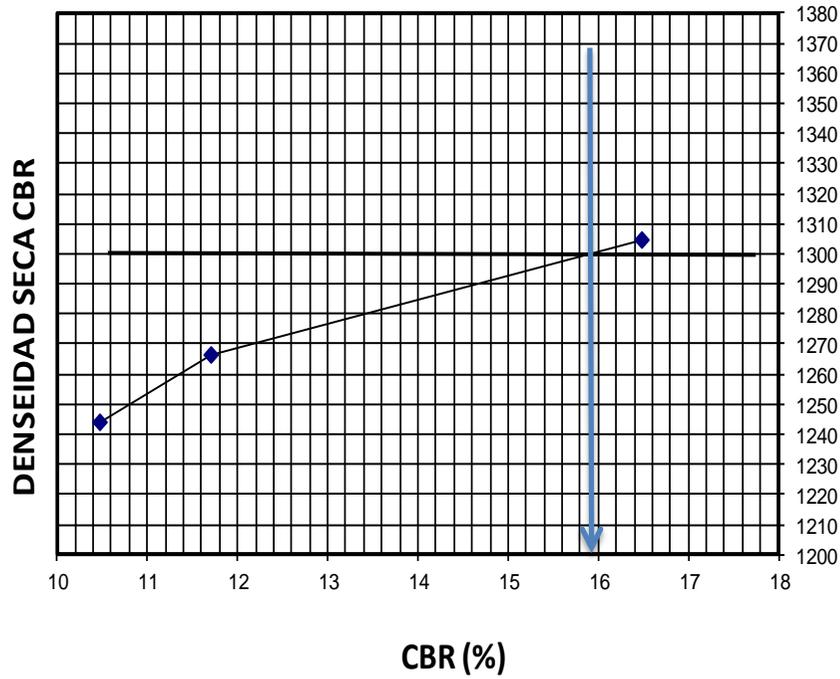
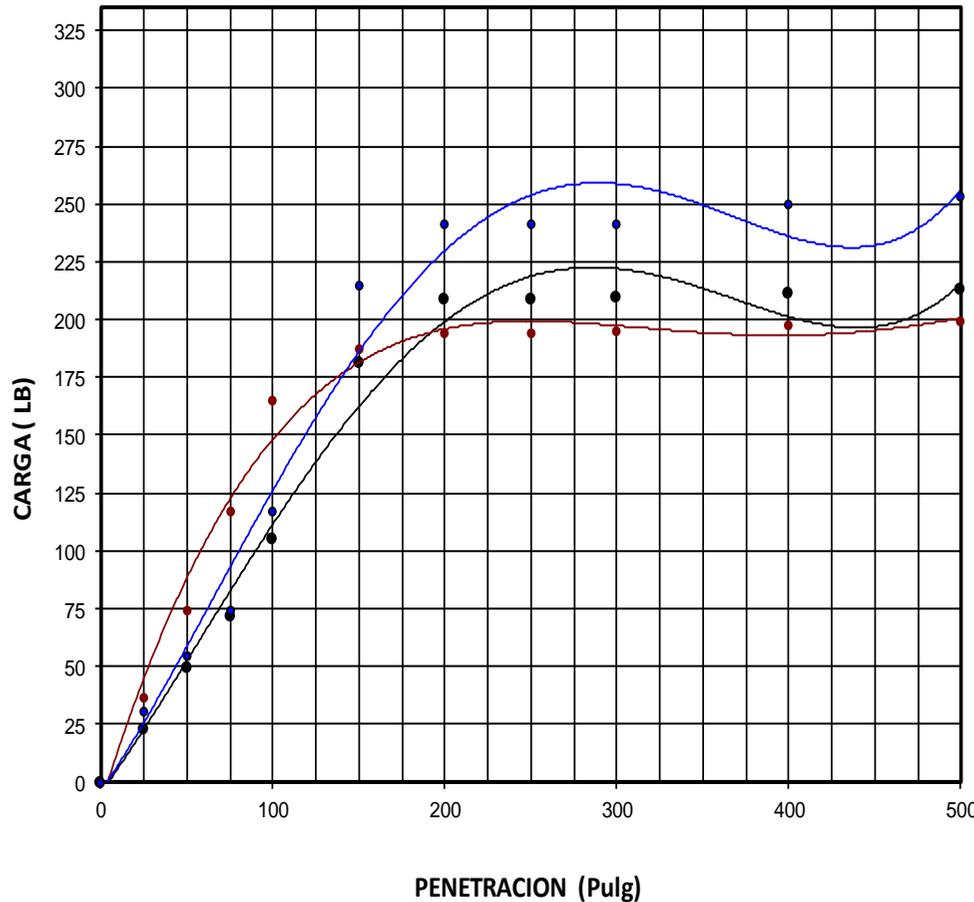
Area de Pistón: 19,635 cm²
3,0434311

Dia y Mes	Hora	MOLDE N° 1					Día y Mes	Hora	MOLDE N° 2					Día y Mes	Hora	MOLDE N° 3				
		Tiempo	Lectura	Altura	Esponjamiento				Tiempo	Lectura	Altura	Esponjamiento				Tiempo	Lectura	Altura	Esponjamiento	
		Transcurrido	Dial	Muestra					Transcurrido	Dial	Muestra					Transcurrido	Dial	Muestra		
		Dias	Pulg.	Pulg.	Pulg.	%			Dias	Pulg.	Pulg.	Pulg.	%			Dias	Pulg.	Pulg.	Pulg.	%
05-dic	8:00	0	0	5,05	0,000	0,0	05-dic	8:00	0	0	5,05	0	0,0	05-dic	8:00	0	0	5,05	0	0,0
06-dic	8:00	1	120	5,05	0,120	2,4	06-dic	8:00	1	140	5,05	0,14	2,8	06-dic	8:00	1	150	5,05	0,15	3,0
07-dic	8:00	2	120	5,05	0,120	2,4	07-dic	8:00	2	140	5,05	0,14	2,8	07-dic	8:00	2	150	5,05	0,15	3,0
08-dic	8:00	3	120	5,05	0,120	2,4	08-dic	8:00	3	140	5,05	0,14	2,8	08-dic	8:00	3	150	5,05	0,15	3,0

