

**CARACTERIZACIÓN ESTRATIGRÁFICA, FÍSICA Y MECÁNICA DE SUELOS
PERTENECIENTES A LA ZONA DE EXPANSIÓN URBANA DEL MUNICIPIO DE
PEREIRA**

AUXILIARES DE INVESTIGACIÓN:

VALENTINA HOYOS SOTO

MICHAEL FRANCO MARTÍN

UNIVERSIDAD LIBRE

INGENIERIA CIVIL

PEREIRA

2018-2

**CARACTERIZACIÓN ESTRATIGRÁFICA, FÍSICA Y MECÁNICA DE SUELOS
PERTENECIENTES A LA ZONA DE EXPANSIÓN URBANA DEL MUNICIPIO DE
PEREIRA**

AUXILIARES DE INVESTIGACIÓN:

VALENTINA HOYOS SOTO

MICHAEL FRANCO MARTÍN

**INVESTIGACIÓN DE TRABAJO DE GRADO PRESENTADO COMO REQUISITO DE
GRADO PARA OPTAR TÍTULO DE INGENIERO(A) CIVIL**

INVESTIGADORES PRINCIPALES:

GLORIA MILENA MOLINA VINASCO

ALEJANDRO ALZATE BUITRAGO

UNIVERSIDAD LIBRE

INGENIERIA CIVIL

PEREIRA

2018-2

Contenido

1.	Introducción.....	16
2.	Descripción del problema.....	17
2.1	Efectos metodológicos.....	17
2.2	Efectos sociales	17
2.3	Efectos económicos	17
3.	Objetivos.....	18
3.1	General.....	18
3.2	Específicos	18
4.	Marco de referencias.....	19
5.1	Marco teórico.....	19
5.1.1	Exploración de suelos.....	19
5.1.2	Tipos de sondeos.....	22
5.1.3	Propiedades físicas de los suelos.	22
5.1.4	Propiedades mecánicas de los suelos.....	29
5.2	Marco legal.....	32
5.3	Marco de antecedentes	36
6.	Metodología	39
6.1	Enfoque de la investigación y tipo de estudio.....	39
6.2	Matriz de diseño metodológico	39
6.3	Fases de la investigación.....	40
6.3.1	Fase 1: Delimitación geográfica de estudio.	40

6.3.2	Fase 2: Síntesis de la información del Plan de Ordenamiento Territorial	42
6.3.3	Fase 3: Campo	43
7.	Resultados.....	51
7.1	Determinación de las propiedades físicas y mecánicas de los suelos.....	51
7.1.1	Contenido de humedad	51
7.1.2	Granulometría por lavado de tamiz.....	53
7.1.3	Granulometría por tamizado	54
7.1.4	Gravedad específica del pasante tamiz N°4	55
7.1.5	Granulometría por Hidrómetro	57
7.1.6	Límites de consistencia.....	63
7.1.7	Sistema unificado de clasificación de suelos.....	66
7.1.8	Peso unitario.....	68
7.1.9	Consolidación unidimensional	69
7.1.10	Corte directo	71
7.1.11	Compresión no confinada.....	73
7.2	Determinación del perfil estratigráfico representativo de la zona de estudio.....	77
8.	Conclusiones.....	79
9.	Recomendaciones.....	81
10.	Bibliografía	82

Índice de tablas

Tabla 1: Muestreo en suelos.	20
Tabla 2: Normas y Descripciones	32
Tabla 3: Matriz de diseño metodológico	39
Tabla 4: Ensayos a realizados de muestras alteradas	45
Tabla 5: Ensayos a realizados de muestras inalteradas	47
Tabla 6: Resultados de contenido de humedad.....	51
Tabla 7: Resultados de granulometría por lavado.....	53
Tabla 8: Resultados de granulometría por tamizado.....	55
Tabla 9: Resultados de gravedad especifica del pasante del tamiz N°4	56
Tabla 10: Resultados de granulometría por hidrómetro	58
Tabla 11: Resultados de límites de consistencia.....	63
Tabla 12: Resultados de sistema unificado de clasificación de suelos	66
Tabla 13: Resultados de peso unitario	69
Tabla 14: Resultados de consolidación unidimensional (método de Taylor)	69
Tabla 15: Resultados de corte directo	71
Tabla 16: Resultados de compresión no confinada.....	74
Tabla 17: Perfil stratigráfico del suelo estudiado.....	77

Índice de figuras

Figura 1: Mapa del Municipio de Pereira, Risaralda (Colombia).....	41
Figura 2: Ubicación satelital del sitio de estudio	41
Figura 3: Zonas de expansión urbana del municipio de Pereira sector Belmonte Bajo.	42
Figura 4: Inserción del barreno con operación manual.....	43

Índice de ecuaciones

Ecuación 1: Relación de vacíos_	27
Ecuación 2: Peso específico del agua	27
Ecuación 3: Peso específico de la masa	27
Ecuación 4: Peso específico de la fase sólida	27
Ecuación 5: Peso específico seco	27
Ecuación 6: Índice de plasticidad	27

Los sondeos se realizaron en el terreno perteneciente al sector de Belmonte Bajo, el cual se encuentra localizado en el suelo de expansión urbana del sector occidental del municipio de Pereira, entre el conjunto residencial Mukava del Viento y el centro comercial Portal de Cerritos, con la intención de evaluar las condiciones geotécnicas de los suelos pertenecientes a esta zona a una profundidad de 19 m.

Se realizaron los debidos ensayos de laboratorio a los que cabe lugar según la normativa vigente del INVIAS y seguido de esto se realizó un análisis de los resultados obtenidos, los cuales son: contenido de humedad con un 72%, gravedad específica de 2,88, granulometría por lavado de tamiz en la cual el 77,36% son finos, por tamizado y por hidrómetro que define un 0,011014 mm de diámetro de partículas, límites de consistencia que presentan un limo arenoso de alta plasticidad, sistema unificado de clasificación de suelos, peso unitario de 0,94 g/cm³, consolidación unidimensional que presenta un asentamiento por consolidación primaria y corte directo que define un ángulo de fricción de 15,21° y cohesión de 0,58 Kg/m².

Además se identificó el perfil estratigráfico mediante la inspección visual a la hora de realizarse el sondeo, determinando que el suelo en su mayoría es de color café amarilloso y es un suelo mal drenado ya que tiene presencia de color gris.

Palabras clave: caracterización, físicas y mecánicas, expansión urbana, perfil estratigráfico.

1. Introducción

Para la ejecución de un proyecto, ya sea tipo vial, infraestructura o hidráulica, se requiere de la realización de un estudio de suelo para determinar si este es apto para la construcción de estos, este estudio debe ser una caracterización físico y mecánica de los suelos y así mismo su respectivo perfil estratigráfico para poder evaluar la viabilidad de dichas obras.

Para poder realizar buenos diseños de cimentaciones y que las estructuras tengan buena funcionalidad y rendimiento, es necesario de un análisis del suelo, ya que este determina factores físicos y mecánicos muy importantes para dichos diseños, algunos de estos pueden ser su textura, estructura, color, permeabilidad y filtración, consistencia, profundidad efectiva, drenaje, porosidad, tamaño, temperatura, la resistencia al corte, ángulo de fricción, cohesión y consolidación, para especificar la capacidad del uso del suelo.

De acuerdo con esta problemática, hay diferentes autores que plantean teorías o definiciones para determinar las características mencionadas anteriormente, de las cuales varias fueron utilizadas para la ayuda del análisis de resultados de los laboratorios realizados.

El departamento de Risaralda tiene un tipo de material que predomina en los suelos, este es la ceniza volcánica que se encuentra en los relieves suaves y en las vertientes escarpadas.

La zona estudiada en la presente investigación está clasificada como zona 3D según información del Área Metropolitana del Centro de Occidente. Está conformada por un relieve semi-plano delimitado localmente por laderas abruptas hacia el río Otún, y en general laderas suaves a moderadas hacia el río Consota. Se caracteriza por tener cenizas volcánicas de 10 a 15 metros de espesor sobre conglomerados de buena cementación hasta una profundidad de 220 metros.

2. Descripción del problema

Según la Secretaría de Planeación Municipal de Pereira, en el Plan de Ordenamiento Territorial (POT, 2016): “Pereira tiene el índice más alto de suelo de expansión sobre suelo urbano en Colombia con más de 1500 hectáreas disponibles, teniendo en cuenta que estos suelos serán utilizados para vivienda, servicios, comercio, industria e Instituciones” (p.20). En virtud a lo anterior, se requiere un estudio que exponga la estratificación de los suelos, sus características físicas y comportamiento mecánico pertenecientes a la zona de expansión urbana del sector de Belmonte Bajo.

2.1 Efectos metodológicos

Se conocerá el comportamiento de los suelos pertenecientes al sector de Belmonte Bajo. Estos estudios brindaran las características que servirán de apoyo para determinar en que se podría emplear el terreno, ya sea en el sector, agrícola, ganadero, constructor, o que incluso resulte que la zona es de alto riesgo.

2.2 Efectos sociales

La investigación está enfocada al sector de Belmonte Bajo y este a su vez es zona de expansión urbana. Al obtener buenos resultados en los estudios, estos servirían de apoyo para la realización de posibles proyectos de vivienda.

2.3 Efectos económicos

El sector se valorizaría y acarrearía la construcción de proyectos de vivienda.

3. Objetivos

3.1 General

Evaluar las condiciones geotécnicas de los suelos pertenecientes a la zona de expansión urbana del municipio de Pereira en la zona 3D, ubicada en el sector de Belmonte Bajo.

3.2 Específicos

- Determinar las propiedades físicas y mecánicas de los suelos pertenecientes al sector de Belmonte Bajo.
- Determinar el perfil estratigráfico representativo de la zona de estudio

4. Marco de referencias

5.1 Marco teórico

5.1.1 Exploración de suelos.

De acuerdo con Juárez y Rico (1999):

Se lleva a cabo con procedimientos sencillos y ahorrativos que ayuden a recopilar la información preliminar más necesaria respecto al suelo, estos datos se pueden obtener mediante pruebas de clasificación, tales como granulometría y límites de plasticidad, accediendo a la posibilidad de poder sacar ideas claras y concisas de los problemas que se han de esperar en cada exploración de suelo en particular, posibilitando programar en forma completa las pruebas requeridas para el logro del cuadro completo de datos del proyecto, examinando todas sus propiedades físicas y mecánicas del suelo para determinar cuáles pueden afectar en la obra y que decisiones tomar ante ellas. (p.613)

Según Sanz (1975):

Un estudio de suelo induce tres etapas distintas y sucesivas:

- Un primer estudio superficial y poco detallado, realizado sobre mapas, documentos o fotos, con la finalidad de dar una idea del conjunto de suelo, de sus características y de localizar las zonas que requerirán un examen más detallado, siendo un estudio económico y fácil de ejecutar.
- Un estudio más profundo realizado sobre el mismo terreno con la ayuda de métodos más complejos, siendo aún un poco imprecisos, por ejemplo: los basados en la resistividad de

los suelos o en los sondeos sísmicos, permitiendo precisar las características de una zona del terreno bastante limitado, situado en el lugar donde se realizará el proyecto.

- Un estudio muy preciso llevado a cabo sobre zonas concretas (emplazamiento de las pilas y de los estribos de un puente, por ejemplo), inducido por sondeos con la toma de muestras llevadas al laboratorio, como consecuencia tiene un elevado costo es preciso limitar esta exploración detallada al mínimo compatible con la seguridad del proyecto.se puede completar con una serie de ensayos in situ, siendo menos costosos que permiten extender a los terrenos vecinos los resultados de los sondeos limitados. (p.90).

Como lo describe Del Castillo y Rico (1974):

El muestreo en los suelos se clasifica según la etapa de la exploración, el tipo de prueba que se puede realizar, tipo de muestra y la cantidad o tamaño de la muestra, en la Tabla 1 se podrá ver detalladamente su clasificación. (p.144).

Tabla 1: Muestreo en suelos.

Etapa de la exploración	Tipo de prueba que se puede realizar	Tipo de muestra	Cantidad o tamaño de la muestra
Reconocimiento exploratorio	-Clasificación visual -Contenido de agua -Límites de plasticidad	representativa	Muestra de posteadora, barreno o de penetrómetros, también de pozo a cielo abierto o zanja
Exploración detallada	-Límites de plasticidad	Representativa	-Alrededor de 1dm ³ -Alrededor de 50 kg

Pruebas menores	-Análisis granulométrico -Peso específico relativo		
	-Contenido de agua -peso específico	- Representativa -bien sellada	Muestras de 5cm de diámetro, se usan con frecuencia mayores, en pozos a cielo abierto suele extraerse muestras de 30 cm de lado
	-compresión simple -prueba directa de esfuerzo cortante	inalterada	Es deseable muestra de 10 cm de diámetro
Exploración detallada	-permeabilidad -consolidación -compresión triaxial	Inalterada	Muestras de 5 cm de diámetro, pero es más conveniente de 10 y 15 cm
Pruebas mayores	-Compresión múltiple -pruebas directas -pruebas especiales de ensayo de corte	inalterada	Muestras de 10 cm de diámetro como mínimo , siendo mejor las de 15 cm y en pozos a cielo abierto

			muestras de 30 o 40 cm de lado
--	--	--	--------------------------------

Fuente: ingeniería de suelos en las vías terrestres

5.1.2 Tipos de sondeos.

Existen diferentes tipos de sondeos según Gonzales (2001):

5.1.2.1 *Sondeo manual.*

Como por ejemplo la sonda Terzaghi, se introduce de forma fácil, rápida y segura, llegando a profundidades de 10 m en terrenos blandos, con un diámetro de 7,5 a 12 cm, las muestras no son inalteradas, siendo un método que se encuentra en desuso.

5.1.2.2 *Sondeos mecánicos.*

Son los más empleados actualmente y alcanzan cualquier profundidad, su diámetro suelo se de 42 mm a 200 mm, se llevan a cabo por persecución, hincas o rotación, dentro de la rotación existen los de barrena y los de corona. (p.124).

5.1.3 Propiedades físicas de los suelos.

Los suelos están compuestos no solo por partículas sólidas, en su interior también se contienen partículas en estado líquido y gaseoso. La interacción de estas mismas, con la materia orgánica y su proporción en el medio es lo que determina sus propiedades físicas. Al conocer las propiedades físicas de un suelo, este se puede catalogar para diferentes fines según lo dicten sus características.

A continuación, se mencionarán las propiedades físicas de los suelos.

