

**ESTUDIO GEOLÓGICO Y CARACTERIZACIÓN GEOTÉCNICA EN EL SECTOR
DE CIUDADELA COMGIRARDOT DEL MUNICIPIO DE GIRARDOT
DEPARTAMENTO DE CUNDINAMARCA.**

PRESENTADO POR:

**CAMILA ANDREA TRUJILLO BOCANEGRA
BRAYHAM JUSSET RODRIGUEZ CALDERON**

Trabajo de grado para optar por el título de Ingenieros Civiles

**CORPORACION UNIVERSITARIA MINUTO DE DIOS
SEMILLERO DE INVESTIGACIÓN DE GEOLOGIA
REGIONAL GIRARDOT
INGENIERIA CIVIL**

**ESTUDIO GEOLÓGICO Y CARACTERIZACIÓN GEOTÉCNICA EN EL SECTOR
DE CIUADELA COMGIRARDOT DEL MUNICIPIO DE GIRARDOT
DEPARTAMENTO DE CUNDINAMARCA.**

**CAMILA ANDREA TRUJILLO BOCANEGRA
BRAYHAM JUSSET RODRIGUEZ CALDERON**

Trabajo de grado para optar por el título de Ingenieros Civiles

Asesor:

**Diego Mauricio Hernández
Ingeniero de Petróleo**

**CORPORACION UNIVERSITARIA MINUTO DE DIOS
SEMILLERO DE INVESTIGACIÓN DE GEOLOGIA
REGIONAL GIRARDOT
INGENIERIA CIVIL**

**ESTUDIO GEOLÓGICO Y CARACTERIZACIÓN GEOTÉCNICA EN EL SECTOR
DE CIUDADELA COMGIRARDOT DEL MUNICIPIO DE GIRARDOT
DEPARTAMENTO DE CUNDINAMARCA.**

Trabajo de grado para optar por el título de Ingenieros Civiles

Jurados:

**María Claudia Vera Guarnizo.
Ingeniero Civil**

**Clara Eugenia Segovia
Coordinadora de investigación**

**CORPORACION UNIVERSITARIA MINUTO DE DIOS
SEMILLERO DE INVESTIGACIÓN DE GEOLOGIA
REGIONAL GIRARDOT
INGENIERIA CIVIL**

Nota de aceptación

Presidente del Jurado

Jurado

Jurado

Jurado

Dedicatorias

Este proyecto se la dedico a Dios por guiarme por el buen camino, dándome fuerzas para seguir con mis sueños.

A mi familia que los amo con todo mi corazón y gracias a su apoyo pude concluir mi carrera.

A mi Padre y mi Madre por enseñarme valores, por brindarme los recursos necesarios, por estar a mi lado apoyándome y aconsejándome siempre, por hacer de mí una mejor persona a través de sus consejos, enseñanzas y amor.

A mis hermanos por su amor, apoyo y confianza en todo lo necesario para cumplir mis objetivos.

A todo el resto de familia y amigos que de una u otra manera me han llenado de sabiduría para terminar el proyecto de grado.

A todos en general por darme el tiempo para realizarme profesionalmente.

Camila Andrea Trujillo Bocanegra

Dedicatorias

Este trabajo es dedicado a ti Dios quien es el impulso en mi vida y quien me dio las bendiciones para alcanzar este logro,

A mi abuelo (QPD) quien me motivo con sus palabras

A mi familia quienes me brindaron el apoyo incondicional para seguir,

A mi padre quien me ayudo a cumplir este sueño y quien es mi motivo de seguir adelante,

A mi tía por brindarme su apoyo incondicional y su amor,

A todas esas personas que me dieron la mano en momentos duros,

A todas esas personas que me brindaron su ayuda y su apoyo en esta etapa.

Brayham Jusset Rodríguez Calderón

Agradecimientos

A mi familia en general, por brindarme siempre su apoyo y respaldo

A novio Bryan, por su apoyo incondicional, encontrando a su lado, un amor puro y la confianza en mí para animarme a superarme constantemente como profesional.

A todos los Docentes de la Universidad Minuto de Dios regional Girardot, quienes con su experiencia y sabiduría forjaron el criterio profesional con el cual me podré desempeñar en el futuro.

Al Ing. Diego Hernández y la Inge María Claudia Vera asesores de este proyecto, sus opiniones y ayuda contribuyeron con la elaboración del presente.

A los compañeros del semillero de Investigación de Geología por su respaldo y gran apoyo para la elaboración de este proyecto.

Camila Andrea Trujillo Bocanegra

Agradecimientos

Agradezco a mi familia en general por el apoyo incondicional para llegar a este logro, agradezco al Ing. Diego Mauricio Hernández Bolívar y a la Ing. María Claudia Vera Guarnizo por el asesoramiento y el acompañamiento para la realización de este trabajo.

A mi papa por brindarme el estudio y demás cosas, gracias papá, TE AMO,

A mi tía por ayudarme en momentos duros, gracias tía

Agradezco a cada uno de esos Ing. que me enseñaron el camino de la ética y moral profesional.

Brayham Jusset Rodríguez Calderón

GIRARDOT - CUND

2018

Resumen

El presente proyecto se realizó desde un enfoque práctico en el estudio de conceptos teóricos fundamentales para obtener la caracterización geológica y geotécnica, basados en el análisis de las propiedades de los suelos en un barrio de la zona urbana del municipio de Girardot.

Para esto se estudió considerablemente todos los factores acompañado de los respectivos ensayos de laboratorios y se analizó la información correspondiente al ambiente geológico, litológico, estratigráfico para identificar las formaciones geológicas y determinar la principal razón de la problemática que se presenta en la zona de estudio.

Palabras clave: Suelo, geología, exploración, caracterización, geotecnia, estratigrafía, litología.

Abstract

The present project was carried out from a practical approach in the study of fundamental theoretical concepts to obtain the geological and geotechnical characterization, based on the analysis of the properties of the soils in a neighborhood of the urban area of the municipality of Girardot. For this, all the factors were studied considerably, together with the respective laboratory tests, and the information corresponding to the geological, lithological, and stratigraphic environment was analyzed to identify the geological formations and determine the main reason for the problem that arises in the study area.

Keywords: Soil, geology, exploration, characterization, geotechnics, stratigraphy, lithology

CONTENIDO

1	INTRODUCCIÓN	18
2	PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	20
3.	OBJETIVOS.....	24
3.1.	OBJETIVOS GENERAL:.....	24
3.2.	OBJETIVOS ESPECIFICOS:.....	24
4.	MARCOS DE REFERENCIA	25
4.2.	ESTADO DEL ARTE	26
4.2.	Localización del municipio de Girardot	29
4.3.	Descripción Geográfica.....	30
4.4.	Localización de la zona de estudio.....	30
4.5.	Localización de puntos de exploración	32
4.6.	Zona de estudio.....	33
5.	ASPECTO GEOLÓGICO	34
5.2.	Geología Regional.....	34
	• Formación Gualanday o San Juan de Rio Seco (Pggs, Pggm y Pggi):.....	34
	• Grupo Honda (Ngh):.....	34
	▪ Depósitos y Terrazas del cuaternario (Q):	34
5.3.	Descripción de las formaciones geológicas en la zona de estudio	35

5.3.1.	Formación Barzalozza (Pgba):	35
	Figura 2. Formación barzalozza (Pgba) Coordenadas N 0918205- E 0969796.....	36
5.3.2.	Terrazas aluviales altas (qta):	38
6.	PARAMETRO DE DISEÑO SÍSMICO	40
6.2.	Zona de amenaza sísmica	40
6.2.1.	Zona de amenazasísmica en el municipio	41
7.	MARCO TEÓRICO	42
7.2.	La Geología.....	42
7.3.	Origen y formación del suelo	42
7.3.1.	El Suelo.....	43
7.4.	Principales tipos de suelo	44
7.4.1.	Las gravas	44
7.4.2.	Las arenas	44
7.4.3.	Limos Inorgánicos	45
7.4.4.	Limos orgánicos	45
7.4.5.	Las arcillas	45
7.4.6.	Las Turbas	45
7.4.7.	Las morenas.....	46
7.4.8.	Las Tufas	46

7.4.9.	Los Loess.....	46
7.4.10.	Capacidad de Intercambio caótico.....	46
7.4.11.	El pH del Suelo.....	47
7.5.	Propiedades físicas de los suelos.....	48
7.5.1.	Tamaños.....	48
7.5.2.	Forma.....	49
7.5.3.	Textura.....	50
7.5.4.	Estructura.....	50
7.5.5.	Consistencia.....	53
7.5.6.	Porosidad.....	55
7.5.7.	Contenido de Humedad.....	56
7.5.8.	Propiedades mecánicas de los suelos.....	56
7.5.9.	Plasticidad.....	56
7.5.10.	Limites Atterberg.....	57
7.5.11.	Permeabilidad.....	59
7.5.12.	Resistencia al Esfuerzo Cortante.....	60
7.5.13.	Compactación de los suelos.....	62
7.5.14.	Napa Freática.....	64
7.6.	Clasificación de los suelos.....	64

7.6.1.	Suelos Gruesos	65
7.7.	Método de exploración.....	69
7.7.1.	Tipos de sondeos	70
7.7.2.	Métodos de sondeo definitivo.....	75
7.7.3.	Métodos geofísicos	76
7.8.	Asentamientos debido a los procesos constructivos	77
8.	ANALISIS DE LOS RESULTADOS DE LOS ENSAYOS DE LABORATORIO	80
8.2.	Perfil del suelo.....	80
8.3.	Nivel de aguas freáticas.....	80
8.4.	Capa vegetal	80
8.5.	Rellenos.....	80
8.6.	Propiedades de estados de suelo.....	81
9.	METODOLOGÍA.....	85
12.	CONCLUSIONES	92
13.	RECOMENDACIONES	94
14.	REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS	95

LISTA DE TABLAS

	Pág.
<i>Tabla 1</i>	19
<i>Tabla 2</i>	31
<i>Tabla 3</i>	44
<i>Tabla 4</i>	45
<i>Tabla 5</i>	45
<i>Tabla 6</i>	72
<i>Tabla 7</i>	73
<i>Tabla 8</i>	73
<i>Tabla 9</i>	74
<i>Tabla 10</i>	74

LISTA DE FIGURAS

	Pág.
<i>Figura 1</i>	21
<i>Figura 2</i>	22
<i>Figura 3</i>	22
<i>Figura 4</i>	25
<i>Figura 5</i>	25
<i>Figura 6</i>	27
<i>Figura 7</i>	28
<i>Figura 8</i>	30
<i>Figura 9</i>	33
<i>Figura 10</i>	42
<i>Figura 11</i>	44
<i>Figura 12</i>	54
<i>Figura 13</i>	55
<i>Figura 14</i>	60
<i>Figura 15</i>	63
<i>Figura 16</i>	65
<i>Figura 17</i>	66
<i>Figura 18</i>	70

LISTA DE ANEXOS

	Pág.
<u>ANEXO 1</u>	<u>90</u>
<u>ANEXO 2</u>	<u>92</u>
<u>ANEXO 3</u>	<u>93</u>
<u>ANEXO 4</u>	<u>94</u>
<u>ANEXO 5</u>	<u>95</u>
<u>ANEXO 6</u>	<u>96</u>
<u>ANEXO 7</u>	<u>97</u>
<u>ANEXO 8</u>	<u>98</u>
<u>ANEXO 9</u>	<u>99</u>
<u>ANEXO 10</u>	<u>100</u>

INTRODUCCIÓN

El crecimiento económico, estipulado prioritariamente por las inversiones en discusiones que dan cabida a la infraestructura dentro del municipio de Girardot, en el departamento de Cundinamarca, es un tópico fundamental que deja al descubierto que la optimización de los procesos constructivos en la tan conocida “Ciudad de las Acacias”, cada vez se incrementa en dificultad debido al costo, al plazo y, finalmente a la calidad de los materiales que se utilizan en la construcción de los diferentes establecimientos, viviendas y demás apreciaciones físicas que se evidencian a lo largo y ancho de la ciudad.

De este modo, teniendo de la mano que en los últimos años el crecimiento poblacional en el municipio es notable, se hace necesaria la aplicación de un plan de estudio geológico con la intención de que exista la posibilidad de que al ciudadano se le brinde la información necesaria en donde se estipule abiertamente que Girardot, referente a temas sismológicos, está ubicada según la Norma NRS-10 en una zona de amenaza sísmica intermedia, dato que argumenta que es fundamental estudiar estas características físicas y mecánicas del suelo, con la finalidad de que se puedan determinar las condiciones aceptable para el comportamiento del mismo en la interacción suelo – estructura y así poder mitigar en parte las problemáticas en las obras de ingeniería encontradas en la ciudad, teniendo en la cuenta las consideraciones económicas, ambientales y técnicas de dicha norma.

Ahora bien, este trabajo de investigación sustenta su iniciativa en una problemática geológica que albergó una determina comunidad de Girardot, hace algunos años referente a la negligencia y mediocridad que tuvieron algunas personas en querer construir sobre un suelo con altas zonas de riesgo, así como también, con la motivación de querer construir aproximadamente 600 casas con

materiales poco fiables y, por ende, malos al momento de procederlos. Se pretendió realizar una caracterización geológica y geotécnica delimitada y consciente del suelo del sector de la Ciudadela Comgirardot de la comuna tres del municipio; haciendo hincapié en que, de las supuestas 600 casas presupuestadas para la entrega de este proyecto, sólo se alcanzaron a entregar un aproximado de 60, debido a que, en medio del proceso de entrega de estas primeras viviendas, las fallas en cuanto a la infraestructura interna y externa de las mismas fue evidente. Es decir, que la investigación de los problemas encontrados en las edificaciones que aún existen, supuestamente a causa del asentamiento del suelo, fue el detonante de los daños estructurales en las edificaciones.

Por consiguiente, el desarrollo de este estudio se limita en la exploración del lugar, en los ensayos de laboratorio, el análisis detallado del perfil geotécnico; las propiedades físicas, químicas y mecánicas del suelo y el comportamiento y la estabilidad del terreno. El cual brindará información valiosa del área de estudio para así tomar medidas y soluciones a las problemáticas de inestabilidad durante la vida útil del sector.

La realización del presente trabajo de investigación, permite obtener un modelo geológico de la Ciudadela Comgirardot que proceda a conocer y evaluar el comportamiento del suelo, si es el caso, siendo una herramienta útil para ayudar a dar soluciones a la problemática que se presenta actualmente, o en su defecto, a la detección de otras posibles causas que dieron paso al detrimento del estudio de caso en sí.

2 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

1.1. Pregunta Problema

¿Cuáles fueron las posibles causas que generaron el deterioro de las estructuras del sector de la Ciudadela Comgirardot desde un breve estudio geológico y geotécnico?

1.2. Formulación del Problema

Para nadie es un secreto que el municipio de Girardot ha tenido en las últimas décadas un alto crecimiento en cuestiones vinculadas a la economía en todo el sentido de su término. La parte sociocultural, apreciada según esta investigación, desde la infraestructura que rodea al municipio de Girardot, simpatiza con un fuerte eco turístico en esta parte del país; sin embargo y, teniendo de la mano las premisas mencionadas hasta este punto, es de vital relevancia que existan suficientes medios de comunicación o información que garanticen la calidad, no sólo en la construcción y ejecución de proyectos civiles, sino también, que avalen que tanto el terreno como los materiales prestos a ubicarse en la lista de implementos de construcción, son los necesarios y los requeridos legalmente para que a posteriori, no vayan a salir a luz características negativas como lo ocurrido con las casas y el proyecto de la Ciudadela Comgirardot.

Girardot está ubicada según la Norma NSR-10 en una zona de amenaza sísmica intermedia. Actualmente no cuenta con los estudios actualizados de la caracterización geológica de la región, lo cual implica que efectivamente deben evaluarse los estudios geológicos hechos a la fecha en el municipio, si es que existen, y si no realizarlos.

Sobre la base de las consideraciones que anteceden, y teniendo la objetividad de que el semillero que respalda esta investigación es el de Geología, lo más importante dentro de la planeación investigativa y estructural del proyecto, fue la elección del lugar en el que se iban a llevar a cabo los estudios. Por tal motivo se optó por ejecutar el proceso en el sector de la Ciudadela Comgirardot, ubicado en la comuna tres como se discriminó con antelación.

La principal razón de la elección de este lugar, fue la problemática de asentamientos por efectos de la precipitación, tras encontrar arcillas expansivas en el terreno de dicho sector, es decir que, la inadecuada estructura podría haber ocurrido por dos posibles razones, en primera instancia, por no haber aplicado la normatividad vigente, o en segunda medida, el uso precario y paupérrimo de los materiales de construcción que dieron paso a las fallas evidenciadas en cada una de las casas desde hace más de veinte años.

Básicamente se observó que no se cumplieron los requerimientos normativos que se ejecutan actualmente al momento de la construcción y ejecución de este proyecto. Es decir que, esta problemática colocó en riesgo las vidas de las personas que confiaron en la buena disposición de sus líderes, quienes entregaron las viviendas sabiendo los inconvenientes que se avecinarían, no mucho tiempo después de realizar la entrega de las primeras viviendas. Por otro lado, se pudo establecer que por la comuna tres pasa la falla del río Bogotá cruzándose con la quebrada Agua Blanca, siendo determinada como una falla inversa y oculta; lo que se quiere decir es que no se puede ver en la superficie.

Finalmente, reconociendo los cambios de la naturaleza, y con base en los fundamentos de diseño y construcción, lo que se busca es realizar el estudio de suelos como mecanismo útil para conocer el comportamiento del suelo y sus características geológicas, que complemente el objetivo principal del semillero de Geología SIGAIC.

2. JUSTIFICACIÓN

Este proyecto se fundamenta y, a su vez se argumenta en que Girardot en la actualidad no cuenta con los estudios geológicos actualizados y pertinentes que ratifiquen que en el municipio se puedan llevar a cabo obras de distintas magnitudes; de hecho, la última actualización realizada, aparece registrada en el año 1999 y aun así no comprendió la totalidad de estudios presupuestados para este sector, teniendo de la mano que en esa época quizá la estructura y los proyectos ofrecidos para el suelo del municipio, no eran tan relevantes, como lo que ciertamente se pueden encontrar en el plano actual.

De esta manera, conocer esta información sería primordial para la región ya que por su expansión poblacional es importante evaluar los mecanismos del suelo a la hora de construir cualquier obra de ingeniería Civil. Esto ayudaría a entender el comportamiento del suelo del municipio aunado a la posibilidad de encontrar una mejor forma de aprovechar los recursos que se encuentren en el terreno gracias a los estudios.

Por lo tanto, el Semillero de Investigación en Geología Aplicada de la Corporación Universitaria Minuto de Dios, Centro Regional Girardot, vio la necesidad de estudiar geológicamente el terreno, construir un análisis estratigráfico, litológico y evaluar el comportamiento del suelo de la zona urbana del municipio de Girardot; sin embargo, se definió que se debería iniciar por una zona específica; en este caso se eligió uno de los 36 barrios según el Plan de Ordenamiento Territorial (POT) tiene la comuna 3. La Ciudadela Comgirardot como el barrio seleccionado, presenta problemas de construcción en las edificaciones, lo cual nos lleva a interesarnos en un estudio a fondo de la composición del suelo especialmente de carácter Geotécnico.

Todo lo anterior con el objetivo de realizar el estudio Geológico y Caracterización Geotécnica del sector Ciudadela Comgirardot de este municipio.

De este modo, las fallas que presentan estas viviendas, gestaron la necesidad de estudiar esta problemática abarcada hasta el momento, todo con la intencionalidad de evaluar, comprender y entender el comportamiento del suelo.

3. OBJETIVOS

3.1. OBJETIVOS GENERAL:

Identificar las posibles causas que dieron paso a las problemáticas estructurales y al deterioro actual de las viviendas del sector de la Ciudadela Comgirardot, basados desde la geológica y geotécnica.

3.2. OBJETIVOS ESPECIFICOS:

- Identificar la composición estratigráfica, dependiendo su variación en profundidad y extensión en el sector de la Ciudadela Comgirardot.
- Determinar las caracterizaciones litológicas de las formaciones geológicas que presenta la zona de estudio.
- Realizar un análisis del comportamiento geotécnico del terreno, para corroborar los porqués del estado físico actual de las casas de la Ciudadela Comgirardot.

4. MARCOS DE REFERENCIA

4.1. Antecedentes

De acuerdo con la información encontrada en el INGEOMINAS, se realizó el último estudio geológico del municipio de Girardot en el año 1999. El cual se pudo establecer que por la comuna tres pasa la falla del río Bogotá y que está determinada como una falla inversa y oculta.