Anillo N°= 2,2 (LD)
Constante =

TIEMPO		Penetrac. Pulgadas	MOLDE N° 1					MOLDE N° 2					MOLDE N° 3							
Seg.	Min.		Carga		Presiones	Presiones Corregi.	Presiones Standar	Valores C.B.R.	Carga		Presiones	Presiones Corregi.	Presiones Standar	Valores C. B. R.	Carga		Presiones	Presiones Corregi.	Presiones Standar	Valores C. B. R.
			Dial	Lbs.	Lbs/ Pulg2	Lbs/ Pulg2	Lbs/ Pulg2		Dial	Lbs.	Lbs/ Pulg2	Lbs/ Pulg2	Lbs/ Pulg2		Dial	Lbs.	Lbs/ Pulg2	Lbs/ Pulg2	Lbs/ Pulg2	
		0	0		0			0,0		0				0,0		0				
		25	50,0		36			42,0		30				31,0		22				
		50	103,0		74			75,0		54				68,0		49				
		75	162,0		117			102,0		74				99,0		72				
		100	228,0		165		16,5	162,0		117			11,7	145,0		105			10,5	
		150	259,0		187			297,0		215				251,0		181				
		200	268,0		194			334,0		241				289,0		209				
		250	268,0		194			334,0		241				289,0		209				
		300	270,0		195			334,0		241				290,0		210				
		400	273,0		197			345,0		249				292,0		211				
		500	276,0		200			350,0		253				295,0		213				

VALOR DEL CBR = 15,88 %
AL 90 % DE SU MAXIMA DENSIDAD SECA



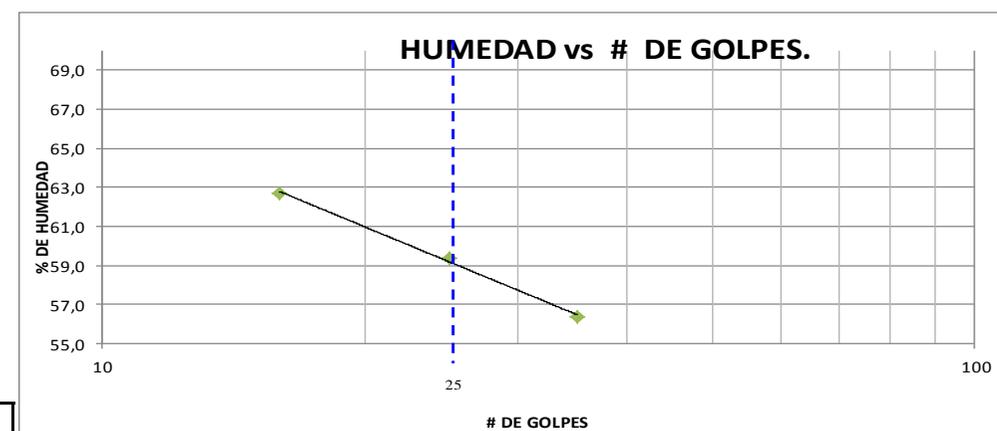
CALICATA # 2 NEUTRALIZADA CON CAL (3% DE CAL)

LABORATORIO DE SUELOS Y MATERIALES						
PROYECTO : DETERMINACIÓN DEL COMPORTAMIENTO DEL SUELO ARCILLOSO EXISTENTE			FECHA DE ENSAYO: 26/10/16			
UBICACION: CALLE ELOY ALFARO DE LA PARROQUIA ANDRÉS DE VERA DEL CANTÓN PORTOVIEJO			MATERIAL: SUBRASANTE NEUTRALIZADA CON CAL 3% DE CAL			
ABSCISA:		ESPESOR: 0,50 m		MUESTRA 2A.		
ENSAYOS DE CLASIFICACION						
GRANULOMETRÍA (ASTM D422)				HUMEDAD NATURAL (ASTM D2216)		
TAMIZ	P.RETENIDO PARCIAL	P. RETENIDO ACUMULADO	% RETENIDO	% QUE PASA	% ESPCFCD	
GRANULOMETRIA						
4"						
3"						
2 ½"						
2"						
1½"						
1"						
¾"						
½"						
⅜"						
N°4						
PASA N°4						
TOTAL						
SERIE FINA						
N°4				100		
8						
10	7,68		1,73	98,27		
16						
20						
30						
40	14,45		3,26	95,01		
50						
60						
100						
200	24,37		5,50	(89,51)		
PASA N°200	396,74		89,51			
TOTAL	443,24					
			P inicial humedo= 500 grms			
			P inicial seco= 443,24 grms			
CLASIFICACION:		HUMEDAD NATURAL:		12,81 %		
		LIMITE LIQUIDO:		59,19 %		
SUCS		INDICE PLASTICO:		14,42		
AASTHO		INDICE DE GRUPO:		14		

