



UTMACH

FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL

CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL

ESTUDIO DE SUELOS PARA ANÁLISIS DEL TALUD CERRO DOS
BOCAS, PARROQUIA RURAL SAN JUAN DE CERRO AZUL DEL
CANTÓN ATAHUALPA

OCHOA LEIVA CRISTIAN ANDRES
INGENIERO CIVIL

MACHALA
2023



UTMACH

FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL

CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL

ESTUDIO DE SUELOS PARA ANÁLISIS DEL TALUD CERRO DOS
BOCAS, PARROQUIA RURAL SAN JUAN DE CERRO AZUL DEL
CANTÓN ATAHUALPA

OCHOA LEIVA CRISTIAN ANDRES
INGENIERO CIVIL

MACHALA
2023



UTMACH

FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL

CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL

EXAMEN COMPLEXIVO

ESTUDIO DE SUELOS PARA ANÁLISIS DEL TALUD CERRO DOS BOCAS,
PARROQUIA RURAL SAN JUAN DE CERRO AZUL DEL CANTÓN ATAHUALPA

OCHOA LEIVA CRISTIAN ANDRES
INGENIERO CIVIL

MEDINA SANCHEZ YUDY PATRICIA

MACHALA, 27 DE FEBRERO DE 2023

MACHALA
27 de febrero de 2023

ESTUDIO DE SUELOS PARA ANÁLISIS DEL TALUD CERRO DOS BOCAS, PARROQUIA RURAL SAN JUAN DE CERRO AZUL DEL CANTÓN ATAHUALPA

por Cristian Andres Ochoa Leiva

Fecha de entrega: 24-feb-2023 11:24a.m. (UTC-0500)

Identificador de la entrega: 2022106259

Nombre del archivo: OCHOA_LEIVA_CRISTIAN_ANDRES.pdf (3.03M)

Total de palabras: 5488

Total de caracteres: 33914

ESTUDIO DE SUELOS PARA ANÁLISIS DEL TALUD CERRO DOS BOCAS, PARROQUIA RURAL SAN JUAN DE CERRO AZUL DEL CANTÓN ATAHUALPA

INFORME DE ORIGINALIDAD

7%

INDICE DE SIMILITUD

7%

FUENTES DE INTERNET

1%

PUBLICACIONES

3%

TRABAJOS DEL ESTUDIANTE

FUENTES PRIMARIAS

1	oa.upm.es Fuente de Internet	2%
2	app.sni.gob.ec Fuente de Internet	2%
3	hdl.handle.net Fuente de Internet	1%
4	repositorio.ucv.edu.pe Fuente de Internet	1%
5	dspace.unl.edu.ec Fuente de Internet	1%
6	Submitted to Universidad Tecnologica de Honduras Trabajo del estudiante	1%

Excluir citas

Activo

Excluir coincidencias < 1%

Excluir bibliografía

Activo

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

El que suscribe, OCHOA LEIVA CRISTIAN ANDRES, en calidad de autor del siguiente trabajo escrito titulado ESTUDIO DE SUELOS PARA ANÁLISIS DEL TALUD CERRO DOS BOCAS, PARROQUIA RURAL SAN JUAN DE CERRO AZUL DEL CANTÓN ATAHUALPA, otorga a la Universidad Técnica de Machala, de forma gratuita y no exclusiva, los derechos de reproducción, distribución y comunicación pública de la obra, que constituye un trabajo de autoría propia, sobre la cual tiene potestad para otorgar los derechos contenidos en esta licencia.

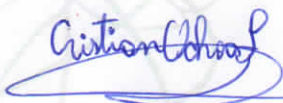
El autor declara que el contenido que se publicará es de carácter académico y se enmarca en las disposiciones definidas por la Universidad Técnica de Machala.

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

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

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

Machala, 27 de febrero de 2023



OCHOA LEIVA CRISTIAN ANDRES
1104981525

AGRADECIMIENTO

En primer lugar, agradezco a Dios por darme las fuerzas y la sabiduría divina para poder realizar este trabajo día a día con su bendición. En segundo lugar, quiero agradecer a mi familia, porque siempre han confiado en mí, me han apoyado incondicionalmente todo este tiempo y son los principales pilares para que alcance mis metas, lo cual es un gozo y un orgullo tanto para mí como para ellos.

DEDICATORIA

Dedico todo el trabajo a mi familia y a quienes estuvieron conmigo durante los tiempo buenos y malos de mi vida personal y académica, quienes no me dejaron tropezar, y por dejarlo todo para que yo alcance mis metas; Mi todo. Gracias a ellos, son mi motivación y siempre me dan la fuerza que necesito para enfrentar cualquier adversidad por dura que sea. También quería dedicárselo de manera especial a mi querida y recordada mamá, porque a pesar haber partido a la presencia de Dios, sé que ella siempre ha estado conmigo y ahora estará feliz de verme llegar a este periodo de mi vida.

A mis colegas y amigos que con sus motivaciones me llevaron a lograr lo que he estado esperando.

RESUMEN

Los estudios realizados en este trabajo llevan a responder con criterios técnicos y experimentales un debido análisis de taludes con el cual en una obra civil es necesario realizar. Lo que se propone son resultados que servirán para posteriores análisis con respecto a la determinación de las características de suelos en taludes.

Con la metodología realizada y en base a otros fundamentos encontrados, se obtuvieron nuevos conocimientos con respecto a los estudios de suelos apropiados para la determinación de sus características.

El estudio empezó con el reconocimiento del sitio en el sector Dos Bocas donde posteriormente se llevaría a cabo la elaboración de la calicata. Después se realizó la respectiva toma de muestras que según lo indica se lo obtuvo a cada medio metro de profundidad hasta llegar al metro y medio. Al final estas se las trasladó al laboratorio para sus respectivos análisis.

Los ensayos de laboratorio fueron realizados a su debido tiempo el cual presentó resultados por cada característica del suelo; estas son: características mecánicas, clasificación y compactación de los suelos.

Las propiedades del suelo interpretan que el talud ubicado cerca del sector Dos Bocas posee un suelo con baja densidad, baja plasticidad, clasificado como un suelo sucio de arena arcillosa-limosa, y caracterizado como cohesivo.

Análisis posteriores a los resultados revelan que el talud tiene un suelo donde sus características influyen mucho en su inestabilidad. Bajo este criterio se establecen medidas de mitigación que ayuden a disminuir los efectos del deslizamiento aumentando la estabilidad en todo su diseño.

Palabras clave: suelo, análisis, talud, estabilidad, inestabilidad, estudios, ensayos.

ABSTRACT

The studies carried out in this work lead to respond with technical and experimental criteria a due analysis of slopes with which in a civil work it is necessary to carry out. What is proposed are results that will serve for further analysis with respect to the determination of the characteristics of soils on slopes.

With the methodology carried out and based on other fundamentals found, new knowledge was obtained regarding the studies of soils appropriate for the determination of their characteristics.

The study began with the recognition of the site in the Dos Bocas sector where the elaboration of the calicata would later be carried out. Then the respective sampling was carried out which, as indicated, was obtained at every half meter of depth until reaching one and a half meters. In the end, these were transferred to the laboratory for their respective analysis.