5.1.3.1 Textura.

La textura del suelo según Suarez (1979) se refiere : “A las cantidades de partículas de diverso tamaño que contiene el suelo y estas se clasifican de acuerdo con su tamaño en cuatro grupos denominados en orden descendente como grava, arena, limo y arcilla (p.14)”.

¿Cómo se determina en el campo?

Se toma una porción del suelo en la mano, se humedece y se amasa. Se clasifican en las siguientes texturas.

- *Arenoso.*

Las partículas se sienten al tacto y son visibles y si se toma un poco en las manos se aprecia que no hay cohesión entre sus partículas y tiende a desmoronarse.

- *Arcilloso.*

Cuando se toman entre los dedos y se separan en láminas, son moldeables y se pueden formar bolas con él.

- *Limoso.*

Tendrá características intermedias entre arenoso y arcilloso

¿Cómo se determina en el laboratorio?

Mediante un proceso de tamizado para determinar la textura del suelo en estudio, Altterbeg 1912, menciona que estos se clasifican según el diámetro de sus partículas en:

- Arena gruesa 2,0 - 0,2mm
- Arena fina 0,2 - 0,02mm
- Limo 0,02 - 0,002mm

- Arcilla < 0,002mm

5.1.3.2 *Estructura.*

Según De la Rosa (2008): “Las partículas del suelo tienden a agruparse en conglomerados de diferente forma y tamaño que se conocen como agregados y determinan la estructura del suelo (p.201)”.

Según Juárez y Rico (1999) los diferentes tipos de estructura son:

- *Simple.*
Se da cuando las fuerzas que ejerce el campo gravitacional terrestre son evidentemente predominantes en la colocación de las partículas, por lo tanto, es típica de suelos de grano grueso (gravas y arenas limpias).
- *Panaloide.*
Son de granos pequeños <0,002mm los cuales son depositados en un medio continuo ya sea agua o aire. En esta estructura, una partícula se junta con otra antes de llegar al fondo de su medio, neutralizando su peso y permaneciendo suspendidas mediante su electromagnetismo. Al añadirse más se forma una celda con vacíos, de allí su nombre panaloide.
- *Floculenta.*
Mientras se lleva a cabo el proceso de sedimentación entre partículas de diámetros <0,02mm estas al unirse forman grumos de mayor peso, a esta estructura se le llama panaloide de orden superior, tiene alta porosidad, baja resistencia y la unión de sus partículas es electrostática.
- *Compuesta.*

Comprende partículas de todos los tamaños y tipos, que al juntarse forman un esqueleto constituido por granos gruesos y por masas coloides de flóculos que brindan adherencia entre ellos.

- *Castillo de Naipes.*

Está compuesta por minerales laminares los cuales están cargados positivamente en sus aristas y negativamente en sus caras por lo que al atraerse entre sí se forma dicha estructura, esta es inestable.

- *Dispersión*

Las partículas tienen contacto mutuo, cuando se presentan esfuerzos cortantes se disminuyen los ángulos entre laminas dejando así las láminas una sobre otra, pero repelidas por sus cargas electroestáticas. (p.29).

5.1.3.3 *Tamaño.*

Según Sanz (1975):

Los suelos tienen diferentes proporciones de sus elementos constituyentes, por lo que se hace necesaria su clasificación mediante una granulometría la cual consiste en hacer pasar los diferentes tamaños de partículas a través de una serie de mallas que van de mayor a menor luz, siendo retenidas las partículas cuyo tamaño es superior al de la luz del tamiz correspondiente. (p.90).

5.1.3.4 *Color.*

Como menciona Suarez. (1979):

Esta característica sirve como base para el diagnóstico de otras condiciones que influyen en la manera de cómo se utilizara y manejara el suelo en estudio. Por lo general los suelos muestran diversas tonalidades de color pardo y este se aclara a mayor profundidad. (p.17).

Según Hodgson (1987):

El color de un suelo es determinado a partir de las Tablas de Munsell, estas son ocho, las cuales contienen tarjetas de colores. Estos se disponen y clasifican sistemáticamente en tres variables:

- *Tono.*
Este registra su composición espectral, es decir las proporciones de colores que presenta.
- *Valor.*
Es una medida de luminosidad.
- *Croma.*
Indica la intensidad. (p.39).

5.1.3.5 *Porosidad.*

Braja. (2001): “menciona qué es la relación del volumen de vacíos entre el volumen de la muestra de suelo. Es decir:

$$n = \frac{V_V}{V_T} \text{ ” (p.6).}$$

Según Juárez y Rico. (2005) de esta característica se pueden obtener las siguientes variables:

- e (*Relación de vacíos*).

Se denomina relación de vacíos, oquedad o índice de poros a la relación entre el volumen de los vacíos y el de los sólidos de un suelo.

$$e = \frac{V_V}{V_T} \quad (\text{Ecuación 1})$$

- γ (*peso específico*).

Se obtiene al relacionar el peso de las distintas fases con sus volúmenes correspondientes.

Se distinguen los siguientes pesos específicos:

- γ_W (peso específico del agua) = $1g/cm^3$ (Ecuación 2)

- γ_m (peso específico de la masa) = W_m/V_m (Ecuación 3)

- γ_s (peso específico de la fase sólida) = W_s/V_s (Ecuación 4)

- γ_d (peso específico seco) = W_s/V_m (Ecuación 5)

Braja (2001) hace mención de los límites de Atterberg de la siguiente manera:

Limite Líquido (LL): es el porcentaje de humedad en el que el suelo pasa de un estado líquido a un plástico. Este se halla empleando la copa de Casagrande y se establece como la humedad contenida en el suelo tal que al aplicarle 25 golpes se cierra una ranura de 12,7mm

Limite Plástico (LP): es el porcentaje de humedad en el que el suelo pasa de un estado plástico a un semisólido y de un estado semisólido a un sólido. Es el contenido de humedad que hay cuando al formar un rollo de 3,18mm de diámetro este se agrieta.

Índice de Plasticidad (IP): es la diferencia entre el límite líquido y el límite plástico de un suelo. (p.15).

$$IP = LL - LP \quad (\text{Ecuación 6})$$

5.1.3.6 *Profundidad efectiva.*

Fernando Suarez. (1979): “Menciona que se refiere al espesor de las diferentes capas del suelo tal que las raíces puedan penetrar sin mayores obstáculos en busca de agua y de nutrimentos” (p.92).

5.1.3.7 *Consistencia.*

Según Thompson y Troeh, 1988: “Es la cohesión que mantiene unidas las partículas del suelo formando agregados. Dicho de otra manera, es la resistencia del suelo ante deformaciones y rupturas” (p. 85).

5.1.3.8 *Drenaje.*

Salinas y Valencia (1983): “Comentan que se refiere a la frecuencia y duración de periodos en que el suelo está libre de saturación, es decir que en suelos bien drenados el agua es removida rápidamente, y mal drenada cuando se remueva lentamente” (p. 40).

5.1.3.9 *Permeabilidad y filtración.*

La permeabilidad se refiere a la facilidad con la cual el fluido puede fluir a través de los poros en el suelo, esta se mide en metros cuadrados. Por otro lado, la filtración se refiere a la tasa a la cual el fluido se mueve a través de una masa de tierra, esta se mide en metros por segundo

5.1.4 Propiedades mecánicas de los suelos.

5.1.4.1 Resistencia al corte.

Según Crespo (2004):

Los suelos al ser sometidos a cargas se comportan como materiales elásticos, aunque en ciertos casos las deformaciones resulten ser anormales, se hace necesario tener en cuenta la plasticidad del suelo para la realización de cálculos.

Un suelo sometido a un esfuerzo cortante tiende a desplazar las partículas que lo componen entre sí.

A continuación, se hará mención de los parámetros de resistencia al corte.

- *Ensayo de compresión simple o no confinada.*

Se coloca una muestra de suelo cilíndrica de relación altura-diámetro 2 a 3 en la máquina de compresión simple, se le aplica una carga a una velocidad tal que haga comprimir el espécimen a una razón de 0,5 a 1,0% de su altura por minuto, de tal manera que se detectara el punto de falla cuando el micrómetro de deformación vertical baje la velocidad, se pare y titubee y baje mientras se le aplica la carga. Esta carga apoyada de la curva de calibración del aparato dividida entre el Área corregida indicara el esfuerzo unitario de ruptura.

- *Ensayo de corte directo.*

La muestra inalterada se coloca en el interior de una maquina ideada por Casagrande y se somete a un esfuerzo tangencial τ y a una carga P . Haciendo variar las cargas P , se van observando los correspondientes esfuerzos de ruptura τ y von esos valores se traza la envolvente

de los círculos de Mohr que dará a conocer el valor de c , ordenada en el origen, y el ángulo ϕ de inclinación de la línea.

5.1.4.2 *Ángulo de fricción.*

Según Crespo Villalaz (1976):

El ángulo de fricción o de rozamiento interno es un valor de convenio introducido para simplificar y se le considera constante, aunque no lo es, el ángulo de fricción interna depende de la uniformidad de las partículas del suelo, del tamaño y forma de los granos y de la presión normal. (p. 170).

5.1.4.3 *Cohesión.*

La cohesión se puede definir como la adherencia de las partículas del suelo debida a la atracción entre ellas en virtud de las fuerzas moleculares.

La cohesión de un suelo y el ángulo de fricción interna, componentes del esfuerzo del corte del mismo, pueden obtenerse de diferentes maneras, y entre ellas figuran: a) por medio del aparato de corte directo ideado por Arthur Casagrande, y b) por la prueba de compresión triaxial. En el caso de las arcillas, la determinación de esfuerzo de corte de las mismas puede determinarse, además, con la prueba de compresión axial no confinada o con la prueba de la veleta.

5.1.4.4 *Consolidación.*

Como comenta Braja (2001):

Es la reducción del volumen de los suelos debido al incremento del esfuerzo generado por la construcción de cimentaciones u otras cargas que comprimen los estratos del suelo. La

compresión puede ser causada por la deformación de las partículas del suelo, reacomodo de las partículas del suelo o expulsión de agua o aire de los espacios vacíos.

Se divide en tres categorías:

- *Asentamiento inmediato.*

Este es generado debido a la deformación elástica de suelos secos, húmedos y saturados sin experimentar cambio alguno en su contenido de agua.

- *Asentamiento por consolidación primaria.*

Ocasionado por la expulsión del agua que ocupa los espacios vacíos en suelos saturados cohesivos cambiando así su volumen.

- *Asentamiento por consolidación secundaria.*

Este viene después del asentamiento por consolidación primaria con un esfuerzo efectivo constante. Se ve en los suelos saturados cohesivos y es debido al ajuste plástico de la estructura del suelo.

Para la determinación de estos valores se realiza la siguiente prueba:

5.1.4.5 Prueba de consolidación unidimensional en laboratorio.

Propuesta por Terzagui, este se realiza en un consolidómetro en donde se introduce una muestra de suelo en un anillo metálico entre dos piedras porosas. Por lo general las muestras están entre 63,5mm de diámetro y 25,4mm de espesor. Se le aplica una sobrecarga mediante un brazo de palanca y la compresión se mide a través de un micrómetro calibrado. La muestra permanece sumergida en agua durante la prueba. Cada carga se mantiene por 24 horas. Después se aumenta la presión y se realizan nuevas lecturas. Al final se determina el peso seco de la muestra. (p.151).

5.2 Marco legal

Tabla 2: Normas y Descripciones

Norma	Descripción
<p><i>Obtención de muestras de suelo mediante tubos de pared delgada.</i></p> <p>INV E – 105 – 13</p>	<p>Esta norma presenta un procedimiento para el uso de un tubo metálico de pared delgada para la obtención de muestras relativamente inalteradas de suelos, apropiadas para realizar sobre ellas pruebas de laboratorio destinadas a establecer las propiedades empleadas en los estudios y diseños de ingeniería, tales como resistencia, compresibilidad, permeabilidad y densidad.</p>
<p><i>Ensayo normal de penetración (spt) y muestreo de suelos con tubo partido.</i></p> <p>INV E – 111 – 13</p>	<p>Este método describe el procedimiento conocido como Ensayo Normal de Penetración (Standard Penetration Test – SPT), el cual consiste en conducir un muestreador de tubo partido dentro del suelo para obtener muestras alteradas representativas con fines de identificación, y medir la resistencia del suelo a la penetración del muestreador.</p>
<p><i>Descripción e identificación de suelos (procedimiento visual y manual).</i></p> <p>INV E – 102 – 13</p>	<p>Esta norma describe un procedimiento para identificar suelos con base en el sistema unificado de clasificación de suelos (SUCS). La identificación se hace mediante un examen visual y ensayos manuales, condición que se debe indicar claramente al elaborar el respectivo informe.</p>

<p><i>Determinación en el laboratorio del contenido de agua (humedad) de muestras de suelo, roca y mezclas de suelo –agregado.</i></p> <p>INV E – 122 – 13</p>	<p>Esta norma se refiere a la determinación en el laboratorio del contenido de agua (humedad), por masa, de suelo, roca, y mezclas de suelo-agregado.</p>
<p><i>Determinación de los tamaños de las partículas de los suelos.</i></p> <p>INV E – 123 – 13</p>	<p>Esta norma se refiere a la determinación cuantitativa de la distribución de los tamaños de las partículas de un suelo. La distribución de las partículas mayores de 75 μm (retenidas en el tamiz No. 200) se determina por tamizado, mientras que la distribución de los tamaños de las partículas menores de 75 μm se determina por un proceso de sedimentación empleando un hidrómetro.</p>
<p><i>Determinación del límite líquido de los suelos</i></p> <p>INV E – 125 – 13</p>	<p>Esta norma se refiere a la determinación del límite líquido de los suelos.</p>
<p><i>Límite plástico e índice de plasticidad de los suelos.</i></p> <p>INV E – 126 – 13</p>	<p>Esta norma de ensayo se refiere a la determinación del límite plástico y del índice de plasticidad de los suelos</p>