N° TARRO	N° GOLPES	PESO HUMEDO	PESO SECO	PESO TARRO	% DE HUMEDAD	% PROMEDIO
KL	----	98,30	90,71	31,12	12,74	
GF	----	81,50	75,69	30,57	12,88	
						12,81

LIMITE LIQUIDO (ASTM D4318)						
A5	35	34,50	28,86	18,86	56,40	
FG	25	31,42	26,25	17,54	59,36	
JJ	16	31,41	26,92	19,76	62,71	
						59,19

LIMITE PLASTICO (ASTM D4318)						
RT		7,18	6,89	6,24	44,62	
HG		7,02	6,71	6,02	44,93	
						44,77



LABORATORIO DE SUELOS Y MATERIALES

PROYECTO : DETERMINACIÓN DEL COMPORTAMIENTO DEL SUELO ARCILLOSO EXISTENTE			FECHA DE ENSAYO: 26/10/16		
UBICACION: CALLE ELOY ALFARO DE LA PARROQUIA ANDRÉS DE VERA DEL CANTÓN PORTOVIEJO			MATERIAL: SUBRASANTE NEUTRALIZADA CON CAL 3% DE CAL		
ABSCISA:		ESPESOR: 1,00 m	MUESTRA 2B.		

ENSAYOS DE CLASIFICACION

GRANULOMETRÍA (ASTM D422)

TAMIZ	P.RETENIDO PARCIAL	P. RETENIDO ACUMULADO	% RETENIDO	% QUE PASA	% ESPCFCD
GRANULOMETRIA					
4"					
3"					
2 1/2"					
2"					
1 1/2"					
1"					
3/4"					
1/2"					
3/8"					
N°4					
PASA N°4					
TOTAL					

SERIE FINA

N°4				100	
8					
10	1,55		0,38	99,62	
16					
20					
30					
40	1,49		0,37	99,25	
50					
60					
100					
200	2,05		0,51	(98,74)	
PASA N°200	399,93		98,74		
TOTAL	405,02				

P inicial humedo= 500 grms
P inicial seco= 405,02 grms

CLASIFICACION:	HUMEDAD NATURAL:	23,45 %
	LIMITE LIQUIDO:	64,50 %
SUCS	INDICE PLASTICO:	24,15
AASTHO	INDICE DE GRUPO:	18

HUMEDAD NATURAL (ASTM D2216)

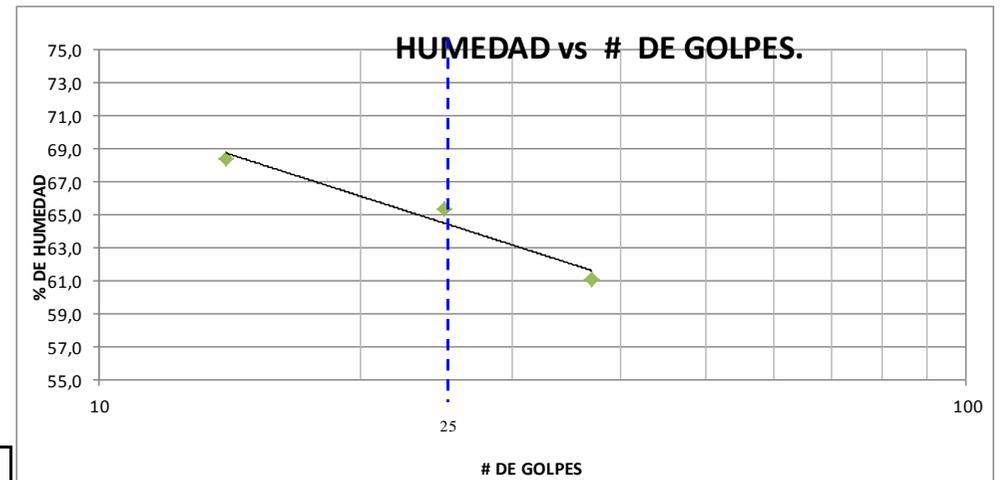
N° TARRO	N° GOLPES	PESO HUMEDO	PESO SECO	PESO TARRO	% DE HUMEDAD	% PROMEDIO
F1	----	73,50	65,53	31,73	23,58	
G4	----	70,56	63,20	31,64	23,32	
						23,45

LIMITE LIQUIDO (ASTM D4318)

A4	37	49,35	42,15	30,37	61,12	
D1	25	43,00	38,00	30,35	65,36	
FL	14	49,45	41,68	30,32	68,40	
						64,50

LIMITE PLASTICO (ASTM D4318)

HG		7,69	7,23	6,10	40,71	
T		7,23	6,85	5,90	40,00	
						40,35



LABORATORIO DE SUELOS Y MATERIALES

PROYECTO : DETERMINACIÓN DEL COMPORTAMIENTO DEL SUELO ARCILLOSO EXISTENTE	FECHA DE ENSAYO: 26/10/16
UBICACION: CALLE ELOY ALFARO DE LA PARROQUIA ANDRÉS DE VERA DEL CANTÓN PORTOVIEJO	MATERIAL: SUBRASANTE NEUTRALIZADA CON CAL 3% DE CAL
ABSCISA:	ESPESOR: 1,50 m
	MUESTRA 2C.