CIUDADELA COMGIRARDOT, fue un macro proyecto que presentó problemas de construcción donde los habitantes se vieron afectados a causa de la inversión que realizaron a la caja de compensación que tenía como propósito construir 525 casas (VIS), donde fueron entregadas 63 casas en el año 1999. Estas viviendas con el transcurso de los meses, presentaron fallas y problemas de asentamientos. Los propietarios de las viviendas demandaron a la caja de compensación y tras ganar la demanda, a cada usuario se le asignó 30'000.000 de pesos, mientras algunos propietarios invirtieron para mejorar la estructura de las viviendas y realizar el estudio geotécnico, otros se fueron y abandonaron sus viviendas. Pero aun así algunas casas siguieron con presencia de grietas y fisuras. Según la información encontrada se determinaron dos aspectos:

- Tras hablar con la comunidad, se mencionó un segundo estudio de suelo por la empresa () en el año 2000, sin embargo, de los resultados del terreno no dejaron registro para comparar.
- No cumplía con el proceso constructivo adecuado y el uso de los materiales era muy deficiente para ese tipo de terreno tan complejo.

4.2. ESTADO DEL ARTE

Domínguez, Jennifer; Acero, María H. “Estudio geológico – geotécnico y evaluación de las condiciones del terreno que constituye el campus de la ciudad universitaria de Caracas” Trabajo de Grado. Venezuela, junio 2005. Realizo un modelo geológico y geotécnico para la evaluación de las condiciones de terreno con la finalidad de encontrar y explicar los problemas de inestabilidad que se han observado en algunas edificaciones presentes de la zona de estudio (CUC) con la realización de 5 perfiles.

Fernández, Robert "estudio geotécnico del deslizamiento en el sector de San Martín - Paita y alternativas de solución" Proyecto de tesis. Perú, Piura 2014. Realizo el estudio geotécnico con la finalidad de establecer el comportamiento de los suelos en el sector del A.H, San Martín, para determinar el origen de las filtraciones que se manifiestan en el sector, que permitan estabilizar los taludes del sector de estudio.

Júlber llanos Nina “Estudio geológico geotécnico de la presa de tierra Cotachaca distrito crucero – Carabaya” Es posible evaluar las condiciones geológicas y determinar los parámetros geotécnicos para la construcción de la presa de tierra Cotachaca – Crucero. Perú - Puno 2013. Realizo el estudio Geológico Geotécnico para el análisis de las propiedades de los materiales para cimentaciones, tanto en el diseño como en la construcción y funcionamiento de las diferentes estructuras.

Por otro lado, en la parte nacional podemos encontrar que, Palomino S. César A. “Estudio del terreno y obras correctivas en el sitio del cune municipio de Villeta Cundinamarca, con aplicación del método observacional” Maestría en geotecnia. Colombia, Bogotá, mayo de 2011. En esta Tesis enmarco el comportamiento geotécnico de las rocas, como aporte principal para los factores que intervienen en el deslizamiento de las inestabilidades de rocas. Realiza una caracterización geológica- geotécnica detallada de los materiales mineralógico y mecánicos.

Fajardo, F. Ómar E. “Evaluación geológica, geomorfológica y caracterización geotécnica del deslizamiento El Cairo en el municipio de San Luis de Gaceno en la jurisdicción de la Corporación Autónoma Regional de Chivor”, Tesis. Colombia 2016. Realizo el análisis geológico y geotécnico en una zona de inestabilidad en el municipio de san Luis Gaceno en la vereda el Cairo, para determinar el comportamiento de los movimientos de masas que amenazan el sector. También realizo la revisión de la cartografía geológica a escala local para posteriores etapas hídricas, hidrogeológicas, geomorfológicas y geotecnias en la zona de estudio.

Niño s, Jenny I. “Estudio de suelos y análisis geotécnico del sector ubicado en el k4+180 de la vía puente reyes-Gameza” Trabajo de Grado. Colombia, Sogamoso 2015. Realizo el trabajo con el propósito de brindar soluciones de tipo ingenieril, para la solución puntal del área del proyecto, para la solución de la estabilidad, caracterización del suelo encontrado. Recomendó la construcción de obras de confinamiento con la construcción de muros en concreto reforzado con cimentación profunda en un sistema de Caisson pre-excavados.

Tabla 1. Marco legal

NORMATIVIDAD	CONTENIDO
NSR-10, título H	Método normativo que ayuda a la determinación de lo que debe llevar las estructuras en Colombia con referencia al estudio de suelos.
I.N.V. E – 123	Análisis granulométrico de suelos por tamizado
I.N.V. E – 122	Determinación en laboratorio del contenido de agua (humedad) del suelo, roca y mezclas de suelo-agregado
NTC 1504	Suelos. Clasificación para propósitos de ingeniería. (ASTM D 2487)
NTC 1493	Suelos. Ensayo para determinar el límite plástico y el índice de plasticidad. (ASTM D 4318)
NTC 4630	Método de ensayo para la determinación del límite líquido, del límite plástico y del índice de plasticidad de los suelos cohesivos.

Fuente Propia

4.2. Localización del municipio de Girardot

El municipio de Girardot se encuentra ubicado en el centro del país, a orillas del río Magdalena en las desembocaduras de los ríos de Bogotá, Sumapaz y Coello. Limita al norte con los municipios de Nariño y Tocaima, al sur con el municipio de Flandes y el Río Magdalena, al oeste con el municipio de Nariño, el Río Magdalena y el municipio de Coello y al este con el municipio de Ricaurte y el Río Bogotá. Según el IGACC “sus coordenadas Geográficas son: latitud norte 4°18'00'' y longitud oeste 74°47'51''. La temperatura media anual es de 27.8 °C.4

Figura 1. Localización del Municipio

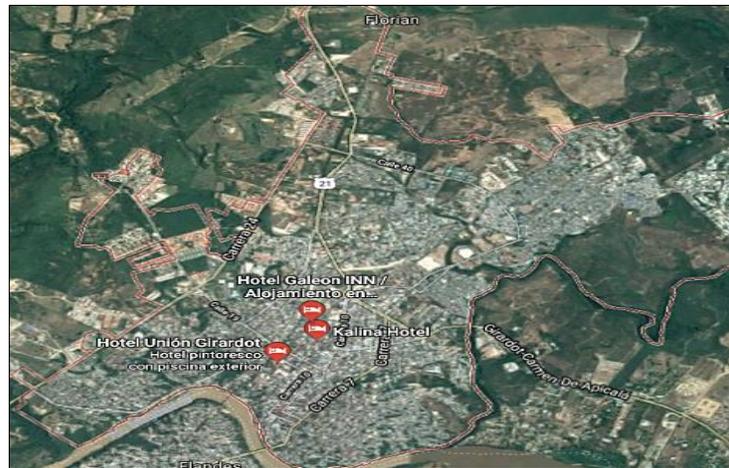


Fuente: Google Maps.

4.3.Descripción Geográfica

El municipio de Girardot pertenece a la provincia del alto Magdalena donde se encuentra localizado en el departamento de Cundinamarca, está ubicado a 134 km al suroeste de Bogotá, allí se puede observar en el mapa Geográfico.

Figura 2. Localización Geográfica del Municipio



Fuente: Google Earth

4.4.Localización de la zona de estudio

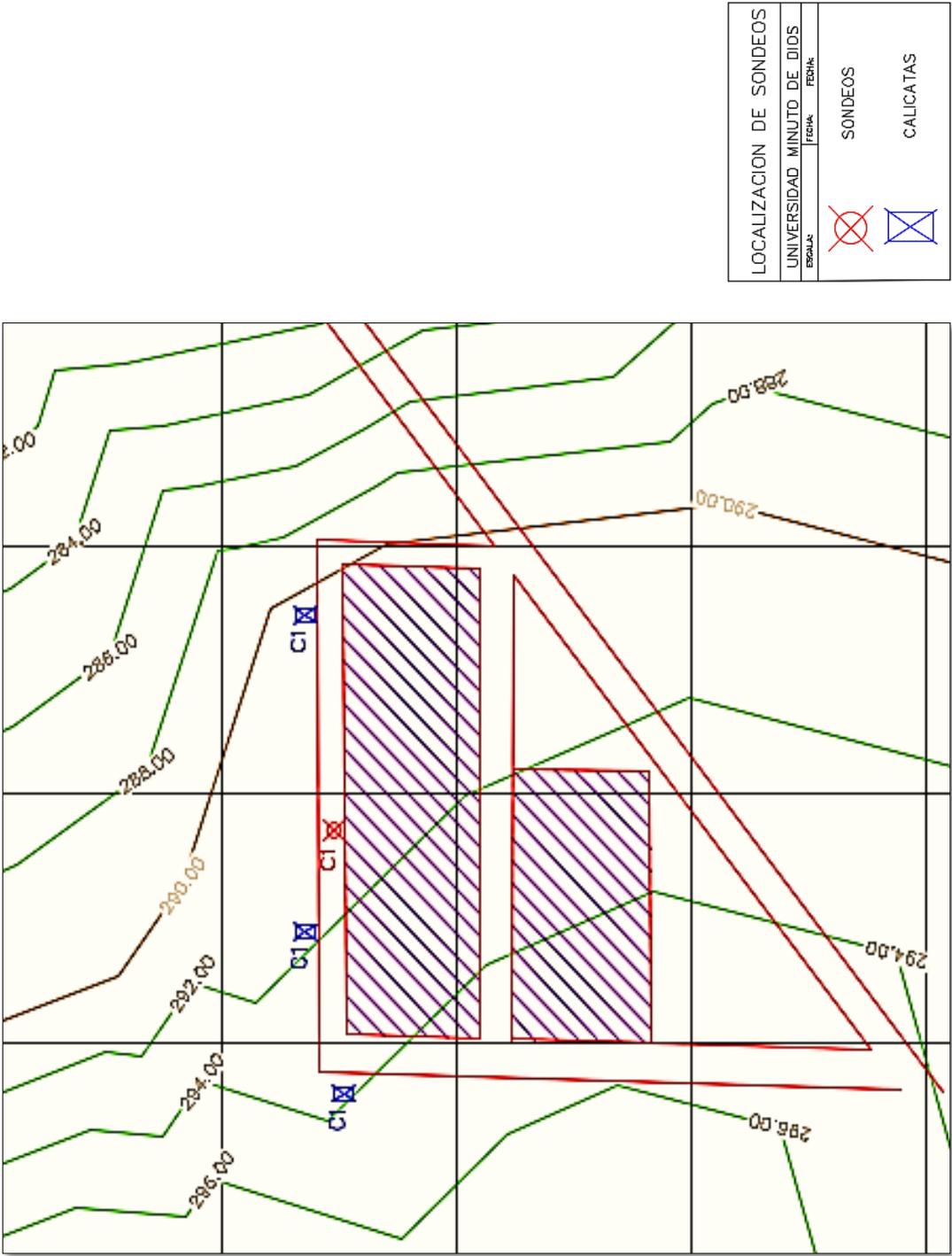
Ciudadela Comgirardot se encuentra ubicada en la comuna 3 del municipio de Girardot, donde sus coordenadas geográficas son; $4^{\circ}18'42.531''$ norte y $74^{\circ}49'3.566''$ oeste.

Figura 3. Localización de la zona de estudio con las coordenadas geográficas.



Fuente: Google Earth

4.5. Localización de puntos de exploración



Fuente: Propia

4.6.Zona de estudio

Debido a la problemática que presentan las viviendas del sector de la Ciudadela Comgirardot. A continuación, se mostrarán algunas fotografías que presenta actualmente la zona de estudio.

Figura 4.Vivienda en estado de deterioro por abandono de propietarios.



Vivienda en abandono a causa de la presencia de fallas estructurales, el cual los propietarios decidieron irse del lugar debido a las problemáticas, demandas y demás.

Ciudadela Comgirardot Fuente: propia 19-09- 2018

Figura 5.Vivienda con fallas estructurales con personas conviviendo allí.



Vivienda con deterioro, en un estado grave seguridad, a causa de la mala construcción y por desconocimiento normativo de la norma NSR-98, de su época.

Ciudadela Comgirardot Fuente: propia 19-09 2018

5. ASPECTO GEOLÓGICO

5.2. Geología Regional

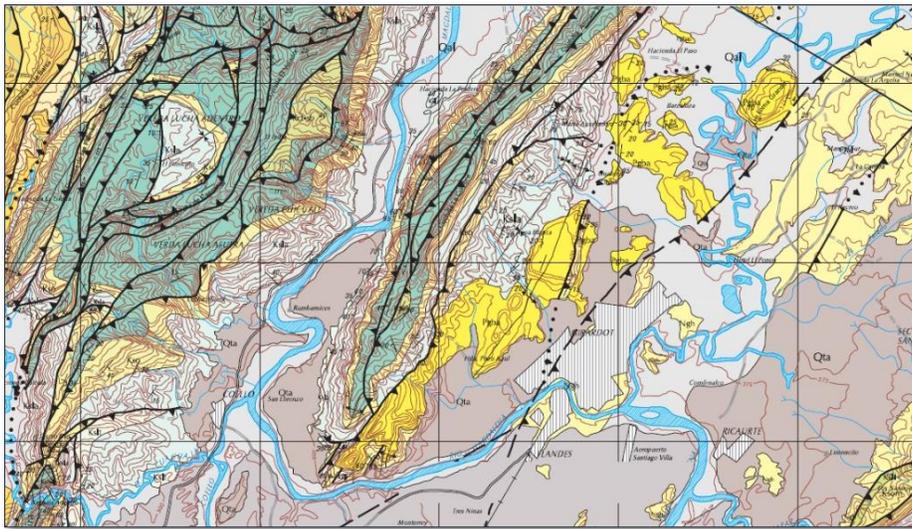
Según la plancha 245 de Girardot donde se encuentra el municipio de Girardot-Cundinamarca, se tiene en cuenta unas formaciones geológicas que son Terrazas Aluviales Altas (Qta) y la formación Barzalosa donde esta es un conjunto de conglomerados en la parte inferior, Arcillolitas abigarradas con algunas intercalaciones de conglomerada en la parte media y Arcillolitas con vetas de yeso en intercalaciones de areniscas en la parte superior. (INGEOMINAS, MAPA GEOLOGICO DE COLOMBIA PLANCHA 245 GIRARDOT, 2002, págs. 49,53)

En la memoria explicativa de Girardot se puede establecer que el municipio de Girardot es: Grupo Gualanday o San Juan de Rio Seco, Grupo Honda, Guadalupe y Depósitos del Cuaternario, ella hay características significativas que son:

- **Formación Gualanday o San Juan de Rio Seco (Pggs, Pggm y Pggi):** esta formación se divide en tres, que son la FORMACION GUALANDAY SUPERIOR, que son conglomerados polimicticos con algunas intercalaciones de areniscas y arcillolitas. FORMACION GUALANDAY MEDIO, en esta predominan las arcillolitas rojas, con algunas intercalaciones menores de areniscas. FORMACION GUAANDAY INFERIOR, son conglomerados polimicticos con algunas intercalaciones de arcillolitas y areniscas. (INGEOMINAS, GEOLOGIA DE LA PLANCHA 245 DE GIRARDOT, 1999).
- **Grupo Honda (Ngh):** son areniscas, arcillolitas y niveles de conglomerados de color gris verdoso, a ocasionalmente de coloración rojiza. Se encuentra cubierto por depósitos del cuaternario, donde el límite superior es discordante bajo los depósitos Cuaternarios del Abanico de Espinal, como en el área (H9-G11). (INGEOMINAS, GEOLOGIA DE LA PLANCHA 245 DE GIRARDOT, 1999).
- **Depósitos y Terrazas del cuaternario (Q):** estas están conformadas por un tipo de

características que son muy recientes donde en ella podemos encontrar depósitos volcanoclásticos que fueron generados por los Volcanes que se encuentran en la zona, arenas, gravas terrazas que son desprendimiento de la cordillera central con cantos que generalmente que se pueden encontrar en los valles superiores del río Magdalena como el valle del río Bogotá. (INGEOMINAS, MAPA GEOLOGICO DE COLOMBIA PLANCHA 245 GIRARDOT, 2002, pág. 53).

Figura 6. Geología de la zona



Fuente: Geología de Colombia Plancha 245 Girardot

5.3.Descripción de las formaciones geológicas en la zona de estudio

5.3.1. Formación Barzalosa (Pgba):

La formación Barzalosa pertenece a la era Cenozoica que su periodo es el Paleógeno, donde estas formaciones son de Origen continental, se determinó como la respuesta sedimentaria que generaron movimientos tectónicos que sufrió la Cordillera Central en su proceso de levantamiento a partir del Oligoceno.

Este tipo de suelo fue nombrado por Sheibe, que ayuda a describir la zona donde aflora este material, que describe secuencias de lodolitas rojas, con intercalaciones de arenitas y conglomerados, estas afloran en la zona rural de Barzalosa que queda en municipio de Girardot,

Cundinamarca. (INGEOMINAS, MAPA GEOLOGICO DE COLOMBIA PLANCHA 245 GIRARDOT, 2002). Esta clase de suelo fue subida de rango a formación, gracias a Cáceres y Etayo, donde ellos la clasificaron en cuatro partes o conjuntos. La formación aflora en los municipios de Girardot y Tocaima y al oriente del municipio de Agua de Dios.

Figura 7. Formación Barzalosa (Pgba) Coordenadas N 0918205- E 0969796



Fuente: Propia

Descripción litológica: según la memoria explicativa 245 de Girardot, hicieron la descripción de los materiales en las veredas Agua Fría y Malachí, que están ubicadas al sur de Tocaima, en ella encontraron conglomerados, con cantos subangulares de 12-20cm de diámetro, de limolitas silíceas, con restos foraminíferos (provenientes del Grupo Olini), embebidos en una matriz de arenita media a gruesa a muy gruesas, con estratificación ondulosa no continua, el espesor medido para este conjunto es de 50m. (INGEOMINAS, MAPA GEOLOGICO DE COLOMBIA PLANCHA 245 GIRARDOT, 2002, págs. 49,50 Y 51).

En el nivel anterior se pudo tener en cuenta que hay secuencia monótona de arcillolitas y limolitas rojas, con esporádicas capas de arenita media a levemente conglomeráticas, de cuarzo y líticos, en capas medias a gruesas, lenticulares; el espesor para este conjunto es de 230 m.

El tercer conjunto que se encuentra sobre el anterior, está conformado por arenitas medias a conglomeráticas, líticas y subarcósicas, de color rojo amarillento, cemento silíceo, en capas muy

gruesas a delgadas, convergentes, con esporádicas intercalaciones de lodolitas, este segmento presenta un espesor aproximado de 80m.

En las vereda Presidente se pudieron separar tres conjuntos, que en el inferior se observa niveles de arena conglomeráticas de color rojo, de grano fino a medio, con líticos, moscovítica, con abundantes óxidos de hierro, un conjunto intermedio de arenitas, en capas delgadas, intercaladas con arcillolitas abigarradas, en capas medias a gruesas; entre estos niveles arcillosos se encuentran laminas gruesas de yeso masivo, el cual explotado en la actualidad (Planta de Yeso Ancla), y algunas alteraciones a caolinita. El conjunto superior se encuentra constituido por arcillolitas abigarradas, las cuales forman un extenso valle que se extiende por la vereda Presidente. (INGEOMINAS, MAPA GEOLOGICO DE COLOMBIA PLANCHA 245 GIRARDOT, 2002, pág. 50).

Posición estratigráfica y edad: el contacto inferior de la unidad es discordante y se coloca en la base de una capa de conglomerados, que suprayace a lodolitas y arenitas calcáreas del Nivel de Lutitas y Arenas, de las liditas del Grupo Olini o de arcillolitas de Formación Honda no se observó, por encontrarse bajo sedimentos de edad cuaternaria o por estar afectado por falla, mientras que el suroriente la relaciones fallada con los Conglomerados de Carmen de Apicalá.

Se puede establecer que la formación Barzalosa no se le tiene datos Paleontológicos, por lo tanto, no se sabe su edad que tanto así que se deduce de la posición estratigráfica que ocupa entre la Formación Seca y el Grupo Honda. Según Porta el asume que es de una edad oligocena o miocena que estas varían entre 65.5 ± 0.3 millones de años y 23.03-2.588 millones de años, sin embargo, la presencia de unidades de conglomerados de edad eocena media, discordante sobre formaciones de edad cretácica en esta parte del valle medio del Magdalena, podría indicar que la base de esta unidad corresponde a esta misma edad. Se correlaciona a las formaciones Gualanday Inferior y Gualanday Medio, así como a la parte inferior de la formación San Juan de Río Seco. (INGEOMINAS, MAPA GEOLOGICO DE COLOMBIA PLANCHA 245 GIRARDOT, 2002, pág. 50).

Interpretación paleoambiental: no se tiene un registro paleoambiental para esta zona, pero se a penado que el ambiente es de depósitos de abanicos aluviales y ríos trenzados, por analogía con los depósitos del Grupo Gualanday, que se trata de depósitos de afinidad continental.

5.3.2. Terrazas aluviales altas (Qta):

Esta última formación que se tiene, son de la era Cuaternaria, allí se pueden observar terrazas antiguas y recientes en los principales afluentes que son los ríos Bogotá, Magdalena, Sumapaz y Coello. Se encuentran extensiones limitadas que tienen alturas apenas de 10 y 15 mtrs respecto al nivel de guas medias de dichos afluentes, en estas terrazas se encuentran reposadas sobre el Grupo Honda, donde en ellas se pueden observar pequeñas mesetas y estas protegen los afloramientos de otras formaciones que subyacen.