Laboratory tests were carried out in due time which presented results for each soil characteristic; These are: mechanical characteristics, classification and compaction of soils.

The properties of the soil interpret that the slope located near the Dos Bocas sector has a soil with low density, low plasticity, classified as a dirty soil of clayey-silty sand, and characterized as cohesive.

Analysis after the results reveal that the slope has a soil where its characteristics greatly influence its instability. Under this criterion, mitigation measures are established that help reduce the effects of slippage by increasing stability throughout its design.

Keywords: Soil, Analysis, Slope, stability, instability, studies, tests.

ÍNDICE DE CONTENIDO

AGRADECIMIENTO	IV
DEDICATORIA	V
RESUMEN	VI
ABSTRACT	VII
1. INTRODUCCIÓN	12
1.1 OBJETIVOS DEL DIAGNÓSTICO DEFINITIVO	13
1.1.1 OBJETIVO GENERAL	13
1.1.2 OBJETIVOS ESPECIFICOS	13
1.2 ALCANCE DEL DIAGNÓSTICO	13
1.3 DELIMITACIÓN DE LA ZONA DE INVESTIGACIÓN	14
1.3.1 DELIMITACIÓN DE ÁREAS ESTABLES E INESTABLES DEL PROYECTO	15
2. DESARROLLO	17
2.1 ESTUDIOS DE SUELOS	17
2.1.1 CARACTERÍSTICAS MECANICAS DE LOS SUELOS	17
2.1.2 CLASIFICACIÓN DE LOS SUELOS	18
2.1.3 COMPACTACIÓN DE LOS SUELOS	19
2.2 ANÁLISIS DE TALUDES EN FUNCIÓN DE LOS RESULTADOS DE LAS INVESTIGACIONES EJECUTADAS	20
2.2.1 OBRAS DE ESTABILIZACIÓN RECOMENDADAS	21
3. CONCLUSIONES	21
BIBLIOGRAFÍA	22
ANEXOS	24
ANEXO A. Cerro Sitio Dos Bocas	24
ANEXO B. Calicata y Extracción de Suelo	26
ANEXO C. Ensayos en el laboratorio de suelos	27

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1.	Coordenadas de la calicata.....	15
Tabla 2.	Resultados del Ensayo de Humedad Natural.....	17
Tabla 3.	Resultados del Ensayo de Densidad de la arcilla	18
Tabla 4.	Resultados del Ensayo de Compresión Simple	18
Tabla 5.	Resultados del Ensayo de Limites de Atterberg.....	18
Tabla 6.	Resultados del Ensayo de Clasificación de suelos.....	19
Tabla 7.	Resultados del Ensayo de Proctor Modificado	19
Tabla 8.	Resultados del Ensayo de CBR Saturado.....	20

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

Ilustración 1.	Lugar Georeferenciado con Google Earth.....	15
Ilustración 2.	Modos de falla de un talud finito: (a) falla de talud; (b) falla poco profunda; (c) falla de base	20
Ilustración 3.	Sitio Dos Bocas.....	24
Ilustración 4.	Lugar del Área de Estudio	24
Ilustración 5.	Reconocimiento del sitio	25
Ilustración 6.	Ubicación de la calicata	25
Ilustración 7.	Elaboración de la calicata	26
Ilustración 8.	Calicata terminada.....	26
Ilustración 9.	Muestras secas para el contenido de humedad	27
Ilustración 10.	Peso seco de muestra para el contenido de humedad	27
Ilustración 11.	Granulometría por lavado	28
Ilustración 12.	Distribución de partículas por tamices	28
Ilustración 13.	Curva Granulométrica de muestra a 0.5m.....	29
Ilustración 14.	Material seco para Límites de Atterberg	29
Ilustración 15.	Mezcla de muestra para Límite Líquido	30
Ilustración 16.	Ensayo en la Copa Casagrande	30
Ilustración 17.	Copa Casagrande	30
Ilustración 18.	Límite Plástico.....	31
Ilustración 19.	Gráfico de límite líquido vs Número de Golpes	31
Ilustración 20.	Clasificación AASHTO.....	32
Ilustración 21.	Clasificación SUCS.....	32
Ilustración 22.	Colocación de muestra en el molde de contracción lineal	33
Ilustración 23.	Gráfico cambio volumétrico vs Límite de Contracción	33
Ilustración 24.	Extracción de muestras con Tubo Shelby	34
Ilustración 25.	Equipo de compresión simple.....	34
Ilustración 26.	Extracción de muestras	35
Ilustración 27.	Muestra después del secado	35
Ilustración 28.	Diagrama Esfuerzo-Deformación.....	36
Ilustración 29.	Tamizado de 5000 g de muestra.....	36
Ilustración 30.	Molde para Proctor Modificado	37
Ilustración 31.	Compactación con números de golpes.....	37
Ilustración 32.	Peso de Molde mas muestra	38
Ilustración 33.	Muestras de arriba y abajo del Proctor	38
Ilustración 34.	Diagrama Humedad Óptima vs Densidad seca máxima.....	39

Ilustración 35.	Compactación con número de golpes	39
Ilustración 36.	Lectura del esponjamiento antes de saturar	40
Ilustración 37.	Moldes de CBR puestas a saturar	40
Ilustración 38.	Moldes de CBR durante la saturación.....	41
Ilustración 39.	Lectura del esponjamiento durante la saturación	41
Ilustración 40.	Lectura del esponjamiento	42
Ilustración 41.	Ensayo de Penetración	42
Ilustración 42.	Manejo del software para la penetración.....	43
Ilustración 43.	Resultados del Software de prueba CBR.....	43

1. INTRODUCCIÓN

Alrededor del mundo las constantes amenazas de movimiento de tierra reflejan el comportamiento de los taludes que son caracterizados por sus propiedades mecánicas del suelo. Los autores de estas amenazas son cada vez de mayor intensidad y prolongados en vista del calentamiento global. La lluvia es el principal causante del deslizamiento de tierra en un talud ya que en otras temporadas se mantienen estables en largos periodos de años a excepción de cuando ocurren en tiempos extraordinarios [1].

El trabajo actual responde a un análisis de talud basándose en su mecánica y clasificación de suelos. El tema escogido es de vital importancia para conocer a ciencia cierta el comportamiento de los taludes a la hora de que se susciten fenómenos climáticos o sísmicos que puedan causar estragos en la utilización de una vía. La finalidad del trabajo es hacer el estudio y análisis de un talud que representa riesgos en el Sitio Dos Bocas de la parroquia rural San Juan de Cerro Azul en la vía intercantonal de primer orden que conecta la ciudad de Paccha con la parte baja de la Provincia de El Oro; cabe mencionar que conforme lo determina la técnica respectiva, para este tipo de caso se hizo una calicata para obtener las muestras.

La extracción del suelo en el área de estudio es realizada por tres extractos diferentes que corresponden a los 0.5, 1.0 y 1.5 metros de profundidad. Gracias a los equipos y herramientas se logra obtener las muestras que a su vez son recolectadas en sacos para su posterior traslado al laboratorio para sus respectivos ensayos de suelo. En casos particulares el suelo se empaqueta en un plástico hermético para preservar el estado natural del contenido de humedad antes de llevarlas al laboratorio para el análisis fisicoquímico y el análisis de ingeniería de suelos [2].