<p><i>Determinación de la gravedad específica de las partículas sólidas de los suelos y de la llenante mineral, empleando un picnómetro con agua.</i></p> <p>INV E – 128 – 13</p>	<p>Esta norma de ensayo se utiliza para determinar la gravedad específica de los suelos que pasan el tamiz de 4.75 mm (No. 4) y de la llenante mineral de las mezclas asfálticas (filler), empleando un picnómetro.</p>
<p><i>Permeabilidad de suelos granulares (cabeza constante).</i></p> <p>INV E – 130 – 13</p>	<p>Este método de ensayo describe un procedimiento para determinar el coeficiente de permeabilidad mediante un método de cabeza constante para el flujo laminar de agua a través de suelos granulares.</p>
<p><i>Relaciones humedad – Peso unitario seco en los suelos (ensayo modificado de compactación).</i></p> <p>INV E – 142 – 13</p>	<p>Los siguientes métodos de ensayo se emplean para determinar la relación entre la humedad y el peso unitario seco de los suelos (curva de compactación) compactados en un molde de 101.6 o 152.4 mm (4 o 6") de diámetro, con un martillo de 44.48 N (10 lbf) que cae libremente desde una altura de 457.2 mm (18"), produciendo una energía de compactación aproximada de 2700 kN–m/m³ (56 000 lbf–pie/pie³).</p>

<p><i>Determinación de los valores de equilibrio de la masa unitaria (densidad) seca y de la humedad de un suelo de subrasante.</i></p> <p>INV E – 146 – 13</p>	<p>Esta norma establece el procedimiento a seguir para determinar la masa unitaria seca (densidad seca) de equilibrio y la humedad de equilibrio de los suelos de subrasante.</p>
<p><i>Análisis granulométrico de los agregados grueso y fino.</i></p> <p>INV E – 213 – 13</p>	<p>Este método de ensayo tiene por objeto determinar cuantitativamente la distribución de los tamaños de las partículas de los agregados grueso y fino de un material, por medio de tamizado.</p>
<p><i>Compresión inconfínada en muestras de suelos.</i></p> <p>INV E – 152 – 13</p>	<p>Esta norma describe el ensayo para determinar la resistencia a la compresión no confinada de suelos cohesivos, mediante la aplicación de una carga axial con control de deformación. El ensayo se puede realizar sobre muestras inalteradas, remodeadas o compactadas.</p>
<p><i>Ensayo de corte directo en condición consolidada drenada (cd.)</i></p> <p>INV E – 154 – 13</p>	<p>Esta norma tiene por objeto establecer el procedimiento de ensayo para determinar la resistencia al corte de una muestra de suelo consolidada y drenada, empleando el método de corte directo. La prueba se lleva a cabo deformando una muestra a</p>

	velocidad controlada, cerca de un plano de corte determinado por la configuración del aparato de ensayo.
<i>Consolidación unidimensional de suelos.</i> INV E – 151 – 13	Esta norma describe el procedimiento para determinar la magnitud y la velocidad de consolidación de muestras de suelos mediante una prueba de laboratorio en la cual se permite el drenaje axial de especímenes confinados lateralmente, mientras se someten a incrementos de carga con esfuerzo controlado.

Fuente: Propia

5.3 Marco de antecedentes

Luna Zambrano (1972) del departamento agrologico, instituto geográfico Agustín Codazzi, Bogotá Colombia, realizó una investigación sobre la caracterización físico- química de algunos suelos volcánicos del departamento del Cauca:

Estos suelos presentan características físicas y químicas especiales, dependientes de la naturaleza o composición de la ceniza, de las condiciones o modo de deposición de la misma, del clima, la topografía y el tiempo comprendido entre la deposición de la ceniza y su evolución hasta el estado actual, también presenta características morfológicas y los componentes minerales de las fracciones arena y arcillas provenientes de los mismos suelos. El método utilizado del trabajo de campo para la descripción de perfiles sale de la información consignada en el Soil Survey Manual U.S.D.A (1951) y el análisis físico químico según Silva et al (1963). Estos suelos estudiados son relativamente poco desarrollados, ricos en materia orgánica, pobres en bases intercambiales y

ácidos. Las arenas presentan dos asociaciones como premio de piroxeno. Vidrio volcánico, material de aspecto vitrio y feldespatos. (p279).

Blasco (1969) realizó un estudio sobre las propiedades químicas de los suelos derivados de cenizas volcánicas de Nariño, Colombia:

Para la caracterización se tomaron diferentes perfiles repartidos en las distintas formaciones vegetales comprendidas entre Tumaco y el Volcán Galeras, los métodos empleados para el análisis general de los suelos fue la descrita por Jackson: pH (relación 1:1), nitrógeno (Kjeldahi), carbono orgánico (Walkley-Black), capacidad catiónica de cambio (acetato de amonio) y la textura se determinó por el método del hidrómetro de Bouyoucos. Se encontraron que estos suelos son ácidos con un promedio generalizado de pH. 5.66, un promedio máximo de contenido de materia orgánica de 10.85%. (p.b.8.1). La investigación de la Comparación de métodos de análisis mecánico de suelos realizada por León. (2001) como su nombre lo indica, hace una comparación lo más amplia posible de las metodologías de análisis mecánico de suelos:

Para su procedimiento se hizo una comparación entre el método modificado de Day, el de la pipeta y el Internacional; se consideraron los tratamientos con agua oxigenada, ultrasonido, disolución de alófano y de los dispersantes, metasilicato-oxalato, hexametáfosfato de sodio y nitrato de circonio; se trabajó con seis suelos con características físicas y químicas contrastantes. Para el análisis estadístico, se consideraron como variables dependientes los porcentajes de arcilla y arena; la arena resultó la variable dependiente más consistente, con un coeficiente de variación de 13.23%. Los resultados obtenidos muestran que las metodologías agrupadas de mayor a menor precisión fueron: Internacional, pipeta y Bouyoucos-Day y que la metodología de análisis mecánico de suelos, que mejores

perspectivas ofrece para los laboratorios de servicio como los de la República Mexicana, es la de Bouyoucos-Day, aún sin el gabinete de sedimentación. (P.40)

6. Metodología

6.1 Enfoque de la investigación y tipo de estudio

La investigación presenta un enfoque de tipo cuantitativo. “Es secuencial y probatorio. Cada etapa precede a la siguiente y no podemos “brincar” o eludir pasos. El orden es riguroso, aunque desde luego, podemos redefinir alguna fase. Parte de una idea que va acotándose y, una vez delimitada, se derivan objetivos y preguntas de investigación” (Sampieri, 2014, p.4). Consiguiente a las preguntas se establecen hipótesis y las variables a determinar; se plantea un proceso para demostrarlas; se miden las variables; se analizan estadísticamente, y se obtienen las debidas conclusiones.

Por otro lado esta investigación es de tipo descriptivo. Sampieri (2014) afirma. “Únicamente pretenden medir o recoger información de manera independiente o conjunta sobre los conceptos o las variables a las que se refieren, esto es, su objetivo no es indicar cómo se relacionan éstas” (p.92). Este alcance trata inquirir definir las propiedades o las características que sean sometidas bajo un análisis.

6.2 Matriz de diseño metodológico

Tabla 3: *Matriz de diseño metodológico*

OBJETIVOS ESPECÍFICOS	ACTIVIDADES	METODO DE ANÁLISIS
1. Estudiar las propiedades físicas y mecánicas de los suelos pertenecientes al sector de Belmonte Bajo, tales como su textura,	*Delimitación geográfica de las zonas de expansión urbanas de Pereira. *Realizar el sondeo para la	* Análisis de resultados mediante graficas estadísticas y

estructura, color, permeabilidad, consistencia, profundidad efectiva, drenaje, porosidad, tamaño, temperatura, filtración, la resistencia al corte, ángulo de fricción, cohesión y consolidación, para especificar la capacidad del uso del suelo.	toma de muestras alteras e inalteradas. *Elaborar los ensayos de laboratorio bajo la normatividad correspondiente.	comparación con datos comunes.
2. Determinar el perfil estratigráfico representativo de la zona de estudio.	* Exploración geotécnica *Recuperación de las muestras alteraras e inalteradas.	*Observación directa en el campo *Comparación con la tabla de colores de los suelos.

Fuente: Propia

6.3 Fases de la investigación

6.3.1 Fase 1: Delimitación geográfica de estudio.

El sondeo se realizara en Colombia en la ciudad de Pereira, perteneciente al departamento de Risaralda como se indica en la Figura 1.

Específicamente, el sitio de estudio se encuentra en el sector de Belmonte Bajo, el cual se encuentra localizado en el suelo de expansión urbana del occidente del municipio de Pereira, entre el conjunto residencial Mukava del Viento y el centro comercial Portal de Cerritos. En la Figura 2Figura 2 se presenta la ubicación del sector en la ciudad de Pereira.

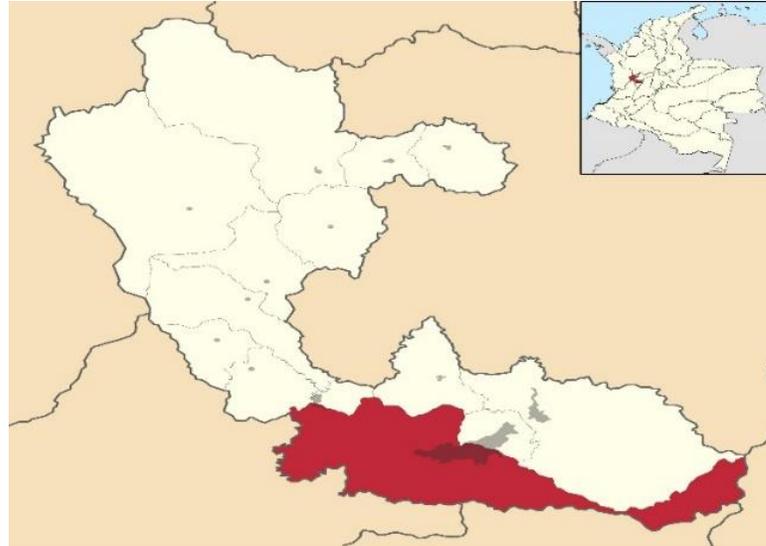


Figura 1: Mapa del Municipio de Pereira, Risaralda (Colombia)
Fuente: Wikipedia 2018



Figura 2: Ubicación satelital del sitio de estudio

Fuente: Google Earth 23-11-2018

6.3.2 Fase 2: Síntesis de la información del Plan de Ordenamiento Territorial

El suelo de expansión urbana estará destinado para la implementación de infraestructura, de vivienda, sistema vial, servicios públicos domiciliarios, áreas libres, parques y espacio público en general.

Como la localización del sondeo se encuentra en la zona 3D, visualizada en la Figura 3, se espera de que los resultados obtenidos de esta investigación lleguen a tener similitud con los del perfil estratigráfico que indica la Microzonificación sísmica de Pereira para este sector (Cenizas volcánicas de 20 a 25m).



Figura 3: Zonas de expansión urbana del municipio de Pereira sector Belmonte Bajo.

Fuente: CARDER, abril 1999.

6.3.3 Fase 3: Campo

6.3.1.1 Exploración geotécnica

En noviembre 22 del 2017 se procedió a realizar el sondeo mediante el método SPT (Standard Penetration Test). Una vez ubicado el punto de estudio, se dio inicio a la perforación de la siguiente manera; se adecuo el terreno despejando el punto de perforación para que pudiera introducirse el barreno, este se manipulo de manera manual según la Figura 4, y a medida de que este iba extrayendo tierra, se limpiaba para sacar los residuos, posteriormente se introducirá el tubo Shelby para extraer las muestras inalteradas, y consecuente a esto se sacaba la siguiente muestra mediante el tubo partido para muestras alteradas.



Figura 4: Inserción del barreno con operación manual

Fuente: Propia

- Ensayos de campo.

Mediante el método visual se determinó el perfil estratigráfico del suelo, este se iba determinando a medida que se extraía el barreno de la perforación y se hacía un análisis cualitativo del estado de los residuos.

6.3.1.2 Extracción y *cuidado de muestras.*

Una vez extraídas las muestras inalteradas estas se llevaron al laboratorio y se dejaron en un lugar aislado para que permanecieran intactas durante un día. Al siguiente día, se extrajeron las muestras inalteradas para su posterior empaquetada y así garantizar que estas no perdieran humedad hasta el momento de realizarles los debidos ensayos.

6.3.1.3 *Ensayos de laboratorio.*

Consiste en la caracterización estratigráfica, física y mecánica del suelo en estudio al cual se le realizaran los siguientes ensayos:

- Caracterización física del suelo
 - *Contenido de humedad*
 - *Granulometría por lavado de tamiz*
 - *Granulometría por tamizado*
 - *Gravedad específica pasante tamiz No. 4*
 - *Granulometría por hidrómetro*
 - *Límite líquido, límite plástico e índice de plasticidad*
 - *Sistema unificado de clasificación de suelos*

- Caracterización mecánica del suelo
 - *Peso unitario*
 - *Compresión inconfiada*
 - *Consolidación*
 - *Corte directo*

Para fines académicos y de rendimiento de muestras, estas se distribuyeron entre los ensayos para muestras alteradas e inalteradas extraídas en el sondeo.

En la Tabla 4 y Tabla 5 se muestran los ensayos realizados de las muestras alteradas e inalteradas respectivamente según las profundidades establecidas.

