

# BLUEFIELDS INDIAN & CARIBBEAN UNIVERSITY

**B. I. C. U**



Escuela de Ingeniería Civil

Ingeniería Civil

Estudio Monográfico

Para optar el título de Ingeniero Civil

“Comportamiento y reacción de suelos mediante pruebas de laboratorio en terrenos de la Bluefields Indian & Caribbean University, trocha Nueva Guinea”

## **Autores**

Br. Alejandro Armando Obando Francis

Br. Héctor Aarón Zeledón Cruz

**Tutor:** Ing. Jean Carlos Gutiérrez

Bluefields, Región Autónoma de la Costa Caribe Sur

Nicaragua – Octubre 2016.

## **AGRADECIMIENTO**

Esta monografía se la dedico a dios quien supo guiarme por el buen camino, dándome la fuerza para seguir adelante y no desmayar en los problemas que se presentaban, enseñándome a encarar las adversidades sin perder nunca la dignidad ni desfallecer en el intento, aquellas personas que compartieron sus conocimientos conmigo para hacer posible la conclusión de esta tesis especialmente agradezco Ing. Jean Carlos Gutiérrez por su tutoría en todo momento de la investigación de la monografía.

A mis padres Reynaldo Rafael Zeledón Cruz y Matilde Idalia Cruz Sotelo, quien por ellos soy lo que soy hoy en día, por su apoyo, consejo, comprensión, amor, ayuda en los momentos difíciles y por ayudarme con los recursos necesarios para estudiar, me han dado todo lo que soy como persona, mis valores, mis principios, mi carácter, mi empeño, mi perseverancia, mi coraje para seguir mis objetivos. Por su gran ejemplo de superación y su gran apoyo en todo momento desde el inicio de mis estudios hasta la culminación de la monografía.

A mi esposa Suleyky Edelmira Soza Luna y mi hija Aylany Yuvisleyky Zeledón Soza con tan solo 3 años de vida es mi fuente de motivación e inspiración para poder superarme cada día más y así poder luchar para la que la vida nos depare un mejor futuro.

A mis hermanos. Yaritza, Ledia, Reynaldo.

A mis sobrinos, que los quiero mucho. Noelia, Jonathan, Natalie, Rafael, Oreana con mucho amor para ustedes.

**Héctor Aaron Zeledón Cruz.**



## AGRADECIMIENTO

Agradezco a DIOS todo poderoso por la salud que me ha brindado y por ayudarme a seguir adelante a pesar de las dificultades que se me presentaron en el camino.

A mis padres por ayudarme en todo momento tanto moral como económicamente, por sus consejos me ayudaron y me motivaron a no rendirme y así seguir adelante para concluir con mi carrera.

A mi tutor **Ing. Jean Carlos Gutiérrez** por su apoyo y haberme transmitido algunos conocimientos de importancia para mi trabajo monográfico.

A la **Msc. Mayra Mendoza Hodgson**, por sus consejos y apoyo incondicional en todo este tiempo de mi carrera universitaria.

Al **Msc. Geral Green**, la profesora **Jenny Joy Blandford Peralta**, la doña **Rosa Carmela Hodgson** y al **Br. Scott Martínez Allen** por brindarme su amistad, apoyo, consejos y motivación a las adversidades.

Así también al **Ing. Sócrates Castro Ho**, **Ing. Julio Arauz Urbina** e **Ing. Jairo Parrales** Figueroa por su apoyo, consejos y motivación para culminar mi trabajo monográfico.

A mi alma mater Bluefields Indian & Caribbean University (BICU) por ser el pilar para poder concluir con mi carrera universitaria y a los docentes que gracias al aprendizaje obtenido he podido sobre salir en mis metas propuestas

Así también agradeciendo a la dirección de Investigación de la Bluefields Indian & Caribbean University (BICU) por su confianza y apoyo económico para poder culminar esta investigación monográfica.

Alejandro Armando Obando Francis.



## **DEDICATORIA**

Al creador de todas las cosas, el que me ha dado fortaleza para continuar cuando a punto de caer he estado por ello con toda humildad le dedico primeramente mi trabajo a Dios.

De igual forma le dedico esta monografía a mi padre Reynaldo Rafael Zeledón Sui quien ha sido un gran ejemplo para mí por su apoyo psicológico y económico en todo momento.

A mi madre Matilde Idalia Cruz Sotelo quien me forjo con buenos sentimientos, hábitos y valores lo cual me ha ayudado a seguir adelante en los momentos más difíciles de mi vida.

A mi esposa Suleyky Edelmira Soza Luna quien me ha dado fuerzas para seguir adelante con mis estudios.

A mi hija Aylany Yuvisleyky Zeledón Soza la cual es uno de mi motivo de superación.

A mis hermanos Yaritza, Ledia, Reynaldo por su apoyo incondicional en todo el trayecto de mi vida.

A mis sobrinos, que los quiero mucho. Noelia, Jonathan, Natalie, Rafael, Oreana con mucho amor para ustedes.

**Héctor Aaron Zeledón Cruz.**



## DEDICATORIA

A DIOS primeramente por haberme permitido lograr mis metas y objetivos propuestos durante el transcurso de mis estudios universitarios.

A mi padre **José Alejandro Obando Sandino** por apoyarme dándome consejos para seguir con mis estudios y sobre todo por la motivación, que me permitió ser una buena persona y así concluir con mi carrera universitaria.

A mi madre **Josefina Francis Smith** por ser un ejemplo de superación en mi vida y por estar siempre apoyándome en momentos difíciles y motivarme a que siga adelante.

A mis hermanos **Silvio Orlando Francis Smith, Emolin Josefina Obando Francis**, por su motivación y apoyo incondicional.

Así también a mi tío físico-matemático **Archie James Smith Alvarado** por su apoyo incondicional y muchos consejos.

**Alejandro Armando Obando Francis.**



## INDICE DE ABREVIATURAS

AASHTO = American Association of State Highway and Transportation Officials.

ASTM= American Society of Testing Materials

$D_x$  = La abertura del tamiz por el que pasa el x% de la muestra.

LC= Limite de Contracción

LL= Limite liquido

LP= Limite Plástico

MTCE-112= Ministerio de transporte y comunicaciones

UTM= Universal Transverse Mercator

$V_1$  = Volumen de la muestra húmeda

$V_2$  = Volumen de la muestra seca

W : Humedad

Wh : Peso de muestra húmeda

Wm = Peso de la muestra húmeda.

Ws : Peso de muestra seca

$\gamma_w$  = Peso específico del agua a temperatura de ensaye.



## **GLOSARIO**

**Asentamiento:** Colocación o establecimiento de una cosa en un lugar de manera que quede firme.

**Arcilla:** Tierra constituida por agregados de silicatos de aluminio hidratados; es de color blanco en estado puro, y mezclada con el agua forma una materia muy plástica que se endurece al cocinarla.

**Calicatas:** Técnicas de prospección empleadas para facilitar el reconocimiento geotécnico

**Cimentación:** Apoyo de la estructura que reparten y transmiten al terreno unas presiones que sean compatibles con su resistencia y con su deformabilidad.

**Criba:** Pasar una materia por una criba para separar las partes finas y las gruesas o para limpiarla de impurezas.

**Densidad:** Relación entre la masa y el volumen de una sustancia, o entre la masa de una sustancia y la masa de un volumen igual de otra sustancia tomada como patrón.

**Disgregue:** Separar o desunir los elementos que forman un conjunto o las partes de una cosa.

**Ensayes:** Poner en práctica una acción o actividad para poder perfeccionar su ejecución.

**Estratos:** Capas en que se presentan divididos los sedimentos y las rocas sedimentarias.

**Estructura:** Disposición y orden de las partes dentro de un todo.

**Grava:** Conjunto de piedras pequeñas que proceden de la fragmentación y disgregación de rocas.

**Limo:** Barro o légamo, en especial el mezclado con restos orgánicos.

**Muestreo:** Selección de un conjunto de personas o cosas que se consideran representativos del grupo al que pertenecen, con la finalidad de estudiar o determinar las características del grupo.

**Monolito:** bloque de piedra de gran tamaño, compuesto de un solo elemento.

**Nivel freático:** Altura que alcanza la capa acuífera subterránea más superficial.

**Penetrometro:** Dispositivo mecánico que mide la facilidad de penetración de un objeto en un semisólido.

**Resistencia:** Recibir una carga que ejerce fuerza o presión sobre ella, sin moverse, ni sufrir daño o alteración.

**Subsuelo:** Parte de terreno que está por debajo de la superficie terrestre.

**Sondeo:** Exploración de un terreno, especialmente haciendo perforaciones, o de la atmósfera con máquinas especiales para averiguar datos sobre los mismos.

**Tamices:** Es una malla metálica constituida por barras tejidas y que dejan un espacio entre sí por donde se hace pasar el alimento previamente triturado

**Tara:** Contrapeso empleado en una balanza analítica para compensar la masa del recipiente.

## Contenido

I.	INTRODUCCIÓN.....	1
II.	PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA .....	3
III.	ANTECEDENTES .....	4
IV.	JUSTIFICACIÓN .....	6
V.	OBJETIVOS.....	8
5.1.	Objetivos Generales .....	8
5.2.	Objetivos Específicos.....	8
VI.	MARCO TEÓRICO.....	9
6.1.	Estudio de suelos .....	9
6.1.1.	Importancia del Estudio de Suelos.....	9
6.1.2.	Tipos de estudio de suelo .....	10
6.1.3.	Exploración, muestreo y contenido de humedad .....	10
6.1.3.1.	Métodos de Exploración.....	10
6.1.3.1.1.	Pozo a Cielo Abierto ASTM - D420-98(R2003) .....	10
6.1.3.1.2.	Sondeos Manuales ASTM - D1452-09.....	10
6.1.3.1.3.	Ensayes de Penetración Estándar (SPT) ASTM-D1586-11 .	11
6.1.3.1.4.	Métodos Rotativos en Roca .....	11
6.1.3.2	Tipos de Muestras.....	11
6.1.3.2.1	Muestra Representativa.....	11
6.1.3.2.2	Muestra Alterada .....	11
6.1.3.2.3	Muestras Inalteradas .....	12
6.1.3.3	Humedad natural.....	12
6.1.3.4	Procedimiento de Campo .....	13
6.1.3.4.1	Material y Equipo .....	14
6.1.3.5	Procedimiento sondeo manual .....	14
6.1.3.6	Procedimiento para contenido de humedad.....	15
6.1.3.7	Presentación de Resultados .....	15
6.1.4	Determinacion de Analisis Granulometrico de los Suelos(Metodo Mecanico). ASTM D-422-63(2007); AASHTO T 27-88).....	16
6.1.4.1	Equipo.....	18