En estudios más profundos si se habla de métodos geofísicos la profundidad máxima de sondeo es una función de la longitud del sondeo. Se ha informado que los deslizamientos de tierra poco profundos en el área de estudio ocurren dentro de los 2 a 5 m de profundidad [3]. En la exploración de suelos con características geológicas propias la elección de la zona de estudio depende de que a simple vista se pueda identificar las propiedades de erosión y desgastes de los materiales, así como el lugar que sea fácilmente disponible, sin dejar de lado el origen de los suelos que busca representar la zona en general [4].

En este proyecto la humedad natural es uno de los primeros ensayos que se realiza. El ensayo de densidad y de compresión simple se los realiza bajo condición inalterada. Bajo

las condiciones alteradas se procedió a hacer los ensayos de contracción lineal, Proctor Modificado y CBR Saturado, y la clasificación de los suelos por medio de los Límites de Atterberg y los sistemas AASHTO y SUCS.

Otros ensayos de laboratorio están diseñados para proporcionar propiedades físicas y plásticas muy específicas la cual su análisis está estrechamente relacionado con las deformaciones que se pueden presentar en un suelo en función de esfuerzos importantes. Entre estas pruebas están la del grado de saturación, compresibilidad, y grado de porosidad [5].

1.1 OBJETIVOS DEL DIAGNÓSTICO DEFINITIVO

1.1.1 OBJETIVO GENERAL

Analizar el talud del Cerro Dos Bocas de la parroquia rural San Juan de Cerro Azul en el Cantón Atahualpa, mediante el estudio de suelos para la caracterización de su tipología y propuesta de intervención.

1.1.2 OBJETIVOS ESPECIFICOS

- Establecer una base teórica a través de la investigación bibliográfica reforzando los criterios y conceptos de los análisis de taludes.
- Realizar estudios de suelo mediante los ensayos de laboratorio con la finalidad de que se analicen sus propiedades mecánicas.
- Interpretar los resultados del estudio de suelo y relacionarlos a las bases teóricas obtenidas con la finalidad del análisis correspondiente del talud.

1.2 ALCANCE DEL DIAGNÓSTICO

El hallazgo de la caracterización de los suelos es el principal análisis dentro de los estudios del comportamiento de un talud. Lo que se busca es igualar las propiedades de los suelos junto con su análisis correspondiente para la evaluación bajo las principales condiciones de falla.

A nivel mundial se están presentando metodologías que han llegado a ser factibles para proporcionar información acerca del comportamiento de un talud en función de la estabilización y su saturación. Estas a su vez aplican el criterio basado en el movimiento del agua en suelos sin saturación [6].

Dado a los resultados de las características mecánicas de este proyecto se trata de buscar alternativas que permitan mejorar las condiciones de resistencia del suelo relacionándolo

con otras. En este caso para un suelo cohesivo se plantea soluciones para lograr que el talud del Sitio Dos Bocas tenga sus propiedades con alta capacidad de resistencia. Resultados de otras investigaciones relacionan a los suelos cohesivos con subproductos, aditivos y melaza para mejorar sus propiedades de resistencia ya que un suelo con estas características presenta una capacidad de resistencia muy pobre [7].

Se realizan ensayos más complejos con el fin de determinar parámetros mineralógicos que presenten información acerca de las partículas formadas en una capa de suelo. Un estudio realizado mostró que una pequeña cantidad de minerales de grano fino, facilita el deslizamiento por fricción de los materiales del talud. Otros métodos han informado que existe una relación lineal entre la ocurrencia de deslizamientos de tierra y la proporción de minerales. Según estos autores, los minerales arcillosos hidrofílicos desarrollan una propiedad de lubricación específica debido a su morfología de placa y constituyen un riesgo para la estabilidad de taludes [8].

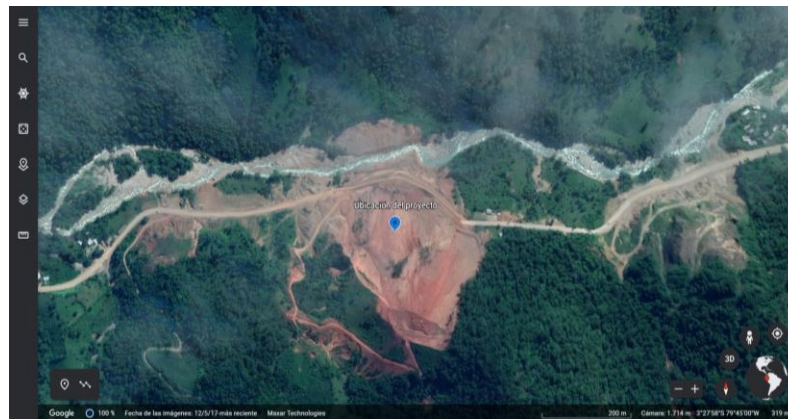
Se pueden encontrar taludes ubicados junto a cauces o canales que cumplen una función diferente ya que están expuestos a factores como el clima, corrientes de agua y relieve. Los análisis para este tipo de talud se basan además en conocer las propiedades químicas que proponen información acerca de contenido de cloruros (CL%), contenido de sulfatos (SO₃%), contenido de carbonatos (CaCO₃%), materia orgánica (organización%) y el valor de (pH) [9].

De manera que se ha cumplido a cabalidad los estudios de suelo como resultado se obtuvo que los materiales del talud en el Sector Dos Bocas son de características limo arcillosas con arena con bajo índice de plasticidad. Puesto a que estos suelos están asentados en una zona tropical, las principales propiedades de clasificación serán las correspondientes a una tipología de suelos donde están influenciadas por la vegetación, la humedad y temperatura. Algunos investigadores sugieren que un suelo residual tropical tiene que considerarse como de tipo limo arenoso de alta plasticidad [10].

1.3 DELIMITACIÓN DE LA ZONA DE INVESTIGACIÓN

De acuerdo al tema escogido los taludes en análisis se los localiza en una vía de primer orden situado en el sector Dos Boca de la parroquia rural San Juan de Cerro Azul perteneciente al cantón Atahualpa, Provincia de El Oro. En la ilustración 1 se muestra una vista satelital del proyecto el cual fue capturada desde Google Earth.

Ilustración 1. Lugar Georeferenciado con Google Earth



Fuente: Elaboración Propia

De igual manera se obtuvo la ubicación del proyecto mediante el sistema de coordenadas UTM obtenidas mediante GPS durante la visita a la zona de estudio. En la tabla 1 se muestran las coordenadas la que corresponde a la calicata.

Tabla 1. Coordenadas de la calicata

SECTOR DOS BOCA	
COORDENADAS EN SISTEMA UTM	
Norte	Este
9616785	0638886

Fuente: Elaboración Propia

Ubicación y Límites del Cantón

El lugar de estudio del proyecto está situado en el cantón Atahualpa perteneciente a la Provincia de El Oro ubicada al sur del Ecuador, uno de los cantones donde se extiende la cordillera de Chillacocha, en las derivaciones de la parte Oriental [11]. Según datos generales cuenta con una superficie de 281,9 kilómetros cuadrados y se encuentra conformado por la ciudad de Pacha como cabecera cantonal y las parroquias rurales: Ayapamba, San José, Milagro, Cordoncillo y San Juan de Cerro Azul [11].