Figura 8. Terrazas Aluviales altas (Qta) Coordenadas N 0964422- E 0913399



Fuente: Propia

Descripción litológica: estas terrazas son depósitos no consolidados que son gravas y cantos de tamaño heterométrico, subangulares a redondeadas, que a su alrededor se puede encontrar arenas con arcillas que tienen muy baja compactación. En el río Magdalena, tienen una composición que es principalmente de arenitas y limolitas silíceas, en una matriz arcillosa roja,

con un espesor variable que pueden alcanzar los 10m. (INGEOMINAS, MAPA GEOLOGICO DE COLOMBIA PLANCHA 245 GIRARDOT, 2002, pág. 53 Y 60)

6. PARAMETRO DE DISEÑO SÍSMICO

6.2.Zona de amenaza sísmica

Según el Titulo A de la Norma (NSR, 2010) Para los efectos del diseño sísmico, se debe localizar dentro de las zonas de amenaza sísmica, baja, intermedia o alta y además deben utilizarse los movimientos sísmicos de diseño. Se determina el número de la región en donde está localizada el proyecto usando A_a y el A_v , donde los valores se obtienen de la tabla (A.2.2.2 A.2.2.3).

Según la norma (NSR, 2010) “en el Titulo A.2 se establece la zona de amenaza sísmica que se definen de la siguiente manera:

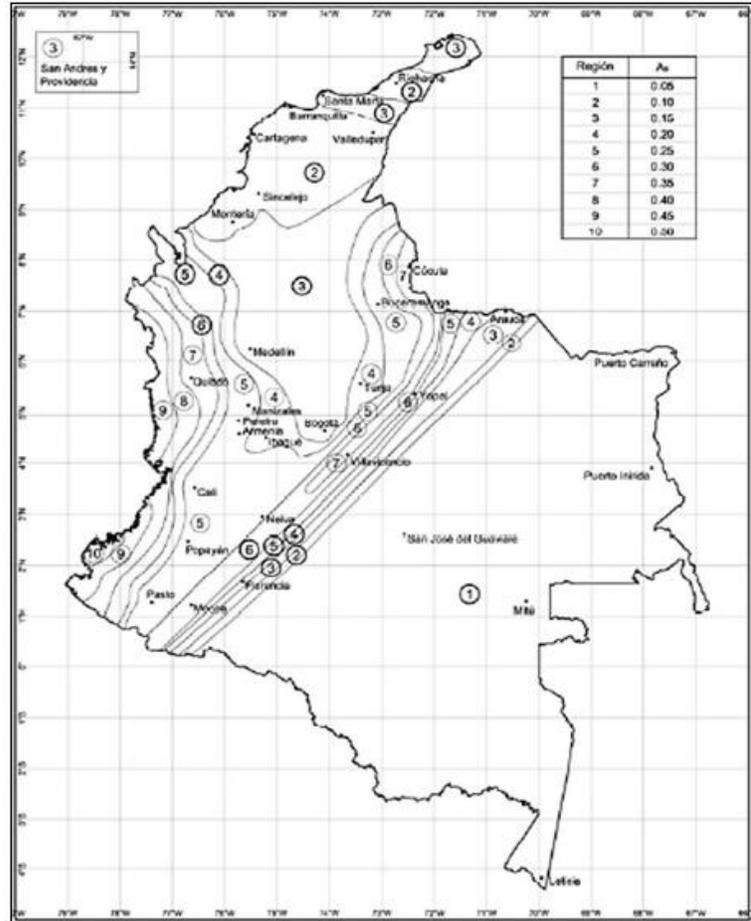
- **Zona de amenaza sísmica Baja:** Es el conjunto de lugares en donde tanto A_a como A_v son menores o iguales a 0.10.
- **Zona de amenaza sísmica Intermedia:** Es el conjunto de lugares en donde A_a o A_v , o ambos, son mayores de 0.10 y ninguno de los dos excede 0.20.
- **Zona de amenaza sísmica Alta:** Es el conjunto de lugares en donde A_a o A_v , o ambos, son mayores que 0.20.

Tabla 1. A.2.3-1 nivel de amenaza sísmica según valores de A_a y de A_v

Mayor valor entre A_a y A_v	Asociado en mapas de las figuras A.2.3-2 y A.2.3-3 a Región N°	Amenaza Sísmica
0.50	10	Alta
0.45	9	Alta
0.40	8	Alta
0.35	7	Alta
0.30	6	Alta
0.25	5	Alta
0.20	4	Intermedia
0.15	3	Intermedia
0.10	2	Baja
0.05	1	Baja

Fuente: NSR-10

Figura 9. Mapa de Colombia dividido por zonas de amenaza sísmica.



Fuente: NSR-10

6.2.1. Zona de amenaza sísmica en el municipio

El Municipio de Girardot se encuentra dentro de la región N° 4, zona de amenaza sísmica intermedia, con Aa (aceleración pico efectiva horizontal de diseño expresada como fracción de la aceleración de la gravedad, $g=9.8m/s^2$)= 0.20.

7. MARCO TEÓRICO

7.2.La Geología

La Geología es la rama de las Ciencias Naturales que estudia la historia, la composición, la estructura y los procesos de la Tierra, más específicamente de las rocas que constituyen nuestro planeta desde la superficie hasta 100 o 200 kilómetros de profundidad. (Iriondo, 2014, pág. 9).

La tierra es uno de los planetas del sistema solar con procesos y transformaciones internos, con una corteza sólida compuesta por minerales, que sufren modificaciones, alteraciones por las condiciones químicas o físicas. (Iriondo, 2014). La geología es la ciencia que determina el origen de la tierra tanto interna como externamente, se estudia por métodos y teorías físicas-químicas que permiten facilitar y simplificar el razonamiento de los seres humanos.

7.3.Origen y formación del suelo

El globo terrestre está constituido por un núcleo formado por compuestos de hierro y níquel, según el autor (Badillo & Rodríguez, 2014) “existe la opinión pero no suficientemente comprobada, de que una zona entorno al centro del planeta posee alta rigidez por lo que es considerada sólida. Un manto fluido (magma) rodea al núcleo”. (pág. 33)

Luego de ese manto se encuentra la corteza terrestre, capa de densidad decreciente hasta la superficie. Esta capa, tiene un espesor medio 30-40Km en las plataformas continentales, constituidas por masas heterogéneas y depresiones ocupadas por mares y océanos. Y existe una

pequeña capa, formada por la disgregación y descomposición de sus últimos niveles llamada suelo.

7.3.1. El Suelo

El suelo tiene variedad de definiciones dependiendo del uso e intereses. En este caso la definición de suelo en ingeniería, según (Iriondo, 2014) “Es un agregado natural de partículas minerales separables por medios mecánico de poca intensidad” (Pág. 289). Podría decirse que pueden ser orgánicas e inorgánicas, que varía desde su organización y las propiedades, en especial verticalmente más que horizontalmente. El suelo tiene un perfil que los caracteriza, especialmente por la acción de agentes generadores del suelo que pueden ser según estos dos grupos: la desintegración mecánica y la composición química.

Cuando se trata de desintegración mecánica se refiere a la intemperie de las rocas por agentes físicos, tales como la temperatura, congelación de las juntas y grietas de las rocas, vegetación, etc. Todos estos fenómenos pueden llegar a formar arenas, o cuanto mucho limo, y en casos especiales arcillas. Por descomposición química, es la modificación, su constitución mineralógica o química que produce en las rocas. Tales como la oxidación, hidratación y la carbonatación. Estos mecanismos producen arcillas en zonas húmedas o cálidas. Mientras que en zonas más frías producen formaciones arenosas o limosas más gruesas. Especialmente en los desiertos cálidos la falta de agua produce fenómenos de descomposición, por esta razón es que predominan las arenas en esa zona (Badillo & Rodríguez, 2014).

7.3.1.1.Suelo residuales y Transportados

Según (Iriondo, 2014) la categoría general “suelo” se divide en estas clases: suelo residual y suelo transportados. El suelo residual es aquel producto de los agentes de intemperismo y se encuentra todavía en su lugar de origen por lo contrario de los suelos transportados, que ha sido movido del lugar de origen por cualquier agente de transporte.

Existen en la naturaleza numerosos agentes transportadores como lo son principalmente el viento, los ríos, los glaciares, los mares y las fuerzas de gravedad. También el suelo orgánico aplica en estas clases, ya que está compuesto por materia vegetal parcialmente descompuesta, por ejemplo, las turbas.

7.4.Principales tipos de suelo

Según el autor Terzaghi (1995), a continuación, se describen los suelos más comunes generalmente utilizados según su clasificación en el terreno:

7.4.1. Las gravas

También llamados ripios los cantos rodados son agregados sin característica de la cohesión de fragmentos granulares poco o no alterados de rocas y minerales. Estas partículas tienen tamaños hasta de 15 0 20 cm, aquellas rocas con diámetros mayores se conocen como piedras- bolas, rodados grandes, etc.

7.4.2. Las arenas

Las partículas de tamaños menores de 2 mm se clasifican como arenas

7.4.3. Limos Inorgánicos

Estos suelos son de grano fino, por causa de su textura suave, los limos inorgánicos son comúnmente tomados por arcillas, pero pueden distinguirse sin necesidad de efectuar ensayos de laboratorio, únicamente se realiza in situ el ensayo de sacudimiento

7.4.4. Limos orgánicos

Son suelos de granos finos o menos plásticos, a veces contiene fragmentos de materia vegetal u otros elementos orgánicos en descomposición lo que le puede dar un olor característico. Los limos tienen un color que varía de gris a gris oscuro, tiene alta compresibilidad y su permeabilidad es muy baja.

7.4.5. Las arcillas

Son agregados de partículas muy pequeñas, y son especiales en cuanto a sus propiedades físicas. Cuando están saturadas son muy compresibles en cambio secos presentan una resistencia muy alta. Su color varía entre gris oscuro a negro y pueden tener un olor característico.

7.4.6. Las Turbas

Son agregados con fragmentos macro y microscópicos de materia orgánica descompuesta. Su color es castaño claro a negro. Este suelo es deficiente para soportar fundaciones ya que sus propiedades son muy compresibles.

Bajo algunas condiciones geológicas especiales existen la formación de los suelos debida a la existencia de agujeros dejados por las raíces extinguidas o estratificadas y por causa de estas características se pueden identificar fácilmente con nombres como:

7.4.7. Las morenas

Son depósitos glaciares no estratificados de arcilla, limo, arena, cantos rodados y piedras que cubren toda la superficie rocosa, que estuvieron cubierta de hielo por periodos de avance glaciares.

7.4.8. Las Tufas

Son agregados finos conformado de minerales y fragmentos de rocas muy pequeñas, arrojados por los volcanes en el momento de la explosión y que han sido transportados por fenómenos naturales como el viento o el agua.

7.4.9. Los Loess

Son sedimentos eólicos uniformes y cohesivos, de color castaño u oscuro. Su tamaño oscila entre los estrechos (0,01 y 0,05 mm) y su cohesión es debida a la presencia de un cementante que puede ser de naturaleza predominante de calcárea o arcillosa.

7.4.10. Capacidad de Intercambio caótico

El cambio Iónico es uno de los cambios más importantes junto con la fotosíntesis, según el autor (Carvajal, 1997) “la capacidad de intercambio catiónico se define como el número de cargas negativas del suelo y se expresa en meq/100g del suelo.” Pág. 13.

El aumento del PH trae como consecuencia u incremento en las cargas negativas, ya que el aluminio se precipita, la concentración de hidrogeniones disminuye, por lo tanto, la CIC aumenta. A los valores altos de la CIC existe una gran disponibilidad de los diferentes elementos en el suelo. Menores a 10 meq/100 g.s son bajos, entre 10 y 20 medios, de 20 a 30 altos y mayores a 30 meq/100 g.s. muy altos. (Carvajal, 1997, pág. 12).

En los granos gruesos, existen unas fuerzas gravitacionales que predominan sobre otras fuerzas, por ello todas las partículas gruesas tienen comportamientos similares. Se describen una de las teorías más comunes hasta ahora desarrolladas para explicar la estructura interna de las arcillas. Según los autores (Badillo & Rodríguez, 2014) “Cada partícula del suelo posee una carga eléctrica negativa, según se desprende de la estructura iónica, así la partícula atrae a los iones positivos del agua (H^+) y cationes de diferentes elementos químicos, tales como Na^+ , Ca^{++} , Mg^{++} , Al^{+++} , Fe^{+++} , *etc.*”

Todo esto conduce a que cada partícula individual de las arcillas está rodeada de una capa de moléculas de agua ligadas en forma definitiva a su estructura.

Las moléculas de agua son polarizadas, ya que en ellas no coinciden los centros de gravedad de sus cargas negativas y positivas, sino que funcionan como pequeños dipolos permanentes; los propios cationes atraen moléculas de agua gracias a la naturaleza polarizada, de modo que cada catión obtendrá un volumen de agua en torno a él. (Badillo & Rodríguez, 2014).

7.4.11. El pH del Suelo

Según el autor (Carvajal, 1997) describe que “El pH es una propiedad físico química muy importante en el estudio de los suelos, ya que depende la disponibilidad de nutrientes para las plantas, determinando su solubilidad y la actividad de los microorganismos, los cuales mineralizan la materia orgánica”. También se determinan la concentración de iones tóxicos, la CIC y diversas propiedades que apuntan a la fertilidad del suelo.

Influencia del pH sobre los diferentes elementos en el suelo son:

- **Nitrógeno:** Esta mineralización se da en valores cercanos a pH7.
- **Fosforo:** presenta un pH entre 6.5 y 7.5.

- **Calcio, magnesio y potasio:** presenta un pH entre 7 y 8.5.
- **Azufre:** el PH óptimo esta entre 6 y 8.
- **Hierro y manganeso:** El pH óptimo para manganeso esta entre 5 y 6.5 para hierro entre 3.5 a 6.5.
- **Cobre y Zinc:** el pH ácido a neutro de 5 a 7.

7.5. Propiedades físicas de los suelos

Las propiedades del suelo son aquellos criterios que permiten distinguir entre si las partículas de los suelos de manera adecuada según su clasificación, y está totalmente relacionada con el comportamiento de las masas durante la construcción de las obras. Estos podrían estudiarse abarcando por el origen, la mecánica teórica y características propias de los suelos (terzaghi, 1955, pág. 3). Las propiedades se dividen en dos clases: propiedades de los granos del suelo y las propiedades de los agregados del suelo. Las propiedades de los granos del suelo, determinan el tamaño y su forma, y en las partículas más pequeñas se determinan las características mineralógicas. Para los agregados del suelo sus propiedades más significativas son la densidad relativa, sin cohesión y para los suelos cohesivos, la consistencia. (terzaghi, 1955, pág. 4).

7.5.1. Tamaños

Los tamaños de las partículas que conforman los suelos varían entre un canto rodado y una molécula grande. Los granos de tamaños mayores de 0.06mm pueden ser examinados por medio de una lupa, y se constituyen la fracción muy gruesa y la fracción gruesa de los suelos.

Para los tamaños comprendidos entre 0.06 mm y 2 micrones (1 micrón= 0,001 mm) son examinados con la ayuda de un microscopio y constituyen la fracción fina de los suelos.

Y los granos menores de 2 micrones y 0,1 micrón se pueden utilizar el microscopio, pero no su forma, para este caso se determina su estructura molecular por medio de los rayos X.

7.5.2. Forma

En los suelos gruesos, según el autor (Badillo & Rodriguez, 2014) “la forma característica de un suelo grueso es la equidimensional, la cual las tres dimensiones de la partícula son de magnitud comparable, de las cuales se pueden considerarse la redondeada, la subredondeada, la subangulosa, y la angulosa, esta va a escala decreciente.” (pág. 75). La forma redonda, es la esférica, mientras que la angulosa es la que presenta aristas y vértices aguzados; cuando estos vértices y aristas están redondeados por el efecto del rodado y la abrasión mecánica se tiene la forma subangulosa, y luego por un proceso as intenso a causa de la erosión puede definir la forma redondeada final. Las formas redondeadas son frecuentes en las arenas de río, y en formaciones de las playas, allí abundan formas subredondeadas y subangulosas. Según (Badillo & Rodriguez, 2014) “las partículas que no se arrastran por acción natural, no sufren el efecto de la abrasión o el rodamiento”. (pág. 75).

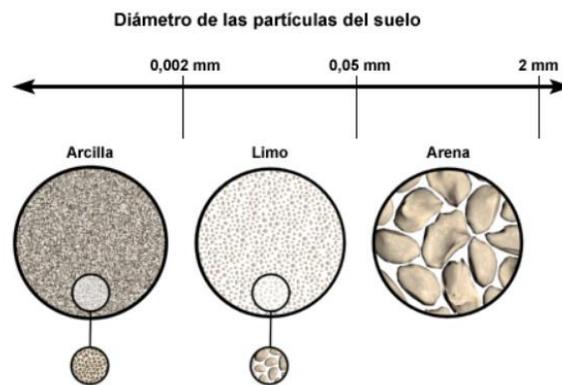
En las arenas residuales, son típicas las formas angulosas, y las arenas volcánicas contienen estas formas en las partículas cristalizadas. Las arenas marinas son a veces angulosas y las arenas eólicas suelen ser de grano fino y redondeado.

En los suelos finos, la forma de sus partículas tiende a ser aplastadas, por lo que mayor parte de los minerales de arcilla adoptan una forma laminar o en excepción algunos minerales que poseen forma acicular.

7.5.3. Textura

Según el autor (terzaghi, 1955) “el termino textura se refiere al grado de firmeza y uniformidad del suelo tales como harinoso, suave, arenoso, áspero, etc., según sea la sensación que produce el tacto”. (Pág. 22)

Figura 10. Clasificación de la textura del suelo.



Fuente: https://wegc203116.uni-graz.at/metted/hydro/basic/Runoff_es/print_version/04-soilproperties.htm

7.5.4. Estructura

El termino estructuras se refiere a la forma en que las partículas se disponen dentro de la masa del suelo. Los suelos de granos finos pueden ser estables aun cuando cada partícula puede tener una *estructura dispersa*, en la cual todas las partículas están orientadas paralelamente entre sí, o con una estructura de castillo de naipes o flatulenta. Si el suelo consiste en un arreglo suelo de manojos de partículas, independientemente de la disposición de las partículas dentro de los manojos se dice que tiene una estructura en nido de abejas (terzaghi, 1955, pág. 22).

En los suelos formados por las partículas grandes como (Gravas y arenas) las fuerzas que intervienen para formar la estructura son relativamente simples de calificar, mientras que en los suelos de partículas muy pequeñas (Limos y arcillas) las fuerzas que intervienen en los procesos de estructuración son de carácter mucho más complejo.

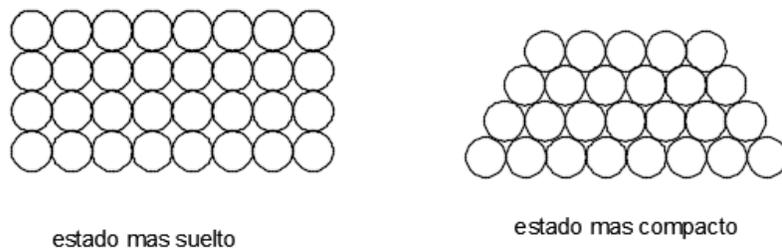
Se ha considerado tradicionalmente las estructuras simples, panaloide y floculenta.

a) Estructura simple.

Este se produce cuando las fuerzas debidas al campo gravitacional terrestre, es decir, típica en los granos gruesos (grava y arena limpias). Las partículas se disponen apoyándose directamente unas en otras y cada partícula posee varios puntos de apoyo. Desde un punto de vista ingenieril, el comportamiento mecánico e hidráulico de un suelo de estructura simple, queda definido por dos características: la compacidad del manto y la orientación de sus partículas.

El termino compacidad se refiere al grado de acomodo alcanzado por las partículas del suelo, dejando más o menos vacíos entre ellas. En suelos pocos compactos el grado de acomodo es menor; en ellos el volumen de vacíos, y por este caso la capacidad de deformación es mayor. (Badillo & Rodriguez, 2014, pág. 79).

Figura 11. Compacidad de un conjunto de esferas iguales



Fuente: Mecánica de suelos

b) Estructura panaloide.

Esta estructura es típica en granos de pequeños tamaños (0.002 mm de diámetro o menores) que se depositan en un medio continuo, que pueden ser agua y en ocasiones aire. En estas partículas la gravitación ejerce un efecto que hace que tiendan a sedimentarse, pero dada su pequeña masa, otras fuerzas naturales pueden hacerse de adherencia entre ambas. (Badillo & Rodriguez, 2014).

c) Estructuras compuestas.

Estas estructuras se han formado por condiciones que permiten la sedimentación e partículas gruesas y finas, esto ocurre frecuentemente en agua de mar o lagos, con contenido de sales, donde el efecto floculante de las sales coexiste con el arrastre de los vientos, corriente de agua, etc.

d) Estructura en castillo de naipes.