6.1.4.1.1	Método Mecánico .....	18
6.1.4.1.2	Procedimiento .....	19
6.1.4.1.2.1	Método Análisis Mecánico .....	19
6.1.4.1.3	Análisis y presentación de datos .....	20
6.1.5	Determinacion de los Limites de Consistencia o de Atterberg de los Suelos.(ASTM D 4318-10, AASHTO T 89-90 y T 90-87) .....	23
6.1.6	Determinacion de Limite Liquido(L.L) .....	23
6.1.6.1	Equipo.....	24
6.1.6.2	Procedimiento.....	24
6.1.7	Determinacion de Limite Plastico (L.P.).....	26
6.1.7.1	Equipo.....	26
6.1.7.2	Procedimiento .....	26
6.1.8	Determinacion de los Limites de Contracción. ....	27
6.1.8.1	Equipo.....	28
6.1.8.2	Procedimiento.....	28
<b>VII.</b>	<b>DISEÑO METODOLÓGICO.....</b>	<b>31</b>
7.1.	Descripción del área .....	31
7.2.	Tipo de estudio.....	31
7.3.	Población o universo .....	31
7.4.	Muestra .....	31
7.5.	Muestreo .....	31
7.6.	Criterio de inclusión .....	31
7.7.	Criterio de exclusión.....	31
7.8.	Método y técnica de recolección de datos .....	32
7.9.	Visita insitu.....	32
7.10.	Herramientas .....	32
7.11.	Variable .....	32
7.12.	Operativización de las variables.....	33
<b>VIII.</b>	<b>RESULTADO Y ANALISIS.....</b>	<b>34</b>
8.1.	Pruebas de exploración, muestreo y contenido de humedad de los suelos.....	34

<b>8.2. Granulometría y límites de Atterberg. ....</b>	<b>35</b>
<b>8.2.1. Granulometría.....</b>	<b>37</b>
<b>8.2.2. Límite de Atterberg.....</b>	<b>38</b>
<b>IX. CONCLUSION .....</b>	<b>40</b>
<b>X. RECOMENDACION .....</b>	<b>41</b>
<b>XI. BIBLIOGRAFÍA.....</b>	<b>43</b>
<b>XII. ANEXOS.....</b>	<b>45</b>



## INDICE DE IMÁGENES

<b>Imagen Nº 01:</b> Micro localización del sitio de estudio.....	XV
<b>Imagen Nº 02.</b> Tamices y granulometría de la arena para ensayo de Granulometría.....	18
<b>Imagen Nº 03:</b> Instrumentos a utilizar en el ensayo y colocación de la muestra de suelo en el aparato de la casa grande.....	24
<b>Imagen Nº 04:</b> Instrumentos a utilizar para poder conocer el límite líquido y plástico de la muestra de suelo.....	45
<b>Imagen Nº 05:</b> Aparato de casa grande.....	45
<b>Imagen Nº 06:</b> Estudiante BICU realizando la colocación de la muestra plástica en el aparato de la casa grande.....	46
<b>Imagen Nº 07:</b> Estudiante BICU realizando la separación de la muestra plástica para conocer el comportamiento a los 25 golpes.....	46
<b>Imagen Nº 08:</b> Estudiante BICU moldeado la muestra plástica de suelo al pasar al límite líquido y conocer su comportamiento mediante rodillos finos de 3mm.....	47
<b>Imagen Nº 09:</b> Presentación de la muestra de suelo en un recipiente.....	48
<b>Imagen Nº 10:</b> Peso de la muestra de suelo.....	48
<b>Imagen Nº 11:</b> Tamices utilizados para el ensayo de Granulometría.....	49
<b>Imagen Nº 12:</b> Colocación de la muestra del suelo al horno para conocer su contenido de humedad.....	49

## INDICE DE MAPAS

Mapa N° 01. Macro localización del sitio de estudio.....	XIV
--	-----

## INDICE DE TABLAS

<b>Tabla N° 01:</b> Tabla de números de tamices y tamaño de aberturas.....	21
<b>Tabla N° 02:</b> Tabla de Operativización de Variables.....	32
<b>Tabla N° 03:</b> Contenido de humedad .....	33
<b>Tabla N° 04:</b> Tabla de datos para el ensayo del límite plástico.....	34
<b>Tabla N° 05:</b> Datos de la determinación del límite líquido y plástico.....	35
<b>Tabla N° 06:</b> Índice de plasticidad.....	35
<b>Tabla N° 07:</b> Formato de cálculo para análisis granulométrico de la arcilla 1.....	36
<b>Tabla N° 08:</b> Formato de cálculo para análisis granulométrico de la arcilla 2.....	36
<b>Tabla N° 09:</b> Formato de cálculo para análisis granulométrico de la arcilla 3.....	37

## INDICE DE GRAFICOS

<b>Grafica N° 01:</b> Límite líquido de la muestra.....	37
---	----

## RESUMEN

La presente investigación monografía titulada “Comportamiento y reacción de suelos mediante pruebas de laboratorio en terrenos de la Bluefields Indian & Caribbean University, trocha Nueva Guinea” contiene información sobre el tipo de suelo que existe en la propiedad de la BICU ubicada a 4.5 Km del centro de la ciudad de Bluefields.

Para conocer el tipo el comportamiento y la reacción de estos suelos, se tuvo que realizar tres tipos de prueba de laboratorio, las cuales son:

Exploración y muestreo ASTM D 420 – 98(R2003)

Contenido de humedad ASTM D 2216-10

Determinación del análisis granulométrico del suelo (método mecánico) ASTM D 422-63 (Reapproved 2007) y ASHTO T 27-88

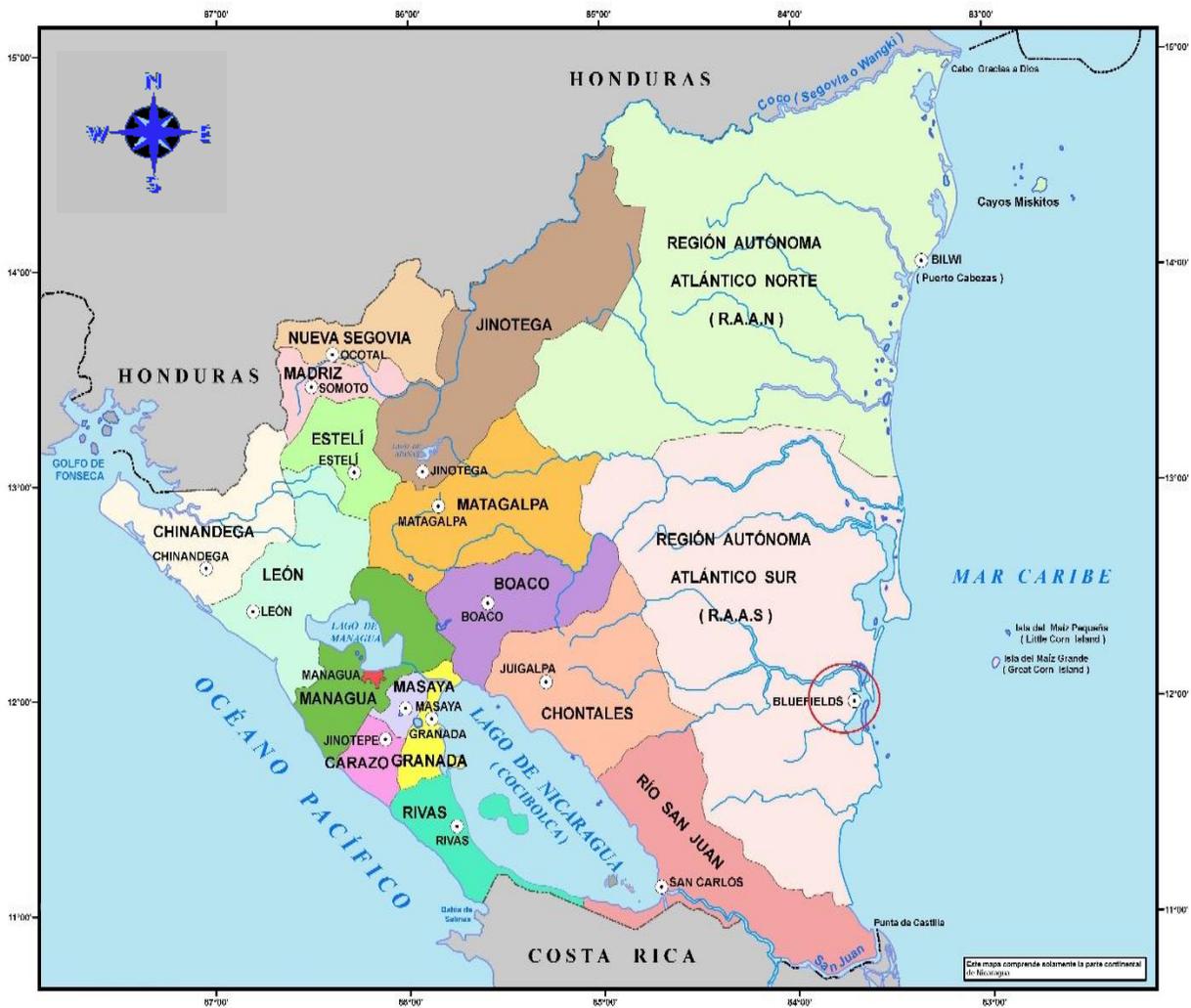
Determinación de los límites de consistencia o de Atterberg de los suelos regido por la normativa ASTM D 4318-10, ASHTO T89-90 y T 90-87

Para realizar estos estudios de suelo, se tuvo que llevar las muestras obtenidas del sitio de estudio al laboratorio de la Universidad Centro Americana (UCA) en la ciudad de Managua para determinar el tipo de suelo y las características que ellas presentan.