1.3.1 DELIMITACIÓN DE ÁREAS ESTABLES E INESTABLES DEL PROYECTO

Ubicación y Límites de la Parroquia

La parroquia rural San Juan de Cerro Azul ubicada a un rango de altitud entre 500 – 1200 msnm cuenta con una demografía de 349 habitantes, y se extiende hacia unos 35 Km²

[12]. La parroquia perteneciente al cantón Atahualpa se encuentra conformada por los Sitios: Limón Playa, Dos Bocas, La Esperanza, y Guarumales. Situada al noroeste, sus principales localidades tributarias son Pasaje y Machala [11].

Los límites territoriales son: al Norte con la Parroquia Victoria perteneciente al Cantón Santa Rosa; al Sur junto a la Parroquia Ayapamba; al Este con el Cantón Chilla; y al Oeste con la Parroquias Torata y Bella María ubicados en el Cantón Santa Rosa [12].

Relieve

La parroquia rural San Juan de Cerro Azul se extiende a lo largo de la cordillera de Los Andes en los lugares occidentales. Por su situación geográfica, sus relieves son muy diversos, por lo que siempre se encuentra con pendientes muy inclinadas (fuertes).

Estas grandes pendientes están sujetas a insistentes amenazas y posibilidad de deslizamientos y movimientos de masas, como resultado de la continua deforestación, aumento del pastoreo de ganado y destrucción de bosques.

Las características de la zona debido a los factores tales como: clima, topografía, temperatura, suelo, humedad, etc. amplían el panorama natural con diversidad de flora y fauna; coexiste con amenazas habituales de origen antropogénico o natural [12].

Suelo

El territorio más grande de la parroquia tiene suelo arcilloso con un carácter estructural muy fértil, a pesar de que varía en algunos lugares o zonas, la mayor parte es de tipo arcilla rojiza gruesa dominada por pastos, caña de azúcar, plátano y yuca. El suelo se utiliza principalmente para la ganadería (pastos).

Con respecto a su composición geológica la parroquia está conformada por suelos de textura con propiedades finas de tipo arcilloso (pardo y negro) y de clasificación arenosa [12].

Clima

El clima es de tipo tropical lluvioso ya que con una humedad relativa del 80% su temperatura esta alrededor de los 21° C en épocas de invierno por lo que sube a 26° C cuando llega el verano [11].

2. DESARROLLO

2.1 ESTUDIOS DE SUELOS

Una de las actividades principales de la ingeniería geotécnica es el estudio de deslizamientos de taludes. La mecánica de suelos proporciona información útil en la estimación de la resistencia de un talud ya que debido a su composición los materiales se comportan según su caracterización y clasificación. En la planificación, diseño y ejecución de un proyecto de estabilización basándose en los análisis servirán como un resultado bastante significativo. Los estudios de suelo tienen como propósito caracterizar las propiedades del terreno en la cual se encuentra. Las propiedades mecánicas nos indica como está constituida la tierra de análisis en un talud, ya que basado en su resistencia, mecánica y clasificación, el suelo tiene un comportamiento bajo sus diferentes perfiles estratigráficos.

2.1.1 CARACTERISTICAS MECANICAS DE LOS SUELOS

Según los análisis finales se afirma que el contenido humedad es alto a los 0.5 metros de profundidad, indicando que el suelo posee mayor contenido de agua en la superficie del terreno del talud y que pierde humedad conforme aumenta la profundidad. La tabla 2 muestra los resultados establecidos.

Tabla 2. Resultados del Ensayo de Humedad Natural

Humedad Natural	
Profundidad (m)	Contenido de Humedad (%)
0.5	18.58
1.0	17.03
1.5	14.59

Fuente: Elaboración Propia

En el ensayo de densidad se obtuvieron los resultados mediante dos muestras representativas de terreno, el cual respondió a las características que definirán las propiedades mecánicas del suelo del talud. Según los análisis para los resultados de la densidad o peso específico se llegó a concluir que el talud tiene una baja gravedad específica, lo que también indica un suelo menos denso. En la tabla 3 se revelan los datos descritos por los resultados.

Tabla 3. Resultados del Ensayo de Densidad de la arcilla

Densidad de la Arcilla		
Muestra	Densidad (gr/cm3)	Gravedad Específica (gr/cm3)
1	1.883	1.883
2	1.965	1.965

Fuente: Elaboración Propia

Dentro de los parámetros de resistencia se obtuvo los resultados del ensayo de Compresión Simple mediante dos muestras representativas del suelo extraídas con el tubo Shelby. Se analizan los resultados revelando que las dos probetas de suelo guardan una similitud respecto a sus propiedades de resistencia. Las características indican que el material es bastante cohesivo, pero bajo en resistencia al rozamiento. La tabla 4 expone los resultados para este estudio.

Tabla 4. Resultados del Ensayo de Compresión Simple

Compresión Simple		
	Muestra 1	Muestra 2
Peso Específico (gr/cm3)	1.861	1.876
Cohesión (Kg/cm2)	0.799	0.702
Angulo de Fricción (°)	11.889	19.179

Fuente: Elaboración Propia

2.1.2 CLASIFICACIÓN DE LOS SUELOS

Los primeros resultados de la clasificación se las obtuvo mediante los ensayos de limite líquido y limite plástico, revelando que el talud cuenta con un suelo bajo en plasticidad en sus tres profundidades diferentes, ver la tabla 5. Referente al ensayo de granulometría por lavado los análisis determinan que el suelo es de tipo arenoso con mezcla de arcilla y limo.

Tabla 5. Resultados del Ensayo de Limites de Atterberg

Límites de Atterberg			
Profundidad (m)	LL (%)	LP (%)	IP (%)
0.5	25.2775	15.12	10.16 Plástico
1.0	24.648	17.43	7.21 Baja plasticidad
1.5	23.031	18.51	4.52 Baja plasticidad

Fuente: Elaboración Propia

Los resultados finales determinan por medio de los sistemas de clasificación AASHTO y SUCS que el talud está compuesto por materiales arcillosos y limosos con mezcla de partículas gruesas y finas caracterizado como un suelo sucio. Se observa en la tabla 6 la clasificación en base a los análisis.

Tabla 6. Resultados del Ensayo de Clasificación de suelos

Clasificación de los suelos		
Profundidad (m)	AASHTO	SUCS
0.5	A-4; Suelo limoso (Pobre a malo)	CL Arcilla baja plasticidad arenosa
1.0	A-4; Suelo limoso (Pobre a malo)	SC Arena arcillosa con grava (suelo sucio)
1.5	A-4; Suelo limoso (Pobre a malo)	SC-SM Arena arcilloso-limosa (suelo sucio)

Fuente: Elaboración Propia

2.1.3 COMPACTACIÓN DE LOS SUELOS

Aplicado a este estudio se propone que el suelo debe compactarse al valor de humedad óptima de 7.80% y al valor de densidad seca máxima de 2.07 gr/cm³ ya que este es el rango dentro del cual el suelo tiene la máxima resistencia. Se observa en la tabla 7 los valores de compactación según el ensayo de Proctor Modificado.