Según algunos otros investigadores como Goldschmidt y lambe, han sugerido una interpretación diferente sobre la génesis de una estructura floculenta la estructura resultante entre sí. La forma laminar típica de los minerales de arcilla es fundamental en la estructura resultante para los suelos finos. Las investigaciones realizadas en las partículas de caolinitas, ilitas y momorilonitas han demostrado que la longitud de ellas es del mismo orden de magnitud que su ancho y que el espesor varia de $\frac{1}{100}$ de estas dimensiones.

Tabla 2. Criterios para describir la estructura

Descripción	Criterios
-------------	-----------

Estratificada	Capas alternadas variables de material o color, con espesor de por lo menos 6 mm. los cuales deben anotarse.
Laminada	Capas alternadas variables de material o color, con espesores menores de 6 mm. los cuales deben anotarse.
Fisurada	Rompimiento según planos definidos de fractura con poca resistencia a ésta.
Lisa	Planos de fractura lisos o lustrosos; algunas veces estriados.
En bloques	Suelo cohesivo que puede romperse en pequeños terrones angulosos resistentes a un rompimiento adicional.
En lentes	Inclusión de pequeñas bolsas de diferentes suelos; tales como pequeños cristales de arena esparcidos en una masa de arcilla; anótese el espesor.
Homogénea	Apariencia y color uniforme.

Fuente: INVE 102-07

7.5.5. Consistencia

Según el autor (terzaghi, 1955)“Se refiere al grado de adherencia entre las partículas del suelo y a la resistencia a las fuerzas que tienden a deformar o romper el agregado del suelo.” La consistencia en las arcillas y de otros suelos cohesivos, se describe con los términos muy blandos, blandos, firmes, duros, muy duros. La medida cuantitativa más directa de la consistencia es la resistencia a la compresión, ya que resulta significativa en los suelos arcillosos saturados uniformes, como lo son en las arcillas marina o de origen glaciario o de origen (residual, eolicofluvial, etc.) Las arcillas comparten muchas otras sustancias coloidales que le permiten

perder resistencia por ablandamiento cuando son amasadas a un contenido inalterado de humedad.

Tabla 3. Consistencia de las arcillas saturadas

Consistencia	Resistencia a la compresión simple q_c en Kg/cm ²
Muy blanda	menos de 0,25
Blanda	0,25-0,5
Medianamente compactada	0,5 - 1,0
Compacta	1,0 - 2,0
Muy Compacta	2,0 - 4,0
Dura	mayor de 4,0

Fuente: Mecánica de Suelos Ingeniería práctica

La consistencia se describe por medio de la inspección del tacto.

Tabla 4. Criterios para describir la consistencia

Descripción	Criterios
Muy blanda	El dedo pulgar penetra en el suelo más de 25 mm
Blanda	El dedo pulgar penetra en el suelo aproximadamente 25 mm
Firme	El dedo pulgar hace mella de 6 mm
Dura	El dedo pulgar no hace mella en el suelo; penetra rápidamente la humedad.
Muy dura	La uña del pulgar no hace mella en el suelo.

Fuente: INVE 102-07

7.5.6. Porosidad

Según (terzaghi, 1955) para determinar la porosidad n se puede adoptar que “es la relación entre el volumen de vacíos y el volumen total del suelo. La porosidad se expresa en porcentaje, se denomina porcentaje de vacíos. La relación de vacíos e es la relación entre el volumen de los vacíos y el volumen de los sólidos”. Aplicando los siguientes pasos:

$$V = \text{volumen total}$$

$$v_v = \text{volumen total de vacíos,}$$

$$n = \frac{v_v}{v}$$

y

$$e = \frac{v_v}{v - v_n}$$

La porosidad de una masa estable no cohesiva de esferas iguales depende de la forma en que están dispuestas. En la disposición más densa posible, n es igual a 26% y en estado más suelto a 47%. La porosidad de un depósito natural de arena depende de la forma de sus granos, de la uniformidad del tamaño y de las condiciones de sedimentación, y varía entre extremos de 25 a 50%. (terzaghi, 1955, pág. 24). La gran influencia que la porosidad ejerce por la forma y el grado de uniformidad hace que por sí misma no proporcione una indicación de si el suelo es suelto o denso. Esta información se obtiene solo por la comparación de la porosidad de un suelo en estados sueltos o densos.

7.5.7. Contenido de Humedad

Según el autor (terzaghi, 1955) Define “el Contenido de humedad (w) como la relación entre el peso del agua contenida en el suelo y el peso del suelo seco, se expresa en porcentaje”. Para las arenas y otros tipos de suelos ubicados por encima de la capa freática, parte de estos vacíos están ocupados por el aire, y, si e_w representa el volumen de agua por unidad de volumen de materia solida, aplicando la siguiente relación.

$$S_r(\%) = \frac{100 e_w}{e}$$

7.5.8. Propiedades mecánicas de los suelos

El suelo es un conjunto de diversas propiedades mecánicas, que por medio de investigaciones empíricas y teóricas se determina las propiedades especiales que ellas presentan, de esta manera han progresado los estudios de algún punto donde los ingenieros del suelo son capaces de analizar el estudio y diseño de las grandes características de la tierra, especialmente aplicadas para los futuros proyectos de ingeniería civil.

7.5.9. Plasticidad

Según los autores (Escobar, Enrique, & Gonzalo and Escobas, 2016). Definen la plasticidad de un suelo como la deformación que se produce en la capa de agua que adsorbe los minerales, de esta forma se desplaza una sustancia viscosa a lo largo de la superficie del mineral, contralada por una atracción iónica. En las arcillas la plasticidad se interpreta por su forma aplanada y

pequeños tamaños. La plasticidad depende del contenido de arcilla según Skempton (1953) expresa la relación de la arcilla, mediante la fórmula:

$$A = \frac{IP}{\% \text{ de arcilla}}$$

% arcilla = % peso W_s = % en peso con $\varphi < 2\mu\mu$

La plasticidad es una propiedad ingenieril que en otra interpretación se denomina en las características esfuerzo-deformación de los materiales.

7.5.10. Limites Atterberg

Este nombre proviene del científico sueco Albert Mauritz Atterberg, se utiliza especialmente para caracterizar el comportamiento de los suelos finos, y está relacionado en otras palabras con la cantidad de agua que contiene un material y es lo que es capaz de absorber.

7.5.10.1. El limite líquido LL

Según el autor (Sembenelli, 1966) define “Es el punto de paso del estado líquido al estado plástico, y se mide con el contenido de humedad expresado (LL), que contiene un material en el momento de perder la fluidez y la capacidad de escurrir como un líquido denso” Pág. 43.

Este un método de prueba permite determinar el límite líquido, por medio de la investigación surgió el aparato como técnica de investigación basado en el uso de la copa de Casagrande. Cierre una ranura de ½” de amplitud a los 25 golpes, generados en la capsula de bronce, con un ritmo de 2 golpes por segundos. (Geomecánica , 2016, pág. 73).

7.5.10.2. Límite plástico L_p

La prueba de determinación del límite plástico es el menor contenido de húmedas por el cual el suelo se deja moldear. Esto indica la formación de rollitos de diámetros de 3 mm, condición que agregó Terzaghi. En el momento que se forma la pasta al 3 mm justo ahí ocurra el desmoronamiento y agrietamiento, se determina el contenido de humedad que es el límite plástico.

7.5.10.3. Límite retracción L_R o límite contracción

Es el punto de paso del estado semisólido al estado sólido un suelo, consiste en el contenido de humedad donde el suelo está sometido a secado, la realización de mediciones de la longitud y peso. Básicamente se coloca en una capsula el suelo húmedo y se determina su peso y su volumen, también el volumen de la capsula. Al secar en la estufa se obtiene el peso y el volumen. Según los autores (Badillo & Rodriguez, 2014), Puede deducirse:

$$LC(\%) = \left(\frac{V_m - \frac{W_s}{S_s \gamma_0}}{W_s} \right) 100 = \left(\frac{V_m}{W_s} - \frac{1}{S_s} \right)$$

O bien:

$$LC(\%) = 100 \left(\frac{1}{s_d} - \frac{1}{s_s} \right)$$

El límite de contracción puede obtenerse aplicando la definición de contenido de agua:

$$LC(\%) = 100 \left(\frac{A}{W_s} \right) = 100 \left(\frac{W_1 - W_s - (v_1 - v_2)}{W_s} \right)$$

7.5.10.4. Índice de Consistencia I_c

Esta prueba es una medida de consistencia o factibilidad relativa con que el suelo puede deformarse. Puede deducirse:

$$I_c: \frac{\omega_1 - \omega}{\omega_L - \omega_p} * 100$$

7.5.10.5. Índice de retracción IR.

Es la amplitud del rango de humedades que se encuentra dentro del suelo en estado sólido.

$$IR = LR - LP$$

7.5.11. Permeabilidad

(terzaghi, 1955) “Un material es permeable cuando contiene vacíos continuos, es decir que permiten el paso fácil del fluido que circulan a través de su masa”. Pág. 46

La velocidad con la que el fluido atraviesa el material interviene de tres factores; la porosidad del material y su estructura, la viscosidad del fluido por la acción de la temperatura, la presión a que está sometido el fluido.

En geología la determinación de la permeabilidad del suelo tiene una gran influencia respecto a los estudios hidráulicos, mineralogía entre otras aplicaciones, Esta propiedad de los suelos tiene un efecto frente al costo y las dificultades en las actividades constructivas, ya que por su causa se presenta fallas, agrietamientos u otros defectos estructurales.

7.5.12. Resistencia al Esfuerzo Cortante

Una de las principales propiedades del suelo es soportar las cargas y conservar la estabilidad, todo esto depende de la resistencia de los suelos. El primer físico que trabajó por explicar la génesis de la resistencia de los suelos fue el ingeniero francés C. A. Coulomb. Según Coulomb Su primera idea consistió en atribuir a la fricción entre las partículas del suelo la resistencia al corte del mismo. (Badillo & Rodriguez, 2014).

“Si un cuerpo actúa sobre él una fuerza normal P ha de deslizar sobre una superficie rugosa, se encuentra que la fuerza F resuelta ser proporcional a P ”. de allí se tiene:

$$F = \mu P$$

Donde μ es el coeficiente de fricción entre las superficies en contacto.

Según los autores (Badillo & Rodriguez, 2014) “Coulomb admitió que los suelos fallan por esfuerzo cortante a lo largo de planos de deslizamiento y que ese mecanismo de fricción arriba mencionado rige la resistencia al esfuerzo cortante” pág. 374.

De allí nace la ley de resistencia, según donde se produce la falla cuando el esfuerzo cortante actuante alcanza un valor s , el cual el llamo “Angulo de fricción interna” y la definió como una constante del material. Por lo tanto:

$$s = \sigma \tan \phi$$

Básicamente Coulomb presentó después que el comportamiento de las arcillas aplicado en el experimento anterior presentaba otras conclusiones, en efecto pudo observar que las arcillas no se deslizarían entre los dedos, de modo que no exhibe ante la resistencia al esfuerzo cortante aun así cuando el esfuerzo normal exterior sea nulo. Así que la llamo “cohesión” y la considero una constante de los materiales. $\phi = 0$

La ley de resistencia de estos suelos fue:

$$s = c$$

De esta manera coulomb estableció que estos presentaban características mixtas, tanto cohesión como fricción interna, por lo tanto, asigno una ley de resistencia combinada y es conocida con el nombre de ley de coulomb:

$$s = c + \sigma \tan\phi$$

Esta ecuación fue usada por siglos, se utilizó para la elaboración de presión de tierra, capacidad de carga y métodos de análisis de estabilidad de terraplenes y presas de tierra. De alguna manera con el tiempo se observaba que otras situaciones frente a lo establecido las teorías de coulomb, así terzaghi en 1925 estableció una serie de investigaciones con la presencia de ingenieros el cual tomo en cuenta la influencia del agua contenida en el suelo. Para modificar la ecuación. (Badillo & Rodriguez, 2014).

$$s = c + (\sigma - u_n)\tan\phi$$

Donde u_n representa la presión neutral en el agua.

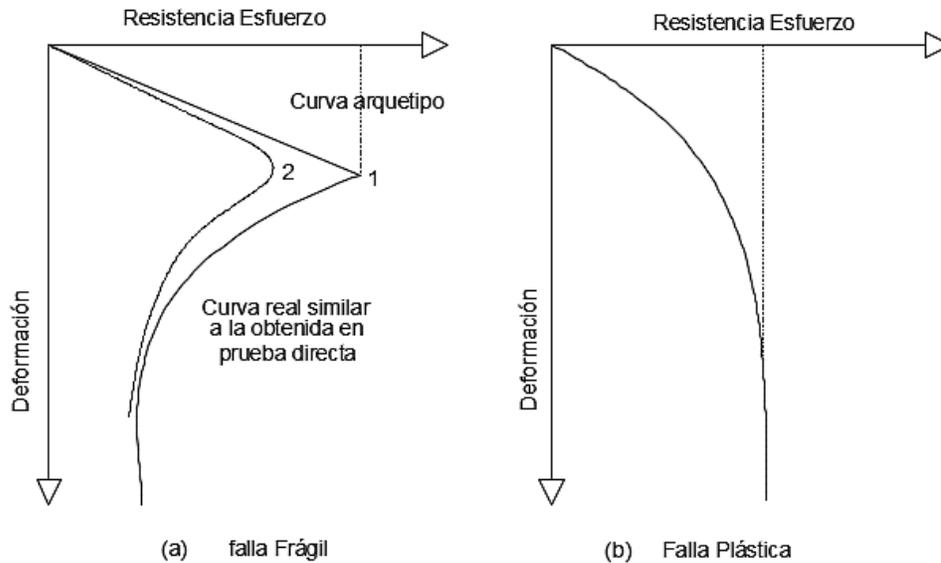
Pronto se descubrió la importancia, el cual no solo depende de las cargas, sino que también de la velocidad aplicada en ella. Lo cual se condujo a distinguir entre “Lenta y rápida”.

Posteriormente Hvorslev hizo notar el valor de la cohesión de las arcillas saturadas no era una constante, sino que variaba de acuerdo a su contenido de agua. Por lo tanto, la ecuación no es escribe ahora:

$$s = f(w) + (\sigma - u_n)\tan\phi$$

De esta manera fue que Hvorslev acabó con la idea de que c fuese una contante del material.

Figura 12. Tipos de fallas consideradas en los suelos



Fuente: Propia tomada de Mecánica de Suelos

7.5.13. Compactación de los suelos

La compactación de los suelos es el mejoramiento artificial de las propiedades mecánicas por medios mecánicos o naturales (por la acción natural de sobre cargas), ambos procesos involucran la disminución del volumen por lo que en el fondo son equivalentes. La importancia de la compactación de los suelos permite la resistencia y disminución de sus vacíos, básicamente se utilizan estas técnicas de compactación a rellenos artificiales, tales como cortinas de presas, discos, terraplenes, muelles, pavimentos, etc. En algunos casos es necesarios compactar el terreno natural para el soporte de una cimentación como en el caso de las arenas sueltas.

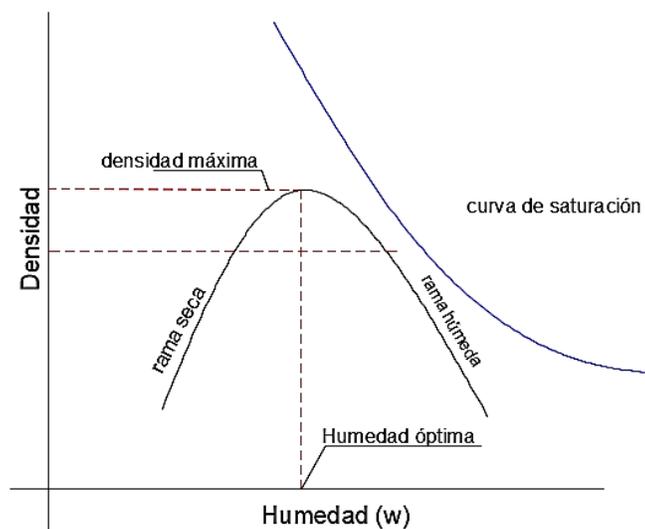
(Mecánica de los suelos Tomo 1, 2014).

Los métodos usados para la compactación de los suelos dependen de los materiales, para las arenas se compactan por medios vibratorios, para tal caso en los suelos plásticos el procedimiento de carga estática es más ventajoso, en la práctica son utilizados para el trabajo como plataformas vibratorias, rodillos lisos, neumáticos o pata cabra, entre otras grandes variedades de maquinaria que existen actualmente.

7.5.13.1. Pruebas de compactación

Actualmente existen muchos métodos para conocer las condiciones de compactación del suelo, tanto teóricamente como en laboratorios. El primer método es conocido como el Proctor hoy en día como prueba proctor estándar o A.A.S.H.O (American Association of State Hyghway Officials). Este ensayo de laboratorio consiste en compactar el suelo en tres capa utilizando un molde de dimensiones y forma especificadas, el cual es sometido a golpes (25 golpes) con un pistón de 2.5 kg (5,5 libras) repartidos en las tres capas del cilindro.

Figura 13. Curva de Compactación



Fuente: Propia tomada de Mecánica de Suelos

7.5.14. Napa Freática

Según el autor (terzaghi, 1955) “se denomina nivel de la Napa Freática al lugar geométrico de los niveles a que alcanza la superficie del agua en pozos de observación en libre comunicación con los vacíos del suelo “in situ”.” Pág. 155.

Si el agua que se encuentra en el suelo no estuviera sujeta a otra fuerza como la gravedad, el material de la napa se hallaría seco. El suelo en el terreno se halla completamente saturado hasta cierta distancia por arriba de la napa y parcialmente saturado encima de este nivel, a partir del cual se dice que está húmedo.

7.6. Clasificación de los suelos

Por la complejidad y la variedad de suelos que brinda la naturaleza, cualquier intento de sistematización científica, debe proceder a una clasificación completa. La mecánica de los suelos desarrollo un sistema de clasificación, básicamente al desconocimiento de las características granulométricas, a la complejidad para las aplicaciones prácticas ingenieriles, que permite un sistema útil de clasificación que sirva para normar el criterio técnico respecto al suelo, teniendo un conocimiento de sus propiedades del mismo.

Según los autores (Badillo & Rodriguez, 2014) “El sistema cubre los suelos gruesos y los finos, distinguiendo ambos por el cribado a través de la malla 200; las partículas gruesas son mayores que dicha malla y las fina, menores.

7.6.1. Suelos Gruesos

El Símbolo para cada grupo está formado por dos letras mayúsculas, que son las iniciales en inglés de los nombres de los suelos más conocidos de ese grupo.

- a) Gravillas se predominan por los símbolos *G* (*Gravel*).
- b) Arenas y suelos arenosos. Con un símbolo *S* (*Sand*).

Para las gravillas y las arenas se separan con la malla N° 4 y forman parte del grupo genérico *G*, si más del 50% de su fracción gruesa (retenida en la malla 200) no pasa la malla N° 4 y es del grupo genérico *S*, en caso contrario. (Badillo & Rodríguez, 2014, pág. 153).

Las gravillas y las arenas se subdividen en 4 tipos:

- Material prácticamente limpio de finos, bien graduado. Símbolo *w* (*well graded*).
Combinando con los demás grupos se obtienen *GW* y *SW*.
- Material prácticamente limpio de finos, mal graduado. Símbolo *P* (*poorly grade*). En combinación con los otros grupos genéricos *Gp* y *SP*.
- Material con cantidad apreciable de finos no plásticos. Símbolo *M* (del sueco *mo* y *mjala*). En combinación con los símbolos genéricos, da lugar a los grupos *GM* y *SM*.
- Material con cantidad apreciable de finos plásticos. Símbolo *C* (*clay*). En combinación con los símbolos genéricos, da lugar a los grupos *GC* y *SG*.

7.6.1.1. Grupos GW y SW

La presencia de los finos que puedan contener estos grupos no debe producir cambios apreciables en las características de resistencia de la fracción gruesa, ni interferir con su capacidad de drenaje. Lo anterior establece especialmente en la práctica, especificando que estos grupos el contenido de las partículas finas no sean mayor de un 5% en el peso. Para considerar

una grava bien graduada se exige que el coeficiente de uniformidad sea mayor >4 , mientras que el de la curvatura debe ser comprendido entre 1 y 3. Para el caso de las arenas bien graduadas, el coeficiente de uniformidad será mayor > 6 , en tanto el de la curvatura de estar en los límites anteriores (Badillo & Rodriguez, 2014, pág. 153).

7.6.1.2. Grupos GP y SP

Estos suelos pertenecen a los mal graduados, es decir tienen una apariencia uniforme o presentan predominio en el tamaño o de una margen de tamaños, faltando algunos intermedios; en el laboratorio, deben cumplir con los requerimientos nombrados anteriormente pero no cumplen con los requisitos de graduación indicados como bien graduados. Dentro de estos grupos están comprendidas las gravas uniformes, tales como los que se encuentran depositados en los lechos de los ríos, las arenas uniformes, de médanos y las playas y la mezcla de gravas y arenas finas, provenientes de estratos diferentes que se encuentran en un proceso de excavación (Badillo & Rodriguez, 2014, pág. 154).