ENSAYOS DE CLASIFICACION

GRANULOMETRÍA (ASTM D422)

TAMIZ	P.RETENIDO PARCIAL	P. RETENIDO ACUMULADO	% RETENIDO	% QUE PASA	% ESPCFCD
GRANULOMETRIA					
4"					
3"					
2 ½"					
2"					
1½"					
1"					
¾"					
½"					
3/8"					
N°4					
PASA N°4					
TOTAL					

SERIE FINA

N°4				100	
8					
10	0,76		0,21	99,79	
16					
20					
30					
40	1,11		0,31	99,48	
50					
60					
100					
200	2,09		0,58	(98,89)	
PASA N°200	354,10		98,89		
TOTAL	358,06				

P inicial humedo= **500** grms
P inicial seco= **358,06** grms

CLASIFICACION:	HUMEDAD NATURAL:	39,64 %
	LIMITE LIQUIDO:	47,28 %
SUCS	INDICE PLASTICO:	18,49
AASHTO	INDICE DE GRUPO:	13

HUMEDAD NATURAL(ASTM D2216)

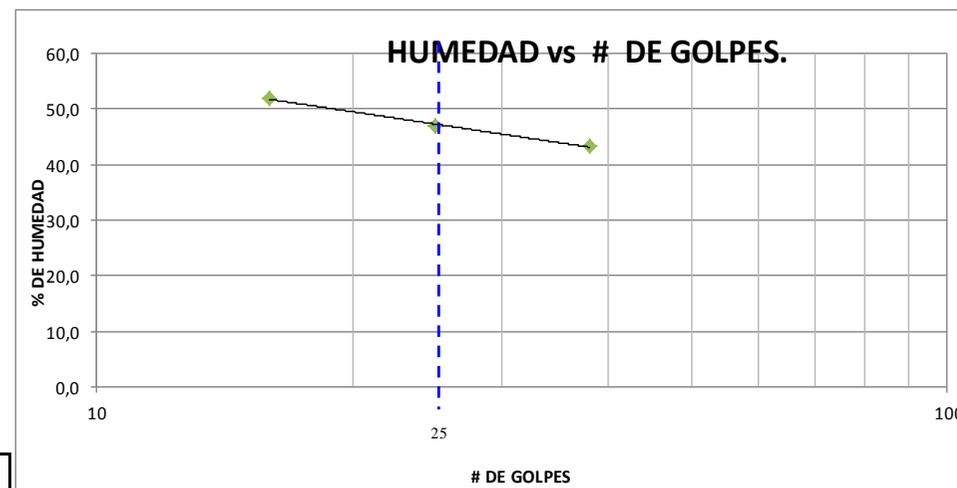
N° TARRO	N° GOLPES	PESO HUMEDO	PESO SECO	PESO TARRO	% DE HUMEDAD	% PROMEDIO
GH	----	78,89	65,55	31,60	39,29	
JJ	----	74,90	62,53	31,60	39,99	
	----					39,64

LIMITE LIQUIDO(ASTM D4318)

YY	38	39,79	33,67	19,52	43,25	
KY	25	35,94	30,81	19,90	47,02	
LK	16	34,58	29,80	20,58	51,84	
						47,28

LIMITE PLASTICO(ASTM D4318)

A11		7,05	6,86	6,20	28,79	
FG		7,05	6,86	6,20	28,79	
						28,79



LIMITE DE CONTRACCION

PROYECTO: DETERMINACIÓN DEL COMPORTAMIENTO DEL SUELO ARCILLOSO EXISTENTE
UBICACION: CALLE ELOY ALFARO DE LA PARROQUIA ANDRÉS DE VERA DEL CANTÓN PORTOMEJ
CALICATA # : 2

PROFUNDIDAD 0,50 m SUBRASANTE NEUTRALIZADA CON CAL 3% DE CAL

DATOS :

Peso de capsula: 20,98 gr
 y mercurio (Hg) : 13,55 gr
 P. mercurio+cap : 271,39 gr L.L(%) 59,19 L.P(%) 44,77
 PESO SECO M: 19,35 gr IP (%) 14,42

NUMERO DE LA CAPSULA	1		V	Vol. De cap (cm ³)	18,48
A	P. de la Cap. (g)	20,98	F	P. del mercurio desalojado (g)	207,00
B	Caps + Suelo Hum (g)	47,28	Vo = F/ 13,55	Vol. Del suelo seco (cm ³)	15,28
C	Caps + Suelo Sec (g)	40,33	$U = \frac{V - Vo}{D} \times 100$		
D=C - A	P. del Suelo seco (g)	19,35			16,56
E = B- C	Peso del agua (g)	6,95	Lc = W - U	L. de Contraccion (%)	19,36
W = E/D x100	Conten. De Hum (g)	35,92	Rc = D / Vo	Raz. de Contraccion (%)	1,27
			Ic= Lp - Lc	ndice de Contracciòn Ic (%)	25,41