Bajo condiciones desfavorables o saturadas los resultados proponen que el suelo con un grado de compactación del 95% debe presentar un CBR de diseño del 13.60% con una densidad seca de 1.963 gr/cm³ dado que estos son los valores con la cual el suelo trabaja respondiendo a sus características resistentes. En la tabla 8 se muestran los parámetros de resistencia del suelo mediante la prueba de CBR saturado.

Tabla 7. Resultados del Ensayo de Proctor Modificado

Proctor Modificado	
Humedad Óptima (%)	Densidad Seca Máxima (gr/cm³)
7.80	2.07

Fuente: Elaboración Propia

Tabla 8. Resultados del Ensayo de CBR Saturado

CBR Saturado				
Numero de Golpes	CBR (%)	Densidad Seca (gr/cm ³)	CBR de diseño	
56	38.05	2.003	Compactación (%)	95.0
25	13.8	1.968	Densidad seca (gr/cm ³)	1.963
12	3.7	1.823	C.B.R. Diseño (%)	13.60

Fuente: Elaboración Propia

2.2 ANÁLISIS DE TALUDES EN FUNCIÓN DE LOS RESULTADOS DE LAS INVESTIGACIONES EJECUTADAS

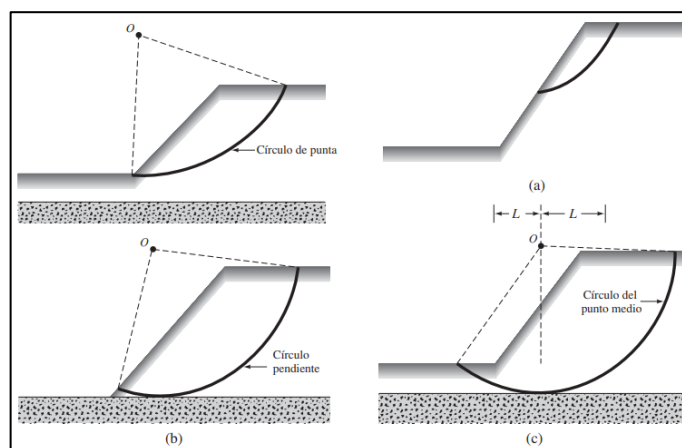
ESTABILIDAD DE TALUDES

La estabilidad de taludes bajo su análisis no es algo sencillo ya que requiere de ciertas variables que pueden llevar a cálculos bastantes complicados. El problema es que en el suelo no siempre se encuentra materiales homogéneos a lo largo de la profundidad, sino que estos se componen en diferentes capas. Además, la resistencia al corte son parámetros difíciles de obtener. El análisis se vuelve más difícil cuando se toma en cuenta el drenaje del talud y la elección de posibles planos de deslizamientos.

Se entiende que la estabilidad de taludes está relacionada con el factor de seguridad y que a su vez es determinada por los componentes de resistencia al corte que son la cohesión y el ángulo de fricción interna [13].

Para un talud finito se analiza los tres modos de falla, ver ilustración 2.

Ilustración 2. Modos de falla de un talud finito: (a) falla de talud; (b) falla poco profunda; (c) falla de base



Fuente: DAS, BRAJA, M. [13]

En base a lo que se ha observado a lo largo del recorrido alrededor del talud en análisis ubicado en el Sector Dos Bocas-Cerro Azul, a simple vista parece ser que los deslizamientos de tierra son como el modo 2, es decir, de falla superficial, así como se indica en la ilustración 3(b). La falla no es profunda por lo que los deslizamientos han sido de manera superficial atravesando la punta del talud.

2.2.1 OBRAS DE ESTABILIZACIÓN RECOMENDADAS

En la ingeniería civil existen obras las cual son empleadas para retener grandes masas de suelo proveniente de taludes inestables, estas pueden caracterizarse como estructuras rígidas de hormigón armado, entre ellas se encuentran los muros de contención, mamparas y muros de sótano. Estas obras de contención se caracterizan por tener un criterio de diseño bastante complejo, debido a que requieren de un análisis con técnicas y métodos avanzados de las presiones laterales que operan a través de las estructuras de retención y los movimientos de masas.

3. CONCLUSIONES

- Los resultados dan a conocer que el talud cercano al Sector Dos Bocas esta conformado por suelos cohesivos de baja densidad, de características arcillosa-limosas bajos en plasticidad con mezcla de partículas finas. Con este análisis se plantea que debido a que este suelo es de características de resistencia muy pobres, el talud falla a medida que la saturación aumenta.
- Existen estudios de suelo muy sofisticados para caracterizar sus propiedades mecánicas la cual enseñan métodos y técnicas que a través del análisis responden a los procesos adecuados mediante el cual se debería diseñar.
- Se ha logrado realizar los ensayos de laboratorio el cual como resultado se pudo encontrar que el material del talud ubicado cerca del sector Dos Bocas posee características en las que no presenta una alta resistencia ni propiedades que las clasifiquen como un suelo bueno.
- En base a los resultados adquiridos en el estudio de suelo las propiedades mecánicas confirman que el talud está compuesto por materiales de baja resistencia lo cual es cierto su inseguridad. Se plantean varios métodos y diseños el cual basan su concepto en agregar aditivos, subproducto de desechos de plantas, sin dejar de lado métodos constructivos de retención para mitigar los deslizamientos en taludes.