## Ubicación del sitio de estudio

## Macro localización

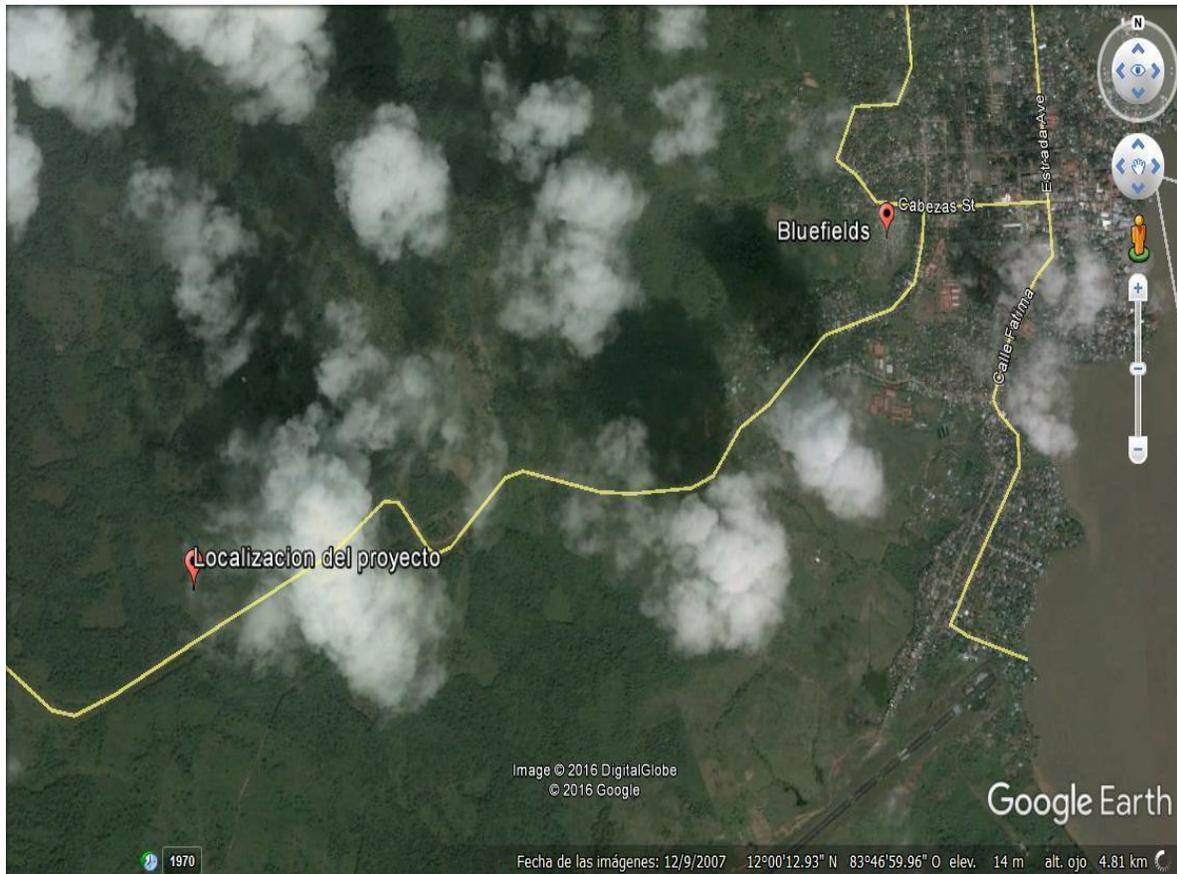
Mapa N° 01. Macro localización del sitio de estudio



Fuente: Elaborado por dirección general de geodesia y cartografía (INETER).

## Micro localización

Imagen N° 01: Micro localización del sitio de estudio



**Fuente:** Elaboración propia con ayuda del software google earth.

## I. INTRODUCCIÓN

La importancia del estudio de suelos depende del tipo de proyecto que se va a realizar y la magnitud de este; con los resultados que arroje el estudio de suelos se toma decisiones del tipo de cimentación y profundidad a cimentar.

Cuando se realizan una obra debe cumplir con requisitos de calidad, seguridad y vigencia en el tiempo, para ello hay muchos aspectos que deben ser considerado como calidad de suelos, calidad de mezclas, diseño de estructura.

El estudio de suelo permite conocer las propiedades físicas, mecánicas, estratos de diferentes características que lo componen en profundidad, ubicación de capas de agua (freáticas) si las hubiere.

El objetivo del presente trabajo monográfico es comprender el comportamiento de los suelos en el campus BICU trocha Bluefields - Nueva Guinea y al mismo tiempo realizar prácticas de laboratorio que necesita de urgencia realizarse en la preparación del Ingeniero Civil de BICU, por ello se pretende realizar un aporte significativo para la universidad.

Es muy importante conocer los tipos de suelo que predomina en la zona, ya que apartir de ella se podra obtener datos que ayudara a hacer diseños de cimentaciones de una estructura horizontal y tambien para poder obtener datos como la resistencia del suelo para asi poder hacer un mejoramiento para evitar futuros incidentes tales como el asentamiento en una estructura vertical y socavaciones en estructuras horizontales como la carretera.

Actualmente en la Region Autonoma de la Costa Caribe Sur (RACCS) no existe una entidad que cuente con un laboratorio de mecanica de suelo para poder hacer los estudios pertinentes para conocer las propiedades fisicas y mecánicas de esta, por eso tanto como las empresas constructoras y las entidades gubernamentales al momento de ejecutar una construcción de gran magnitud, tienen que llevar las muestras del suelo a las universidades de la capital tales como: UNI(Universidad Nacional de Ingenieria), UNA(Universidad Nacional Agraria), UCA(Universidad Centroamericana), UPOLI(Universidad Politecnica), las cuales cuentan con laboratorios de suelo para poder . Este proceso genera un costo economico mayor, que si se realizan estos estudios en la RACCS.

Con el estudio de este trabajo monográfico permitió conocer las características del suelo en los terrenos de la BICU ubicada en la trocha Bluefields – Nueva Guinea y así también el establecimiento de un laboratorio de mecánica de suelo para poder realizar futuros estudios que estime conveniente a las instituciones interesadas.

## II. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

Con el auge de la construcción en nuestro país y con la realización de obras cada día más complejas y de mayor importancia, se destaca la necesidad de establecer un laboratorio que permita conocer las características físicas y mecánicas del suelo. En muchos casos las entidades encargadas de las construcciones, no conocen el tipo de suelo que existe en la zona donde se va a edificar, lo cual conlleva a fallas futuras en las estructuras por su mal diseño al momento de considerar la capacidad de soporte del suelo.

Actualmente en la Región Autónoma de la Costa Caribe Sur no existe ninguna empresa constructora o universidad que posea un laboratorio donde se pueda hacer análisis de suelo para poder conocer el tipo de suelo, propiedades físicas - mecánicas para el mejoramiento del suelo y así poder diseñar la cimentación de una estructura. Por este motivo las entidades gubernamentales encargadas del mejoramiento de las infra-estructuras tanto como verticales y horizontales tienden a viajar para la capital (MANAGUA) para poder realizar estudios de suelo y así conocer el comportamiento de estas.

Concluimos con la siguiente pregunta:

¿Será que los suelos de los terrenos de la Bluefields Indian & Caribbean University, trocha Nueva - Guinea poseen las propiedades necesarias para la construcción mediante pruebas de laboratorio?

### III. ANTECEDENTES

Mecánica de los suelos se ha desarrollado en el comienzo del siglo 20. La necesidad de que el análisis del comportamiento de los suelos surgió en muchos países, a menudo como resultado de accidentes espectaculares, tales como deslizamientos de tierra y los fracasos de las fundaciones. (Mecanica de suelos, 2012)

En los Países Bajos el deslizamiento de un terraplén de ferrocarril cerca de Weesp, en 1918 dio lugar a la primera investigación sistemática en el campo de mecánica de suelos, por una comisión especial creada por el gobierno. (Mecanica de suelos, 2012)

En ingeniería, la mecánica de suelos es la aplicación de las leyes de la física y las ciencias naturales a los problemas que involucran las cargas impuestas a la capa superficial de la corteza terrestre. Esta ciencia fue fundada por Karl von Terzaghi, a partir de 1925. (Enrique, 2002)

Es casi imposible hablar de mecánica de suelos sin mencionar en algún momento los límites de plasticidad de Atterberg, tanto que casi siempre se nombran como “límites de Atterberg” simplemente, pero... ¿quién fue Albert Atterberg? (geotecnia, 2010)

Albert Mauritz Atterberg nació el 19 de marzo de 1846 en Härnösand (Suecia), una pequeña ciudad pesquera en la que su padre, Anders Magnus, era constructor y concejal. Estudió Química en la Universidad de Uppsala y continuó trabajando allí hasta 1877, investigando los derivados del molibdeno y del nitrógeno, especializándose posteriormente en el estudio de los terpenos. (geotecnia, 2010)

En 1900, a los 54 años, y como algo secundario, decide estudiar las propiedades físicas de los suelos en función de su granulometría, buscando una manera rápida de clasificar los suelos agrícolas. En 1901 presenta un primer sistema de clasificación de suelos, en el que ya establece el tamaño 0,002 mm como límite entre las arenas y los suelos finos, división que se ha mantenido hasta hoy. (geotecnia, 2010)

En 1903 publica una serie de artículos sobre los distintos comportamientos de las arenas en función de su granulometría y composición, pero continúa sin poder clasificar la fracción fina del suelo. A diferencia de las arenas, la granulometría no explica el comportamiento de los suelos finos y, además, los ensayos de granulometría por sedimentación son demasiado lentos, todo lo contrario de lo que está buscando. Decide cambiar de estrategia y estudiar otra propiedad de los suelos finos, la plasticidad. (geotecnia, 2010)

En 1908 publica en revistas nacionales sus primeros resultados sobre la plasticidad del suelo y su relación con los distintos grados de humedad, en 1911 publica sus resultados en revistas internacionales y pronto recibe los primeros elogios. Así, en 1913, el Congreso de Berlín de la “International Society of Soil Science” adopta su clasificación de suelos, en 1915, el “U.S. Bureau of Standards” recomienda utilizar su método y en 1937 el “U.S. Bureau of Chemistry and Soils” lo acepta también (aunque se debe tener en cuenta que Arthur Casagrande modificó en 1932 la forma de obtener dichos límites). (geotecnia, 2010)

#### **IV. JUSTIFICACIÓN**

En el inicio de todo proyecto constructivo es determinante conocer el comportamiento de los suelos y cómo reaccionan mediante pruebas de laboratorio, debido a que ello elimina la incertidumbre de su comportamiento en el buen o mal funcionamiento de los cimientos, de las estructuras y del edificio en construcción. Al realizar un análisis y diseño constructivo de una obra se debe considerar el estudio de suelo como parte integral, por ello es una necesidad para las construcciones de la BICU en su ampliación futura en el terreno ubicado en la carretera a Nueva Guinea.