LABORATORIO ENSAYO DE MATERIALES

Determinación de la Relación Humedad-Densidad de Suelos Curva de Compactación

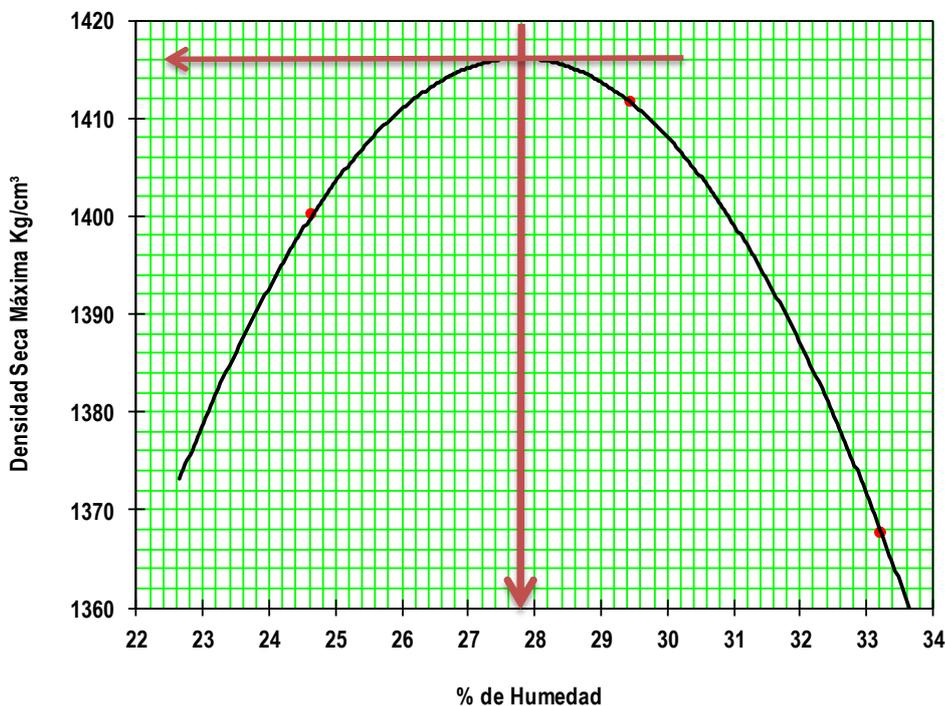
Proyecto : DETERMINACIÓN DEL COMPORTAMIENTO DEL SUELO ARCILLOSO EXISTENTE	FECHA: 26/10/2016
Localización : CALLE ELOY ALFARO DE LA PARROQUIA ANDRÉS DE VERA DEL CANTÓN PORT...	Calicata N° : 2
Procedencia :	Muestra N° : 2A.
Descripción de la muestra (VISUAL) : SUBRASANTE NEUTRALIZADA CON CAL 3% DE CAL	

MASA DEL CILINDRO (P7)	4335,0
VOLUMEN DEL CILINDRO (V)	976,9
MASA DEL MARTILLO (Kg.)	4,54
ALTURA DE CAÍDA DEL MARTILLO (cm.)	45,72
TIPO DEL ENSAYO	Modificado $\phi=4"$; 18" -4.5 Kg. ; 5c-25g/c
# DE CAPAS	5
# DE GOLPES POR CAPA	25

Observaciones:
Normas de Referencia
ASTM D 698-91
ASTM D 1557-91
AASHTO T 99-94
AASHTO T 180-93

DATOS DEL ENSAYO

PUNTO #	1		2		3		4	5	6
Material para ensayo									
RECIPIENTE #	L54	D77	L1	C81	A8	C3			
MASA DE RECIPIENTE + MUESTRA HÚMEDA (P1)	79,02	72,65	69,02	52,35	54,45	58,92			
MASA DE RECIPIENTE + MUESTRA SECA (P2)	69,48	64,70	60,10	46,04	48,75	51,85			
MASA DE AGUA (P3 = P1 - P2)	9,54	7,95	8,92	6,31	5,70	7,07			
MASA DE RECIPIENTE (P4)	30,50	32,68	29,72	24,66	31,57	30,61			
MASA DE MUESTRA SECA (P5 = P2 - P4)	38,98	32,02	30,38	21,38	17,18	21,24			
% DE HUMEDAD (W = P3 × 100 ÷ P5)	24,47	24,83	29,36	29,51	33,18	33,29			
% DE HUMEDAD PROMEDIO	24,65		29,44		33,23				
% DE HUMEDAD AÑADIDA AL SUELO	5,00		10,00		15,00				
MASA DE CILINDRO + SUELO HÚMEDO (P6)	6040,0		6120,0		6115,0				
MASA DE SUELO HÚMEDO (P8 = P6 - P7)	1705		1785		1780				
DENSIDAD HÚMEDA DEL SUELO (Dh = P8 ÷ V)	1745		1827		1822				
DENSIDAD SECA DEL SUELO (Ds = Dh ÷ (1 + W ÷ 100))	1400		1412		1368				



Vto. Bueno
Fiscalización

Vto. Bueno
Contratista

RESULTADOS
Densidad Seca Máxima 1416 Kg./m³
% de Humedad Óptima 27,80 %

LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS Y MATERIALES

PROYECTO: DETERMINACIÓN DEL COMPORTAMIENTO DEL SUELO ARCILLOSO EXISTENTE

LOCALIZACION: CALLE ELOY ALFARO DE LA PARROQUIA ANDRÉS DE VERA DEL CANTÓN PORTOVIEJO

ESPESOR: 0,50 m **MUESTRA:** 2A

DESCRIPCION DE LA MUESTRA (VISUAL): SUBRASANTE NEUTRALIZADA CON CAL 3% DE CAL

FECHA : 05/12/2016

CALCULADO POR :

ENSAYO C. B. R.