BIBLIOGRAFÍA

- [1] R. Mora-Ortiz y E. Rojas-González , «Efecto de la saturación en el deslizamiento de talud en la comunidad San Juan de Grijalva, Chiapas,» *SciELO*, vol. XIII, nº 1, p. 3, 2012.
- [2] N. A. Sufiah Khairul y B. Musta, «Engineering Properties and Slope Inventory of Clayey Soil from the Trusmadi Formation in Bundu Tuhan, Sabah,» *IOP science*, p. 4, 2022.
- [3] O. P. Olabode, H. S. Lim y M. H. Ramli, «Geophysical and Geotechnical Evaluation of Landslide Slip Surface in a Residual Soil for Monitoring of Slope Instability,» *Earth and Space Science*, p. 6, 2022.
- [4] L. J. Escobar Toro y Y. Valencia González, «Análisis de estabilidad y probabilidad de falla de dos taludes de suelo tropical en la autopista medellín-bogotá en el tramo de vía entre marinilla y santuario,» *SciELO*, p. 2, 2012.
- [5] A. Pola-Villaseñor, V. H. Garduño-Monroy, C. Díaz-Salgado y V. M. Hernández-Madrigal, «Estudio geotécnico asociado a procesos de remoción en masa del parque Francisco Zarco (Ocolusen), Morelia (Michoacán, México),» *SciELO*, vol. LVIII, nº 2, p. 2, 2006.
- [6] R. Mora Ortiz, y E. Rojas González , «Análisis del efecto del humedecimiento en la falla de talud en el km 240+000 del cuerpo A de la autopista Cuernavaca –Acapulco,» *Redalyc.org*, vol. 13, nº 3, p. 3, 2009.
- [7] F. L. Bustamante Salazar, N. H. Marín Bardales y J. C. Benites Chero, «Uso de Vinaza de *Saccharum officinarum* para Estabilización de Suelos Cohesivos,» *SciELO*, vol. 24, nº 43, p. 1, 2022.
- [8] G. Charles Komadja, S. Prasad Pradhan, A. D. Oluwasegun, A. Ratna Roul, T. Tiwa Stanislas, R. Adéniyi Laïbi, B. Adebayo y A. P. Onwualu, «Geotechnical and geological investigation of slope stability of a section of road cut debris-slopes along NH-7, Uttarakhand, India,» *ScienceDirect*, p. 2, 2021.
- [9] W. H. Asad, H. B. Ghalib y J. H. Alzubaydi, «Study and Evaluation of Geotechnical Properties of Soil Banks Slopes for Al-Masab Al-Aam Channel (Southern Sector) and the Possibility of Improving Them. Iraq,» vol. 29, nº 3, p. 10, 2021.
- [10] M. F. Zolkepli, M. F. Ishak y M. S. I. Zaini, «Analysis of slope stability on tropical residual soil,» *Scopus*, vol. 9, nº 2, p. 14, 2018.
- [11] G. A. D. D. C. ATAHUALPA, PLAN DE DESARROLLO Y ORDENAMIENTO TERRITORIAL (PDyOT) 2014 - 2019, ATAHUALPA, 2014.
- [12] G. A. D. D. C. ATAHUALPA, PLAN DE DESARROLLO Y ORDENAMIENTO TERRITORIAL DE LA PARROQUIA RURAL SAN JUAN DE CERRO AZUL, SAN JUAN DE CERRO AZUL, 2014.
- [13] B. M. DAS, FUNDAMENTOS DE INGENIERÍA GEOTÉCNICA, México, D.F.: Cengage Learning, 2013.

- [14] G. Khare, V. Kumar, S. Sardana y G. K. Vishwakarma, «Geoenvironmental and geotechnical assessment of soil slopes in the vicinity of Atal tunnel in Himachal Pradesh, India,» *Taylor & Francis Online*, vol. 13, nº 1, p. 9, 2022.
- [15] S. S. Kumar, D. T. Tamang, R. Timsina y A. Dey, «Laboratory Investigations to Assess the Geotechnical Characteristics of Soils from Sikkim hill-Slopes,» *ResearchGate*, p. 11, 2015.