La realización de estas prácticas de laboratorios se consideró incluir la participación de los estudiantes de tercer año de la carrera de Ingeniería Civil, ya que tiene la necesidad de ejecutar prácticas de laboratorios de Mecánica de Suelos y Materiales de Construcción para aplicar los conocimientos adquiridos en el aula de clase.

Así también como apoyo para monografías e investigaciones que amerite realizar estudios de suelo. Para ello la BICU ha planteado este interés de establecer con sus recursos económicos un laboratorio del área y ha solicitado asistencia a las autoridades de la UCA, UNAN y UNI.

Tiene gran importancia para los estudiantes de la BICU realizar laboratorios, considerando que actualmente se realizan en el pacífico (UNI o UCA) en una semana, un laboratorio diario, esto no permite cumplir con los requerimientos de calidad y pertinencia, donde el estudiante pueda investigar y solucionar sus dudas e inquietudes que puedan surgir en la ejecución de cada actividad.

El objetivo primordial es la aprobación o validación de los 3 laboratorios básicos de mecánica de suelo donde se realizó la compra de equipos didácticos para poder realizar dichas pruebas, con esto aumento el nivel de conocimientos prácticos de los estudiantes de ingeniería civil y disminuyo los gastos generados a los estudiantes al viajar a la capital.

Hay que tomar en cuenta que realizar estudios de suelo en la localidad de Bluefields y no recurrir a laboratorios del pacifico para realizar pruebas de suelo, beneficia tanto a la universidad como a la comunidad e instituciones municipales y gubernamentales.

Para este estudio tenemos como beneficiarios directos a los estudiantes de la carrera de ingeniería civil y para los beneficiarios indirectos las instituciones municipales y gubernamentales.

## **V. OBJETIVOS**

### **5.1. Objetivos Generales**

Establecer 3 pruebas de laboratorio de suelo que nos indiquen el comportamiento y reacción de los suelos que se encuentran en los terrenos de la Bluefields Indian & Caribbean University (BICU), trocha Nueva Guinea, sede Bluefields, Nicaragua

### **5.2. Objetivos Específicos**

- ❖ Realizar pruebas de exploración, muestreo y contenido de humedad de los suelos en 6 sitios de terreno de BICU en trocha Bluefields-Nueva Guinea.
- ❖ Determinar los límites de atterberg de los suelos en 6 sitios de terreno de BICU en trocha Nueva Guinea.
- ❖ Determinar el análisis granulométrico de los suelos por el método mecánico en 6 sitios de terreno de BICU en trocha Nueva Guinea.
- ❖ Comprar de equipos de laboratorios para poder realizar los análisis en el Recinto BICU, Bluefields.

## **VI. MARCO TEÓRICO**

### **6.1. Estudio de suelos**

Un estudio de suelos permite dar a conocer las características físicas y mecánicas del suelo, es decir la composición de los elementos en las capas de profundidad, así como el tipo de cimentación más acorde con la obra a construir y los asentamientos de la estructura en relación al peso que va a soportar. (INTU, 2016)

Esta investigación que hace parte de la ingeniería civil es clave en la realización de una obra para determinar si el terreno es apto para llevar a cabo la construcción de un inmueble u otro tipo de intervención.

#### **6.1.1. Importancia del Estudio de Suelos.**

La importancia del estudio de suelos depende del tipo de proyecto que se va a realizar y de la magnitud de este; con los resultados que arroje el estudio de suelos se puede tomar decisiones del tipo de cimentación a utilizar y la profundidad de la cimentación; eso se puede determinar únicamente con el estudio de suelos. (RTI, 2016)

Depende del estudio de suelos, se determinará cuanto se va a invertir o cuanto se va a ahorrar en los elementos de cimentación; ya que muchos proyectos en los que no se hace estudio de suelos, hay grandes probabilidades de que ocurran asentamientos y eso acarrea más costos, ya que se debe de gastar mucho en reparar o tratar de estabilizar el terreno y todo por “ahorrarse unos centavos” y no hacer un estudio de suelo. (RTI, 2016)

## **6.1.2. Tipos de estudio de suelo**

### **6.1.3. Exploración, muestreo y contenido de humedad**

En los proyectos de Ingeniería, tanto en obras horizontales como en obras verticales, se necesita tener información veraz acerca de las propiedades físico-mecánicas de los suelos donde se pretende cimentar la obra. Por lo que deberá hacerse un plan de exploración y muestreo en el área donde se desea realizar el proyecto. La exploración deberá consistir en la investigación del subsuelo, con el objetivo de poder obtener muestras de suelo a la que se le realizaran en el laboratorio ensayos básicos de clasificación, densidad, humedad y especiales como CBR, SPT. (Ramirez, 2012)

En dependencia de la información que se necesite y de los ensayos de laboratorio se define el tipo de exploración y la forma de muestreo de los suelos.

#### **6.1.3.1. Métodos de Exploración**

##### **6.1.3.1.1. Pozo a Cielo Abierto ASTM - D420-98(R2003)**

En este tipo de muestreo exploratorio se practica una excavación con dimensiones suficientes para que un técnico pueda descender en ella y examinar los diferentes estratos que se presentan en su estado natural. Este tipo de excavación no se puede llevar a grandes profundidades. La dificultad fundamental que presenta este tipo de exploración es la presencia del nivel freático. En estos pozos se pueden tomar muestras alteradas y/o inalteradas. (Ramirez, 2012).

##### **6.1.3.1.2. Sondeos Manuales ASTM - D1452-09**

Este tipo de exploración se realiza comúnmente en obras horizontales realizándose excavaciones de pequeña sección en planta y generalmente a una profundidad máxima de 1.5 metros. En esta exploración se obtienen muestras alteradas. (Ramirez, 2012)

#### **6.1.3.1.3. Ensayes de Penetración Estándar (SPT) ASTM-D1586-11**

Este es uno de los métodos que rinde mejores resultados en la práctica y proporciona una información más útil en torno al subsuelo, no solo en lo referente a la descripción, sino también en cuanto a la resistencia del suelo, ya que puede considerarse como el primer ensaye realizado. (Ramirez, 2012)

El método lleva implícito un muestreo que proporciona muestras alteradas del suelo en estudio y consiste en hacer penetrar a golpes, con un martillo, el penetrómetro o cuchara partida de Terzaghi, registrando el número de golpes necesarios para lograr una penetración de 30.5 cm. (1 pié).

#### **6.1.3.1.4. Métodos Rotativos en Roca**

Cuando en un sondeo se alcanza una capa de roca más o menos firme, no es posible lograr penetración con los métodos estudiados y ha de recurrirse a un procedimiento diferente. En estos casos se recurre al empleo de maquinaria de perforación, rotación con broca de diamante o de tungsteno. Las velocidades de rotación son variables, de acuerdo con el tipo de roca a perforar. A las muestras obtenidas en este tipo de perforación, se le realizan todos los ensayos necesarios en la investigación. (Ramirez, 2012)

### **6.1.3.2 Tipos de Muestras**

#### **6.1.3.2.1 Muestra Representativa**

Se denomina muestra representativa aquella fracción de suelo o roca que es capaz de representar todo un conjunto o estrato determinado, no solo en su apariencia visual sino en sus propiedades físico-mecánicas. (Ramirez, 2012)

#### **6.1.3.2.2 Muestra Alterada**

Son aquellas en las que no se hace ningún esfuerzo para conservar la estructura natural y condiciones del suelo. Los aditamentos con características para la recuperación de estos suelos son los siguientes:

- Muestreadores de tubo sencillo.
- Palines dobles.
- Cucharas tipo Terzaghi (cuchara partida).
- Excavaciones en forma de calicatas o pozos a cielo abierto, etc.

Las muestras alteradas pueden utilizarse para determinar; Peso específico, límites de consistencia, Granulometría, límites y cualquier otro ensaye que no requiera la estructura o condiciones naturales del suelo in situ.

### 6.1.3.2.3 Muestras Inalteradas

Las muestras inalteradas son las que se obtienen tratando de conservar su estructura natural y cuyas condiciones, fundamentalmente la densidad natural y la humedad natural, han sufrido cambios mínimos despreciables en comparación a su estado in situ. Para obtener estas muestras se puede realizar:

- Monolitos labrados a mano.
- Muestreadores Shelby, etc.

### 6.1.3.3 Humedad natural

El contenido de humedad del suelo, se define como la cantidad de agua presente en el suelo al momento de efectuar el ensaye, relacionado al peso de su fase sólida, se representa por la siguiente expresión;

Ecuación N° 1

$$W = \frac{\text{Peso del agua contenida}}{\text{Peso seco}} = \frac{W_h - W_s}{W_s}$$

Donde; W : Humedad  
 W<sub>h</sub> : Peso de muestra húmeda  
 W<sub>s</sub> : Peso de muestra seca

La expresión anterior también se puede representar en porcentaje.