Tabla 4: *Ensayos a realizados de muestras alteradas*

N° MUESTRA	PROFUNDIDAD (m)	CONTENIDO DE HUMEDAD	GRANULOMETRÍA POR LAVADO	GRAVEDAD ESPECÍFICA	GRANULOMETRÍA POR TAMIZADO	GRANULOMETRÍA POR HIDROMETRO	LÍMITES DE ATTERBERG	SISTEMA UNIFICADO DE CLASIFICACIÓN DE SUELOS
1	0.5-1.0	X	x	X	X	x	x	x
2	1.0-1.5							
3	1.5-2.0	X	x	X	X	x	x	x
4	2.0-2.5	X	x	X	X	x	x	x
5	2.5-3.0							
6	3.0-3.5	X	x	X	X	x	x	x
7	3.5-4.0	X	x	X	X	x	x	x

8	4.0-4.5							
9	4.5-5.0	X	x	X	X	x	x	x
10	5.0-5.5	X	x	X	X	x	x	x
11	5.5-6.0							
12	6.0-6.5	X	x	X	X	x	x	x
13	6.5-7.0	X	x	X	X	x	x	x
14	7.0-7.5							
15	7.5-8.0	X	x	X	X	x	x	x
16	8.0-8.5	X	x	X	X	x	x	x
17	8.5-9.0							
19	9.0-11.0	X	x	X	X	x	x	x
20	11.0-11.5							
21	11.5-12.0	X	x	X	X	x	x	x
22	12.0-12.5	X	x	X	X	x	x	x
23	12.0-12.5							
24	12.5-13.0	X	x	X	X	x	x	x
25	13.5-14.0	X	x	X	X	x	x	x
26	14.0-14.5							
27	14.5-15.0	X	x	X	X	x	x	x
28	15.0- 15.50	X	x	X	X	x	x	x
29	15.5-16.0							

30	16.0- 16.50	X	x	X	X	x	x	x
31	16.5-17.0	X	x	X	X	x	x	x
32	17.0-17.5							
33	17.5-18.0	X	x	X	X	x	x	x
34	18.0-18.5	X	x	X	X	x	x	x
35	18.5-19.0							

Fuente: Propia

Tabla 5: Ensayos a realizados de muestras inalteradas

N° MUESTRA	PROFUNDIDAD (m)	CONTENIDO DE HUMEDAD	GRANULOMETRÍA POR LAVADO DE TAMIZ	GRAVEDAD ESPECÍFICA PASANTE	GRANULOMETRÍA POR TAMIZADO	GRANULOMETRÍA POR HIDROMETRO	LÍMITES DE ATTERBERG	SISTEMA UNIFICADO DE CLASIFICACIÓN DE SUELOS
1	0.5-1.0							
2	1.0-1.5	X	X	x	X	x	x	x
3	1.5-2.0							
4	2.0-2.5							
5	2.5-3.0	X	X	x	X	x	x	x
6	3.0-3.5							
7	3.5-4.0							
8	4.0-4.5	X	X	x	X	x	x	x

9	4.5-5.0							
10	5.0-5.5							
11	5.5-6.0	X	X	x	X	x	x	x
12	6.0-6.5							
13	6.5-7.0							
14	7.0-7.5	X	X	x	X	x	x	x
15	7.5-8.0							
16	8.0-8.5							
17	8.5-9.0	X	X	x	X	x	x	x
19	9.0-11.0							
20	11.0-11.5	X	X	x	X	x	x	x
21	11.5-12.0							
22	12.0-12.5							
23	12.0-12.5	X	X	x	X	x	x	x
24	12.5-13.0							
25	13.5-14.0							
26	14.0-14.5	X	X	x	X	x	x	x
27	14.5-15.0							
28	15.0-15.50							
29	15.5-16.0	X	X	x	X	x	x	x
30	16.0-16.50							
31	16.5-17.0							

32	17.0-17.5	X	X	x	X	x	x	x
33	17.5-18.0							
34	18.0-18.5							
35	18.5-19.0	X	X	x	X	x	x	x

Fuente: Propia

6.3.1.4 Análisis de resultados en función de los objetivos

Una vez realizadas las fases correspondientes al trabajo de campo, donde se definió el lugar del sondeo, su extracción para su posterior cuidado de las muestras. Los debidos ensayos de laboratorio, donde se obtuvieron los diferentes parámetros que identifican el estado del suelo, se procede a realizar el análisis de resultados

En base al software de Microsoft Excel se procesaron los datos y se obtuvieron los resultados mediante diversas formulaciones implícitas en el programa. Los resultados se presentan en tablas dinámicas y gráficos estadísticos según el ensayo correspondiente

6.3.1.5 Informe Final

Una vez sistematizados los resultados obtenidos de las muestras de laboratorio se procedió a evaluar a la luz de los objetivos específicos que se propusieron en esta investigación, los cuales fueron; determinar las propiedades físicas y mecánicas de los suelos pertenecientes al sector de Belmonte Bajo y determinar el perfil estratigráfico representativo de la zona de estudio para así establecer las conclusiones finales. Resultados.

Ya finalizada la fase 1 y 2, se definen los resultados de los datos obtenidos en los ensayos de laboratorio ya mencionados anteriormente y regulados bajo la norma INVIAS-13 y la NTC.

Para el procesamiento de las memorias de cálculo, tablas y gráficos de dichos laboratorios, se utiliza el programa de Microsoft Excel que se podrá visualizar en el documento de Anexos.

A continuación, se muestran solo los resultados obtenidos de estos ensayos por medio de tablas correspondientes a los numerales descritos de la fase 2. Además, se analizan detalladamente los resultados obtenidos. Por otro lado, la información que se arroja serán las conclusiones de dichos resultados, llevando a cabo un análisis de forma clara por medio de gráficas.

7. Resultados

7.1 Determinación de las propiedades físicas y mecánicas de los suelos

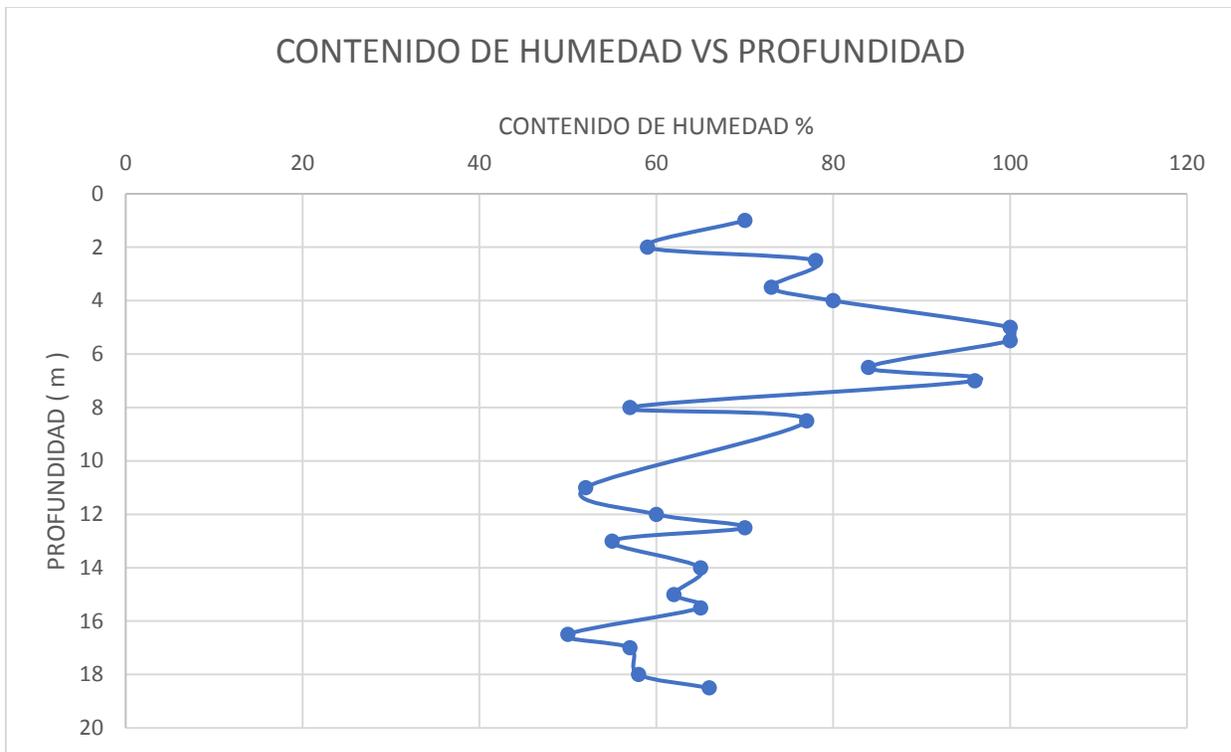
7.1.1 Contenido de humedad

En la **Tabla 6** se presentan los resultados obtenidos en el laboratorio del ensayo de contenido de humedad del suelo de Belmonte Bajo.

Tabla 6: *Resultados de contenido de humedad*

N° MUESTRA	PROFUNDIDAD (m)	CONTENIDO DE HUMEDAD (%)
1	0.5-1.0	70
3	1.5-2.0	59
4	2.0-2.5	78
6	3.0-3.5	73
7	3.5-4.0	80
9	4.5-5.0	100
10	5.0-5.5	100
12	6.0-6.5	84
13	6.5-7.0	96
15	7.5-8.0	57
16	8.0-8.5	77
19	9.0-11.0	52
21	11.5-12.0	60
22	12.0-12.5	70
24	12.5-13.0	55
25	13.5-14.0	65
27	14.5-15.0	62
28	15.0-15.50	65
30	16.0-16.50	50
31	16.5-17.0	57
33	17.5-18.0	58
34	18.0-18.5	66

Fuente: Propia



Gráfica 1: *Profundidad vs Contenido de humedad natural*

Fuente: Propia

Se determina en la Gráfica 1 que el suelo posee diferentes contenidos de humedad según su profundidad: hasta los 4 primeros metros se promedia un contenido de humedad del 72%, de los 4 metros a los 7 metros asciende al 95% lo cual puede indicar que en este estrato de suelo se pueden tener corrientes de agua subterránea y de los 7 metros a los 19 metros desciende al 61%.

- Porosidad

Se determina por medio del contenido de humedad el porcentaje de porosidad, el cual es del 40 % siendo un valor entre medio y bajo.

7.1.2 Granulometría por lavado de tamiz

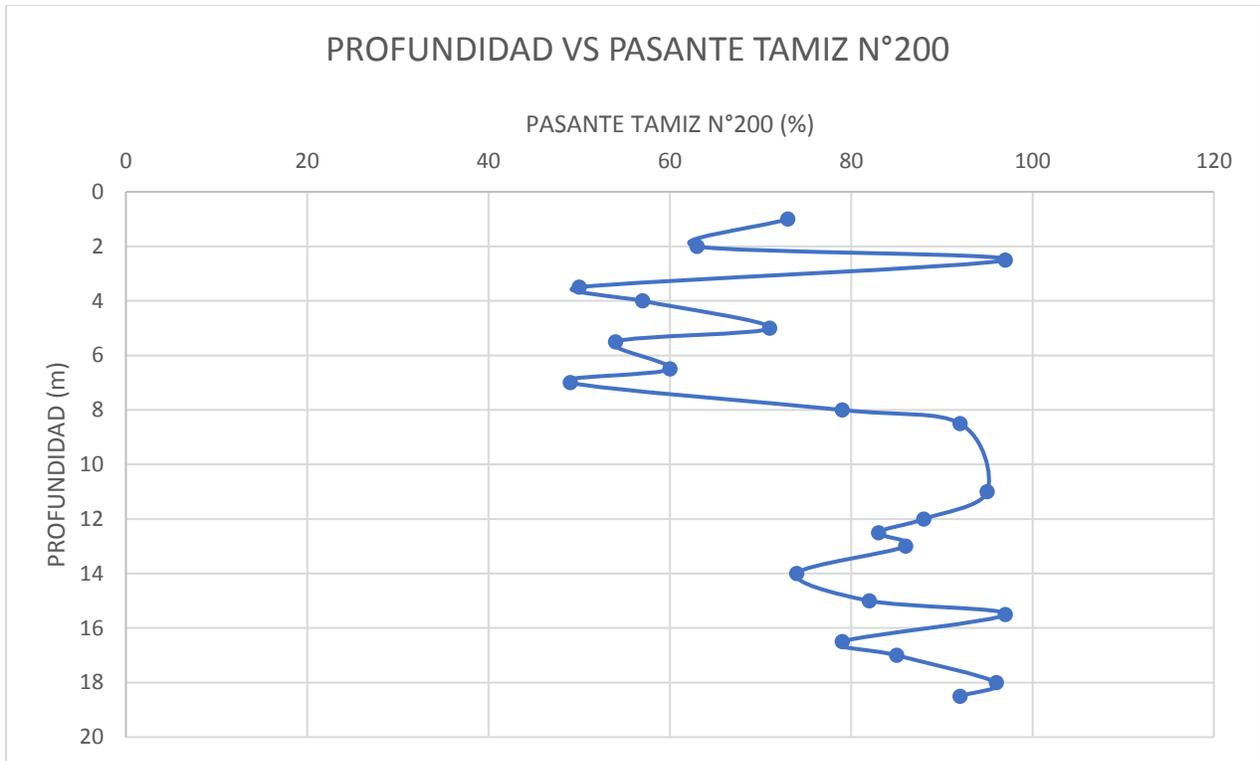
En la **¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.** se presentan los resultados obtenidos en el laboratorio del ensayo de granulometría por lavado de tamiz del suelo de Belmonte Bajo.

Tabla 7: Resultados de granulometría por lavado

N° MUESTRA	PROFUNDIDAD (m)	PORCENTAJE DE FINOS (%)
1	0.5-1.0	73
3	1.5-2.0	63
4	2.0-2.5	97
6	3.0-3.5	50
7	3.5-4.0	57
9	4.5-5.0	71
10	5.0-5.5	54
12	6.0-6.5	60
13	6.5-7.0	49
15	7.5-8.0	79
16	8.0-8.5	92
19	9.0-11.0	95
21	11.5-12.0	88
22	12.0-12.5	83
24	12.5-13.0	86
25	13.5-14.0	74
27	14.5-15.0	82
28	15.0-15.50	97
30	16.0-16.50	79
31	16.5-17.0	85
33	17.5-18.0	96
34	18.0-18.5	92

Fuente: Propia

Según los diferentes ensayos realizados, se determina que todos los suelos analizados son arenas o gravas arcilla limosas como se puede observar en la Gráfica 2.



Gráfica 2: *Profundidad vs Pasante tamiz N° 200*

Fuente: Propia

Teniendo en cuenta la Gráfica 2, se observa que a profundidad de 1 metro a 3 metros el suelo tiene un aumento de granos finos como lo son los limos y las arcillas, de 3 metros a 7 metros tiene un aumento de grano arenoso y en el resto de su profundidad vuelve a tener un suelo de granos finos como en la parte superficial del mismo.

Se analiza de la **¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.**, donde la mayoría del suelo ensayado está compuesto de material fino y la arena retenida de este, es muy poca, con un promedio aproximado del 22,64%.