ANEXOS

ANEXO A. Cerro Sitio Dos Bocas

Ilustración 3. Sitio Dos Bocas



Fuente: Elaboración propia

Ilustración 4. Lugar del Área de Estudio



Fuente: Elaboración propia

Ilustración 5. Reconocimiento del sitio



Fuente: Elaboración propia

Ilustración 6. Ubicación de la calicata



Fuente: Elaboración propia

ANEXO B. Calicata y Extracción de Suelo

Ilustración 7. Elaboración de la calicata



Fuente: Elaboración propia

Ilustración 8. Calicata terminada



Fuente: Elaboración propia

ANEXO C. Ensayos en el laboratorio de suelos

Humedad Natural

Ilustración 9. Muestras secas para el contenido de humedad



Fuente: Elaboración propia

Ilustración 10. Peso seco de muestra para el contenido de humedad



Fuente: Elaboración propia

Granulometría por lavado

Ilustración 11. Granulometría por lavado



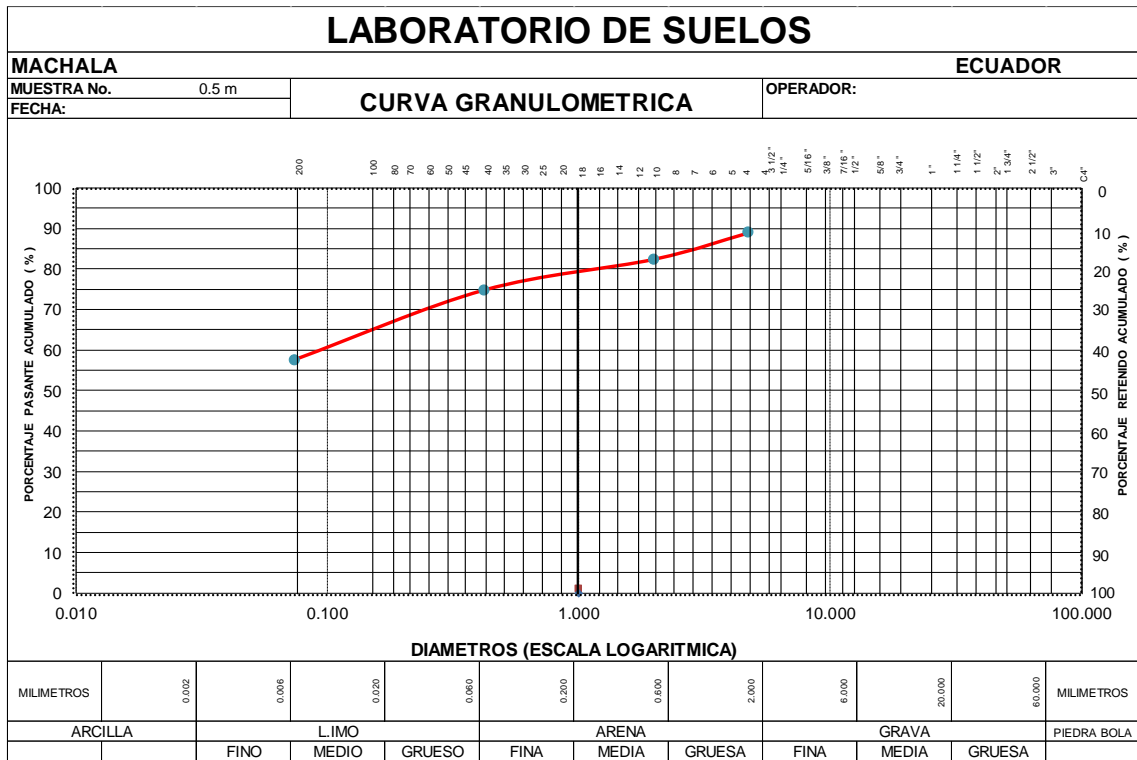
Fuente: Elaboración propia

Ilustración 12. Distribución de partículas por tamices



Fuente: Elaboración propia

Ilustración 13. Curva Granulométrica de muestra a 0.5m



Fuente: Elaboración propia

Límites de Atteberg

Ilustración 14. Material seco para Limites de Atterberg



Fuente: Elaboración propia

Ilustración 15. Mezcla de muestra para Limite Liquido



Fuente: Elaboración propia

Ilustración 16. Ensayo en la Copa Casagrande



Fuente: Elaboración propia

Ilustración 17. Copa Casagrande



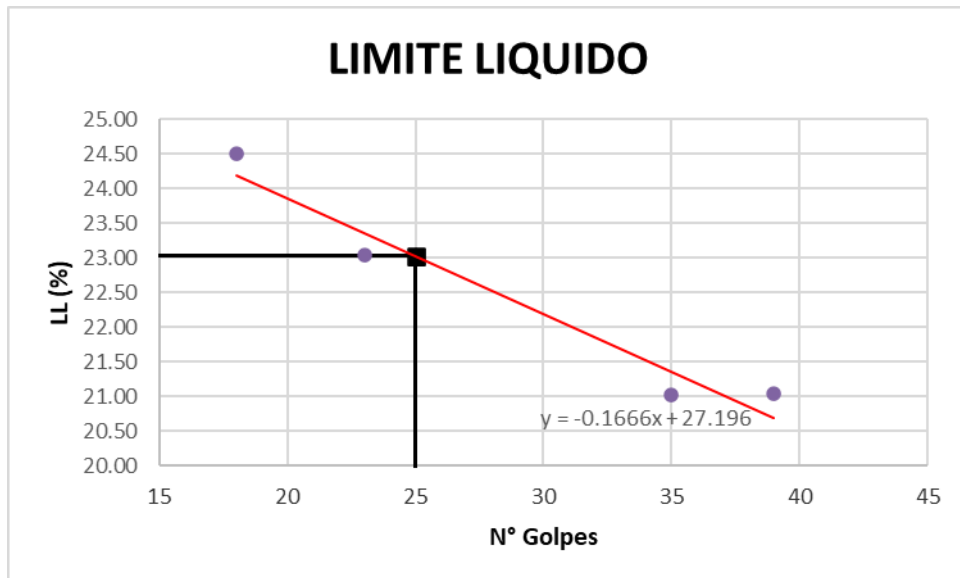
Fuente: Elaboración propia

Ilustración 18. Limite Plástico



Fuente: Elaboración propia

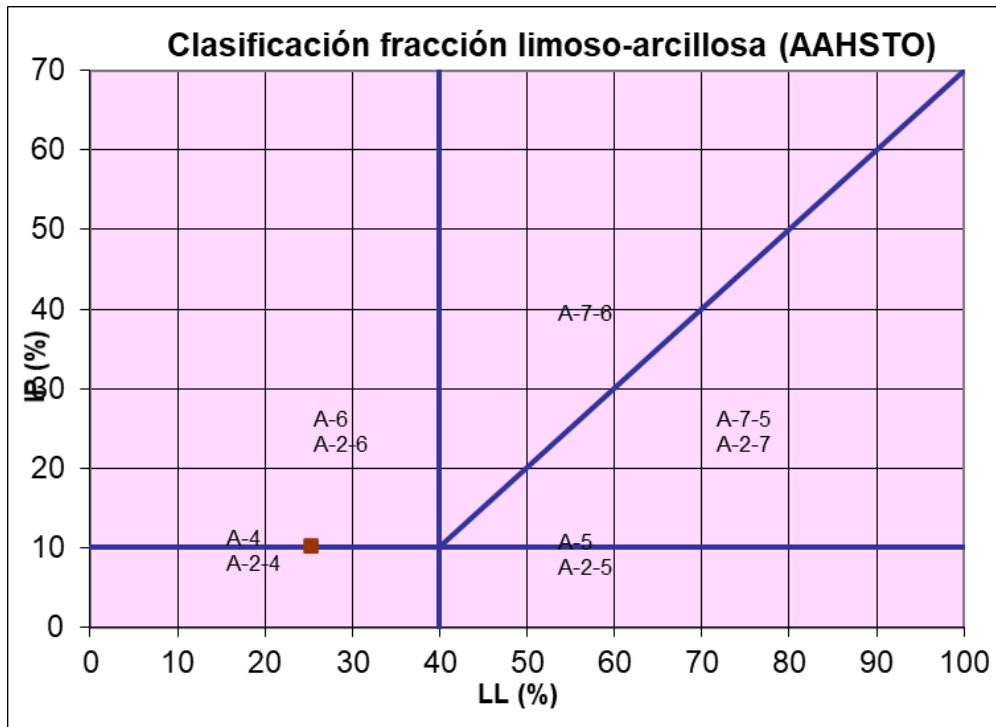
Ilustración 19. Gráfico de limite liquido vs Número de Golpes



Fuente: Elaboración propia

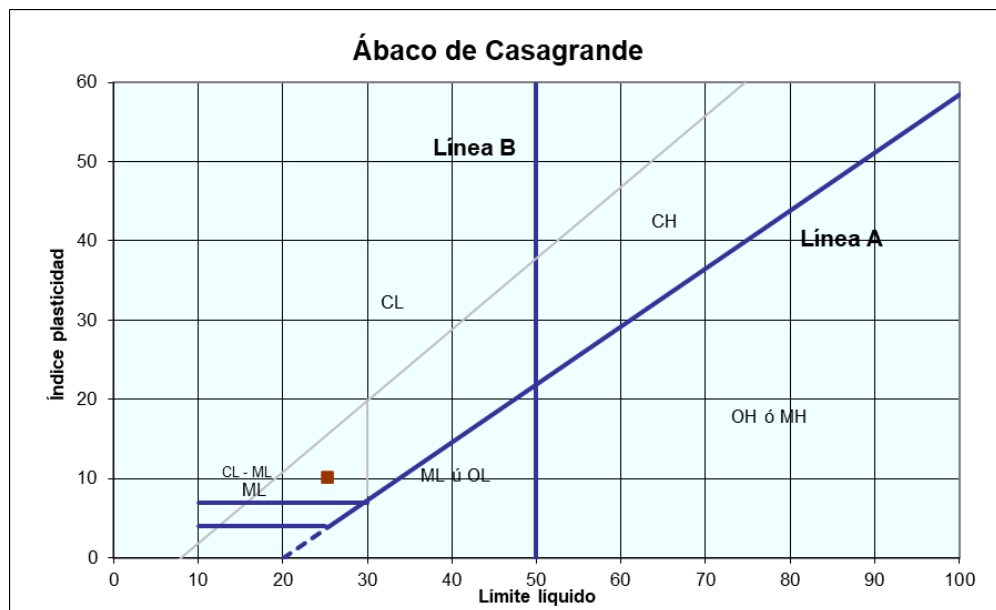
Clasificación de los suelos AASHTO y SUCS