#### 6.1.3.4 Procedimiento de Campo

La práctica consistía en la realización de un sondeo manual de 1.50 metros de profundidad, además se obtuvieron muestras alteradas que serán clasificadas en el campo con la vista y el tacto. (Enrique, 2002)

El procedimiento para llevar las investigaciones de suelo en el campo, se encuentran normados en AASHTO R 13-12 (R2016) equivalente a la ASTM D 420 – 98 (R2003), denominada Standard Practice for Conducting Geotechnical Subsurface Investigation. (Enrique, 2002)

Las perforaciones del subsuelo usando equipo manual se hicieron de acuerdo con la norma de la AASHTO T 203 – 82 (1990), denominada Soils Investigation and Sampling by Auger Borings, equivalente a la norma ASTM D 1452 – 09. (Enrique, 2002)

Los datos obligados a presentar son los siguientes: Fecha de ejecución del sondeo, número de la perforación, ubicación con respecto a la línea central, profundidad de cambio del estrato, descripción del suelo en cada estrato encontrado y observaciones varias tal como huecos o vacíos encontrados. (Manual de laboratorio - Geotecnia, 2016)

Las muestras después de extraídas son colocadas en el mismo orden de extracción y se clasifican visualmente y al tacto. La norma ASTM D 2488-09a, Standard Practice for Description and identification of Soils (Visual-Manual Procedure), indica los aspectos relevantes a identificar. (Manual de laboratorio - Geotecnia, 2016)

Las muestras se prepararon para el transporte de acuerdo con la norma ASTM D 4220-95 (R2007), Standard Practice for Preserving and Transporting Soils Samples. (Manual de laboratorio - Geotecnia, 2016)

A las muestras se les practicó ensayos de granulometría, límites de Atterberg, y posteriormente se clasificaron.

#### **6.1.3.4.1 Material y Equipo**

- Pala.
- Barra.
- Posteadora.
- Palín doble.
- Balanza de 0.1 gr. de sensibilidad
- Tara para humedad.0
- Horno
- Cucharón
- Charola
- Bolsas plásticas, tarjetas para Identificar las muestras.

#### **6.1.3.5 Procedimiento sondeo manual**

- Localizar el sitio donde se realizará la excavación.
- Limpiar la superficie del terreno con una pala, retirar la materia orgánica superficial.
- Definir el área de la de la excavación (rectangular o elíptica), la cual estará en dependencia del equipo a utilizar.
- Realizar la excavación, inicialmente se utilizará la barra y la pala. A medida que se profundiza se pueden ir utilizando el resto del equipo (palín doble, posteadora, etc), en dependencia del tipo de suelo que se encuentre que facilite el trabajo de excavación.

Al ir avanzando en la excavación se debe ir observando la variación de los estratos, considerando básicamente el tamaño de las partículas y el color, los distintos estratos que se obtengan se deben colocar a un lado de las excavaciones separado entre sí y en el orden que se van obteniendo.

- Cuando se llegue a la profundidad proyectada (1.5 m), se procede a la descripción de los suelos que corresponden a cada estrato. Luego se muestrea cada estrato por separado, esto consiste en colocar suficiente cantidad de material de cada estrato en bolsas de plástico con su correspondiente tarjeta que identifica a cada muestra y posteriormente trasladarla al laboratorio.
- Cerrar la excavación con el material antes extraído, de tal manera que se coloque el suelo a como estaba en su estado natural, o sea depositando el suelo en orden inverso a como se extrajo.

#### **6.1.3.6 Procedimiento para contenido de humedad**

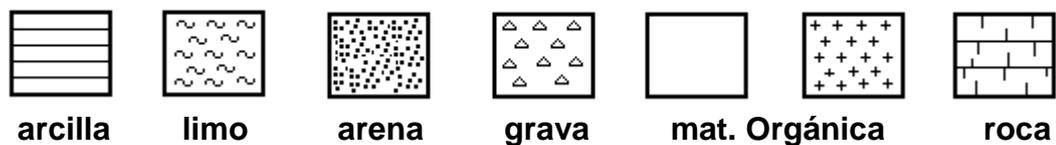
- Tomar una muestra representativa del estrato a evaluar.
- Obtener el peso húmedo de la muestra.
- Colocar la muestra en una tara y depositarlo en el horno hasta obtener peso constante.
  - Temperatura del horno: 105 °c a 115 °c.
  - Tiempo de la muestra en el horno: 24 horas.
- Retirar la muestra del horno, dejarla enfriar y determinar su peso seco.

#### **6.1.3.7 Presentación de Resultados**

En el reporte deberá adjuntarse la siguiente información:

- Plano de localización del sitio en estudio.
- Plano de ubicación de sondeos.

- Perfil estratigráfico, conteniendo la descripción de los suelos encontrados.
- Tarjeta que identifica cada muestra obtenida conteniendo; Nombre del Proyecto, Localización de los Sondeos, Número de Sondeo, Número de Muestra, Profundidad de la Muestra, Descripción del Suelo, Color de la Muestra.
- Simbología de los suelos más importantes.



#### **6.1.4 Determinación del análisis granulométrico de los suelos (Método Mecánico). ASTM D-422-63(2007); AASHTO T 27-88)**

La variedad en el tamaño de las partículas de suelos, casi es ilimitada; por definición, los granos mayores son los que se pueden mover con la mano, mientras que los más finos son tan pequeños que no se pueden apreciar con un microscopio corriente. (Ramirez, 2012)

Debido a ello es que se realiza el Análisis Granulométrico que tiene por objeto determinar el tamaño de las partículas o granos que constituyen un suelo y fijar, en porcentaje de su peso total, la cantidad de granos de distinto tamaño que el mismo contiene.

La manera de hacer esta determinación es por medio de tamices de abertura cuadrada.

El procedimiento de ejecución del ensaye es simple y consiste en tomar una muestra de suelo de peso conocido, colocarlo en el juego de tamices ordenados de mayor a menor abertura, pesando los retenidos parciales de

suelo en cada tamiz. Esta separación física de la muestra en dos o más fracciones que contiene cada una de las partículas de un solo tamaño, es lo que se conoce como “Fraccionamiento”. (Ramirez, 2012)

La determinación del peso de cada fracción que contiene partículas de un solo tamaño es llamado “Análisis Mecánico”. Este es uno de los análisis de suelo más antiguo y común, brindando la información básica por revelar la uniformidad o graduación de un material dentro de rangos establecidos, y para la clasificación por textura de un suelo. (Ramirez, 2012)

Sin embargo, debido a que el menor tamaño de tamiz que se utiliza corrientemente es el 0.074 mm (Malla No. 200), el análisis mecánico está restringido a partículas mayores que ese tamaño que corresponde a arenas limpias finas. Por lo tanto si el suelo contiene partículas menores que ese tamaño la muestra de suelo analizada debe ser separada en dos partes, para análisis mecánico y por vía húmeda (hidrometría).

Por medio de lavado por el tamiz No. 200 y lo que pase por este tamiz será sometido a un análisis granulométrico por vía húmeda, basado en la sedimentación.

El análisis por vía húmeda se efectúa por medio del hidrómetro que mide la densidad de una suspensión del suelo a cierto nivel y se basa en el principio de la ley de Stokes. (Ramirez, 2012)

**Imagen N° 02. Tamices y granulometría de la arena para ensayo de Granulometría.**



**Fuente:** Laboratorio UCA, Practica de laboratorio Mecánica de Suelo 1 (Septiembre 2016)

**6.1.4.1 Equipo**

**6.1.4.1.1 Método Mecánico**

- Juego de tamices 3", 2 1/2", 2", 1 1/2", 1", 3/4", 1/2", 3/8", No. 4, No. 10, No. 40, No. 200, tapa y fondo.
- Balanza de 0.1gr. de sensibilidad.
- Mortero con su pisón.
- Horno con temperatura constante de 100 – 110° C.
- Taras.
- Cuarteador.

#### **6.1.4.1.2 Procedimiento**

##### **6.1.4.1.2.1 Método Análisis Mecánico**

#### **a) Material mayor que el tamiz No. 4**

1. El material retenido en el tamiz No. 4, se pasa a través de los tamices, 3", 2 1/2", 2", 1 1/2", 1", 3/4", 1/2", 3/8", No. 4 y fondo, realizando movimientos horizontales y verticales.
2. Pese las fracciones retenidas en cada tamiz y anótela en el registro correspondiente.

#### **b) Material menor que el tamiz No. 4**

1. Ponga a secar la muestra en el horno a una temperatura de 105 a 110° C por un período de tiempo de 12 a 24 horas.
2. Deje enfriar la muestra a temperatura ambiente y pese la cantidad requerida para realizar el ensaye.

Si el suelo es arenoso se utiliza aproximadamente 200grs.

Si el suelo es arcilloso se utiliza aproximadamente 150grs.

3. Disgregue los grumos (terrones), del material con un pisón de madera para evitar el rompimiento de los gramos.
4. Coloque la muestra en una tara, agréguele agua y déjela remojar hasta que se puedan deshacer completamente los grumos.

5. Se vacía el contenido de la tara sobre el tamiz No. 200, con cuidado y con la ayuda de agua, lave lo mejor posible el suelo para que todos los finos pasen por el tamiz. El material que pasa a través del tamiz No. 200, se analizará por otros métodos en caso sea necesario.
6. El material retenido en el tamiz No. 200 después de lavado, se coloca en una tara, lavando el tamiz con agua.
7. Se seca el contenido de la tara en el horno a una temperatura de 100 – 110° C por 24 horas.
8. Con el material seco en el paso anterior, se coloca el juego de tamices en orden progresivo, No. 4, No. 10, No. 40, No. 200 y al final el fondo, vaciando el material previamente pesado.
9. Se agita el juego de tamices horizontalmente con movimientos de rotación y verticalmente con golpes secos de vez en cuando. El tiempo de agitación depende de la cantidad de finos de la muestra, pero por lo general no debe ser menor de 15 minutos.
10. Inmediatamente realizado el paso anterior pese las fracciones retenidas en cada tamiz, y anótela en el registro correspondiente.

#### **6.1.4.1.3 Análisis y presentación de datos**

En el análisis por tamices se obtienen los resultados de pesos parciales retenido en cada uno de ellos.

Después se calcula los porcentajes retenidos parciales, los porcentajes acumulativos, los porcentajes que pasan por cada tamiz.

Además es conveniente presentar resultados en forma gráfica que tabular.

La presentación gráfica se efectúa por medio de la curva granulométrica, que es la curva de los porcentajes que pasa por cada tamiz, esta curva se gráfica en papel semi logarítmico. En las ordenadas (escala natural del papel) se anotan los porcentajes que pasa y en las abscisas (escala logarítmica del papel) se anotan los diámetros de los tamices en milímetros. (Ramirez, 2012)

### **Tamaño de las Aberturas de los Tamices Normalizados**

**Tabla Nº 01:** Tabla de tabla de números de tamices y tamaño de aberturas

<b>TAMIZ</b>	<b>ABERTURA (mm)</b>
3"	76.2
2 ½"	63.5
2"	50.8
1 ½"	38.1
1"	25.4
¾ "	19.1
½ "	12.7
3/8 "	9.52
¼ "	6.35
No. 4	4.76
No. 10	2.00
No. 40	0.420
No. 200	0.075

**Fuente:** Google imágenes.

A partir de la curva granulométrica se puede deducir en primera instancia el tipo de suelo principal y los componentes eventuales.