Molde N°	1		2		3	
Número de capas	5		5		5	
Número de golpes por capas	61		27		11	
	ANTES del REMOJO	DESPUES del REMOJO	ANTES del REMOJO	DESPUES del REMOJO	ANTES del REMOJO	DESPUES del REMOJO
Peso muestra húmeda + molde Gr	11590	11775	11240	11500	10870	11290
Peso del molde Gr	7160	7160	7062	7062	7100	7100
Peso muestra húmedad Gr.	4430	4615	4178	4438	3770	4190
Volumen de la muestra cm.3	2345,91	2345,91	2406,7	2406,7	2388,31	2388,31
Densidad húmeda Gr/cm.3	1888	1967	1736	1844	1579	1754
Densidad seca Gr/cm.3	1433	1456	1319	1342	1199	1222

CONTENIDO DE AGUA

Tarro N°	B5	BY	C2	A21	A30	C3
P. muestra húmeda + tarro Gr.	91,27	66,15	80,76	65,03	81,85	63,77
P. muestra seca + tarro Gr.	76,50	56,70	67,43	55,94	69,84	54,36
Peso agua Gr.	14,77	9,45	13,33	9,09	12,01	9,41
Peso tarro Gr.	30,03	29,76	25,26	31,63	31,94	32,77
Peso muestra seca Gr.	46,47	26,94	42,17	24,31	37,90	21,59
Contenido de humedad %	31,78	35,08	31,61	37,39	31,69	43,58
Contenido promedio de h. %	33,43		34,50		37,64	

MUESTRA: 2A NEUTRALIZADA CON CAL 3%

DATOS DE ESPONJAMIENTO

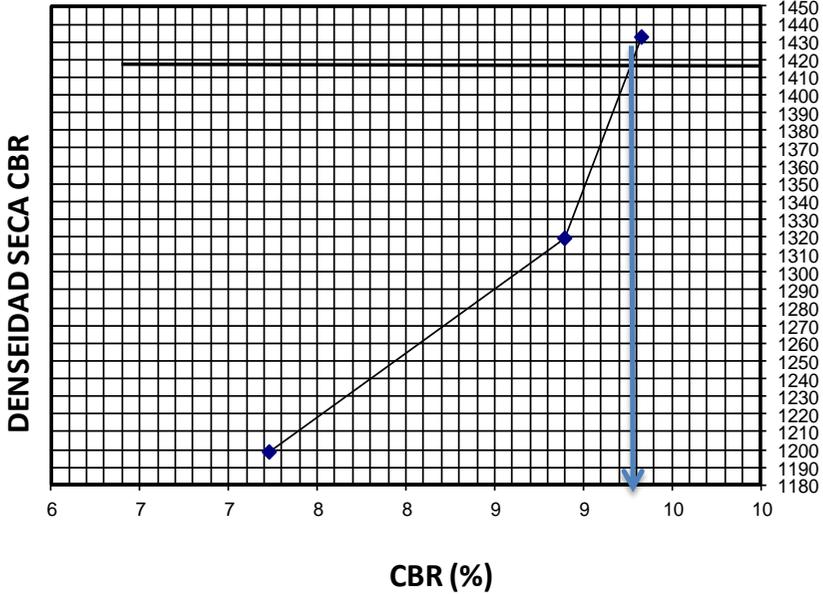
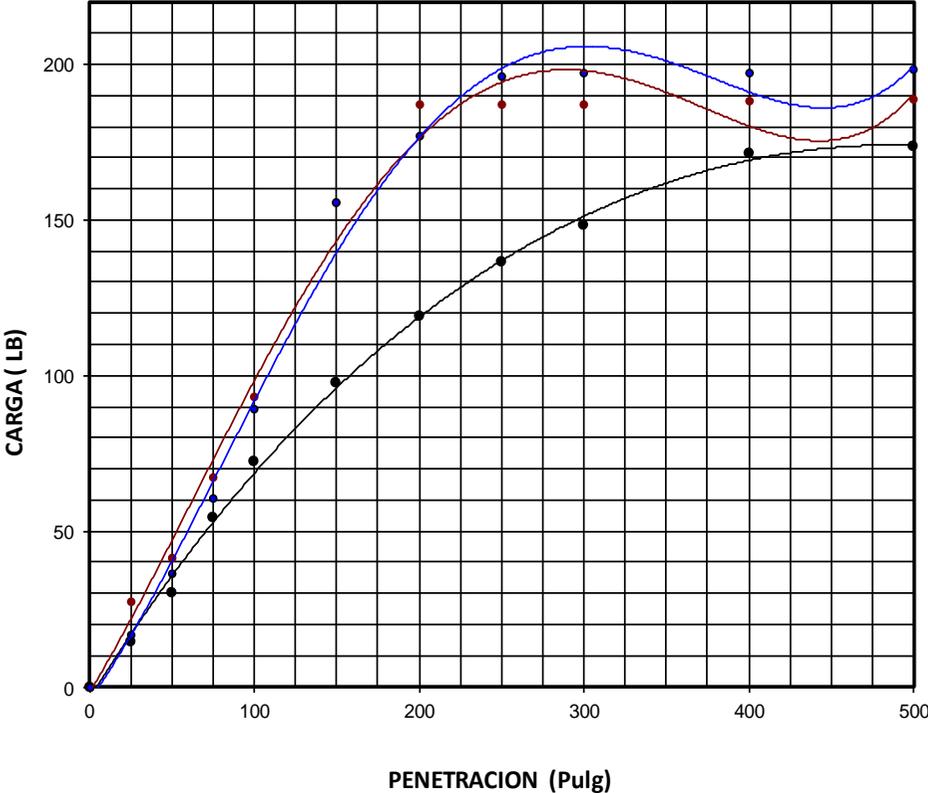
Area de Pistón: 19,635 cm2
3,0434311