7.6.1.3. Grupos GM y SM

Estos grupos el contenido de finos afecta las características de resistencia y esfuerzo-deformación y la capacidad de drenaje libre de la fracción gruesa; en la práctica se ha visto que esto ocurre para % de fino superiores al 12% en peso. La plasticidad de los finos en estos grupos varía entre “nula y media”; es decir es un requisito que los límites de plasticidad localicen a la fracción que pase la malla N° 40 debajo de la línea A o bien que su índice de plasticidad sea menor $I_p < 4$. (Badillo & Rodriguez, 2014, pág. 154).

7.6.1.4. Grupos GC y SG

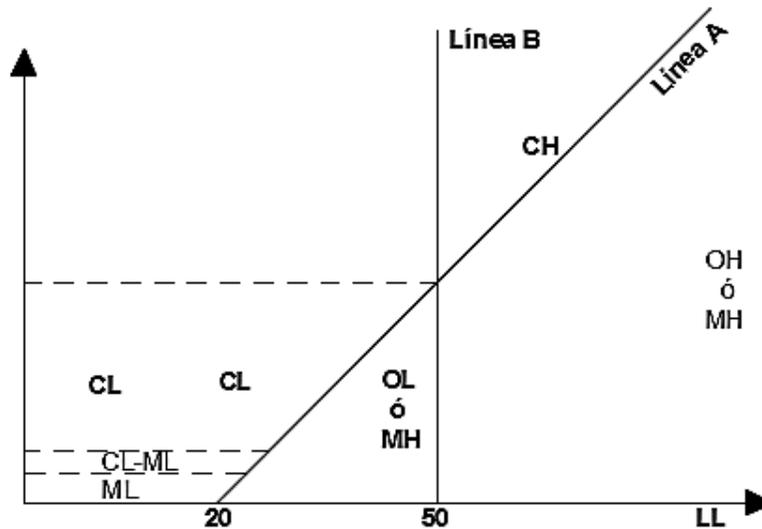
El contenido de finos de estos grupos debe ser mayor al 12% en peso. En estos casos los finos son de media a alta plasticidad; es ahora donde el requisito de los límites de plasticidad sitúa a la fracción que pasa la malla N° 40 sobre la línea A, teniéndose además condiciones de que el índice sea mayor que 7. Cuando un material no se encuentra claramente en un grupo, se debe usar símbolos dobles. Por ejemplo *GW-SW* se utilizara para un material graduado, con menos del 5% de finos y formada su fracción gruesa por iguales proporciones de grava y arena. (Badillo & Rodriguez, 2014).

7.6.1.5. Suelos Finos

Según los autores (Badillo & Rodriguez, 2014) En este caso se consideran a los suelos agrupados elegidas por un criterio similar al usado para los gruesos y dando lugar a las siguientes divisiones:

- a) Limos inorgánicos, de Símbolo genérico *M* (*del sueco mo y mjla*).
- b) Arcillas inorgánicas de Símbolo genérico *C* (*Clay*)
- c) Limos y arcillas y orgánicas, de símbolo genérico *O* (*Organic*)

Figura 14. Carta de Plasticidad



Fuente: Propia Tomada de Mecánica de suelos

Estos tres grupos se subdividen, según su límite líquido, en dos grupos. Si este es menor de 50%, es decir si son suelos de compresibilidad baja o media, se añade al símbolo genérico la letra *L* (*low compressibility*), formando los grupos *ML*, *CL* y *OL*. Por otro lado, los suelos finos con límite líquido mayor de 50%, es decir de alta compresibilidad, llevan tras el grupo genérico la letra *H* (*High compressibility*) teniendo así los grupos *MH*, *CH* y *OH*.

Según los autores (Badillo & Rodriguez, 2014) afirman que “las letras *L* y *H* no se refieren a baja o alta plasticidad, pues esta propiedad del suelo ha de expresarse en dos parámetros (*LL* e *L_p*), mientras que para el caso actual solo el valor del límite líquido interviene.” Pág. 155.

Cabe destacar que la compresibilidad de un suelo es una función directa del límite líquido, de modo que un suelo es más compresible a mayor límite líquido.

7.6.1.6. Grupos CL y CH

Estos grupos forman las arcillas inorgánicas. El grupo *CL* comprende la línea *A*, definida por $LL < 50\%$ e $I_p > 7\%$. Para el grupo *CH* corresponden a la línea *A*, definida por $LL < 50\%$ Grupo. Las arcillas que se forman por descomposición química de cenizas volcánicas, tales como la betonita. (Badillo & Rodriguez, 2014).

7.6.1.7.ML y MH

Este grupo *ML* comprende la zona bajo la línea *A*, definida por $LL < 50\%$ y la porción sobre la línea *A* con $I_p < 4$. El grupo *MH* corresponde a la zona debajo de la línea *A*, definida por $LL > 50\%$. En estos grupos quedan comprendidos los limos típicos inorgánicos y limos arcillosos. En estos grupos quedan comprendidos los limos inorgánicos y limos arcillosos. Los limos inorgánicos y polvo de roca son los más comunes con $LL < 30\%$, se localizan en el grupo *ML*. También los loess caen en este grupo con $25\% < LL < 35\%$. (Badillo & Rodriguez, 2014)

7.6.1.8.Grupo OL y OH

Este grupo orgánico siempre están en lugares próximos a la línea *A*, corresponden a los grupos *ML* y *MH*. Básicamente una pequeña adición de materia organiza coloidal que hace que el limite plástico de una arcilla inorgánica crezca, sin apreciable cambio de su índice plástico; hace que el suelo realice un desplazamiento hacia la derecha en la carta de la plasticidad, pasando a estar ubicada en la posición más alejada de la Línea *A*. (Badillo & Rodriguez, 2014).

7.7.Método de exploración

Durante toda investigación del subsuelo de una obra es fundamental determinar y analizar con respecto a las condiciones geológicas del terreno o cerca del lugar, que permite brindar información específica acerca de las propiedades físicas y mecánicas de los suelos, de esta forma al realizar las pruebas de clasificación de la manera correcta, se establece las problemáticas en particular a las características de deformación y resistencia de los esfuerzos del suelo al cual serán sometido cargas puntuales hacia la parte adyacente llamado suelo.

Para ello llevar a cabo cada proceso de las pruebas del laboratorio y programar en forma completa pruebas de las actividades de investigación.

El primer paso para obtener muestras son los sondeos, esos se conocen como perforaciones exploratorias. Los ensayos del terreno, como los de penetración, los de corte en el lugar o los de bombeo, proporcionan información directa relativa a detalles del perfil del suelo y a las propiedades del suelo in situ. (terzaghi, 1955, pág. 291).

7.7.1. Tipos de sondeos

Según los autores (Badillo & Rodriguez, 2014) establecen los principales tipos de sondeo que se utilizan en mecánica de los suelos para fines de muestreo y del conocimiento del subsuelo. Son los Siguietes:

7.7.1.1.Pozos a cielo abierto, con muestreo alterado o inalterado:

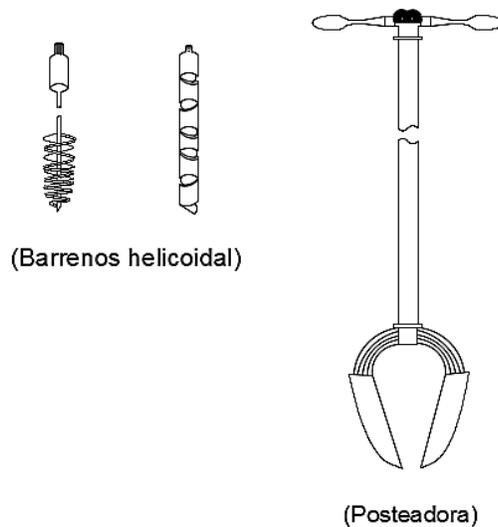
Es uno de los métodos más utilizados y satisfactorios que se le hace al subsuelo, ya que consiste en excavar un pozo de dimensiones suficientes para que un técnico pueda directamente

bajar y examinar los diferentes estratos de suelo en su estado natural. Este método tiene una desventaja ya que cuando se encuentra el nivel freático no puede retener los líquidos que se encuentran en el subsuelo, en los pozos se pueden tomar muestras alteradas e inalteradas, las muestras alteradas serán protegidas en frascos u otros recipientes que ayuden a proteger esa muestra de la humedad que la contiene. (Badillo & Rodriguez, 2014).

7.7.1.2. Perforaciones con posteadora, barrenos helicoidales o métodos similares:

Este método las muestras son alteradas, pero suele ser representativa del suelo en lo referente a contenido de agua, por lo menos en suelo muy plástico. Los barrenos helicoidales pueden ser muy diferentes tipos no solo dependiendo del suelo por atacar, sino también de acuerdo con la particularidad de cada perforista, un factor muy importante es el paso de la hélice que se debe ser muy cerrado para suelos arenosos y mucho más abierto para el muestro en suelos plásticos. (Badillo & Rodriguez, 2014).

Figura 15. Herramientas para sondeos exploratorios por rotación



Fuente: Propia tomada de Mecánica de suelos

7.7.1.3. Métodos de lavado:

Este método es uno de los más económicos y rápidos para conocer aproximadamente la estratigrafía del subsuelo, se usa para avance rápido en otros métodos exploratorios. Estas muestras son muy alteradas que prácticamente no debe ser considerada como suficientes para llevarlas a un laboratorio, el equipo incluye un trípode con polea y martinete suspendidos, de 80 Kg a 150 Kg de peso, cuya función es hinchar al suelo a golpes el ademe necesario para la exploración (Badillo & Rodriguez, 2014).

Figura 16. Dispositivo de Sondeo de lavado

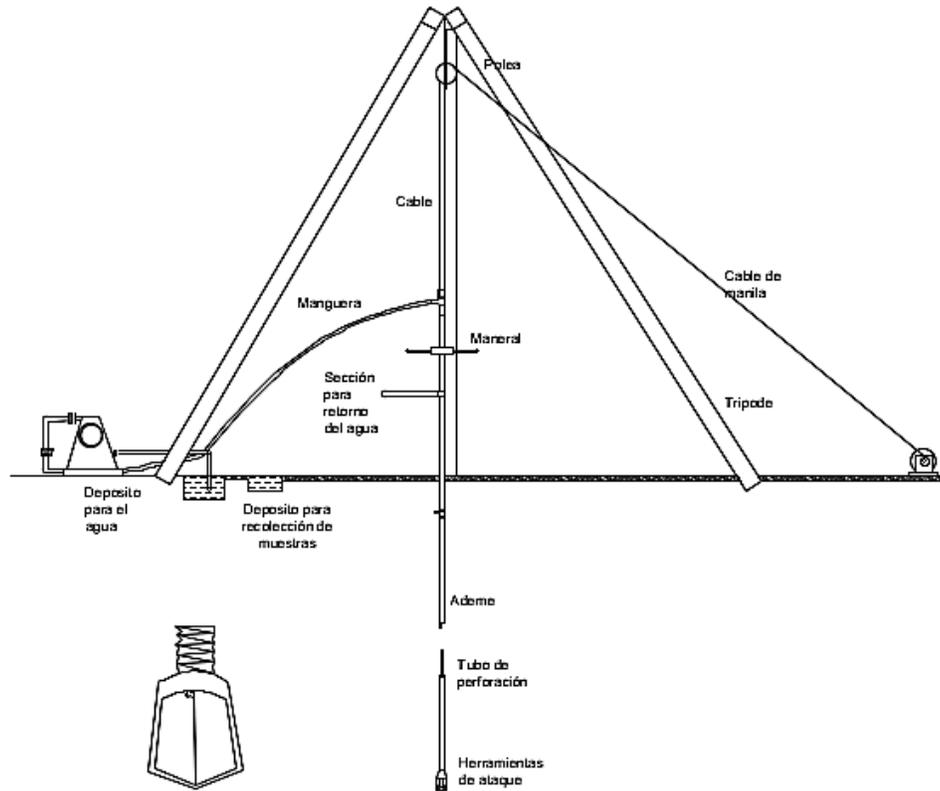


Figura: Propia Tomada Mecánica de suelos

7.7.1.4. Método de penetración estándar:

Este es el que más rinde mejores resultados en la práctica y proporciona más útil información en torno al subsuelo y no solo en lo referente a descripción, en suelos puramente fraccionantes la prueba permite conocer la compacidad de los mantos que, como repetidamente se indicó, es la característica fundamental respecto a su comportamiento mecánico (Badillo & Rodriguez, 2014).

Figura 17. Penetró metro Estándar

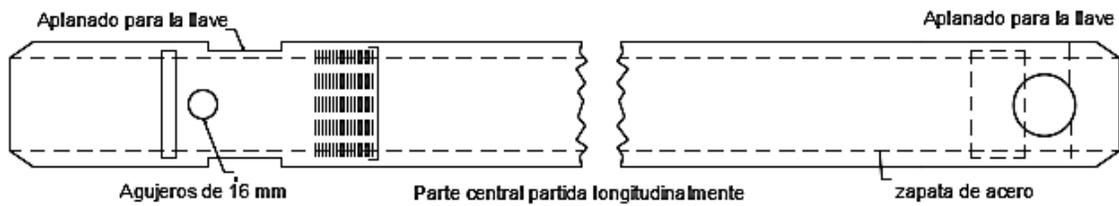


Figura: Propia Tomada Mecánica de suelos

7.7.1.5. Método de penetración cónica:

Estos métodos consisten en hacer penetrar una punta cónica en el suelo y medir la resistencia que el suelo ofrece. Existen diversos tipos de conos, dependiendo del procedimiento para hincar los conos en el terreno, estos métodos se dividen en estáticos y dinámicos. (Badillo & Rodriguez, 2014)

7.7.1.6. Perforaciones con boleos y gravas:

En estos casos se utilizan herramientas con carácter de trabajo pesado, del tipo de barretones con taladros de acero duro, que se suspenden y dejan caer sobre el estrato en cuestión, manejándolos con cables. En algunas ocasiones es necesario de explosivos para romper la resistencia de un obstáculo que aparezca en el sondeo (Badillo & Rodriguez, 2014).

7.7.2. Métodos de sondeo definitivo

En estos métodos se tiene en cuenta que las muestras no sean inalteradas en suelos, apropiadas para pruebas de comprensibilidad y resistencia y muestras de rocas, que no pueden obtenerse por métodos mencionados hasta el momento (Badillo & Rodriguez, 2014).

7.7.2.1.Pozos a cielo con muestreo inalterados:

Se debe considerar el mejor de todos los métodos de exploración a disposición del ingeniero para obtener las muestras inalteradas y datos adicionales que permitan un mejor proyecto y construcción de la obra (Badillo & Rodriguez, 2014).

7.7.2.2.Muestreo con tubos de pared delgada:

Es un estudio exhaustivo moderno que conduce a procedimientos de muestreo con tubos de pared delgada que por lo menos en suelos cohesivos, se usan actualmente en forma prácticamente única. Muestreados de tal tipo existen muchos modelos y es frecuente que cada institución especializada desarrolle su propio instrumento de perforación (Badillo & Rodriguez, 2014).

7.7.2.3.Métodos rotatorios para rocas:

Cuando se encuentra una capa de roca más o menos firme o cuando el curso de la perforación las herramientas hasta aquí descritas tropiezan con el bloque grande de naturaleza rocosa, no es posible lograr penetración con los métodos estudiados y ha de recurrirse a un procedimiento diferente. Cuando un gran bloque o un estrato rocoso aparezcan en la perforación se hace indispensable recurrir al empleo de máquinas perforadoras a rotación, con broca de diamantes o del tipo cáliz (Badillo & Rodriguez, 2014).

7.7.3. Métodos geofísicos

Estos métodos están desarrollados para determinar las variaciones en las características físicas de los diferentes estratos del subsuelo a los contornos de la roca basal que subyace a depósitos sedimentarios. Los métodos se han aplicado a cuestiones de la geología y de la minería y en mucha menor en escala a la mecánica de suelos, para realizar estudios preliminares de lugares para localizar presas de tierra o para determinar, como se indicó, perfiles de roca basal (Badillo & Rodriguez, 2014).

7.7.3.1. Método sísmico:

Este método utiliza la velocidad de propagación de las ondas vibratorias de tipo sísmico a través de diferentes medios materiales. Las mediciones realizadas sobre diversos medios permiten establecer que esa velocidad de propagación varía entre 150 y 2.500 m/sg en suelos, correspondiendo los valores mayores a mantos de gravas muy compactos y de menores a arenas sueltas; los suelos arcillosos tienen valores medios, mayores para las arcillas duras y menores para las suaves. El método consiste en provocar una explosión en un punto determinado del área a explotar una pequeña carga de explosivo, usualmente nitro amonio. Por la zona a explotar, se usan geófonos, separados entre sí de 15 a 20 m, donde ellos captan la vibración, que se transmite amplificada a un oscilógrafo central que marca varias líneas, una para cada geófono (Badillo & Rodriguez, 2014).

7.7.3.2. Método de resistividad eléctrica:

Este método se basa en el hecho de que los suelos, dependiendo de su naturaleza, presentan una mayor o menor resistividad eléctrica cuando una corriente es inducida a su través. Su principal aplicación está en el campo de la minería, pero en la mecánica de suelos se ha aplicado

para determinar la presencia de estratos de roca del subsuelo. La resistividad eléctrica de una zona de suelo puede medirse colocando cuatro electrodos igualmente espaciados en la superficie y alineados, los dos exteriores, conectados en serie a un batería son los electrodos de corriente, en tanto que los interiores se denominan potencial y están conectados a un potenciómetro que mide la diferencia de potencial de la corriente circulante (Badillo & Rodriguez, 2014).

7.7.3. Métodos magnéticos y gravimétricos:

En el método del magnético se utiliza el magnetómetro, que mide la componente vertical del campo magnético terrestre en la zona considerada, en varias estaciones próximas entre sí. En los métodos de gravimétricos se miden la aceleración del campo gravitacional en diversos puntos de la zona a explorar. Valores de dicha aceleración ligeramente más altos que el normal de la zona de la presencia de masas ligeras o cavernas oquedades (Badillo & Rodriguez, 2014).

7.8. Asentamientos debido a los procesos constructivos

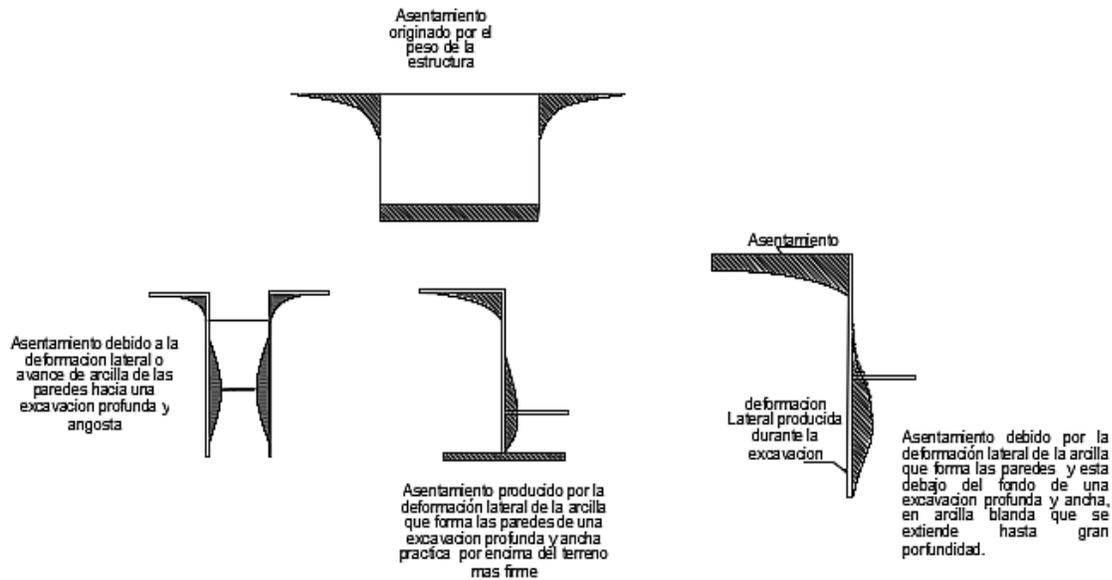
Los asentamientos se producen bajo la acción de cargas que son la propia estructura, en este caso de edificios. Si bien se conocen varios tipos de asentamientos, se trata de los asentamientos producidos por aumento de carga sobre el suelo circundante, por excavaciones en las cercanías, por depresión de la Napa Freática y por vibraciones.