Se puede encontrar el diámetro efectivo de los granos ( $D_{10}$ ); que es el tamaño correspondiente al 10% en la curva granulométrica y se designa como  $D_{10}$ .

Otros tamaños definidos estadísticamente que son útiles incluyen  $D_{60}$ ;  $D_{30}$ .

La uniformidad del suelo se puede definir estadísticamente de varias maneras, un índice antiguo pero útil, es el coeficiente de Uniformidad  $C_u$  que se define.

$$C_u = \frac{D_{60}}{D_{10}}$$

- Las Gravas bien graduadas tienen  $C_u > 4$
- Las Arenas bien graduadas tienen  $C_u > 6$

Para clasificación de suelos es útil definir un dato complementario de uniformidad como es el coeficiente de curvatura ( $C_c$ ) definido como:

$$C_c = \frac{(D_{30})^2}{D_{60} \times D_{10}}$$

- Los suelos bien graduados;  $C_c$  entre 1 y 3.

### **6.1.5 Determinación de los Límites de Consistencia o de Atterberg de los suelos. (ASTM D 4318-10, AASHTO T 89-90 y T 90-87)**

Las propiedades de un suelo formado por partículas finamente divididas, como una arcilla no estructurada dependen en gran parte de la humedad. El agua forma una película alrededor de los granos y su espesor puede ser determinante del comportamiento diferente del material. Cuando el contenido de agua es muy elevado, en realidad se tiene una suspensión muy concentrada, sin resistencia estática al esfuerzo cortante; al perder agua va aumentando esa resistencia hasta alcanzar un estado plástico en que el material es fácilmente moldeable; si el secado continua, el suelo llega a adquirir las características de un sólido pudiendo resistir esfuerzos de compresión y tensión considerable. (Manual de laboratorio - Geotecnia, 2016)

Arbitrariamente Atterberg marcó las fronteras de los cuatro estados en que pueden presentarse los materiales granulares muy finos mediante la fijación de los límites siguientes: Líquido (L.L), Plástico (L.P.), y de contracción (L.C.) y mediante ellos se puede dar una idea del tipo de suelo en estudio. (Manual de laboratorio - Geotecnia, 2016)

El límite líquido es la frontera entre el estado líquido y el plástico; el límite plástico es la frontera entre el estado plástico y el semi-sólido y el límite de contracción separa el estado semi-sólido del sólido. A estos límites se les llama límites de consistencia.

### **6.1.6 Determinación del Límite Líquido. (L.L)**

El límite se define como el contenido de humedad expresado en porcentaje con respecto al peso seco de la muestra, que debe tener un suelo moldeado para una muestra del mismo en que se haya moldeado una ranura de dimensiones Stándard, al someterla al impacto de 25 golpes bien definidos se cierre sin resbalar en su apoyo. (Garibay, Geología y geotecnia, 2005)

**Imagen N° 03: Instrumentos a utilizar en el ensayo y colocación de la muestra de suelo en el aparato de la casa grande.**



**Fuente:** Sitio web (google imágenes)

#### **6.1.6.1.1 Equipo.**

1. Aparato de Arturo Casagrande, incluyendo la solera plana y el ranurador trapezoidal.
2. Espátulas flexibles.
3. Cápsula de porcelana.
4. Tamiz No. 40.
5. Atomizador.
6. Balanza con sensibilidad de 0.01gr.
7. Horno con temperatura constante de 100 a 110° C.
8. Taras con su tapa

#### **6.1.6.1.2 Procedimiento.**

Los ensayos de consistencia se hacen solamente con la fracción de suelo que pasa por el tamiz No. 40.

1. Después de secada la muestra de suelo, se criba a través del tamiz No. 40 desechándose el que quede retenido.

2. Antes de utilizar la “Copa de Casagrande”, debe ser ajustada (calibrada), para que la copa tenga una altura de caída de 1 cm., exactamente.
3. Del material que pasó por el tamiz No. 40 se toman aproximadamente unos 100 gramos se colocan en una cápsula de porcelana y con una espátula se hace una mezcla pastosa, homogénea y de consistencia suave agregándole una pequeña cantidad de agua durante el mezclado.
4. Parte de esta mezcla se coloca con la espátula en la copa de Casagrande formando una torta alisada de un espesor de un (1) cm., en la parte de máxima profundidad. Una altura menor aumenta el valor del límite líquido.
5. El suelo colocado en la “Copa de Casagrande” se divide en la parte media en dos porciones utilizando para ello un ranurador, de manera que permanezca perpendicular a la superficie inferior a la copa.

Para suelos arcillosos con poco o ningún contenido de arena hágase la ranura con un solo movimiento suave y continuo.

6. Después de asegurarse de que la copa y la base están limpias y secas, se da vuelta a la manija del “Aparato de Casagrande”, uniformemente a razón de 2 golpes por segundo, contando el número de golpes requeridos hasta que se cierre el fondo de la ranura en una distancia de 1 cm. Si la ranura se cierra antes de los 10 golpes, se saca el material se vuelve a mezclar y se repiten los pasos 4, 5 y 6.
7. Después que el suelo se ha unido en la parte inferior de la ranura, se toman aproximadamente unos 10 gramos del suelo; se anota su peso húmedo, el No. de golpes obtenidos y se determina el peso seco.
8. Repita los pasos 2, 4, 5, 6 y 7; con el propósito de obtener puntos menores de 25 golpes y mayores de 25 golpes.

9. Determine el porcentaje de humedad correspondiente a cada número de golpes y se construye la curva de fluidez en papel simi-logarítmico.
10. El límite líquido define cuando el contenido de agua en la curva de fluidez corresponda a 25 golpes.

#### **6.1.7 Determinación del Límite Plástico (L.P.)**

El límite plástico se define como el contenido de humedad, expresado en porcentaje, cuando comienza agrietarse un rollo formado con el suelo de 3 mm de diámetro, al rodarlo con la mano sobre una superficie lisa y absorbente. (Garibay, Geología y geotecnia, 2005)

##### **6.1.7.1 Equipo.**

1. Vidrio esmerilado o papel absorbente.
2. Taras
3. Balanza con sensibilidad de 0.01 gr.
4. Horno con temperatura constante de 100 a 110° C.

##### **6.1.7.2 Procedimiento.**

1. Se toma aproximadamente la mitad de la muestra que se usó en límite líquido, procurando que tenga una humedad uniforme cercana a la humedad óptima, amáselo con la mano y ruédelo sobre una superficie limpia y lisa, como una hoja de papel o un vidrio hasta formar un cilindro de 3 mm, de diámetro y de 15 a 20 cm de largo.

2. Se amasa la tira y se vuelve a rodar, repitiendo la operación tantas veces como se necesite para reducir, gradualmente, la humedad por evaporación, hasta que el cilindro se empiece a endurecer.
3. El límite plástico se alcanza cuando el cilindro se agrieta al ser reducido a 3mm de diámetro.
4. Inmediatamente se divide en proporciones y se ponen los pedazos en dos taras.
5. Se pesan en la balanza de 0.01 gr., y se registra su peso.
6. Se introduce la muestra en el horno por un período aproximado de 24 horas y se determina su peso seco.
7. Con los datos anteriores se calcula el contenido de agua en porcentaje. Si la diferencia de los dos % no es mayor que 2% se promedian y en caso contrario se repite el ensaye.
8. El promedio es el valor en porcentaje del Límite Plástico.

#### **6.1.8 Determinación del Límite de Contracción. (L.C)**

El Límite de Contracción (L.C.) de un suelo se define como el porcentaje de humedad con respecto al peso seco de la muestra, con el cual una reducción de agua no ocasiona ya disminución en el volumen del suelo. (Scribd - MTC E-112 ; ASTM D27-93)

#### **6.1.8.1 Equipo.**

1. Cápsula metálica cilíndrica para límites de contracción
2. Cápsula de vidrio de dimensiones conocidas.
3. 2 Plaquitas enrrasadoras
4. Mercurio (azogue vivo).
5. Balanza con sensibilidad de 0.1 gr.
6. Horno con temperatura constante de 100 a 110° C.

#### **6.1.8.2 Procedimiento.**

1. Tómese unos 30 grs., del material que pase la malla No. 40 y añádasele agua hasta formar una mezcla pastosa cuya consistencia sea aproximadamente la misma que la que tiene el suelo cuando su contenido de humedad es igual al límite líquido.
2. Se llena la cápsula metálica con la muestra pastosa en tres capas aplicándole 20 golpes por capa.
3. Una vez llena la cápsula metálica se alisa la superficie quitando el material sobrante con ayuda de una espátula.
4. Se pesa la cápsula metálica con la masa pastosa y se anota su peso.
5. Deposite la cápsula metálica con la masa pastosa en el horno a una temperatura de 100 a 110° C.
6. Sáquese del horno la cápsula con la muestra seca y estando a temperatura ambiente, pésese y regístrese dicho peso ( $W_s$ ).
7. Determine el volumen de la cápsula metálica, llenándolo de mercurio líquido y nivelando su superficie con las plaquitas enrazadoras; vacíe el

mercurio contenido en la cápsula metálica en una probeta graduada y anote dicho volumen. ( $V_1$ ).

8. Determine el volumen de la muestra seca ( $V_2$ ), de la manera siguiente:  
Llénese la cápsula de vidrio con mercurio líquido y enrase con ayuda de las plaquitas enrazadoras.

Introduzca la muestra seca cuidadosamente evitando las burbujas de aire en el vaso lleno de mercurio, presionándole con las plaquitas enrazadoras. Al introducirse la muestra seca, se desalojará una cantidad de mercurio igual al volumen de la muestra ( $V_2$ ).

9. Se calcula el límite de contracción por la fórmula.

$$Lc = \frac{Wm - Ws (V_1 - V_2) \gamma_w}{Ws} \times 100$$

Dónde:

Lc = Límite de Contracción

Wm = Peso de la muestra húmeda.