7.1.3 Granulometría por tamizado

En la **¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.** se presentan los resultados obtenidos en el laboratorio del ensayo de granulometría por tamizado del suelo de Belmonte Bajo

Tabla 8: *Resultados de granulometría por tamizado*

N° MUESTRA	PROFUNDIDAD (m)	% PASA					
		TAMIZ N°4	TAMIZ N°10	TAMIZ N°20	TAMIZ N°40	TAMIZ N°100	TAMIZ N°200
1	0.5-1.0	99	99	99	96	53	3
	1.5-2.0	100	100	9	91	45	1
4	2.0-2.5	100	98	97	90	53	1
6	3.0-3.5	100	100	100	90	37	1
7	3.5-4.0	100	100	99	91	40	1
9	4.5-5.0	100	100	99	96	50	2
10	5.0-5.5	100	100	97	85	39	2
12	6.0-6.5	100	99	94	76	28	0
13	6.5-7.0	100	97	87	70	28	1
15	7.5-8.0	100	100	83	24	5	0
16	8.0-8.5	100	94	82	58	23	1
19	9.0-11.0	100	94	81	62	25	1
21	11.5-12.0	100	98	94	81	34	0
22	12.0-12.5	100	99	74	2	8	0
24	12.5-13.0	100	100	83	49	17	1
25	13.5-14.0	100	100	89	57	16	1
27	14.5-15.0	100	100	99	81	43	4
28	15.0-15.50	100	97	90	71	32	1
30	16.0-16.50	100	85	6	42	17	3
31	16.5-17.0	100	95	75	49	16	0
33	17.5-18.0	100	97	92	76	33	1
34	18.0-18.5	100	94	80	57	23	1

Fuente: Propia

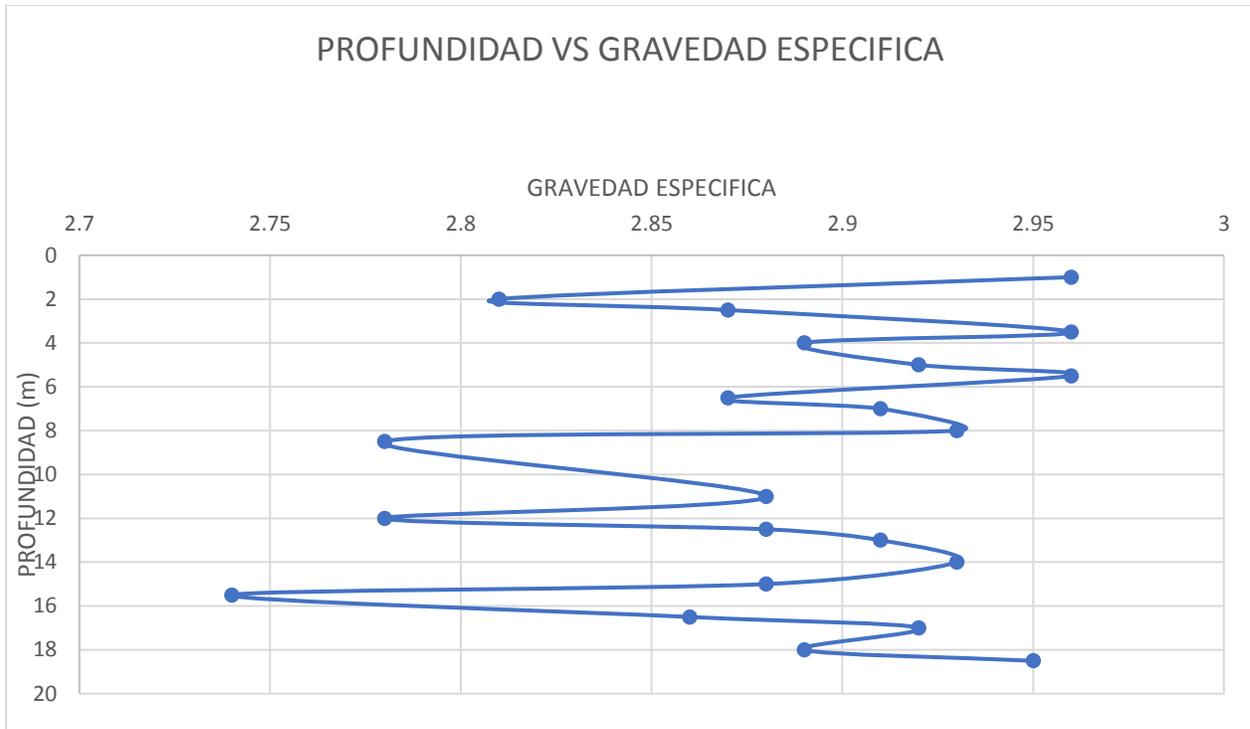
7.1.4 Gravedad específica del pasante tamiz N°4

En la **¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.** se presentan los resultados obtenidos en el laboratorio del ensayo de gravedad específica del pasante tamiz N°4 del suelo de Belmonte Bajo.

Tabla 9: *Resultados de gravedad específica del pasante del tamiz N°4*

N° MUESTRA	PROFUNDIDAD (m)	GRAVEDAD ESPECIFICA A 20°C
1	0.5-1.0	2,99
3	1.5-2.0	2,81
4	2.0-2.5	2,87
6	3.0-3.5	2,96
7	3.5-4.0	2,67
9	4.5-5.0	2,92
10	5.0-5.5	2,96
12	6.0-6.5	2,87
13	6.5-7.0	2,91
15	7.5-8.0	2,93
16	8.0-8.5	2,78
19	9.0-11.0	2,88
21	11.5-12.0	2,78
22	12.0-12.5	2,88
24	12.5-13.0	2,91
25	13.5-14.0	2,93
27	14.5-15.0	2,88
28	15.0-15.50	2,74
30	16.0-16.50	2,86
31	16.5-17.0	2,92
33	17.5-18.0	2,89
34	18.0-18.5	2,95

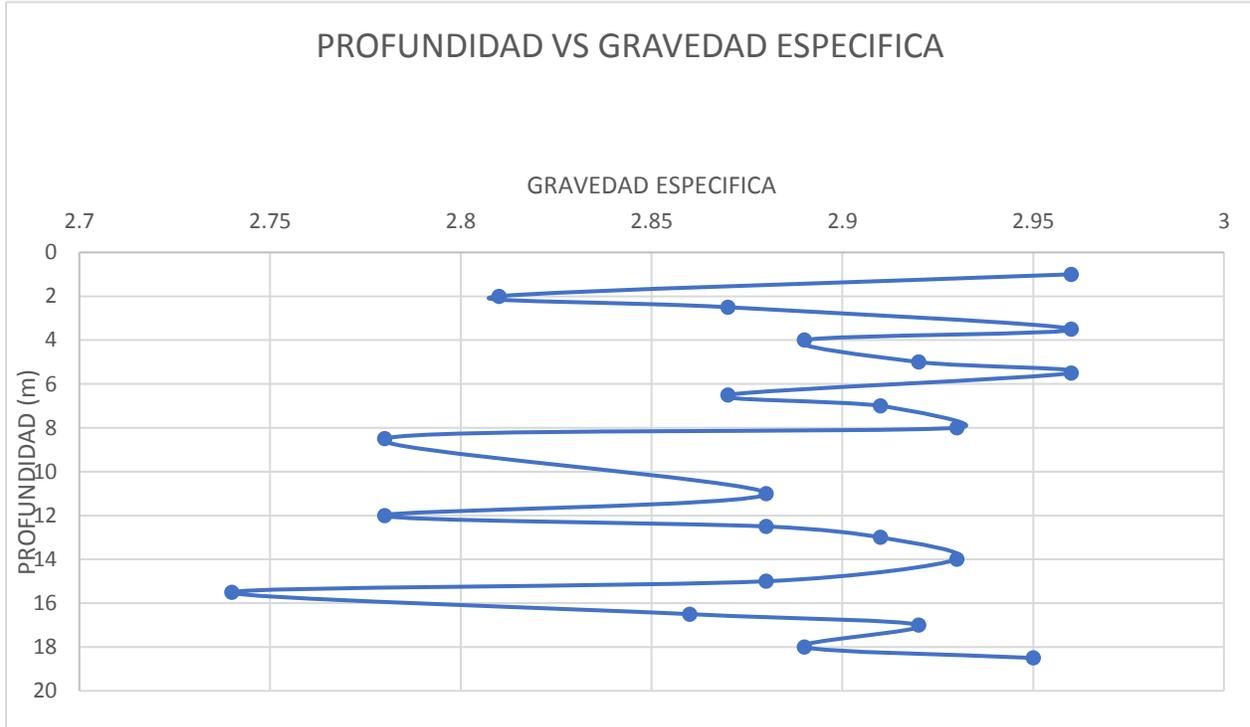
Fuente: Propia



Gráfica 3: Profundidad vs Gravedad especifica

Fuente: Propia

Se concluye de la



Gráfica 3 que el promedio de gravedad específica del suelo es de 2,88, su gravedad con una desviación estándar del 0,0037.

7.1.5 Granulometría por Hidrómetro

En la **¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.** se presentan los resultados obtenidos en el laboratorio del ensayo de granulometría por Hidrómetro del suelo de Belmonte Bajo.

Tabla 10: *Resultados de granulometría por hidrómetro*

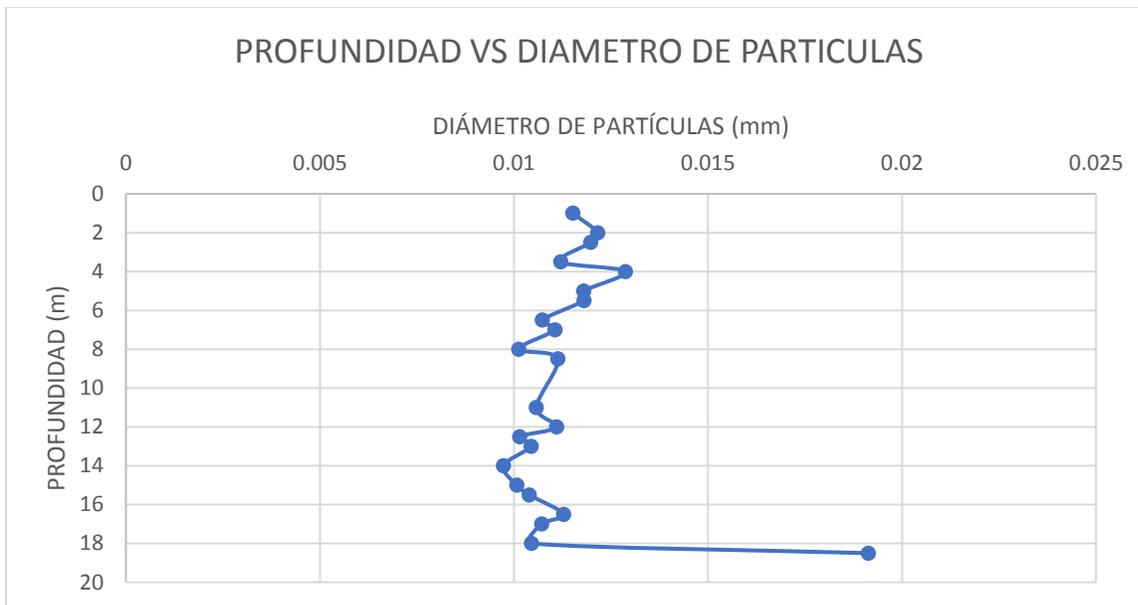
N° MUESTRA	PROFUNDIDAD (m)	TIEMPO (min)	DIAMETRO PARTICULAS (mm)	DE	% QUE PASA
1	0.5-1.0	2 min	0,0308050		30
		5 min	0,0198352		24
		15 min	0,0116517		18
		30 min	0,0083226		15
		60 min	0,0058850		15
		250 min	0,0029022		12
		1440 min	0,0012284		9
3	1.5-2.0	2 min	0,0326109		30
		5 min	0,0206583		27
		15 min	0,0122655		18
		30 min	0,0088691		12
		60 min	0,0062714		12
		250 min	0,0031352		12
		1440 min	0,0012855		9
4	2.0-2.5	2 min	0,0321627		27
		5 min	0,0207041		21
		15 min	0,0120774		18
		30 min	0,0085400		18
		60 min	0,0061000		15
		250 min	0,0030082		12
		1440 min	0,0012755		12
6	3.0-3.5	2 min	0,0300699		39
		5 min	0,0191647		36
		15 min	0,0113153		30
		30 min	0,0080593		27
		60 min	0,0057600		24
		250 min	0,0028584		21
		1440 min	0,0011892		18
7	3.5-4.0	2 min	0,0346546		21
		5 min	0,0221446		18
		15 min	0,0129925		15
		30 min	0,0092481		12
		60 min	0,0065004		12
		250 min	0,0032002		11
		1440 min	0,0013560		9
9	4.5-5.0	2 min	0,0316556		30
		5 min	0,0203829		24

		15 min	0,0119192	21
		30 min	0,0084175	18
		60 min	0,0060125	15
		250 min	0,0029651	12
		1440 min	0,0012498	12
10	5.0-5.5	2 min	0,0316627	21
		5 min	0,0202328	18
		15 min	0,0119400	15
		30 min	0,0084990	12
		60 min	0,0060687	9
		250 min	0,0029730	9
		1440 min	0,0012533	9
12	6.0-6.5	2 min	0,0287782	48
		5 min	0,0184605	45
		15 min	0,0107874	42
		30 min	0,0076722	39
		60 min	0,0055324	36
		250 min	0,0027225	30
		1440 min	0,0011770	21
13	6.5-7.0	2 min	0,0297234	24
		5 min	0,0190495	21
		15 min	0,0111122	18
		30 min	0,0079373	15
		60 min	0,0056498	12
		250 min	0,0027678	12
		1440 min	0,0011791	9
15	7.5-8.0	2 min	0,0272401	57
		5 min	0,0172282	57
		15 min	0,0100343	54
		30 min	0,0073315	51
		60 min	0,0052497	48
		250 min	0,0026558	42
		1440 min	0,0011064	39
16	8.0-8.5	2 min	0,0298310	57
		5 min	0,0190330	54
		15 min	0,0112717	48
		30 min	0,0080359	45
		60 min	0,0056823	45
		250 min	0,0028508	39
		1440 min	0,0011970	36
19	9.0-11.0	2 min	0,0280721	60

		5 min	0,0182053	57
		15 min	0,0107409	51
		30 min	0,0076909	48
		60 min	0,0054830	45
		250 min	0,0026706	45
		1440 min	0,0011817	33
21	11.5-12.0	2 min	0,0300890	60
		5 min	0,0192877	57
		15 min	0,0109099	54
		30 min	0,0078145	51
		60 min	0,0055955	48
		250 min	0,0028309	42
		1440 min	0,0011935	39
22	12.0-12.5	2 min	0,0271901	69
		5 min	0,0175491	66
		15 min	0,0101320	66
		30 min	0,0072323	63
		60 min	0,0051852	60
		250 min	0,0025973	54
		1440 min	0,0011328	42
24	12.5-13.0	2 min	0,0280105	63
		5 min	0,0179620	60
		15 min	0,0105108	57
		30 min	0,0074978	54
		60 min	0,0053017	54
		250 min	0,0026642	48
		1440 min	0,0011328	42
25	13.5-14.0	2 min	0,0259178	78
		5 min	0,0166514	75
		15 min	0,0098184	72
		30 min	0,0070117	69
		60 min	0,0050304	66
		250 min	0,0025518	60
		1440 min	0,0011151	48
27	14.5-15.0	2 min	0,0266695	75
		5 min	0,0171261	72
		15 min	0,0102280	63
		30 min	0,0073330	60
		60 min	0,0053017	54
		250 min	0,0026861	45
		1440 min	0,0011684	36

28	15.0-15.50	2 min	0,0276867	63
		5 min	0,0178582	60
		15 min	0,0105108	57
		30 min	0,0074978	54
		60 min	0,0053704	51
		250 min	0,0026861	45
		1440 min	0,0011550	36
30	16.0-16.50	2 min	0,0300572	48
		5 min	0,0192761	45
		15 min	0,0113973	39
		30 min	0,0081676	36
		60 min	0,0058727	30
		250 min	0,0029624	24
		1440 min	0,0012488	18
31	16.5-17.0	2 min	0,0284524	57
		5 min	0,0182596	54
		15 min	0,0108766	48
		30 min	0,0077542	45
		60 min	0,0056476	39
		250 min	0,0028021	30
		1440 min	0,0012235	18
33	17.5-18.0	2 min	0,0280105	63
		5 min	0,0179620	60
		15 min	0,0105108	57
		30 min	0,0074978	54
		60 min	0,0053704	51
		250 min	0,0026551	45
		1440 min	0,0011462	39
34	18.0-18.5	2 min	0,0269643	69
		5 min	0,0170571	63
		15 min	0,0097624	60
		30 min	0,0709224	54
		60 min	0,0053934	48
		250 min	0,0027120	42
		1440 min	0,0011455	36

Fuente: Propia



Gráfica 4: *Profundidad vs Diámetro de partículas*

Fuente: Propia

Se observa de la Gráfica 4 que en la profundidad de 1 metro a 18 metros se tiene un diámetro muy similar en las partículas, siendo este un promedio de 0,011014 mm. A partir de los 18 metros su diámetro comienza a cambiar a un aproximado de 0,01913672, siendo entonces un limo arenoso.