7.8.1.1. Asentamientos producidos por el aumento de la carga que actúa sobre el suelo circundante.

La aplicación de cargas sobre una superficie genera cualquier tipo de hundimiento inclinado de la superficie del suelo adyacente. La cual presenta una importancia práctica del perfil del suelo y de las dimensiones del área cargada. Si el subsuelo que se presente, sin son arcillas blandas, la magnitud y las distribuciones del asentamiento puede calcularse en forma estimativa en función

de los resultados de ensayos del material compresible, y si el subsuelo son arenas, el asentamiento no es calculable y las estimaciones solo pueden basarse en datos obtenidos de la experiencia relativa a casos similares. (Badillo & Rodriguez, 2014, pág. 589).

Figura 18. Diagramas de muestras de asentamientos de la superficie



Fuente: propia tomada de Mecánica de suelos

Para este caso se pueden encontrar los tipos más comunes de excavaciones grandes que se hacen a cielo abierto y se utilizan para construir los sótanos de los edificios. Otro tipo de excavación son los pilotes para la fundación, y los túneles.

7.8.1.2. Asentamientos causados por las Vibraciones

Toda estructura que es fundada en un suelo no cohesivo tiende a presentar asentamientos excesivos, si el suelo se halla sujeto a vibraciones proveniente de maquinaria pesada, tránsitos,

hinca de pilotes, explosiones, terremotos. Mientras que si las vibraciones se producen en una fundación sobre arcilla es poco probable que lleguen a originarse inconvenientes serios.

La frecuencia de las vibraciones producida por el tránsito puede ser de carácter periódico, el tiempo ha indicado que tienen asentamientos considerables. La hinca de pilotes también generan asentamientos de áreas adyacentes. Por la frecuencia de los golpes que aplican los martillos produce unas vibraciones que en el suelo alcanza dicha frecuencia. Para el caso de los terremotos intensos han causado asentamientos, pueden hundirse más de 1 metro y pueden generar daños seriamente a los edificios, caminos, etc. El valor máximo del asentamiento no se conoce. (Badillo & Rodríguez, 2014, pág. 584).

8. ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS DE LOS ENSAYOS DE LABORATORIO

8.2.Perfil del suelo

Según la empresa EDYCONST S.A.S, el tipo de Suelo Encontrado se clasifica como arcillas de baja compresibilidad CL, de color café claro con oxidantes de color naranja, blanco y habano, con partículas subangulosas menores 2” Condición del suelo húmedo, pero sin agua visible, de consistencia firme, de cementación moderada, de estructura homogénea, de resistencia en seco mediana, de dilatación nula, de tenacidad mediana y de plasticidad media.

8.3.Nivel de aguas freáticas

No se detectó en el sondeo realizado la presencia de nivel de agua freática.

8.4.Capa vegetal

Se encontró una capa vegetal de 15 cm de espesor.

8.5.Rellenos

No se encontró en el sondeo rellenos artificiales.

Una vez realizados los ensayos de laboratorio por la Empresa EDYCONST, Clasificaron el suelo según la USCS y AASTHO. Todos los ensayos de campo y laboratorio se realizaron siguiendo las metodologías de trabajo de las normas NTC e Invias 2013. (Humedad natural, Análisis granulométrico, Límites Attemberg. Densidad del suelo, Compresión Inconfinada.

A continuación, se presenta un resumen de las propiedades de los suelos encontrados en las exploraciones realizadas por la empresa EDYCONST:

Tabla 5.Resumen de resultados de los ensayos de laboratorios

MUESTRA	PROF. INICIAL	PROF. FINAL	% Pasa	LL, %	LP, %	IP, %	G	S	F	ω, %	IC	IG	AASHTO	SUCS	Cu	Cc	LI
No. 1	0,15	1,00	89,1	35,6	25,0	10,6	0,3	10,5	89,1	15,0	1,9	10,1	A-6	CL	0,0	0,0	-0,9
No. 2	1,00	2,00	74,4	36,9	27,6	9,3	6,3	19,4	74,4	15,4	2,3	6,8	A-4	CL	0,0	0,0	-1,3
No. 3	2,00	3,00	81,9	44,8	25,6	19,2	2,5	15,6	81,9	15,6	1,5	16,7	A-7-6	CL	0,0	0,0	-0,5
LL	Límite líquido	w	Humedad natural		G	Gravas		Clasificación Sistema AASHTO									
LP	Límite plástico	IC	Índice de consistencia		S	Arenas		Clasificación Sistema Unificado de clasificación de suelos SUCS									
IP	Índice de plasticidad	LI	Índice de Liquidez		F	Finos		(Cu) Coeficiente de Uniformidad									
IG	Índice de Grupo	%	Pasa Tamiz N°200		(Cc) Coeficiente de Curvatura												

Fuente: EDICONST S.A.S

8.6. Propiedades de estados de suelo

Según EDYCONST, El coeficiente de uniformidad de los suelos se encuentra menor al 5%, considerándose granulométricamente uniforme. Los estratos encontrados presentan un contenido de finos entre 74% y 89%, indicando un grado de dificultad alto a la expulsión de agua bajo esfuerzo. La densidad del suelo seco es de **1.82 Tn/m³** con una humedad promedio de 15% indicando medianamente densos y suelos de grano fino de consistencia dura, basado en el libro de Ingeniería de Luis I. Gonzales de Vallejo, Pág. 27, el cual presenta los valores habituales para las propiedades del estado de suelos arenosos y suelos finos.

Tabla 6. Cuadro 2.1 Propiedades de estado de suelos de grano grueso.

CUADRO 2.1

Propiedades de estado de suelos de grano grueso

Suelos de grano grueso	Densidad relativa D_r (%)	Densidad seca γ_d (kN/m^3)	Humedad W (%)	Índice de huecos e
Muy flojos	0-40	< 14,0	> 16	> 0,9
Flojos	40-60	14,0-16,0	12-16	0,65-0,9
Medianamente densos	60-80	16,0-17,5	8-12	0,55-0,65
Densos	80-90	17,5-18,5	6-8	0,4-0,55
Muy densos	90-100	> 18,5	< 6	< 0,4

Fuente: Ingeniera geológica.

Tabla 7. Cuadros 2.2 propiedades de estado de suelo fino.

CUADRO 2.2

Propiedades de estado de suelos finos

Suelos finos	Índice de fluidez, I_L	Densidad seca γ_d (kN/m^3)	Humedad W (%)	Índice de huecos e
Muy blandos	1,00-0,80	< 1,40	> 55	> 1,30
Blandos	0,80-0,65	1,40-1,55	40-55	1,0-1,3
Consistencia media	0,65-0,40	1,55-1,70	25-40	0,7-1,0
Duros	0,40-0,25	1,70-1,80	15-25	0,5-0,7
Muy duros	< 0,25	> 1,80	< 15	< 0,5

Fuente: Ingeniería geológica

De acuerdo con el número de golpes N encontrado para cada estrato, el grado de compactación de los estratos es de consistencia media a muy dura directamente proporcional con su profundidad.

Tabla 8. Correlación para suelos no cohesivos entre Dr, Compacidad y N (hunt, 1984).

N	CONSISTENCIA	Dr (%)
2	MUY BLANDA	<15
2 – 4	BLANDA	15 - 30
4 – 8	MEDIA	30 – 45
8 -15	MEDIA DURA	45 – 60
15 – 30	DURA	60 - 80
30	MUY DURA	>80

Fuente: Ingeniería geológica

De acuerdo con los resultados obtenidos del sondeo, los suelos son muy colapsables. A continuación, se presentan los resultados de la evaluación realizada:

Tabla 9. Identificación de suelos colapsables de los sondeos.

MUESTRA	PROF. INICIAL	PROF. FINAL	LL, %	LP, %	IP, %	□, %	ÍNDICE DE PRIKLONSKI	COLAPSABLES
No. 1	0,15	1,00	35, 6	25,0	10, 6	15,0	0,9	SUELOS NO COLAPSABLES

No. 2	1,0 0	2,00	36,9	27,6	9,3	15,4	1,3	SUELOS EXPANSIVOS
No. 3	2,0 0	3,00	44,8	25,6	19, 2	15,6	0,5	SUELOS NO COLAPSABLE S

Fuente: EDYCONST S.A.S

9. METODOLOGÍA

9.1.Método de investigación mixto

Inicialmente, y siguiendo el procedimiento y la estructura conformada para este trabajo de investigación, se había presupuestado que el método de investigación correspondiente a dicho trabajo iba a ser netamente cuantitativo, en la medida en que las características que se ubicaban en el perfil investigativo daban fe de lo que Sampieri (2006) en su libro Metodologías de la Investigación, menciona frente a premisas alusivas al planteamiento del problema delimitado y concreto; así como también, al uso o implementación de la indagación de datos que pueden permitir a los investigadores contrastar y si es posible, comprobar las hipótesis generadas antes de todo el proceso investigativo, con la poca información obtenida por diferentes medios como se iba a ejecutar con el proyecto de la Ciudadela Comgirardot.

Ahora bien, e independientemente de que las hipótesis y los datos apreciados mediante una recolección oportuna fundamentada en la medición de las variables dadas a analizar, se dio cabida a una reflexión que demostró que evidentemente al proceso, o mejor, a la metodología que se tenía pensada utilizar, le hacía falta un complemento que permitiera una ejecución natural y sin interrupciones al momento de saber realmente cuáles habían sido las posibles causas que desencadenaron las fallas físicas en la construcción de estas casas, hace aproximadamente veinte años cuando su planeación estaba en plena génesis.

Es decir, que la parte social y humana era más que necesaria dentro de los procesos metodológicos de este proyecto, todo gracias a que no se puede generar un análisis mediante métodos estadísticos de un problemática latente social, sin llegar a mezclarlo con el enfoque

cuantitativo que da y brinda el espacio a la interpretación de los hechos, mucho menos cuando se requiere de una observación participante y de algunos procesos narrativos que corroboren los sucesos vivenciados por algunas personas que permanecieron en su lucha y hoy en día, independientemente de los inconvenientes que trajo consigo esta inversión, hoy en día conservan su vivienda y su hogar, argumentados quizá en la lucha de que las posibles demandas que no han quedado en la impunidad, queden saldadas en algún momento.

Es por tal motivo y basándose en cada una de las concepciones anteriormente estipuladas, que esta investigación tuvo de la mano un proceso mixto, dándole un espacio equitativo a lo cualitativo, como a lo cuantitativo, todo con el fin de poder llegar a implementar una información pertinente del análisis de datos de esta zona de estudio.

Finalmente, aludiendo al estudio geológico, se tendrá en la cuenta la identificación de los estratos que se presenten en la zona de estudio, la profundidad y el afloramiento, en donde se podrá analizar el comportamiento del asentamiento resaltado con anterioridad. Con esto hay que tener presente también, las características litológicas de las formaciones geológicas que presente la zona de estudio. Además, en la parte cuantitativa se tuvo pensado tener en la agenda, el estudio geotécnico, evidenciado en la realización de algunos ensayos que ayudaron a analizar y conocer las características geotécnicas del terreno de este sector, dando resultados al laboratorio, buscando así posibles soluciones y posibles comprensiones a la complejidad que tiene el suelo del estudio investigativo que se realizó.

9.2. Población y Muestra

La población que se tomó para la investigación fueron los habitantes del sector de la Ciudadela Comgirardot, de la comuna tres del municipio de Girardot, Cundinamarca. Esta

población se eligió, teniendo presente que, en varias asistencias desde el laboratorio del semillero de investigación de la universidad, existía cierta familiaridad en estudios previos que ya se habían ejecutado en el sector. Sumándole a esto que, es un parte del municipio que presenta riesgo geológico no visible al estar vinculado con la quebrada Agua Blanca.

Ahora bien, frente a la muestra, se puede mencionar que, en la zona de estudio, se identificó la cantidad de viviendas actualmente comprendidas en el sector y se realizó una clasificación por la cantidad de viviendas abandonadas y las que fueron reforzadas estructuralmente, para determinar el tiempo y los espacios de duración que ha afectado esta zona por falta de establecer la principal razón de la problemática.

10. Instrumentos de investigación

Cualitativos:

Se tuvo en la cuenta mapas geológicos, geográficos, investigación virtual y libros de Geología para determinar ciertas características que llegue a presentar esta zona. Se realizará una exploración visual de interpretación de las rocas que se forman mediante la secuencia tanto vertical como horizontal que se presenta en la zona de estudio. Para esto se identificó las formaciones con la ayuda del mapa de la plancha 245 de Girardot, y se realizó una caracterización de las muestras tomadas.

Se realizó una observación asistida de los suelos, donde se identificaron algunas propiedades que presentó el suelo, con la ejecución de un procedimiento manual, en donde se identificó y se describió la consistencia, la plasticidad, la forma, la estructura, el color, la tenacidad y finalmente la resistencia en seco del mismo suelo.

Las narrativas de los habitantes de esta comunidad plasmadas en entrevistas estructuradas también se presentaron como una herramienta de comunicación que facilitó la extracción de datos relevantes que posteriormente se analizaron. Se entrevistó a la comunidad para investigar acerca de los antecedentes del lugar, dinámica que proporcionó y ayuda a anidar y a encajar las fichas de la historia de dicha problemática.

Al respecto Estrada y Deslauriers (2011) afirman que, las narrativas atribuidas a las entrevistas son espacios que facilitan la interrelación, el contacto y la comunicación desde mecanismos que otorgan y cimientan la obtención de una información basada quizá en la memoria y en las experiencias de las personas.

Cuantitativas: se realizaron ensayos de laboratorio para analizar las propiedades geotécnicas, tales como ensayos de granulometría; los cuales permitieron realizar la clasificación del suelo según sus tamaños, con la ayuda de tamices para conocer los valores de porcentaje (%) que retiene el suelo. Luego se realizó la curva granulométrica para visualizar la tendencia homogénea o heterogénea de las partículas.

El ensayo del peso específico del suelo para definir el peso del aire entre las partículas sólidas y el peso del agua. El ensayo de contenido de humedad, para determinar el porcentaje de agua o vacíos que contiene el suelo. Con estos resultados se obtuvieron algunas propiedades físicas y mecánicas del suelo, y de esta manera fue como se identificó la principal razón de la problemática que presenta la zona de estudio.

Actividades: se analizó en cierta profundidad las características del suelo para determinar la capacidad que puede soportar y la clase del suelo que se pensaba trabajar, todos estos análisis se

hicieron por medio de laboratorios, los instrumentos y los conceptos teóricos para la recolección de datos.

11. Procedimiento y/o Propuesta Metodológica

- a) Se buscaron fuentes de información que ayudaran a comprender cómo se hacía un estudio geológico y geotécnico en una zona, dónde era necesario especificar un poco más para tener claro lo que se pensaba realizar.
- b) Teniendo en cuenta la información necesaria, se buscó en la zona de Girardot la complejidad de posibles fallas geológicas o estratos que son muy complejos a la hora de usarlos.
- c) Haciendo el barrido geológico con la ayuda del mapa, se empezó a analizar qué características presenta el suelo, para así llegar a hacer un estudio geotécnico para analizar a profundidad la capacidad del suelo.
- d) Teniendo en cuenta resultados de los laboratorios se pudo llegar a obtener posibles soluciones de la zona que se está estudiando; haciendo énfasis en la importancia de hacer un estudio de esta magnitud en una ciudad que está creciendo demográficamente.

Sobre la base de las consideraciones que anteceden, es necesario traer a colación una serie de actividades y de dinámicas que se realizaron a lo largo de la investigación, con la finalidad de poder sistematizar cada uno de los objetivos trazados anteriormente. Como primera medida se propuso investigar las diferentes problemáticas que se pudieron identificar en las construcciones, una vez se realizó el primer acercamiento, todo esto, teniendo en la cuenta las deformaciones

estructurales que se volvieron notorias por medio de las cimentaciones que facilitaron el estudio breve, referente a la parte geológica y geotécnica.

Además, y siguiendo la estructura mencionada desde el tipo de investigación ya mencionado, se identificó la geología regional y local, todo con la finalidad de poder establecer características que demuestren los distintos suelos encontrados en la zona de estudio. Lo anterior, basándose en mapas del sector. Independientemente de esto, y de saber cuál era la finalidad que se tenía presupuestada para la culminación de este proyecto, era más que necesario ampliar. Quizá, los conocimientos aprendidos y captados desde la academia, por tal motivo, cada uno de los investigadores a *motu proprio* optó por realizar investigaciones comparativas sobre la geotécnica con la intencionalidad de que el estudio de los suelos ejecutados en la zona de investigación, no se quedara corto, haciendo referencia a las actualizaciones que hoy en día se pueden encontrar en todo lo que converge a la geología y a la geotécnica.

Se analizaron las características que se presentaron en el afloramiento, para poder buscar e identificar la clase de minerales que llegó a presentar los distintos tipos de rocas que se encontraron en la zona de investigación y de estudio; se programó, además. Un estudio de suelos, para que se pudiera comprender el análisis físico y mecánico de los materiales que quizá desencadenaron lo que hoy en día y lo que en su momento causó el deterioro de las viviendas de la Ciudadela Comgirardot. De este modo también se llevó a cabo las muestras de las calicatas al laboratorio de la universidad, para sacarle un análisis del límite de plasticidad, de líquido y también del peso unitario.

Finalmente, se analizaron los resultados de los laboratorios que se mandaron a hacer por medio del estudio de suelos, para posteriormente establecer límites comparativos, entre los que se

hicieron en la universidad y los que se hicieron de forma externa para de este modo poderlos anexar a la monografía que estaba en curso.

12. CONCLUSIONES

- En la Urbanización Ciudadela Congirardot, se pudo identificar por medio de la investigación que su composición estratigráfica corresponde a dos tipos de formaciones específicas: la formación Barzalosa (Pgba), la cual está conformada por conglomerados intercalados con algunas lodolitas y arenitas, presentando en su interior líneas pequeñas de arcillolitas; y la formación de las Terrazas Aluviales Altas (Qta), clase de material que tiene gravas y cantos mezclados, en ocasiones se puede llegar a encontrar una arena arcillosa que puede ser de baja compresión; resultando un paquete estratigráfico de alta resistencia y cohesión, impartiendo soporte a los suelos que se depositen en la región.
- Teniendo en cuenta la identificación de las formaciones encontradas en el punto de análisis y los resultados de los estudios de suelos, se puede razonar que disponemos de materiales con alta capacidad para soportar cargas, sin embargo, es indispensable relacionar que cuando el nivel freático es muy cercano a estos tipos de suelo, las arcillas encontradas pueden interactuar ocasionando que sus partículas se expandan y provoquen afectaciones considerables sobre las edificaciones.
- Desde la litología se puede concluir que las dos formaciones encontradas en la zona de estudio abarca litologías diferentes; para la Pgba su formación es de la era Cenozoica en un periodo del Paleógeno que puede ser un tipo de suelo uniforme, el cual contiene una serie de materiales como conglomerados en la parte inferior de la formación, arcillolitas abigarradas con intercalaciones de conglomerados en la parte media y algunas intercalaciones de areniscas en la parte superior. Este material es estable y resistente a las cargas que se le sometan. En el Qta su formación es de la era cuaternaria, su era es la

actualmente que existe a las riveras del río Magdalena y del río Bogotá donde el material tiene unas características de gravas y cantos que se son una forma redondeadas y en ellas abarca arenas y limos en gran proporción.

- Desde la geotecnia se puede concluir que la zona de estudio, presenta un alto contenido de arcillas, lo que indica que para lograr dar mayor estabilidad a las edificaciones se debe realizar una mejoramiento de suelo, puesto que este tipo de material pueden ser susceptibles a fallas características propias del mismo, es decir, a movimientos en masas a consecuencia de fenómenos externos que el mismo suelo no puede controlar., además este tipo de suelo debe ser aislado totalmente de la presencia de agua para evitar fenómenos como la licuefacción.

13. RECOMENDACIONES

- Viendo que se establecieron dos tipos de suelos Geológicos en la zona se puede llegar a recomendar que esta clase de material puede llegar hacer complejo bajo cargas altas ya que se puede decir que una de estas formaciones es reciente geológicamente y la otra puede llegar a ser estable, alguna de sus partículas son inestables a la hora de encajar con otras, llegando así a que se debe tener en cuenta la realización de cimientos, abarcados por el ingeniero geotécnico y el ingeniero estructural, para que la estructura no sufra un tipo de licuefacción o de hundimiento que puedan llegar a tener estas estructuras.
- Debido a la complejidad que se presenta en el terreno, es necesario tomar precauciones para el diseño de la construcción de una cimentación, ya que las arcillas presentan un alto riesgo de asentamientos, al tener contacto con el agua. Para esto se recomienda aislar la cimentación de altos niveles de humedad y proyectar un sistema general de drenaje en toda el área de influencia del proyecto, que capte las aguas lluvias y aseguren su evacuación al sistema de drenaje de la zona.

14. REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

- Terzaghi, K., & Peck, R. B. (2015). MECANICA DE SUELOS EN LA INGENIERIA PRACTICA. 2A.
- Skempton, A. W. (1953). The colloidal activity of clays. *Selected papers on soil mechanics*, 106-118.
- Sana, N., & Lorena, J. (2015). Estudio de suelos y análisis geotécnico del sector ubicado en el K4+ 180 de la vía Puente Reyes-Gámeza.
- Rodríguez, A. R. (1974). *Mecánica de suelos* (Vol. 1). Editorial Limusa.
- Rivera, A., Marcela, J., Ramos Restrepo, J. C., Leguizamón, R., & Rodrigo, R. (2018). Elaboración de manual de construcción de casas de uno y dos pisos cumpliendo los parámetros establecidos por la norma NRS-10.
- Resistente, R. C. D. C. S. (2010). NSR-10. *Título B-Cargas. Capítulo B*.
- Ramírez Carvajal, R. (1997). Propiedades Físicas, Químicas y Biológicas de los Suelos.
- Palomino, S., & César, A. (2011). *Estudio del terreno y obras correctivas en el sitio de El Cune municipio de Villeta Cundinamarca, con aplicación del método observacional/Study of terrain and corrective works at the Cune landslide at Villeta city Cundinamarca with application of the observational method*(Doctoral dissertation, Universidad Nacional de Colombia).
- Martínez-Pereira, A., Alvarado, C., & Rubiano, D. (2002). Selección de señales de diseño consistentes con el escenario regional de amenaza sísmica: Casos aplicados en Colombia. *INGEOMINAS, Colombia*.

- Llanos Nina, J. (2013). Estudio geológico geotécnico de la presa de tierra Cotachaca distrito Crucero–Carabaya.
- Iriondo, M. (2007). *Introducción a la Geología*. Editorial Brujas.
- Hernández Sampieri, R., Fernández Collado, C., & Baptista Lucio, P. (2006). *Metodología de la investigación* (Vol. 3). México: McGraw-Hill.
- Fernández Ordinola, P. R. (2014). Estudio geotécnico del deslizamiento en el sector del AA. HH San Martín–Paita y alternativas de solución.
- Fajardo Fonseca, O. E. (2016). Evaluación geológica, geomorfológica y caracterización geotécnica del deslizamiento El Cairo en el municipio de San Luis de Gaceno en la jurisdicción de la Corporación Autónoma Regional de Chivor (Corpochivor).
- Arboleda Escobar, D. E. (2015). *Estudio de la vía que une las comunidades de Shakap y Timias, parroquia Simón Bolívar, provincia de Pastaza y su incidencia en la calidad de vida de los habitantes del sector* (Bachelor's thesis, Universidad Técnica de Ambato. Facultad de Ingeniería Civil y Mecánica. Carrera de Ingeniería Civil).
- Acero, M., & Domínguez, J. (2003). Estudio Geológico-Geotécnico y Evaluación de las condiciones del terreno que constituye el campus de la Ciudad Universitaria de Caracas (CUC). *Trabajo especial de grado para obtener el título de Ingeniero Geólogo, UCV*.

ANEXOS

Anexo 1. Registro fotográfico

Fotografía 1. Alistamiento de plataforma para inicio de perforación SPT.



Fuente: Propia

Fotografía 2. Perfil estratigráfico y Recuperación de muestras alteradas a través de tubo partido de pared gruesa.



Fuente: Propia

Fotografía 1.Perfil superficial del suelo-Calicatas

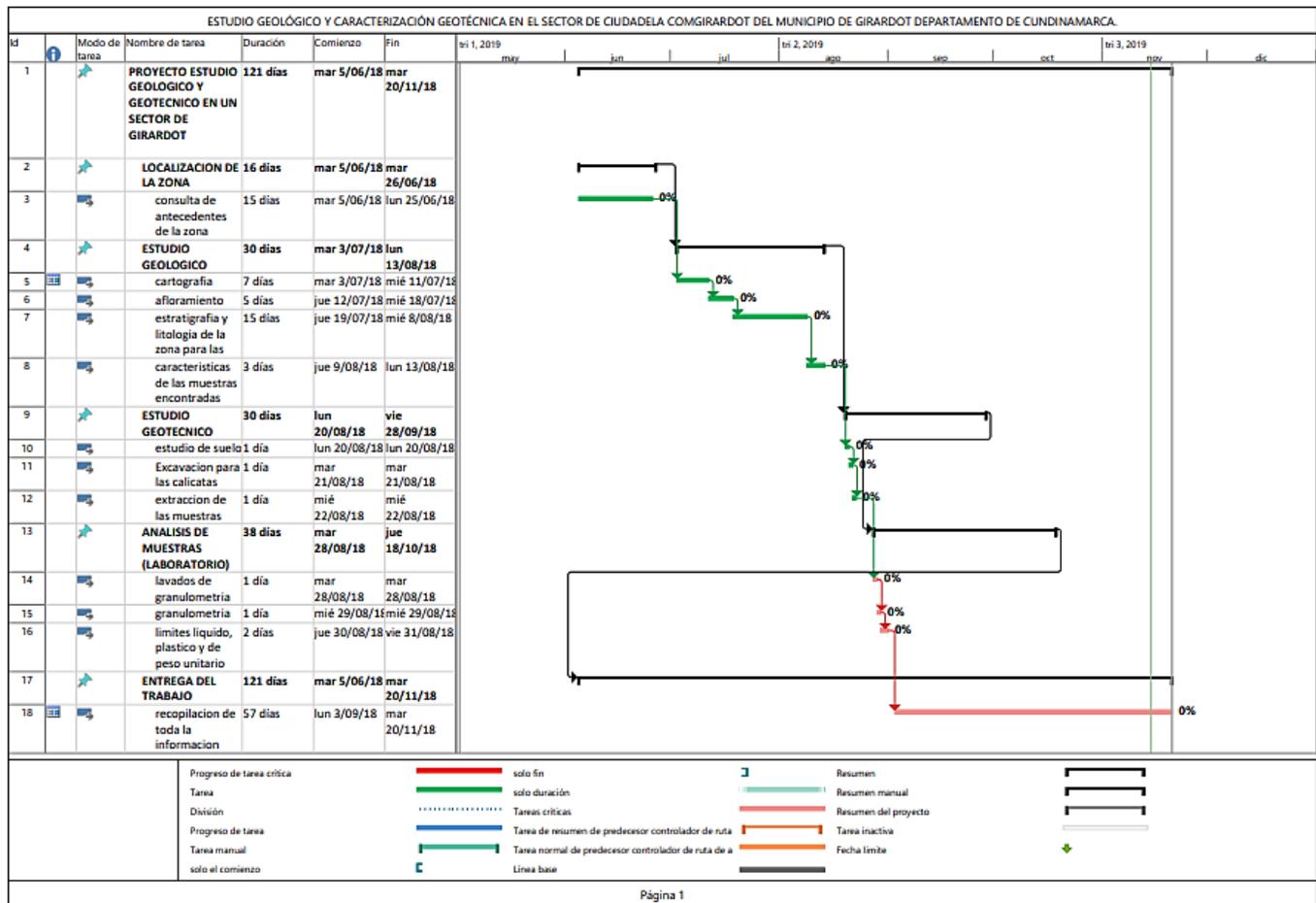


Fuente: Propia

Anexo 2. Presupuesto

PRESUPUESTO ESTUDIO GEOLOGICO Y GEOTECNICO DE GIRARDOT					
ITEM	DESCRIPCION	UND	CANT	VALOR / U	VALOR / T
I	Localizacion de la zona				\$0,00
1.1	Consulta de antecedentes de la zona	-	-	-	-
II	Estudio geologico				\$508.000,00
2.1	Cartografia	UND	3	\$10.000,00	\$30.000,00
2.2	Afloramiento	Trayecto	8	\$12.500,00	\$100.000,00
2.2	Estratigrafia y litologia de la zona (muestras)	-	-	-	-
2.3	Herramientas Manuales	UNI	6	\$63.000,00	\$378.000,00
2.4	Caracterizacion de la muestras	-	-	-	-
2.5	Viaticos	global	-	-	\$20.000,00
III	Estudio geotecnico				\$1.800.000,00
3.1	Estudio de suelos (suministrado por semillero de investigacion)	UND	1	\$1.800.000,00	\$1.800.000,00
3.2	Calicatas de 1m3 (Apoyo semillero y practica profesional)	UND	3	-	-
3.3	Extraccion de muestras	-	-	-	-
3.4	Imprevistos	-	-	-	\$50.000,00
3.5	Viaticos	global	-	-	\$30.000,00
IV	Analisis de muestras (Laboratorio)				-
4.1	Lavados y granulometria	-	-	-	-
4.2	Limites plasticos, liquidos, peso unitario	-	-	-	-
V	EQUPO DE APOYO				-
5.1	computador	UND	2	-	-
5.2	vehiculos	UND	1	-	-
TOTAL					\$2.308.000,00

Anexo 3. Cronograma de actividades



PERFILES ESTRATIGRAFICOS Y RESULTADOS DE LOS ENSAYOS DE LABORATORIO

ANEXO 4

EDYCON ST S.A.S
ESTUDIO S, DISEÑO S Y CONSTRUCCIONES CARLOS NIETO S.A.S

CORRECCIÓN DE N Y CORRELACIONES CON SPT																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																															
CONTRATANTE: CORPORACION URBANITERRA, RESULTO DE OCEI															FECHA TOMA: 28-ago-18																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																
LOCALIZACION: CIUDAD DE COMBIENES															FECHA ENTREGA: 29-ago-18																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																
PROYECTO: DISEÑO DE LA PROYECTO DE SUDOSIN ECOLÓGICO CON RESULTO DE ESTADÍSTICAS															BOVEDO No.: 1.2																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																
MUNICIPIO: CUNINDAMARCA																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																															
Prof. (m)	Suelo	Descripción	Categoría	Categoría del SPT				C _u	C _l	C _g	C _h	C _o	C ₁	C ₂	C ₃	C ₄	C ₅	C ₆	C ₇	C ₈	C ₉	C ₁₀	C ₁₁	C ₁₂	C ₁₃	C ₁₄	C ₁₅	C ₁₆	C ₁₇	C ₁₈	C ₁₉	C ₂₀	C ₂₁	C ₂₂	C ₂₃	C ₂₄	C ₂₅	C ₂₆	C ₂₇	C ₂₈	C ₂₉	C ₃₀	C ₃₁	C ₃₂	C ₃₃	C ₃₄	C ₃₅	C ₃₆	C ₃₇	C ₃₈	C ₃₉	C ₄₀	C ₄₁	C ₄₂	C ₄₃	C ₄₄	C ₄₅	C ₄₆	C ₄₇	C ₄₈	C ₄₉	C ₅₀	C ₅₁	C ₅₂	C ₅₃	C ₅₄	C ₅₅	C ₅₆	C ₅₇	C ₅₈	C ₅₉	C ₆₀	C ₆₁	C ₆₂	C ₆₃	C ₆₄	C ₆₅	C ₆₆	C ₆₇	C ₆₈	C ₆₉	C ₇₀	C ₇₁	C ₇₂	C ₇₃	C ₇₄	C ₇₅	C ₇₆	C ₇₇	C ₇₈	C ₇₉	C ₈₀	C ₈₁	C ₈₂	C ₈₃	C ₈₄	C ₈₅	C ₈₆	C ₈₇	C ₈₈	C ₈₉	C ₉₀	C ₉₁	C ₉₂	C ₉₃	C ₉₄	C ₉₅	C ₉₆	C ₉₇	C ₉₈	C ₉₉	C ₁₀₀	C ₁₀₁	C ₁₀₂	C ₁₀₃	C ₁₀₄	C ₁₀₅	C ₁₀₆	C ₁₀₇	C ₁₀₈	C ₁₀₉	C ₁₁₀	C ₁₁₁	C ₁₁₂	C ₁₁₃	C ₁₁₄	C ₁₁₅	C ₁₁₆	C ₁₁₇	C ₁₁₈	C ₁₁₉	C ₁₂₀	C ₁₂₁	C ₁₂₂	C ₁₂₃	C ₁₂₄	C ₁₂₅	C ₁₂₆	C ₁₂₇	C ₁₂₈	C ₁₂₉	C ₁₃₀	C ₁₃₁	C ₁₃₂	C ₁₃₃	C ₁₃₄	C ₁₃₅	C ₁₃₆	C ₁₃₇	C ₁₃₈	C ₁₃₉	C ₁₄₀	C ₁₄₁	C ₁₄₂	C ₁₄₃	C ₁₄₄	C ₁₄₅	C ₁₄₆	C ₁₄₇	C ₁₄₈	C ₁₄₉	C ₁₅₀	C ₁₅₁	C ₁₅₂	C ₁₅₃	C ₁₅₄	C ₁₅₅	C ₁₅₆	C ₁₅₇	C ₁₅₈	C ₁₅₉	C ₁₆₀	C ₁₆₁	C ₁₆₂	C ₁₆₃	C ₁₆₄	C ₁₆₅	C ₁₆₆	C ₁₆₇	C ₁₆₈	C ₁₆₉	C ₁₇₀	C ₁₇₁	C ₁₇₂	C ₁₇₃	C ₁₇₄	C ₁₇₅	C ₁₇₆	C ₁₇₇	C ₁₇₈	C ₁₇₉	C ₁₈₀	C ₁₈₁	C ₁₈₂	C ₁₈₃	C ₁₈₄	C ₁₈₅	C ₁₈₆	C ₁₈₇	C ₁₈₈	C ₁₈₉	C ₁₉₀	C ₁₉₁	C ₁₉₂	C ₁₉₃	C ₁₉₄	C ₁₉₅	C ₁₉₆	C ₁₉₇	C ₁₉₈	C ₁₉₉	C ₂₀₀	C ₂₀₁	C ₂₀₂	C ₂₀₃	C ₂₀₄	C ₂₀₅	C ₂₀₆	C ₂₀₇	C ₂₀₈	C ₂₀₉	C ₂₁₀	C ₂₁₁	C ₂₁₂	C ₂₁₃	C ₂₁₄	C ₂₁₅	C ₂₁₆	C ₂₁₇	C ₂₁₈	C ₂₁₉	C ₂₂₀	C ₂₂₁	C ₂₂₂	C ₂₂₃	C ₂₂₄	C ₂₂₅	C ₂₂₆	C ₂₂₇	C ₂₂₈	C ₂₂₉	C ₂₃₀	C ₂₃₁	C ₂₃₂	C ₂₃₃	C ₂₃₄	C ₂₃₅	C ₂₃₆	C ₂₃₇	C ₂₃₈	C ₂₃₉	C ₂₄₀	C ₂₄₁	C ₂₄₂	C ₂₄₃	C ₂₄₄	C ₂₄₅	C ₂₄₆	C ₂₄₇	C ₂₄₈	C ₂₄₉	C ₂₅₀	C ₂₅₁	C ₂₅₂	C ₂₅₃	C ₂₅₄	C ₂₅₅	C ₂₅₆	C ₂₅₇	C ₂₅₈	C ₂₅₉	C ₂₆₀	C ₂₆₁	C ₂₆₂	C ₂₆₃	C ₂₆₄	C ₂₆₅	C ₂₆₆	C ₂₆₇	C ₂₆₈	C ₂₆₉	C ₂₇₀	C ₂₇₁	C ₂₇₂	C ₂₇₃	C ₂₇₄	C ₂₇₅	C ₂₇₆	C ₂₇₇	C ₂₇₈	C ₂₇₉	C ₂₈₀	C ₂₈₁	C ₂₈₂	C ₂₈₃	C ₂₈₄	C ₂₈₅	C ₂₈₆	C ₂₈₇	C ₂₈₈	C ₂₈₉	C ₂₉₀	C ₂₉₁	C ₂₉₂	C ₂₉₃	C ₂₉₄	C ₂₉₅	C ₂₉₆	C ₂₉₇	C ₂₉₈	C ₂₉₉	C ₃₀₀	C ₃₀₁	C ₃₀₂	C ₃₀₃	C ₃₀₄	C ₃₀₅	C ₃₀₆	C ₃₀₇	C ₃₀₈	C ₃₀₉	C ₃₁₀	C ₃₁₁	C ₃₁₂	C ₃₁₃	C ₃₁₄	C ₃₁₅	C ₃₁₆	C ₃₁₇	C ₃₁₈	C ₃₁₉	C ₃₂₀	C ₃₂₁	C ₃₂₂	C ₃₂₃	C ₃₂₄	C ₃₂₅	C ₃₂₆	C ₃₂₇	C ₃₂₈	C ₃₂₉	C ₃₃₀	C ₃₃₁	C ₃₃₂	C ₃₃₃	C ₃₃₄	C ₃₃₅	C ₃₃₆	C ₃₃₇	C ₃₃₈	C ₃₃₉	C ₃₄₀	C ₃₄₁	C ₃₄₂	C ₃₄₃	C ₃₄₄	C ₃₄₅	C ₃₄₆	C ₃₄₇	C ₃₄₈	C ₃₄₉	C ₃₅₀	C ₃₅₁	C ₃₅₂	C ₃₅₃	C ₃₅₄	C ₃₅₅	C ₃₅₆	C ₃₅₇	C ₃₅₈	C ₃₅₉	C ₃₆₀	C ₃₆₁	C ₃₆₂	C ₃₆₃	C ₃₆₄	C ₃₆₅	C ₃₆₆	C ₃₆₇	C ₃₆₈	C ₃₆₉	C ₃₇₀	C ₃₇₁	C ₃₇₂	C ₃₇₃	C ₃₇₄	C ₃₇₅	C ₃₇₆	C ₃₇₇	C ₃₇₈	C ₃₇₉	C ₃₈₀	C ₃₈₁	C ₃₈₂	C ₃₈₃	C ₃₈₄	C ₃₈₅	C ₃₈₆	C ₃₈₇	C ₃₈₈	C ₃₈₉	C ₃₉₀	C ₃₉₁	C ₃₉₂	C ₃₉₃	C ₃₉₄	C ₃₉₅	C ₃₉₆	C ₃₉₇	C ₃₉₈	C ₃₉₉	C ₄₀₀	C ₄₀₁	C ₄₀₂	C ₄₀₃	C ₄₀₄	C ₄₀₅	C ₄₀₆	C ₄₀₇	C ₄₀₈	C ₄₀₉	C ₄₁₀	C ₄₁₁	C ₄₁₂	C ₄₁₃	C ₄₁₄	C ₄₁₅	C ₄₁₆	C ₄₁₇	C ₄₁₈	C ₄₁₉	C ₄₂₀	C ₄₂₁	C ₄₂₂	C ₄₂₃	C ₄₂₄	C ₄₂₅	C ₄₂₆	C ₄₂₇	C ₄₂₈	C ₄₂₉	C ₄₃₀	C ₄₃₁	C ₄₃₂	C ₄₃₃	C ₄₃₄	C ₄₃₅	C ₄₃₆	C ₄₃₇	C ₄₃₈	C ₄₃₉	C ₄₄₀	C ₄₄₁	C ₄₄₂	C ₄₄₃	C ₄₄₄	C ₄₄₅	C ₄₄₆	C ₄₄₇	C ₄₄₈	C ₄₄₉	C ₄₅₀	C ₄₅₁	C ₄₅₂	C ₄₅₃	C ₄₅₄	C ₄₅₅	C ₄₅₆	C ₄₅₇	C ₄₅₈	C ₄₅₉	C ₄₆₀	C ₄₆₁	C ₄₆₂	C ₄₆₃	C ₄₆₄	C ₄₆₅	C ₄₆₆	C ₄₆₇	C ₄₆₈	C ₄₆₉	C ₄₇₀	C ₄₇₁	C ₄₇₂	C ₄₇₃	C ₄₇₄	C ₄₇₅	C ₄₇₆	C ₄₇₇	C ₄₇₈	C ₄₇₉	C ₄₈₀	C ₄₈₁	C ₄₈₂	C ₄₈₃	C ₄₈₄	C ₄₈₅	C ₄₈₆	C ₄₈₇	C ₄₈₈	C ₄₈₉	C ₄₉₀	C ₄₉₁	C ₄₉₂	C ₄₉₃	C ₄₉₄	C ₄₉₅	C ₄₉₆	C ₄₉₇	C ₄₉₈	C ₄₉₉	C ₅₀₀	C ₅₀₁	C ₅₀₂	C ₅₀₃	C ₅₀₄	C ₅₀₅	C ₅₀₆	C ₅₀₇	C ₅₀₈	C ₅₀₉	C ₅₁₀	C ₅₁₁	C ₅₁₂	C ₅₁₃	C ₅₁₄	C ₅₁₅	C ₅₁₆	C ₅₁₇	C ₅₁₈	C ₅₁₉	C ₅₂₀	C ₅₂₁	C ₅₂₂	C ₅₂₃	C ₅₂₄	C ₅₂₅	C ₅₂₆	C ₅₂₇	C ₅₂₈	C ₅₂₉	C ₅₃₀	C ₅₃₁	C ₅₃₂	C ₅₃₃	C ₅₃₄	C ₅₃₅	C ₅₃₆	C ₅₃₇	C ₅₃₈	C ₅₃₉	C ₅₄₀	C ₅₄₁	C ₅₄₂	C ₅₄₃	C ₅₄₄	C ₅₄₅	C ₅₄₆	C ₅₄₇	C ₅₄₈	C ₅₄₉	C ₅₅₀	C ₅₅₁	C ₅₅₂	C ₅₅₃	C ₅₅₄	C ₅₅₅	C ₅₅₆	C ₅₅₇	C ₅₅₈	C ₅₅₉	C ₅₆₀	C ₅₆₁	C ₅₆₂	C ₅₆₃	C ₅₆₄	C ₅₆₅	C ₅₆₆	C ₅₆₇	C ₅₆₈	C ₅₆₉	C ₅₇₀	C ₅₇₁	C ₅₇₂	C ₅₇₃	C ₅₇₄	C ₅₇₅	C ₅₇₆	C ₅₇₇	C ₅₇₈	C ₅₇₉	C ₅₈₀	C ₅₈₁	C ₅₈₂	C ₅₈₃	C ₅₈₄	C ₅₈₅	C ₅₈₆	C ₅₈₇	C ₅₈₈	C ₅₈₉	C ₅₉₀	C ₅₉₁	C ₅₉₂	C ₅₉₃	C ₅₉₄	C ₅₉₅	C ₅₉₆	C ₅₉₇	C ₅₉₈	C ₅₉₉	C ₆₀₀	C ₆₀₁	C ₆₀₂	C ₆₀₃	C ₆₀₄	C ₆₀₅	C ₆₀₆	C ₆₀₇	C ₆₀₈	C ₆₀₉	C ₆₁₀	C ₆₁₁	C ₆₁₂	C ₆₁₃	C ₆₁₄	C ₆₁₅	C ₆₁₆	C ₆₁₇	C ₆₁₈	C ₆₁₉	C ₆₂₀	C ₆₂₁	C ₆₂₂	C ₆₂₃	C ₆₂₄	C ₆₂₅	C ₆₂₆	C ₆₂₇	C ₆₂₈	C ₆₂₉	C ₆₃₀	C ₆₃₁	C ₆₃₂	C ₆₃₃	C ₆₃₄	C ₆₃₅	C ₆₃₆	C ₆₃₇	C ₆₃₈	C ₆₃₉	C ₆₄₀	C ₆₄₁	C ₆₄₂	C ₆₄₃	C ₆₄₄	C ₆₄₅	C ₆₄₆	C ₆₄₇	C ₆₄₈	C ₆₄₉	C ₆₅₀	C ₆₅₁	C ₆₅₂	C ₆₅₃	C ₆₅₄	C ₆₅₅	C ₆₅₆	C ₆₅₇	C ₆₅₈	C ₆₅

ANEXO 5.