Dia y Mes	Hora	MOLDE N° 1					Día y Mes	Hora	MOLDE N° 2					Día y Mes	Hora	MOLDE N° 3				
		Tiempo	Lectura	Altura	Esponjamiento				Tiempo	Lectura	Altura	Esponjamiento				Tiempo	Lectura	Altura	Esponjamiento	
		Transcurrido	Dial	Muestra	Pulg.	%			Transcurrido	Dial	Muestra	Pulg.	%			Transcurrido	Dial	Muestra	Pulg.	%
05-dic	8:00	0	0	5,05	0,000	0,0	05-dic	8:00	0	0	5,05	0	0,0	05-dic	8:00	0	0	5,05	0	0,0
06-dic	8:00	1	180	5,05	0,180	3,6	06-dic	8:00	1	260	5,05	0,26	5,1	06-dic	8:00	1	235	5,05	0,235	4,7
07-dic	8:00	2	180	5,05	0,180	3,6	07-dic	8:00	2	260	5,05	0,26	5,1	07-dic	8:00	2	235	5,05	0,235	4,7
08-dic	8:00	3	180	5,05	0,180	3,6	08-dic	8:00	3	260	5,05	0,26	5,1	08-dic	8:00	3	235	5,05	0,235	4,7

Anillo N°= 2,2 (LD)
Constante = _____

TIEMPO		Penetrac. Pulgadas	MOLDE N° 1						MOLDE N° 2						MOLDE N° 3					
Seg.	Min.		Carga		Presiones Lbs/ Pulg2	Presiones Corregi. Lbs/ Pulg2	Presiones Standar Lbs/ Pulg2	Valores C.B.R.	Carga		Presiones Lbs/ Pulg2	Presiones Corregi. Lbs/ Pulg2	Presiones Standar Lbs/ Pulg2	Valores C. B. R.	Carga		Presiones Lbs/ Pulg2	Presiones Corregi. Lbs/ Pulg2	Presiones Standar Lbs/ Pulg2	Valores C. B. R.
			Dial	Lbs.					Dial	Lbs.					Dial	Lbs.				
		0	0		0			0,0		0				0,0		0				
		25	38,0		27			23,0		17				20,0		14				
		50	57,0		41			50,0		36				42,0		30				
		75	93,0		67			84,0		61				75,0		54				
		100	129,0		93		9,3	123,0		89			8,9	100,0		72			7,2	
		150	215,0		155			215,0		155				135,0		98				
		200	259,0		187			245,0		177				165,0		119				
		250	259,0		187			271,0		196				189,0		137				
		300	259,0		187			273,0		197				205,0		148				
		400	260,0		188			273,0		197				237,0		171				
		500	261,0		189			274,0		198				240,0		173				

VALOR DEL CBR = 9,80 %
 AL 100 % DE SU MAXIMA DENSIDAD SECA



4.2 ANEXOS FOTOGRÁFICOS

Calle Eloy Alfaro de la Parroquia Andrés de Vera del cantón Portoviejo



Realización de las calicatas en la Calle Eloy Alfaro de la Parroquia Andrés de Vera del cantón Portoviejo

CALICATA # 1



Muestras tomadas a una profundidad de 0.50 m, 1.00 m, 1.50 m



Profundidad 1.50 m de la primera calicata

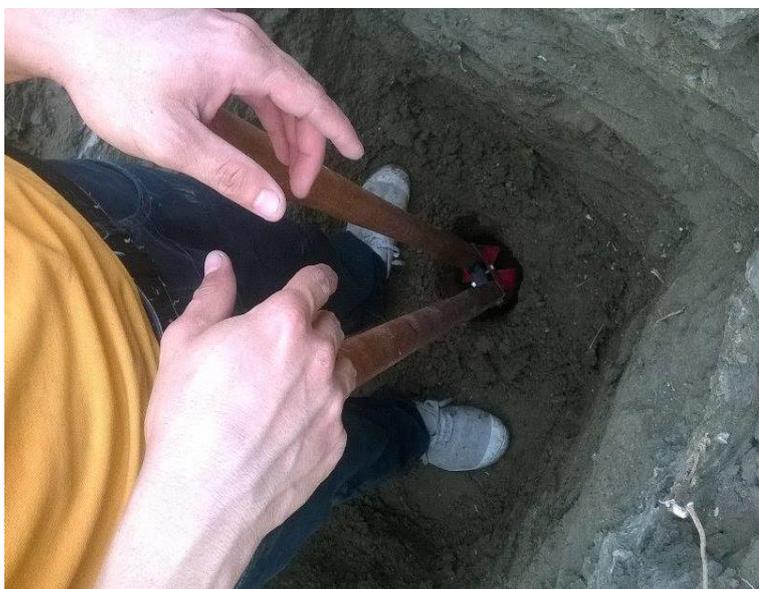


Imagen de la primera calicata



CALICATA # 2

Se tomó muestras a una profundidad de 0.50 m, 1.00 m, 1.50 m en la Calle Eloy Alfaro de la Parroquia Andrés de Vera del cantón Portoviejo



REALIZACIÓN DE LOS ENSAYOS DE SUELO EN EL LABORATORIO

Secado de las muestras de humedad natural y granulometrías por vía húmeda



Realización de los límites Atterberg de las calicatas en estado natural equipo de Casagrande



Límites Atterberg de las calicatas en estado natural equipo de Casagrande



Toma de muestra del límite líquido



Imagen de los rollitos para límite plástico



Colocados en taras para secarlos en el horno



Límite líquido de las calicatas con mezcla Arcilla-Cal



Limite plástico con mezcla Arcilla-Cal



Ensayo del Límite de contracción

Se tomo la muestra al sierra de los 25 golpes del ensayo del limite liquido y se coloco en la capsula.