Ws = Peso de la muestra seca.

$V_1$  = Volumen de la muestra húmeda

$V_2$  = Volumen de la muestra seca

$\gamma_w$  = Peso específico del agua a temperatura de ensaye.

El límite de contracción es muy útil para evaluar el comportamiento de cortes y terraplenes principalmente en el posible surgimiento de grietas.

Suelos con L.C menor a 5%;	suelos buenos.
Suelos con L.C. entre 5% y 10%;	suelos regulares.
Suelos con L.C. entre 10% y 15%;	suelos pobres.
Suelos con L.C. mayor 15%;	suelos muy pobres.

## **VII. DISEÑO METODOLÓGICO.**

### **7.1. Descripción del área.**

El sitio donde se realizó los sondeos para extraer la muestra del suelo se encuentra ubicado exactamente en la salida del barrio San Pedro a 3 km del casco urbano y a 4.5 kilómetros del centro de la ciudad de Bluefields, con coordenadas: UTM 196554.71 E y 1328865.14 N, con un área total de 47,950.269 m<sup>2</sup>. (Triguero)(ver imagen N° 2)

### **7.2. Tipo de estudio**

El tipo de estudio es descriptivo con enfoque cuantitativo; porque se describió que tipo de suelo predomina en el sitio de estudio y las características de estas. Cuantitativo porque se obtuvo datos numéricos como la capacidad admisible, nivel de humedad en estación seca y húmeda.

### **7.3. Población o universo**

La población o universo de estudio está ubicado en la finca de la Bluefields Indian & Caribbean University (BICU) donde comprende 47,945.269 m<sup>2</sup> equivalente a 6.806540176 manzanas de suelo equivalente al 100%

### **7.4. Muestra**

La muestra está constituida por 7,044 m<sup>2</sup> de suelo, equivalente a 1 manzana representando el 14.69% de la población o universo.

### **7.5. Muestreo**

Para la obtención de las muestras, se hizo 6 sondeos a una profundidad de 1.50 metros y a una distancia de 50 metros,

### **7.6. Criterio de inclusión**

Para la extracción de las muestras de suelo se hizo los 6 sondeos solo en una manzana, ya que en esta se propone la construcción del laboratorio de suelo de la Bluefields Indian & Caribbean University (BICU).

### **7.7. Criterio de exclusión**

No se incluyó las demás áreas de la finca donde no se propone construir el laboratorio de suelo.

### **7.8. Método y técnica de recolección de datos**

Para la recopilación de los datos, se hizo ensayos de laboratorio de suelo, estas constaban de tres tipos de ensayos, las cuales son:

- ✚ Exploración, muestreo y contenido de humedad.
- ✚ Análisis granulométrico del suelo.
- ✚ Determinación de los límites de atterberg

### **7.9. Visita insitu.**

Se visitó el sitio de estudio para la obtención de las muestras para ser analizadas por medio de ensayos de laboratorio de suelo.

### **7.10. Herramientas**

Pala

Barra

Pico

Tarjeta de identificación

Macana

Bolsas herméticas

### **7.11. Variable**

Contenido de humedad

Peso específico seco suelto

Peso específico húmedo

Gravedad específica

Granulometría

## 7.12. Operativización de las variables

Variable	Concepto	Indicadores
Contenido de humedad	El contenido de humedad es la relación que existe entre el peso del agua contenida en la muestra natural y el peso de la muestra de ser secada en el horno a una temperatura entre los 105° - 110 ° C. Se expresa de forma de porcentajes, puede variar desde cero cuando está perfectamente seco hasta un máximo determinado que no necesariamente es el 100%.	Análisis del contenido de humedad.
Peso específico húmedo	Expresa la proporción de agua presente en el suelo. Es la relación entre el peso de agua del suelo y el peso de su fase sólida. Generalmente se expresa en porcentaje.	Determinación de la gravedad específica de los suelos.
Granulometría	Es la determinación del tamaño de las partículas de una cantidad de muestra de suelo.	Análisis granulométrico.
Límites de Atterberg	Se utiliza para caracterizar el comportamiento de los suelos, aunque su comportamiento varía a lo largo del tiempo.	Determinación de los límites de atterberg de los suelos.

## VIII. RESULTADO Y ANALISIS

### 8.1. Pruebas de exploración, muestreo y contenido de humedad de los suelos.

**Tabla N° 02:** Contenido de humedad

N° de Muestras	% de contenido de humedad
Muestra N° 1	51.86%

**Fuente:** Laboratorio UCA (Managua 28 de agosto del 2016).

El dato presentado es el global de los 6 sondeos realizados, debido a que al hacer la clasificación visual, al tacto en el campo y posterior verificando en el laboratorio, nos encontramos que las muestras son iguales en los 6 sondeos.

## 8.2. Granulometría y límites de Atterberg.

**Tabla N° 03:** Tabla de datos para el ensayo del límite plástico.

N° de Estrato	Código de tara	N° de golpes	Peso muestra Húmedo + Tara	Peso muestra seco + Tara	Temperatura del agua	Peso del agua	Peso de muestra seca	% de humedad	Peso de la tara
1°Estrato Limite liquido	P1	25	35gr	31gr	31°	4gr	15gr	26.67	16 gr
1° Estrato limite plástico	X-4	25	24gr	23gr	31°	1gr	8gr	12.5	15 gr
2° Estrato limite liquido	X- 11	25	31gr	23gr	31°	8gr	7gr	114	16 gr
2° Estrato limite plástico	X- 7	25	23gr	21gr	31°	2gr	5gr	40	16 gr
3° Estrato Limite liquido	F9	25	26gr	21gr	31°	5gr	5gr	100	16 gr
3° Estrato Limite plástico	X 15	25	24gr	21gr	31°	3gr	6gr	50	15 gr

**Fuente:** Laboratorio UCA (Managua 28 de agosto del 2016).

En el presente cuadro muestra los datos que se utilizó para determinar los límites de atterberg, el cual arrojo resultados del contenido de humedad de la muestra, el peso y la temperatura de la muestra se obtuvieron mediante la balanza con una precisión de 0.01 gr el cual está regido por la normativa ASTM D 4318 y el horno calibrado de 105° a 115° c con la muestra por 24h.

**Tabla N° 04:** Datos de la determinación del límite líquido y plástico.

Descripción	limite liquido			limite plástico		
	1	2	3	1	2	3
Nº de ensayo	f9	x-11	p1	x-15	x-11	x-7
peso de la tara (gr)	16	16	16	15	15	16
peso de la tara más muestra humedad(gr)	26	31	35	24	24	23
peso de la tara más muestra seca	21	23	31	21	23	21
peso del agua en gramos	5	8	4	3	1	2
peso de la muestra seca(gr)	5	7	15	6	8	5
contenido de humedad%	26.66	114.2857	100	12.5	40	50
numero de golpes	25	25	25			
promedio de cantidad de humedad %	80			34.16666667		

**Fuente:** Laboratorio UCA (Managua 28 de agosto del 2016).

La presente tabla demuestra el contenido de humedad de la muestra en estado líquido y el contenido de humedad en estado plástico mediante el ensayo de los límites de atterberg.

**Tabla N° 05:** Índice de plasticidad

Límite líquido	80	%
Límite plástico	34.1667	%
Índice de plasticidad	45.83	%

**Fuente:** Laboratorio UCA (Managua 28 de agosto del 2016).

La presente tabla demuestra el índice de plasticidad entre el límite líquido y el límite plástico restando entre los resultados obtenidos, LL-LP.

### 8.2.1. Granulometría

**Primera arcilla, primer estrado del suelo.**

**Tabla Nº 06:** Formato de cálculo para análisis granulométrico de la arcilla.

<b>Formato de cálculo para análisis granulométrico de la arcilla.</b>				
<b>Tamiz</b>	<b>Peso retenido</b>	<b>%retenido parcial.</b>	<b>%retenido acumulado.</b>	<b>%que pasa.</b>
Nº10	86gr	17.20	17.20	82.80
Nº40	175gr	35	52.20	47.80
Nº200	115gr	23	75.20	24.80
Pasa 200	124gr	24.80	100	0

**Fuente:** Laboratorio UCA (Managua 28 de agosto del 2016).

Tabla de datos obtenida a partir del tamizado de las muestras.

**Segunda Arcilla, segundo estrato del suelo.**

**Tabla Nº 07:** Formato de cálculo para análisis granulométrico de la arcilla.

<b>Formato de cálculo para análisis granulométrico de la arcilla.</b>				
<b>Tamiz</b>	<b>Peso retenido gr</b>	<b>%retenido parcial.</b>	<b>%retenido acumulado.</b>	<b>%que pasa.</b>
Nº10	78,00	15,60	15,60	84,40
Nº40	198,00	39,60	55,20	44,80
Nº200	154,00	30,80	86,00	14,00
Pasa 200	70,00	14,00	100,00	0,00

**Fuente:** Laboratorio UCA (Managua 28 de agosto del 2016).

Tabla de datos obtenida a partir del tamizado de las muestras.