También se concluye que según en tamaño de estas partículas, como ninguna es menor a 0,0039 mm, este suelo no tiene presencia de arcillas.

- Estructura

Teniendo en cuenta que el promedio de diámetro de partículas es de 0,011383 mm, se clasifica como una estructura floculenta o panaloide de orden superior según las especificaciones de Juárez y Rico.

- Permeabilidad y filtración

Tiene una permeabilidad moderada o llamada también semipermeable con un coeficiente K entre los rangos de 10^{-6} y 10^{-8} (m/s) y un rango de filtración de 8,64 y 0,0864 (cm/día).

- Tamaño

Teniendo en cuenta el ensayo de hidrometría, se determinó un diámetro promedio de partículas de 0,011383 mm. Sus rangos están entre: 0,0011064 mm y 0,0709224 mm. Siendo este caracterizado como un limo arenoso.

7.1.6 Límites de consistencia

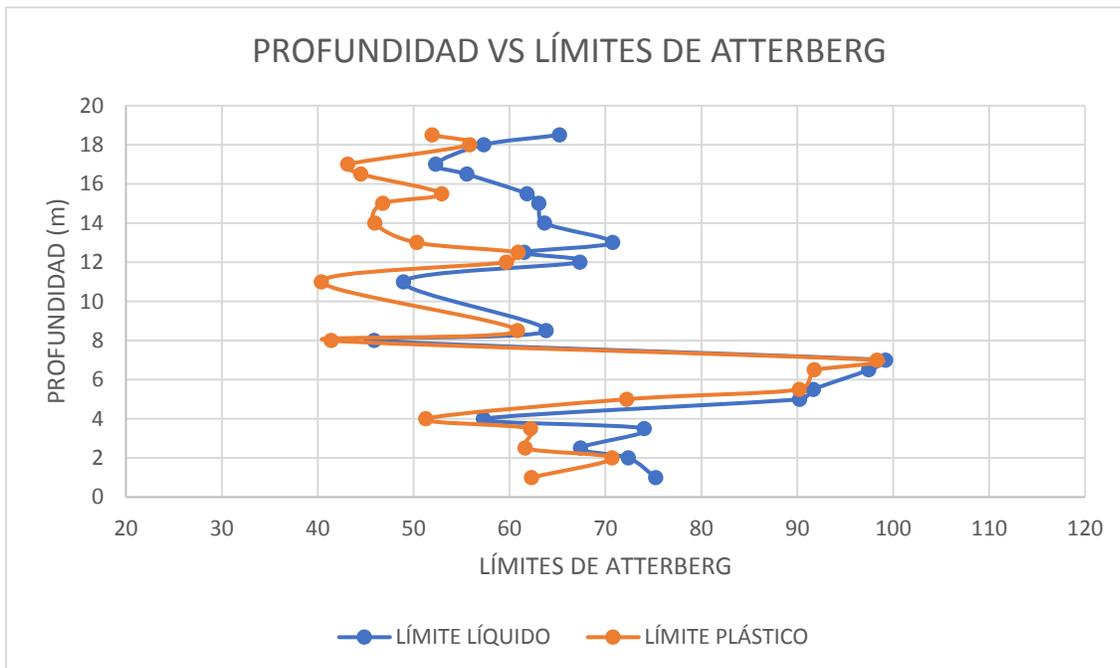
En la **¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.** se presentan los resultados obtenidos en el laboratorio del ensayo de Límites de consistencia del suelo de Belmonte Bajo.

Tabla 11: *Resultados de límites de consistencia*

Nº MUESTRA	PROFUNDIDAD (m)	LÍMITE LÍQUIDO (%)	LÍMITE PLÁSTICO (%)	ÍNDICE DE PLASTICIDAD (%)
1	0.5-1.0	75,24	62,28	12,296
3	1.5-2.0	72,37	70,69	1,68
4	2.0-2.5	67,39	61,62	5,77
6	3.0-3.5	74,05	62,17	11,88
7	3.5-4.0	57,28	51,25	6,03
9	4.5-5.0	90,23	72,22	18,01
10	5.0-5.5	91,65	90,22	1,43
12	6.0-6.5	97,45	91,77	5,68
13	6.5-7.0	99,19	98,3	0,89
15	7.5-8.0	45,88	41,39	4,49
16	8.0-8.5	63,82	60,82	3
19	9.0-11.0	48,95	40,38	8,57
21	11.5-12.0	67,33	59,65	7,68
22	12.0-12.5	61,53	60,88	0,65
24	12.5-13.0	70,75	50,33	20,42
25	13.5-14.0	63,63	45,95	17,68

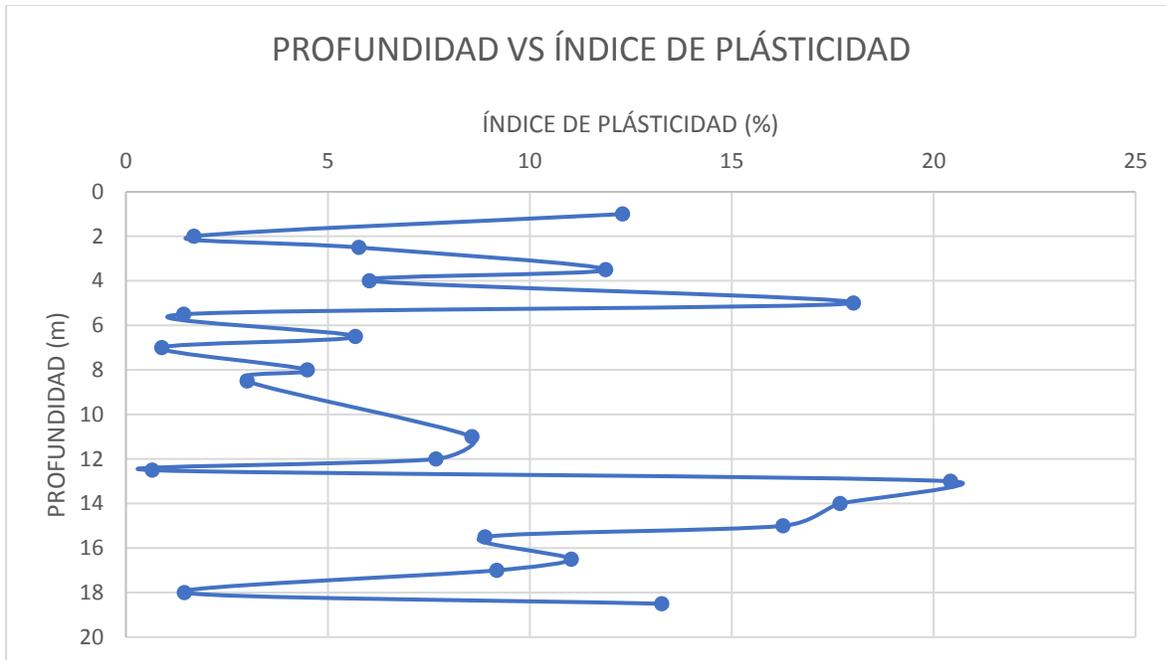
27	14.5-15.0	63,04	46,77	16,27
28	15.0-15.50	61,82	52,93	8,89
30	16.0-16.50	55,53	44,5	11,03
31	16.5-17.0	52,3	43,12	9,18
33	17.5-18.0	57,3	55,85	1,45
34	18.0-18.5	65,2	51,93	13,27

Fuente: Propia



Gráfica 5: *Profundidad vs límite plástico y límite líquido*

Fuente: Propia



Gráfica 6: *Profundidad vs índice de plasticidad*

Fuente: Propia

De la Gráfica 5 y Gráfica 6 se analizaron los límites de Atterberg concluyendo así que el estrato del suelo es MH- limo arenoso y teniendo algunas mezclas de arenas y limos (SM) después de 14 m de profundidad. Con el índice de plasticidad se describe que este suelo es de Alta plasticidad.

Estas dos gráficas muestran una trayectoria un poco similar, lo cual indica que su comportamiento es casi igual.

- Consistencia
 - Adhesividad de suelo mojado: Ligeramente adherente, se adhiere en ambos dedos pero sin estirarse el suelo
 - Plasticidad el suelo mojado: Muy plástico, se puede formar un cordón y al romperse volverse a armar

- Consistencia del suelo húmedo: firme, se desmenuza bajo una presión moderada, pero se nota resistencia.
- Consistencia del suelo seco: duro, resiste una presión moderada.

Según los ensayos realizados y los resultados obtenidos, se tiene que el límite líquido promedio es 68,2 %, teniendo como rango superior e inferior respectivamente 99,19% y 45,88%. El límite plástico promedio es de 59,78 % con rango superior e inferior de 98,3% y 40,38%. Por último, el índice plástico del suelo está en promedio de 8,46% y con rango superior e inferior de 20,42% y 0,65%.

7.1.7 Sistema unificado de clasificación de suelos

En la **¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.** se presentan los resultados obtenidos de la clasificación del suelo mediante el sistema SUCS del suelo de Belmonte Bajo.

Tabla 12: *Resultados de sistema unificado de clasificación de suelos*

N° MUESTRA	PROFUNDIDAD (m)	CLASIFICACIÓN SUCS	CLASIFICACIÓN ASHTO	PLASTICIDAD
1	0.5-1.0	MH-Limo con arena-Suelos de grano fino más del 50% pasa el tamiz No.200	A-7-5 Suelo arcilloso	Alta plasticidad
3	1.5-2.0	MH-Limo arenoso-Suelos de grano fino más del 50% pasa el tamiz No.200	A-5 Suelo limoso	Alta plasticidad
4	2.0-2.5	MH-Limo-Suelos de grano fino más del 50% pasa el tamiz No.200	A-5 Suelo limoso	Alta plasticidad
6	3.0-3.5	MH-Limo arenoso-Suelos de grano fino más del 50% pasa el tamiz No.200	A-7-5 Suelo arcilloso	Alta plasticidad

7	3.5-4.0	MH-Limo arenoso-Suelos de grano fino más del 50% pasa el tamiz No.200	A-5 Suelo limoso	Alta plasticidad
9	4.5-5.0	MH-Limo con arena-Suelos de grano fino más del 50% pasa el tamiz No.200	A-7-5 Suelo arcilloso	Alta plasticidad
10	5.0-5.5	MH-Limo arenoso-Suelos de grano fino más del 50% pasa el tamiz No.200	A-5 Suelo limoso	Alta plasticidad
12	6.0-6.5	MH-Limo arenoso-Suelos de grano fino más del 50% pasa el tamiz No.200	A-5 Suelo limoso	Alta plasticidad
13	6.5-7.0	SM-Arena limosa-Suelos granulares gruesos más del 50% retenido en el tamiz n°200 (0.075 mm)	A-5 Suelo limoso	Baja Plasticidad
15	7.5-8.0	ML-Limo con arena-Suelos de grano fino más del 50% pasa el tamiz No.200	A-5 Suelo limoso	Baja plasticidad
16	8.0-8.5	MH-Limo-Suelos de grano fino más del 50% pasa el tamiz No.200	A-5 Suelo limoso	Alta plasticidad
19	9.0-11.0	ML-Limo-Suelos de grano fino más del 50% pasa el tamiz No.200	A-5 Suelo limoso	Baja plasticidad
21	11.5-12.0	MH-Limo-Suelos de grano fino más del 50% pasa el tamiz No.200	A-5 Suelo limoso	Alta plasticidad
22	12.0-12.5	MH-Limo con arena-Suelos de grano fino más del 50% pasa el tamiz No.200	A-5 Suelo limoso	Alta plasticidad
24	12.5-13.0	MH-Limo-Suelos de grano fino más del 50% pasa el tamiz No.200	A-5 Suelo limoso	Alta plasticidad
25	13.5-14.0	MH-Limo con arena-Suelos de grano fino más del 50% pasa el tamiz No.200	A-5 Suelo limoso	Alta plasticidad

27	14.5-15.0	MH-Limo con arena-Suelos de grano fino más del 50% pasa el tamiz No.200	A-5 Suelo limoso	Alta plasticidad
28	15.0-15.50	MH-Limo-Suelos de grano fino más del 50% pasa el tamiz No.200	A-5 Suelo limoso	Alta plasticidad
30	16.0-16.50	MH-Limo con arena-Suelos de grano fino más del 50% pasa el tamiz No.200	A-5 Suelo limoso	Alta plasticidad
31	16.5-17.0	MH-Limo-Suelos de grano fino más del 50% pasa el tamiz No.200	A-5 Suelo limoso	Alta plasticidad
33	17.5-18.0	MH-Limo-Suelos de grano fino más del 50% pasa el tamiz No.200	A-5 Suelo limoso	Alta plasticidad
34	18.0-18.5	MH-Limo-Suelos de grano fino más del 50% pasa el tamiz No.200	A-5 Suelo limoso	Alta plasticidad

Fuente: Propia

- **Textura**

Según el diámetro de partículas encontradas en los resultados de los laboratorios, se tiene que el suelo es (MH) Limoso con presencia de Arena y sin ningún contenido de Arcilla.