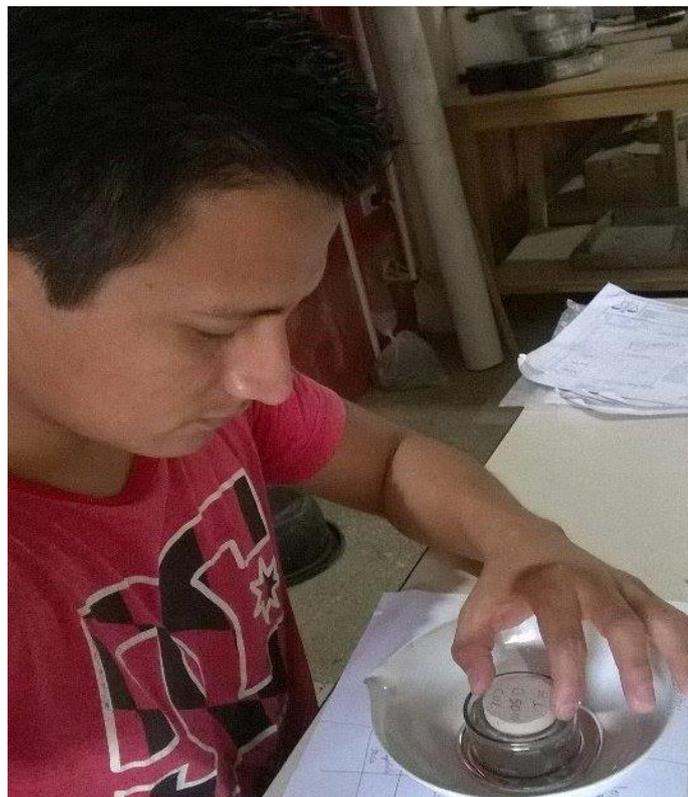
Luego de esperar tres días y que la muestra no presente cambios volumétricos por pérdida de humedad se realiza el ensayo del Límite de contracción del suelo natural



Cantidad de mercurio desalojado de la muestra



Luego de esperar tres días y que la muestra no presente cambios volumétricos por pérdida de humedad se realiza el ensayo del Límite de contracción de la mezcla Arcilla-Cal



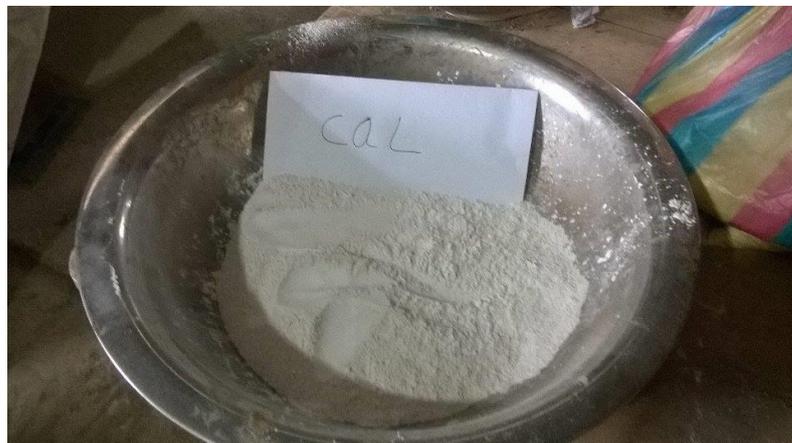
Peso de mercurio desalojado por el volumen de la muestra para el límite de contracción



Peso de las muestras secas para del ensayo de límite de contracción en estado natural y con la mezcla Arcilla-Cal



Componente Cal para la neutralización de la arcilla



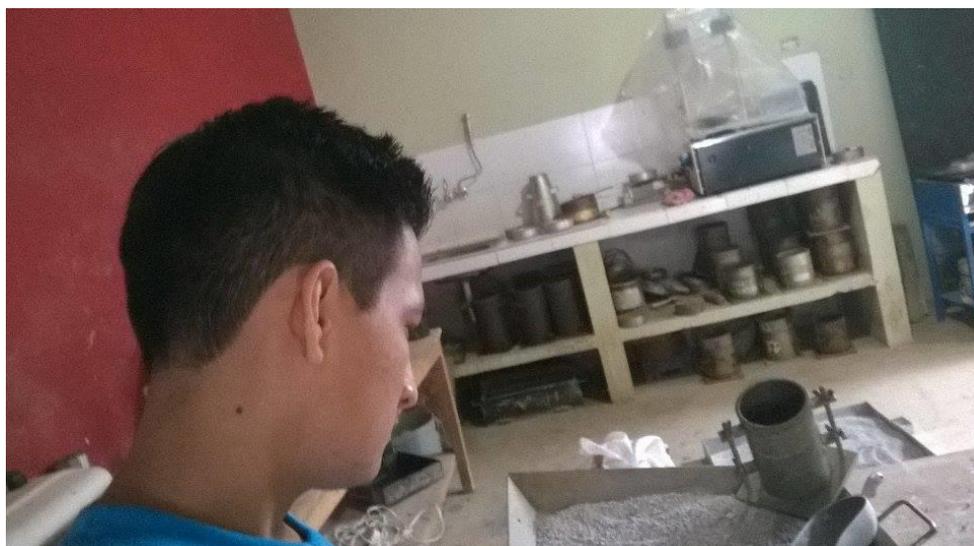
Mezcla del componente cal y la Arcilla



Compactación próctor de las muestras Arcilla-Cal



Ensayos de proctor de las muestras tomadas



Ensayo CBR de las muestras
Medición del esponjamiento



Cilindros de las muestras sumergidas en agua por tres días



Retiro de las muestras del ensayo CBR



Peso de los moldes CBR



Ensayo de prueba de CBR en la maquina Marshall