Ilustración 20. Clasificación AASHTO



Fuente: Elaboración propia

Ilustración 21. Clasificación SUCS



Fuente: Elaboración propia

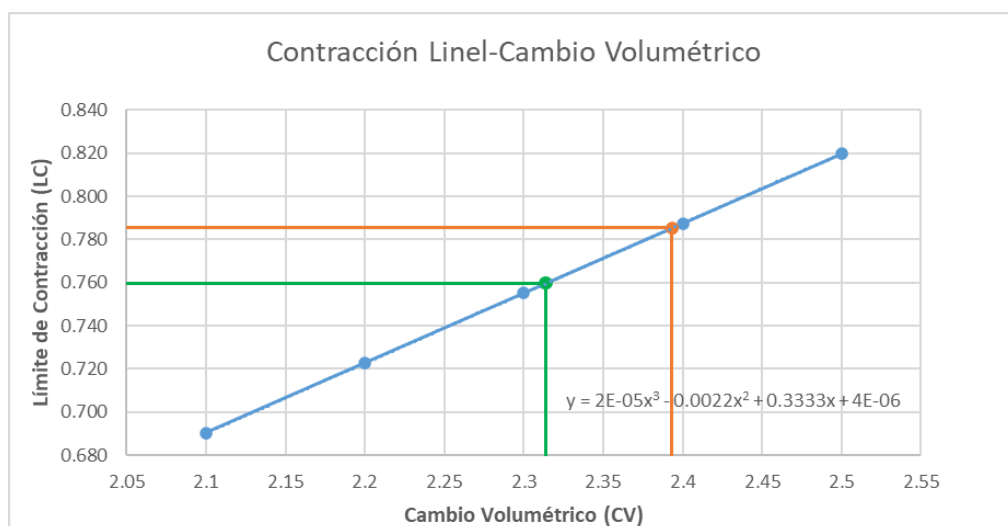
Contracción Lineal

Ilustración 22. Colocación de muestra en el molde de contracción lineal



Fuente: Elaboración propia

Ilustración 23. Gráfico cambio volumétrico vs Limite de Contracción



Fuente: Elaboración propia

Compresión Simple

Ilustración 24. Extracción de muestras con Tubo Shelby



Fuente: Elaboración propia

Ilustración 25. Equipo de compresión simple



Fuente: Elaboración propia

Ilustración 26. Extracción de muestras



Fuente: Elaboración propia

Ilustración 27. Muestra después del secado



Fuente: Elaboración propia

Ilustración 28. Diagrama Esfuerzo-Deformación



Fuente: Elaboración propia

Proctor Modificado

Ilustración 29. Tamizado de 5000 g de muestra



Fuente: Elaboración propia

Ilustración 30. Molde para Proctor Modificado



Fuente: Elaboración propia

Ilustración 31. Compactación con números de golpes



Fuente: Elaboración propia

Ilustración 32. Peso de Molde mas muestra



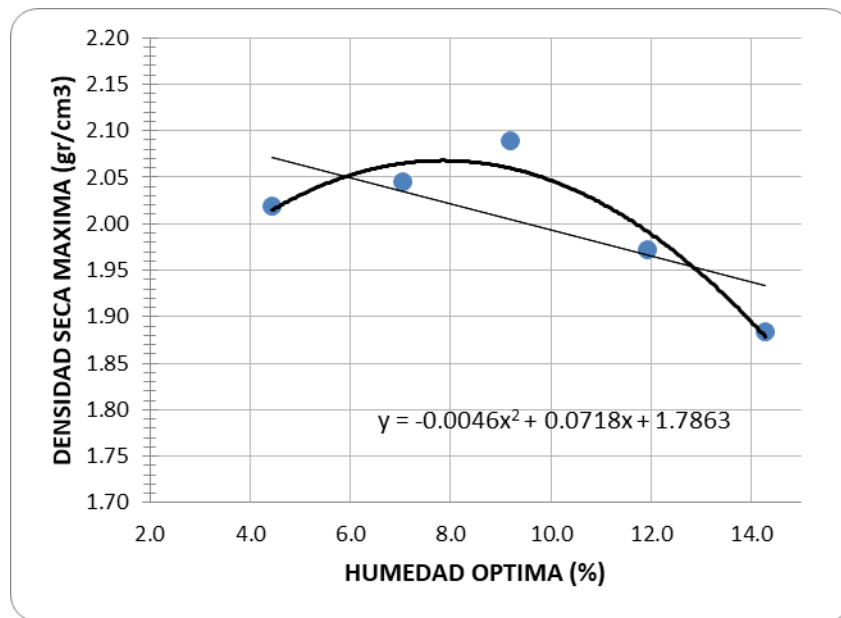
Fuente: Elaboración propia

Ilustración 33. Muestras de arriba y abajo del Proctor



Fuente: Elaboración propia

Ilustración 34. Diagrama Humedad Óptima vs Densidad seca máxima



Fuente: Elaboración propia

CBR Saturado

Ilustración 35. Compactación con número de golpes



Fuente: Elaboración propia

Ilustración 36. Lectura del esponjamiento antes de saturar



Fuente: Elaboración propia

Ilustración 37. Moldes de CBR puestas a saturar



Fuente: Elaboración propia

Ilustración 38. Moldes de CBR durante la saturación



Fuente: Elaboración propia

Ilustración 39. Lectura del esponjamiento durante la saturación



Fuente: Elaboración propia

Ilustración 40. Lectura del esponjamiento



Fuente: Elaboración propia

Ilustración 41. Ensayo de Penetración



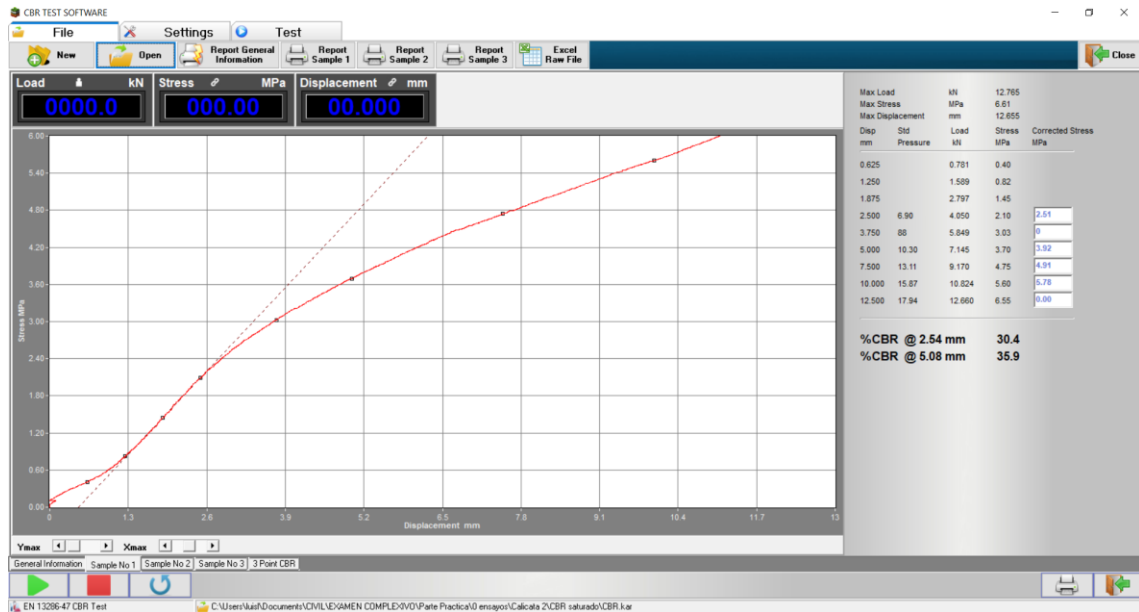
Fuente: Elaboración propia

Ilustración 42. Manejo del software para la penetración



Fuente: Elaboración propia

Ilustración 43. Resultados del Software de prueba CBR



Fuente: Elaboración propia