7.1.8 Peso unitario

En la **¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.** se presentan los resultados obtenidos en el laboratorio del ensayo de peso unitario del suelo de Belmonte Bajo.

Tabla 13: *Resultados de peso unitario*

N° MUESTRA	PROFUNDIDAD (m)	PESO UNITARIO (g /cm3)
2	1.0-1.5	0,96
5	2.5-3.0	0,9
8	4.0-4.5	0,97
11	5.50-6.0	0,68
14	6.0-6.50	0,67
17	8.5-9.0	1,24
20	11.0-11.5	0,99
23	12.-12.5	0,97
26	14.0-14.5	0,89
29	15.5-16.0	1,12
32	17.0-17.5	0,89
35	18.5-19.0	1,09

Fuente: Propia

7.1.9 Consolidación unidimensional

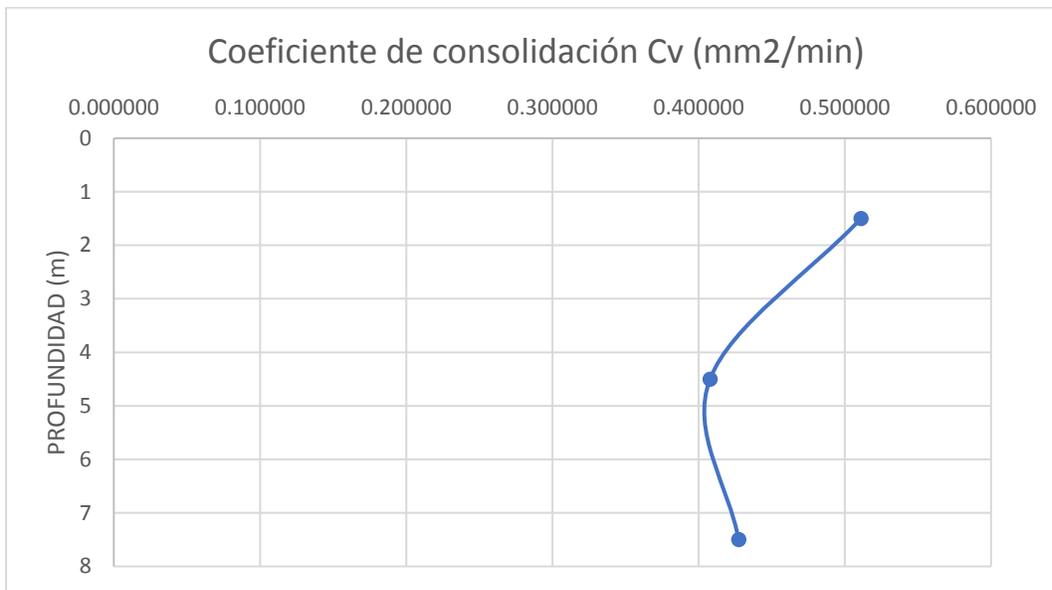
A continuación en la **¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.** se presentan los resultados obtenidos en las diferentes pruebas de consolidación unidimensional a las que se sometieron las muestras.

Tabla 14: *Resultados de consolidación unidimensional (método de Taylor)*

Muestra (#)	Profundidad (m)	Coficiente de consolidación (Cv)	coeficiente de compresión (Cc)
2	1.00-1.50	0,511014439	0,567476
8	4.00-4.50	0,40777467	0,730093

14	7.00-7.50	0,427321408	0,326417
----	-----------	-------------	----------

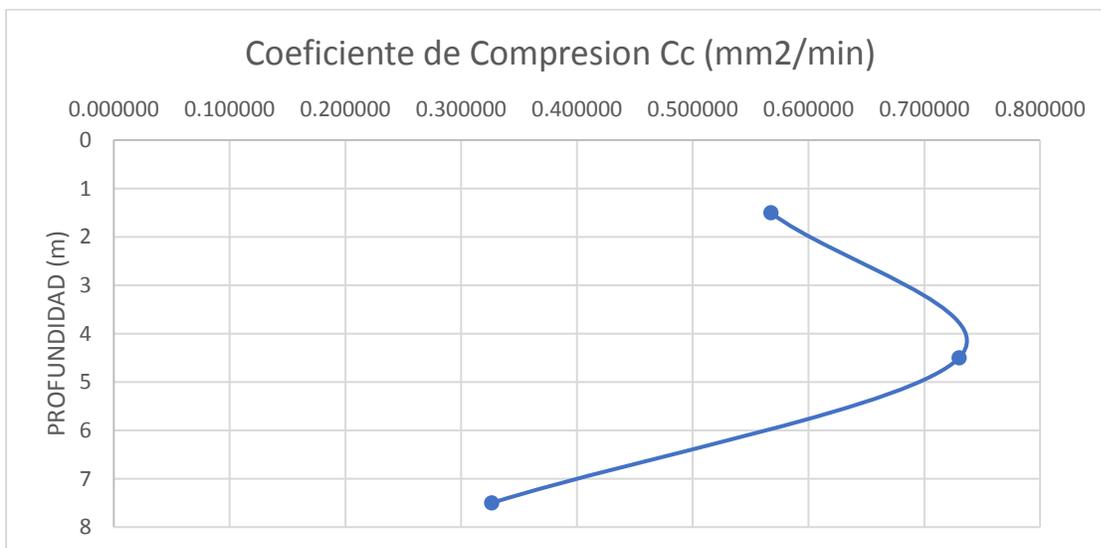
Fuente: Propia



Gráfica 7: Coeficiente de consolidación

Fuente: Propia

En la *Gráfica 7* se presenta la variabilidad del coeficiente de consolidación, indicando que este es muy pronunciado en las profundidades iniciales.



Gráfica 8: Coeficiente de compresión

Fuente: Propia

Se presenta en la *Gráfica 8* la disminución del volumen, y de la correspondiente relación de vacíos a través de las diferentes profundidades del sondeo, se evidencia mayor C_c entre los 4 y 5 metros.

- Consolidación

Por último, el suelo presenta un Asentamiento por consolidación primaria ocasionado por la expulsión del agua que ocupa los espacios vacíos en suelos saturados cohesivos cambiando así su volumen. Lo anterior conlleva a un incremento del esfuerzo efectivo.

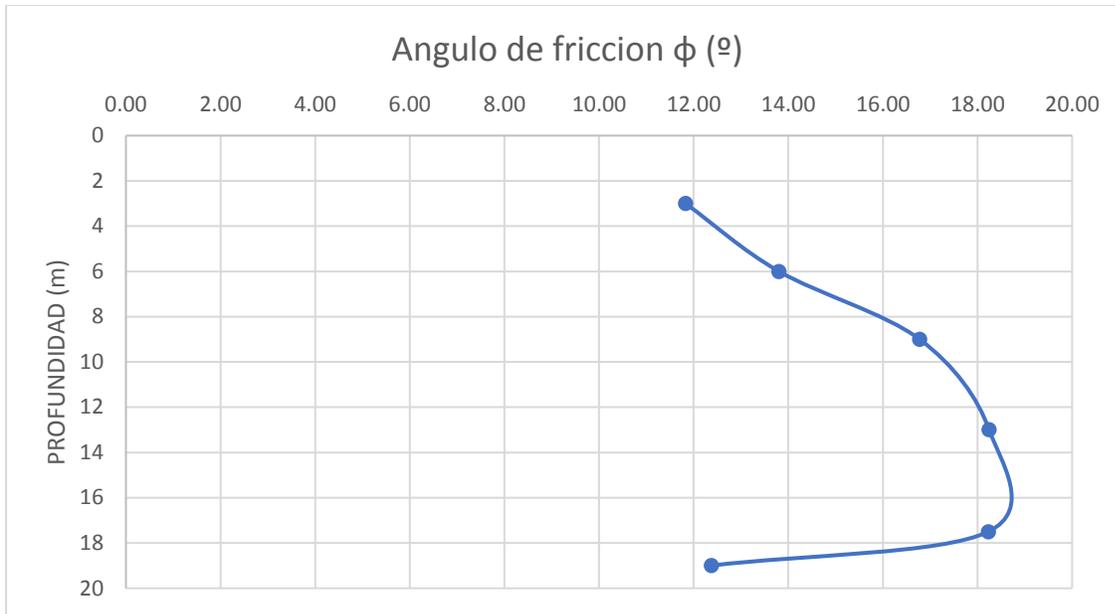
7.1.10 Corte directo

Se aprecia en **¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.** los resultados obtenidos del ensayo de corte directo de las muestras evaluadas.

Tabla 15: *Resultados de corte directo*

Muestra (#)	Profundidad (m)	Angulo de fricción ϕ (°)	Cohesión (Kg/m ²)
5	2.50-3.00	11,83	0,59
11	5.50-6.00	13,80	0,72
17	8.50-9.00	16,78	0,56
23	12.50-23.00	18,25	0,70
32	17.00-17.50	18,23	0,42
35	18.50-19.00	12,37	0,48

Fuente: Propia



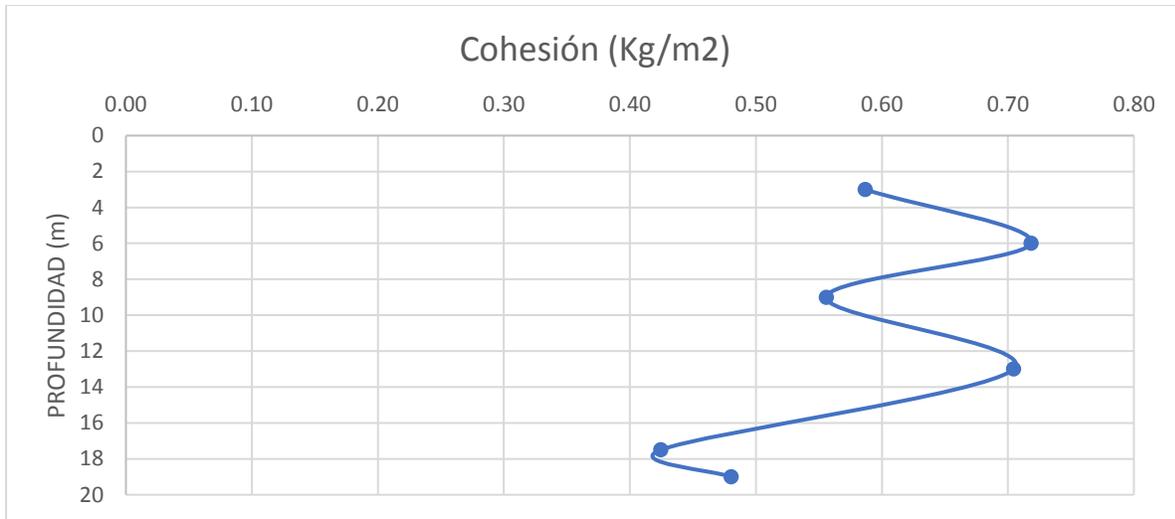
Gráfica 9: *Angulo de fricción*

Fuente: Propia

- Angulo de fricción

El suelo estudiado logra un ángulo de fricción promedio de $15,21^\circ$, este dato genera el indicio de que el suelo tiende a ser cohesivo y se descarta de que sea friccionaste.

La *Gráfica 9* se representa la condición dada del esfuerzo de ruptura del suelo estudiado. Este suelo logra un ángulo de fricción máxima de $18,25^\circ$ y un promedio de $15,21^\circ$.



Gráfica 10: *Cohesión*

Fuente: Propia

En la *Gráfica 10* se aprecia una cohesión que oscila en un rango entre 0,72 Kg/m² y 0,42Kg/m² con un promedio de 0,58 Kg/m².

- Cohesión

Se presenta una cohesión con un promedio de 0,58 Kg/m², lo cual indica que es un suelo cohesivo con presencia de granos muy pequeños. Esto se traduce en la buena adherencia de sus partículas y de que presenta menos probabilidades de producirse un derrumbe

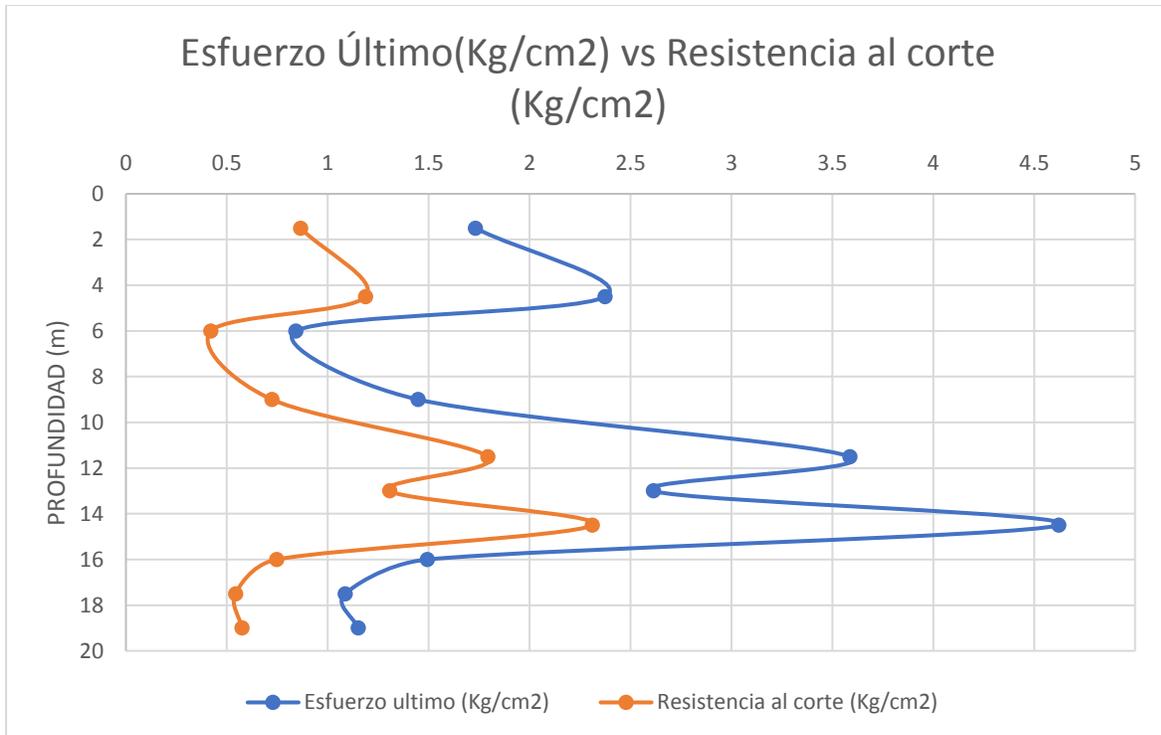
7.1.11 Compresión no confinada

En la **¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.** se evidencian los resultados obtenidos del ensayo de compresión inconfiada de los suelos.