### Tercera Arcilla, tercer estrato del suelo

**Tabla Nº 08:** Formato de cálculo para análisis granulométrico de la arcilla.

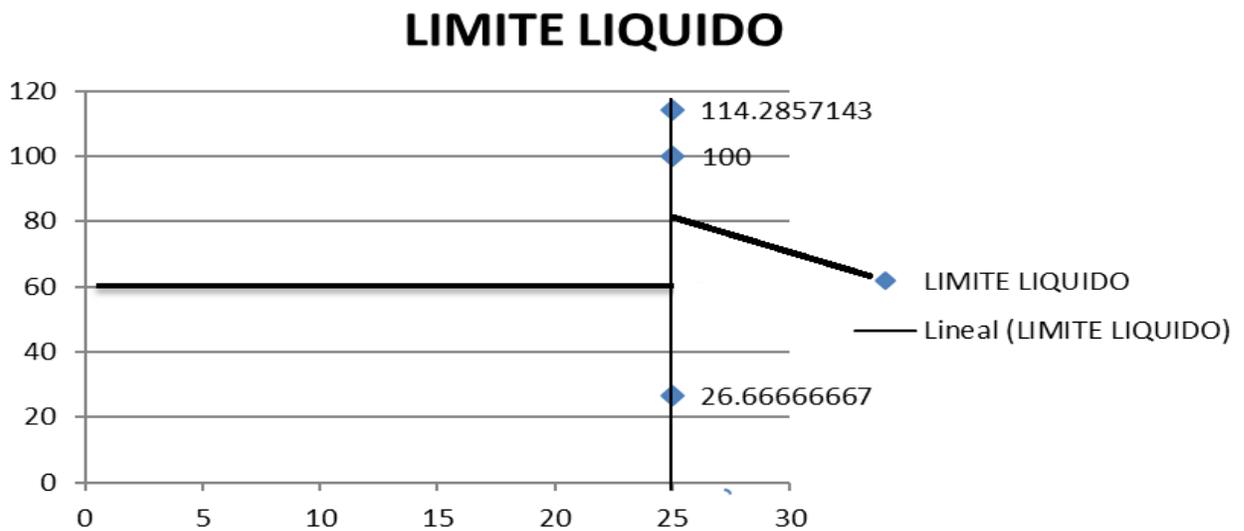
Formato de cálculo para análisis granulométrico de la arcilla.				
Tamiz	Peso retenido gr	%retenido parcial.	%retenido acumulado.	%que pasa.
Nº10	24.00	4.80	4.80	95.20
Nº40	201.00	40.20	45.00	55.00
Nº200	19.00	38.60	83.60	16.40
Pasa 200	82.00	16.40	100.00	0.00

**Fuente:** Laboratorio UCA (Managua 28 de agosto del 2016).

Tabla de datos obtenida a partir del tamizado de las muestras.

#### 8.2.2. Límite de Atterberg

**Grafica Nº 01:** Límite liquido de la muestra.



**Fuente:** Laboratorio UCA (Managua 28 de agosto del 2016).

El resultado de la gráfica demuestra el porcentaje del límite líquido para cada muestra, para la primera muestra se obtuvo 26.66%, para la segunda muestra 114.2857% y para la tercera muestra 100%.

Donde resulto para un global de un 80% de humedad de la muestra, según en el reglamento ASHTO T90-87 refleja que este límite tiene que ser de un 25% máximo para considerarse un suelo idóneo con su contenido de humedad en su estado natural. (geotecnia, 2010)

## IX. CONCLUSION

1. Se realizaron un total de 6 sondeos manuales en los terrenos de la BICU donde se obtuvieron un total de 3 muestras representativas de suelos, que fueron sometidas a pruebas de laboratorio donde los resultados que se obtuvieron eran similares, del cual se obtuvo un contenido de humedad natural de 51.86%.

2. Con las muestras representativas se realizaron ensayos de límites de atterberg, los cuales encontramos suelos con elevada plasticidad lo que caracteriza a suelos altamente expansivos, propios de nuestra zona.

3. El suelo estudiando de la propiedad de la Bluefields Indian & Caribbean University ubicado a 4.5 Km del centro de la ciudad de Bluefields, en donde se pretende realizar la construcción del laboratorio de suelo de (BICU) contiene arcillas con gran compresibilidad, siendo un tipo de suelo para el primer estrato A-2-7(2), para el segundo estrato A-2-7 (0) y para el tercer estrato A-2-6(0) mediante la clasificación de los suelos HRB con la norma ASTM D3282-93/97; estos datos se determinaron mediante el análisis granulométrico.

4. Durante el desarrollo de esta monografía, se adquirieron mediante el financiamiento de la Dirección de Investigación BICU a través de cotizaciones y utilizando el convenio entre las universidades BICU – UCA, varios equipos para poder completar con los ya existentes las prácticas de: exploración, muestreo y contenido de humedad; determinación del análisis granulométrico (método mecánico) y determinación de los límites de atterberg.

5. Con los datos obtenidos se pudo conocer que el suelo tiene un alto grado de humedad debido a que las arcillas existentes son de gran compresibilidad y tienen gran capacidad de absorción de agua. De esta manera impidiendo que las aguas pluviales lleguen al nivel freático del suelo con la rapidez necesaria.

## X. RECOMENDACION

Mediante los resultados obtenidos y el análisis se recomienda lo siguiente:

- ✚ Debido a que las arcillas existentes son muy expansivas, se debe de tomar en cuenta la necesidad de mejorarlo a través de estabilización mecánica o química.
- ✚ Para Estabilización mecánica se puede mezclar con material granular (gravas y arenas) provenientes de bancos de materiales, utilización de geotextiles y geomallas para mejorar resistencia e impedir que el agua penetre en estos suelos expansivos.
- ✚ Para estabilización química se puede mediante la adición de cal para disminuir la plasticidad, cemento para aumentar la resistencia, sal para impermeabilizar y absorber agua, las proporciones pueden ser de 2 bolsas de cemento por cada metro cúbico de material.
- ✚ En la opción más cara es la eliminación de estos materiales hasta por un metro de profundidad debajo de las fundaciones para edificios de hasta un piso y sustituirse con material de banco que no posea plasticidad y las paredes de la excavación protegerlas con una geotela para evitar que el agua y las partículas de arcilla contamine este material.
- ✚ Al momento de ejecutarse una obra debido a que el suelo posee un alto grado de arcilla, se recomienda diseñar para fundaciones una zapata corrida o una losa de cimentación para mayor área de contacto, de esta manera dimensionar el peso de la carga de la estructura.

- ✚ Realizar una prueba mediante (SPT) Standar Penetration Test, hasta encontrar un estrato en el cual no se pueda avanzar (estrato rocoso) o que sobrepase los 30 golpes por cada pie.

## XI. BIBLIOGRAFÍA

- (s.f.). Obtenido de [https://es.wikipedia.org/wiki/Estudio\\_de\\_suelos](https://es.wikipedia.org/wiki/Estudio_de_suelos).
- (s.f.).(22 de julio de 2012). Obtenido de Mecanica de suelos: <https://es.scribd.com/doc/97896984/HISTORIA-DE-LA-MECANICA-DE-SUELOS>.
- *Centro de geotecnia*. (10 de 09 de 2016). Obtenido de <http://www.fcyt.umss.edu.bo/investigacion/geotecnia/ensayos/granulometria.php>.
- Enrique, C. (2002). *Mecanica de los suelos*. Obtenido de <http://www.bdigital.unal.edu.co/1864/>.
- Garibay, I. M. (2005). *Geologia y geotecnia*. Obtenido de <http://www.fceia.unr.edu.ar/geologiaygeotecnia/Ensayo%20de%20Limite%20Liquido.PDF>
- Garibay, I. M. (2005). *Geologia y geotecnia*. Obtenido de Determinacion del limite plastico:  
<http://www.fceia.unr.edu.ar/geologiaygeotecnia/Ensayo%20de%20Limite%20Plastico.PDF>.
- geotecnia, E. M. (17 de Enero de 2010). *Limites de Atterberg* . Obtenido de <http://enriquemontalar.com/limites-de-atterberg/>.
- INTU. (26 de 08 de 2016). *Estudios de suelo*. Obtenido de [http://www.mvh.gob.ve/intu/index.php?option=com\\_content&view=article&id=502&Itemid=806](http://www.mvh.gob.ve/intu/index.php?option=com_content&view=article&id=502&Itemid=806).

- *Manual de laboratorio - Geotecnia*. (Viernes de Octubre de 2016). Obtenido de [http://icc.ucv.cl/geotecnia/03\\_docencia/02\\_laboratorio/manual\\_laboratorio/limites.pdf](http://icc.ucv.cl/geotecnia/03_docencia/02_laboratorio/manual_laboratorio/limites.pdf).
- Ramirez, M. B. (2012). *Guía de mecánica de suelo I*. UCA, Managua.
- RTI. (17 de Julio de 2016). *Arquigráfico - Architecture, Engineering, Construcción*. Obtenido de <http://www.arkigrafico.com/estudio-de-suelos-en-la-construccion-para-evitar-desplomes-en-los-edificios/>.
- *Scribd - MTC E-112 ; ASTM D27-93*. (s.f.). Obtenido de Determinación del límite de contracción: <https://es.scribd.com/doc/96959651/Determinacion-Del-Limite-de-Constraccion>.
- Triguero, I. C. (s.f.). Estudio de prefactibilidad de la terminal de transporte terrestre de Bluefields. Bluefields.

ANEXO

## LIMITES ATTERBERG

**Imagen N° 04:** Instrumentos a utilizar para poder conocer el limite líquido y plástico de la muestra de suelo.



**Fuente:** Laboratorio UCA en el proceso de la práctica de ensayos de mecánica de suelo I

**Imagen N° 05:** Aparato de casa grande.



**Fuente:** Laboratorio UCA en el proceso de la práctica de ensayos de mecánica de suelo I

**Imagen Nº 06:** Estudiante BICU realizando la colocación de la muestra plástica en el aparato de la casa grande.



**Fuente:** Laboratorio UCA en el proceso de la práctica de ensayos de mecánica de suelo I

**Imagen Nº 07:** Estudiante BICU realizando la separación de la muestra plástica para conocer el comportamiento a los 25 golpes.



**Fuente:** Laboratorio UCA en el proceso de la práctica de ensayos de mecánica de suelo I

**Imagen Nº 08:** Estudiante BICU moldeando la muestra plástica de suelo al pasar al límite líquido y conocer su comportamiento mediante rodillos finos de 3mm.



**Fuente:** Laboratorio UCA en el proceso de la práctica de ensayos de mecánica de suelo I

## GRANULOMETRIA

**Imagen N° 09:** Presentación de la muestra de suelo en un recipiente.



**Fuente:** Laboratorio UCA mediante el proceso de la práctica de ensayos de mecánica de suelo I

**Imagen N° 10:** Peso de la muestra de suelo.



**Fuente:** Laboratorio UCA mediante el proceso de la práctica de ensayos de mecánica de suelo I.

**Imagen N° 11:** Tamices utilizados para el ensayo de Granulometría.



**Fuente:** Laboratorio UCA mediante el proceso de la práctica de ensayos de mecánica de suelo I.

**Imagen N° 12:** Colocación de la muestra del suelo al horno para conocer su contenido de humedad.



**Fuente:** Laboratorio UCA mediante el proceso de la práctica de ensayos de mecánica de suelo I.