Tabla 16: *Resultados de compresión no confinada*

Muestra (#)	Profundidad (m)	Esfuerzo ultimo (Kg/cm ²)	Resistencia al corte (Kg/cm ²)	Módulo de Young (Kg/cm ²)
2	1.00-1.50	1,7319	0,8659	68,7363
8	4.00-4.50	2,3742	1,1871	131,0403
11	5.50-6.00	0,8420	0,4210	87,6364
17	8.50-9.00	1,4471	0,7235	47,3213
20	11.00-11.50	3,5871	1,7936	114,3992
23	12.50-13.00	2,6130	1,3065	146,0006
26	14.00-14.50	4,6221	2,3110	65,2895
29	15.50-16.00	1,4940	0,7470	29,5711
32	17.00-17.50	1,0858	0,5429	22,7488
35	18.50-19.00	1,1505	0,5753	31,3730

Fuente: Propia



Gráfica 11: *Esfuerzo Último vs Resistencia al corte*

Fuente: Propia

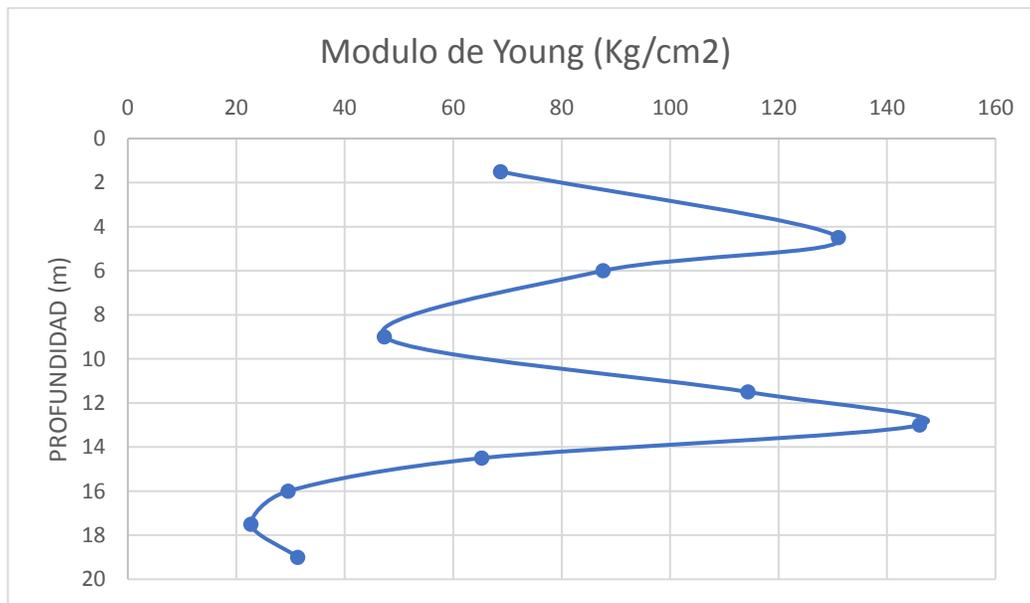
Con respecto al ensayo de compresión inconfiada, el cual se realiza para conocer la consistencia del suelo, se observó que la mayoría de las fallas presentadas fueron de grietas verticales.

En la *Gráfica 11* se presenta una interacción entre el esfuerzo último y la resistencia al corte. Por un lado, en tanto al esfuerzo último, el cual es el valor máximo del esfuerzo que se puede aplicar sobre el material, presenta un valor promedio de 2,0948 Kg/cm², esto da constancia de la firmeza del terreno y su consistencia.

Por otra parte, cuando al suelo se le ejerce una acción cortante, las muestras indicaron un valor que oscila entre los 2,3110 Kg/cm² y los 0,4210 Kg/cm² teniendo una media de 1,0474Kg/cm², esto refleja una resistencia de capacidad de carga admisible para una cimentación.

- Resistencia al corte

Cuando al suelo se le ejerció una acción cortante, las muestras indicaron un valor promedio de 1,0474Kg/cm², esto refleja una resistencia capacidad de carga admisible para una cimentación, pues este dato indica una resistencia muy dura



Gráfica 12: *Modulo de Young*

Fuente: Propia

En la *Gráfica 12* se expone el comportamiento elástico del suelo mediante el módulo de Young el cual tiene una media de 74,4117 Kg/cm², este dato expone el confinamiento del suelo, es decir que este suelo tendrá la capacidad de resistir mayores esfuerzos presentando menores deformaciones.

7.2 Determinación del perfil estratigráfico representativo de la zona de estudio

A partir de los datos obtenidos en las perforaciones de Belmonte Bajo de cortes naturales se realiza el perfil estratigráfico, de acuerdo a la inspección visual y también a los resultados obtenidos de los límites de consistencia para comprobar el tipo de suelo.

Tabla 17: *Perfil estratigráfico del suelo estudiado*

Profundidad (m)	Textura	Descripción
0		Limo vegetal / negro
1		Limo arenoso / Café amarillosa (Presencia de grises)
2		
3		
4		
5		
6		
7		
8		
9		
10		
11		
12		Arena limosa / Café rojiza
13		
14		Limo con presencia de rocas pequeñas

15		Residual Limo Arcilloso Arenoso / Café Amarilloso
16		
17		
18		
19		

Fuente: Propia

- Color

Se encontró que el suelo en su mayoría es de color café amarilloso y en los estratos más bajos se tienen presencia de café rojizo.

- Profundidad efectiva

Se clasifica según su profundidad efectiva como un suelo profundo ya que tiene 1 metro hasta llegar a la capa limitante.

- Drenaje

Es un suelo mal drenado ya que tiene presencia de color gris y rojo en algunos estratos del suelo

8. Conclusiones

Se realizó la caracterización física mecánica del sondeo ejecutado en el sector de Belmonte Bajo, perteneciente a la zona de expansión urbana del municipio de Pereira, finiquitando de esta manera la hipótesis de que el suelo de estudio era proveniente de cenizas volcánicas.

Según la microzonificación sísmica, el suelo de este lugar perteneciente a la Zona 3D, el cual está compuesto por una capa de 10 a 15m de cenizas volcánicas, corroborando así la veracidad de los datos obtenidos.

Al realizarse la caracterización del suelo se determinaron, en primero lugar, las características físicas de este, las cuales indicaron una textura Limosa con presencia de Arena y sin ningún contenido de Arcilla, este suelo se clasifica como (MH) según la clasificación SUCS. La estructura se clasifica como floculenta o panaloide de orden superior según las especificaciones de Juárez y Rico. Por otro lado el color del suelo en su mayoría es de tipo café amarilloso y en los estratos más bajos se tienen presencia de café rojizo. Así mismo el suelo estudiado tiene una permeabilidad moderada. También, presenta una consistencia cuando el suelo esta mojado de carácter ligeramente adherente y es muy plástico. Cuando el suelo se encuentra húmedo presenta una consistencia firme y cuando este está seco se vuelve duro. El suelo presenta una alta plasticidad y este se clasifica como profundo ya que tiene 1 metro hasta llegar a la capa limitante.

En cuanto a su porosidad presenta un valor del 40% el cual es medio bajo y es un suelo mal drenado. Con respecto al ensayo de hidrometría se determinó el suelo como uno limo arenoso.

En segundo lugar se exponen las características mecánicas del suelo, en lo que concierne a la resistencia al corte, este suelo refleja una resistencia capacidad de carga admisible para una cimentación, pues este presenta una resistencia muy dura. En cuanto al ángulo de fricción indica un valor promedio de $15,21^\circ$, por consiguiente el suelo presenta un estado cohesivo con presencia

de granos muy pequeños. Por último el suelo presenta un Asentamiento por consolidación primaria.

9. Recomendaciones

Se recomienda realizar más sondeos a los sectores aledaños de la zona de estudio, debido a que no se encontró manto rocoso, en vez de tantas muestras obtenidas priorizar el número de sondeos y distribuir las muestras estratégicamente para obtener datos más generalizados.

Ejecutar sondeos hasta encontrar el nivel de aguas freáticas ya que es primordial conocer el nivel por el que circulan las aguas subterráneas para determinar un contenido de humedad más preciso.

10. Bibliografía

- Bernal, J. R. (2005). En *Hormigón Armado/ Zapatas - Primera Edición* (pág. 22). Buenos Aires: Nobuko.
- Blasco Lamenca, M. (1969). En *Panel sobre suelos derivados de cenizas volcánicas de América Latina. Características químicas de los suelos volcánicos de Nariño, Colombia* (pág. B. 8.1). Costa Rica.
- Braja , M. (2001). En *Fundamentos de la ingeniería geotécnica - Cuarta edición* (págs. 15-16. 151-155). México: Thomson Editores.
- Braja , M. (2012). Fundamentos de ingeniería de cimentaciones. En *Fundamentos de ingeniería de cimentaciones - Séptima edición* (pág. 6). México: CEGAGE.
- Braja, M. (2001). En *Principio de la ingeniería de cimentaciones - Cuarta edición* (pág. 6). California: International Thomson.
- CARDER. (2006). *Zonificación geológica de aptitud de los suelos para uso urbano en los corregimientos de Arabia y Altagracia del Municipio de Pereira*. Pereira.
- Cardona Arboleda , O. D. (1990). En *La microzonificación sísmica de Manizales* (pág. 5). Manizales: Universidad Nacional de Colombia.
- Crespo Villalaz. (1976). En *Mecánica de suelos y cimentaciones-Quinta Edición* (págs. 161-170. 163). México D.F: Noriega.

- De La Rosa, D. (2008). En *Evaluación Agro-Ecológica de los suelos: Para un desarrollo rural sostenible* (pág. 201). España: Mundi-Prensa.
- De Las Salas , G. (1987). En *Ecosistemas forestales con énfasis en América Tropical* (pág. 10). San José: IICA.
- Del Castillo , H., & Rico Rodriguez, A. (1974). En *Ingeniería de suelos en las vías terrestres: Carreteras, Ferrocarriles y Aeropistas. Volumen 1* (pág. 144). México: Limusa.
- Duque Escobar, G. (2012). *Anotaciones sobre el riesgo sísmico en Manizales*. Manizales: Universidad Nacional de Colombia.
- Forero, G. I. (2004). En *Granja Integral Autosuficiente* (pág. 36). Bogotá: San Pablo.
- Gonzales Caballero, M. (2001). En *El terreno* (págs. 124-129). Barcelona: UPC.
- Graux, D. (1975). En *Fundamentos de Mecánica de suelos- Proyecto de muros y cimentaciones- segunda edición* (págs. 10-11. 43-44). Barcelona: Técnicos asociados S.A.
- Hernández, A., Ascanio , M., Morales, M., Irán , B., García, N., & García , D. (2008). En *El suelo: Fundamentos sobre su formación, los cambios globales y su manejo- Primera edición* (pág. 108). México: Universidad Autónoma de Nayarit.
- Hodgson, J. (1987). En *Muestreo y descripción de los suelos* (pág. 39). España: Reverté S.A.
- INVIAS, M. d. (s.f.). *Sección 100- Suelos* . Obtenido de <ftp://ftp.ani.gov.co/Licitaci%C3%B3n%20VJVGCLP%20001-2016-M->

1/Normas%20de%20Ensayo%20de%20materiales%20para%20carreteras/SECCI%C3%93N%20100.pdf > [citado en 30 de septiembre de 2017]

Javeriana, I. G. (2000). *Estudios de amenaza y microzonificación sísmica, vulnerabilidad estructural y evaluación de escenarios de daño*. Colombia: Consultoría colombiana.

Juarez Badillo , E., & Rico Rodriguez, A. (1999). *Mecánica de suelos*. En *Mecánica de suelos-Tomo I: Fundamentos de la mecánica de suelos* (págs. 613-614. 53-54. 29-31. 17). México: Limusa.

Juarez Badillo, E., & Rico Rodriguez, A. (1999). *Mecánica de suelos*. En *Mecánica de suelos - Tomo I* (págs. 79-86). México: Limusa.

León, R. (2001). En *Comparación de métodos de análisis mecánico de suelos - Volumen 19* (pág. 21). México: Tierra Latinoamericana.

Llano, J. J. (1975). En *Mecánica de suelos-Edición 1* (págs. 90-91). Barcelona: Técnicos Asociados.

López de León , E. (s.f.). En *Curso taller sobre comunicación redacción técnica y expresión oral*. *Memoria/ Investigación científica y experimental agrícola* (pág. 4). IICA.

M, H. (1987). En *Muestreo y descripción del suelo* (pág. 39). Reverté.

Municipal, P. (s.f.). *Plan parcial de terrazas del Palmar* .

- Otálvaro , I., Villarraga, M., & Nanclares, F. (2007). Caracterización de la respuesta dináminca de sitio en el Grabo de Medellín. *Revista de Ingenierías de la Universidad de Medellín* , 65-66.
- POT. (16 de Diciembre de 2016). *Acuerdo 35 de 2016-2027*. Pereira: Gaceta metropolitana n°079.
- Risaralda, C. A. (2004). *Diagnóstico de riesgos ambientales*. Pereira: CARDER.
- Risaralda, C. A. (2004). Diagnostico de riesgos ambientales del Municipio de Dosquebradas. Pereira: CARDER.
- Risaralda, C. A. (2008). En *Diagnóstico de riesgos ambientales del Municipio de Pereira* (págs. 33, 62). Pereira: CARDER.
- Salinas, J. G., & Valencia, C. A. (1983). En *Oxisoles y Ultisoles en America Tropical* (pág. 40). Cali: CIAT.
- Suarez, F. (1979). En *Conservación de los suelos-Tercera edición* (págs. 13-14,17,92). Costa Rica: IICA.
- Thompson, L. M., & Troeh, F. R. (1988). En *Los suelos y su fertilidad - Cuarta edición* (pág. 85). Barcelona: Reventé S.A.
- Zambrano Luna , C. (1972). En *Panel sobre suelos volcánicos de America: Caracterización físico-químico de algunos suelos volcánicos del departamento del Cauca* (pág. 279). Pasto: Universidad de Nariño.