		DESCRIPCIÓN E IDENTIFICACIÓN DE SUELOS (PROCEDIMIENTO VISUAL Y MANUAL) INYC - 002 - 13		CÓDIGO: OPR 001	
				FECHA: 01/03/2017	
				VERSIÓN: 1	
				COMPETENCIA: PDI 0102	
ESTUDIOS, DISEÑOS Y CONSTRUCCIONES CARLOS NIETO S.A.S					
PROYECTO:	OBRAS DE LA TRANSFORMACIÓN DEL COMPLEJO DE LA PUERTA DE BARRIO NUEVO			UBICACIÓN:	0
CLIENTE:	REPRESENTANTE DEL COMPLEJO DE BARRIO NUEVO			PROYECTANTE (PDI):	EDYCONS
EQUIPO:	PDI EDYCONS			COORDINADOR (PDI):	EDYCONS
VERIFICACIÓN:	EDYCONS			FECHA DE LA:	01/03/2017
REVISIÓN:	EDYCONS			FECHA DE LA:	01/03/2017

PROFUNDIDAD (cm)	COMPOSICIÓN VISUAL	ESTADO DE CLASIFICACIÓN SUELO	ESTADO DE CLASIFICACIÓN SUELO	DESCRIPCIÓN Y COMENTARIOS DEL MATERIAL	TIPO SUELO	PROFUNDIDAD EN %
0,00				SIN SUELO		
0,10		SL	SL*	MUELA DE ALTO ENTENDIMIENTO, DE COLOR ROJO OSCURO, CONSISTENCIA DE MASA PLÁSTICA PARA UN SUELO MOLETO, DE CONSISTENCIA MOLE, DE CONSISTENCIA PASADIZA, DE CONSISTENCIA PASADIZA, DE CONSISTENCIA PASADIZA, DE CONSISTENCIA PASADIZA, DE CONSISTENCIA PASADIZA Y DE CONSISTENCIA PASADIZA.		10,0%
0,20		SL	SL*	MUELA DE ALTO ENTENDIMIENTO, DE COLOR ROJO OSCURO, CONSISTENCIA DE MASA PLÁSTICA PARA UN SUELO MOLETO, DE CONSISTENCIA MOLE, DE CONSISTENCIA PASADIZA, DE CONSISTENCIA PASADIZA, DE CONSISTENCIA PASADIZA, DE CONSISTENCIA PASADIZA, DE CONSISTENCIA PASADIZA Y DE CONSISTENCIA PASADIZA.	SL*	10,0%
0,30		SL	SL**	MUELA DE ALTO ENTENDIMIENTO, DE COLOR ROJO OSCURO, CONSISTENCIA DE MASA PLÁSTICA PARA UN SUELO MOLETO, DE CONSISTENCIA MOLETO, DE CONSISTENCIA PASADIZA, DE CONSISTENCIA PASADIZA, DE CONSISTENCIA PASADIZA, DE CONSISTENCIA PASADIZA, DE CONSISTENCIA PASADIZA Y DE CONSISTENCIA PASADIZA.		10,0%



EDYCONS
REPRESENTANTE EDYCONS



EDYCONS



EDYCONS
DIRECTORA DEL LABORATORIO

ANEXO 6.

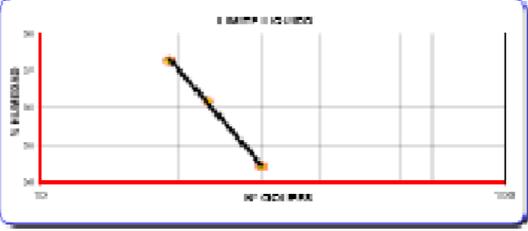
	CLASIFICACIÓN SUELOS (AASHO Y SUCS)	CÓDIGO: OPS-R-019 EMISIÓN: 01020017 VERSIÓN: 1 CONSECUTIVO: 007 N°66
ESTUDIOS, DISEÑOS Y CONSTRUCCIONES CARLOS NIETO S.A.S		
PROYECTO: OBRAS DE UN PROYECTO DE LOGÍSTICA EDUCATIVA CON LA FERIA DE BISHOPSTABLE	RESPONSABLE: J. LUIS J. LUIS R.	
CONTRATISTA: CORPORACION EDUCATIVA NIETO DE CUC	MUNICIPIO: GIRARDOT - CUNDINAMARCA	
LOCALIZACIÓN: CUSCUELA CONDORCOT	FECHA T1: 23ago2017	
MONEDA: US	FECHA E1: 23ago2017	

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO DE LOS AGREGADOS GRUPO Y RÍMULO INV E - 113 - 13				
		RETENIDO N° 10		PASA N° 10
		PESO INICIAL =	INICIAL =	PESO =
		250,3	22,4	70,3
TAMIZ		PESO RETENIDO EN EL TAMIZ	% RETENIDO EN EL TAMIZ	% PASADO AL TAMIZ
Pulg	mm			
3"	76,20	0,0	0,0	100,0
2-1/2"	63,50	0,0	0,0	100,0
2"	50,80	0,0	0,0	100,0
1-1/2"	38,10	0,0	0,0	100,0
1"	25,40	0,0	0,0	100,0
3/4"	19,05	0,0	0,0	100,0
1/2"	12,70	0,0	0,0	100,0
3/8"	9,53	0,0	0,0	100,0
N°4	4,75	2,8	0,3	99,7
N°10	1,50	11,3	1,3	98,3
N°40	0,425	25,7	1,4	98,0
N°60	0,250	12,1	1,4	98,5
N°80	0,180	9,7	1,1	98,4
N°100	0,150	5,3	0,8	99,8
No 200	0,074	22,5	1,0	99,1
P		753,1		

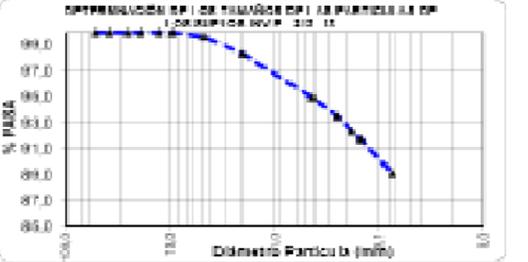
SISTEMA UNIFICADO DE CLASIFICACIÓN DE SUELOS PARA PROPOSITOS DE INGENIERIA INV E - 113 - 13		
LÍMITE LÍQUIDO	38	AASHO
LÍMITE PLÁSTICO	23	A-8
ÍNDICE DE PLASTICIDAD	11	S.U.C.S
ÍNDICE DE GRUPO	10	CL
OBSERVACIONES:		
Humedad natural	15,0	

DETERMINACIÓN DEL LÍMITE LÍQUIDO DE LOS SUELOS INV E - 113 - 13			
ENSAYO N°	1	2	3
TARA N°	1	2	3
N° DE GOLPES	30	25	19
PESO SUELO+TARA HUMEDO	19,3	10,9	14,5
PESO SUELO+TARA SECO	14,2	15,3	10,1
PESO TARA	7,1	4,8	8,3
% DE HUMEDAD	34,4	30,2	37,3

LÍMITE PLÁSTICO E ÍNDICE DE PLASTICIDAD DE LOS SUELOS INV E - 113 - 13			
ENSAYO N°	1	2	3
TARA N°	4	5	
PESO SUELO+TARA HUMEDO	25,6	23,0	
PESO SUELO+TARA SECO	22,7	19,8	
PESO TARA	11,1	7,4	
% DE HUMEDAD	25,0	25,0	



LÍMITE LÍQUIDO



ÍNDICE DE PLASTICIDAD

DETERMINACIÓN DEL CONTENIDO DE AGUA (HUMEDAD) DE MUESTRAS DE SUELO, ROCA Y MEZCLAS DE SUELO-AGREGADO INV E - 113 - 13		
TARA N°	1	
PESO DEL SUELO + TARA HUMEDO (gr)	283,5	
PESO DEL SUELO + SECO (gr)	254,9	
PESO DE TARA	63,6	
% DE HUMEDAD	15,0	



ING. CARLOS ANDRÉS NIETO L.
REPRESENTANTE LEGAL



SGS
C 0177710



LAURA MARCELA VELA SOTO E.
DIRECTORA DEL LABORATORIO

ANEXO 7.

	CLASIFICACIÓN SUELOS (RASMO Y SUCS)	CÓDIGO: OPS-R-014 EMISIÓN: 04/02/2017 VERSIÓN: 1 CONSECUTIVO: EDY Nº426	
	ESTUDIOS, DISEÑOS Y CONSTRUCCIONES CARLOS NIETO S.A.S		
	PROYECTO: <u>DISEÑO DE UN PROYECTO DE ADOQUINADO CON LA PRECISA DE</u> ESTRUCTURAS	PROFUNDIDAD: <u>1,00 a 2,00 m</u>	
	CONTRATANTE: <u>COMUNICACION UNIVERSITARIA INSTITUTO DE OCE</u> LOCALIZACIÓN: <u>QUISQUEL, GUANABATÓ</u>	MUNICIPIO: <u>GUANABATÓ - GUANABATÓ</u> FECHA T: <u>08/ago/18</u> FECHA E: <u>11/ago/18</u>	

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO DE LOS AGREGADOS GRUESO Y FINO INV E – 122 – 12				
RETIENIDO No.10		PASA No.10		
PESO INICIAL =	SOL. S	INICIAL	SOL. S	
PESO FINAL =	100,0	FINAL	100,0	
TAMIZ		PASA ESTÁNDAR MÉTRICA	LÍMITE MÉTRICA 100 PPA	
Pulg	mm			
3"	76,20	0,0	0,0	100,0
2-1/2"	63,50	0,0	0,0	100,0
2"	50,80	0,0	0,0	100,0
1-1/2"	38,10	0,0	0,0	100,0
1"	25,40	0,0	0,0	100,0
3/4"	19,05	0,0	0,0	100,0
1/2"	12,70	19,8	1,4	97,8
3/8"	9,53	15,4	1,7	95,9
Nº4	4,75	17,2	1,1	92,7
Nº10	1,90	29,4	1,7	90,1
Nº40	0,425	62,8	7,5	82,2
Nº60	0,250	21,4	1,7	78,6
Nº80	0,180	14,6	1,5	77,7
Nº100	0,150	7,8	0,9	74,8
No. 200	0,074	19,5	1,4	74,6
P		598,0		

SISTEMA UNIFICADO DE CLASIFICACIÓN DE SUELOS PARA PROPÓSITOS DE INGENIERÍA INV E – 101 – 12		
LÍMITE LÍQUIDO	37	AUSHTO
LÍMITE PLÁSTICO	25	A-6
ÍNDICE DE PLASTICIDAD	9	S.U.C.S
ÍNDICE DE GRUPO	7	CL
OBSERVACIONES:		
Humedad natural:	13,4	

GRAVAS:	%	0,3
ARCILLAS:	%	19,8
FINOS:	%	79,9

DETERMINACIÓN EN EL LABORATORIO DEL CONTENIDO DE AGUA (HUMEDAD) DE MUESTRAS DE SUELO, ROCA Y MEZCLAS DE SUELO-AGREGADO INV E – 122 – 12	
TARA Nº	2
PESO DEL SUELO + TARA HUMEDO (gr)	154,7
PESO DEL SUELO + SECO (gr)	140,6
PESO DE TARA	48,3
% DE HUMEDAD	15,4



ING. CARLOS ANDRÉS NIETO L.
REPRESENTANTE LEGAL



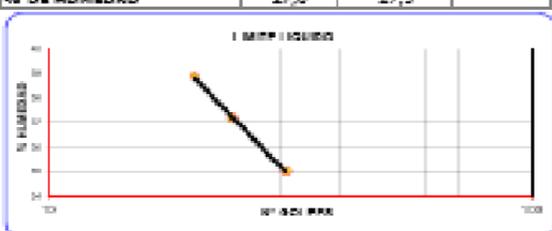
00477742



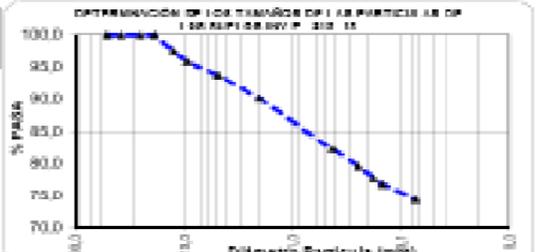
LAURA WANDA VELASCO C.
DIRECTORA DEL LABORATORIO

DETERMINACIÓN DEL LÍMITE LÍQUIDO DE LOS SUELOS INV E – 125 – 12			
E N S A Y O N°	1	2	3
TARA Nº	6	7	8
N° DE GOLPES	51	24	20
PESO SUELO+TARA HUMEDO	21,6	15,9	17,6
PESO SUELO+TARA SECO	18,1	11,7	14,1
PESO TARA	5,1	4,1	5,1
% DE HUMEDAD	33,8	37,1	38,9

LÍMITE PLÁSTICO E ÍNDICE DE PLASTICIDAD DE LOS SUELOS INV E – 126 – 12			
E N S A Y O N°	1	2	3
TARA Nº	9	10	
PESO SUELO+TARA HUMEDO	27,0	20,5	
PESO SUELO+TARA SECO	23,8	17,5	
PESO TARA	11,3	6,7	
% DE HUMEDAD	27,6	27,5	



LÍMITE LÍQUIDO



DETERMINACIÓN DE LOS TAMAÑOS DE LAS PARTÍCULAS DE
LOS AGREGADOS INV E – 122 – 12

ANEXO 8.

	CLASIFICACIÓN SUELOS (AASHO Y SUCS)	CÓDIGO: OPS-R-019 EMISIÓN: 01/02/2017 VERSIÓN: 1 CONSECUTIVO: EDY N°120
ESTUDIOS, DISEÑOS Y CONSTRUCCIONES CARLOS NIETO S.A.S		
PROYECTO: <u>DISEÑO DE UN PROYECTO DE JARDÍN ECOLÓGICO CON LA FERIA DE</u> EDIFICACIONES		
CONTRATANTE: <u>COMUNIDAD UNIVERSITARIA NIETO DE BOGOTÁ</u>	PROFUNDIDAD: <u>1,00 a 2,00 m</u>	
LOCALIZACIÓN: <u>CIUDAD DE BOGOTÁ</u>	MUNICIPIO: <u>BOGOTÁ - COLOMBIA</u>	
BARRIO: <u>12</u>	FECHA T: <u>21/ago/17</u>	
	FECHA S: <u>21/ago/17</u>	

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO DE LOS AGREGADOS GRUESO Y FINO INV E - 103 - 13				
RETENIDO N° 10			PAGA N° 10	
PESO INICIAL =		844,7	INICIAL = 844,7	
PESO FINAL =		118,8	FINAL = 85,0	
TAMIZ		PESO RETENIDO (GRAMOS)	% PASADO (PORCENTUAL)	100% PASA
Pulg	mm			
3"	76,20	0,0	0,0	100,0
2-1/2"	63,50	0,0	0,0	100,0
2"	50,80	0,0	0,0	100,0
1-1/2"	38,10	0,0	0,0	100,0
1"	25,40	0,0	0,0	100,0
3/4"	19,05	0,0	0,0	100,0
1/2"	12,70	5,2	0,6	99,2
3/8"	9,52	0,0	0,0	99,1
N°4	4,75	11,2	1,7	97,5
N°10	2,00	17,4	2,7	94,8
N°40	0,425	40,8	4,8	88,5
N°60	0,250	19,2	2,9	85,5
N°80	0,180	7,6	1,2	84,3
N°100	0,150	4,0	0,8	83,7
No 200	0,074	11,8	1,8	81,9
P		527,9		

SISTEMA UNIFICADO DE CLASIFICACIÓN DE SUELOS PARA PROYECTOS DE INGENIERÍA INV E - 101 - 13		
LÍMITE LÍQUIDO	48	AASHO
LÍMITE PLÁSTICO	26	A-7-B
ÍNDICE DE PLASTICIDAD	19	S.U.C.S
ÍNDICE DE GRUPO	17	CL

OBSERVACIONES:

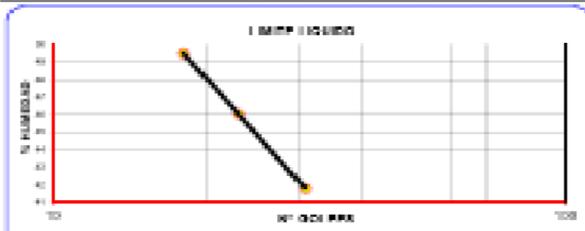
Humedad natural: 15,6

GRANAS:	%	3,5
ARENAS:	%	85,6
FINOS:	%	91,9

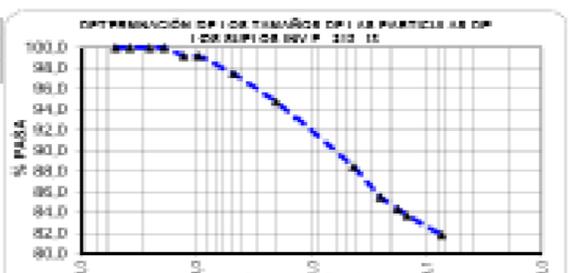
DETERMINACIÓN EN EL LABORATORIO DEL CONTENIDO DE AGUA (HUMEDAD) DE MUESTRAS DE SUELO, ROCA Y MEZCLAS DE SUELO-AGREGADO INV E - 101 - 13	
TARA N°	3
PESO DEL SUELO + TARA HUMEDO (gr)	244,0
PESO DEL SUELO + SECO (gr)	226,9
PESO DE TARA	117,4
% DE HUMEDAD	15,6

DETERMINACIÓN DEL LÍMITE LÍQUIDO DE LOS SUELOS INV E - 105 - 13			
ENSAYO N°	1	2	3
TARA N°	11	12	13
N° DE GOLPES	31	25	18
PESO SUELO+TARA HUMEDO	21,0	14,4	11,8
PESO SUELO+TARA SECO	18,2	10,9	10,8
PESO TARA	11,5	3,3	7,1
% DE HUMEDAD	41,8	48,1	49,3

LÍMITE PLÁSTICO E ÍNDICE DE PLASTICIDAD DE LOS SUELOS INV E - 106 - 13			
ENSAYO N°	1	2	3
TARA N°	14	15	
PESO SUELO+TARA HUMEDO	19,2	19,1	
PESO SUELO+TARA SECO	16,9	17,0	
PESO TARA	7,9	8,8	
% DE HUMEDAD	25,8	25,8	



LÍMITE LÍQUIDO



DETERMINACIÓN DE LOS TAMAÑOS DE LAS PARTÍCULAS DE LOS SUELOS INV E - 103 - 13

 ING. CARLOS ANDRES NIETO L. REPRESENTANTE LEGAL	 CO-177763	 LAURA MARCELA VELASCO E. DIRECTORA DEL LABORATORIO
---	--	--

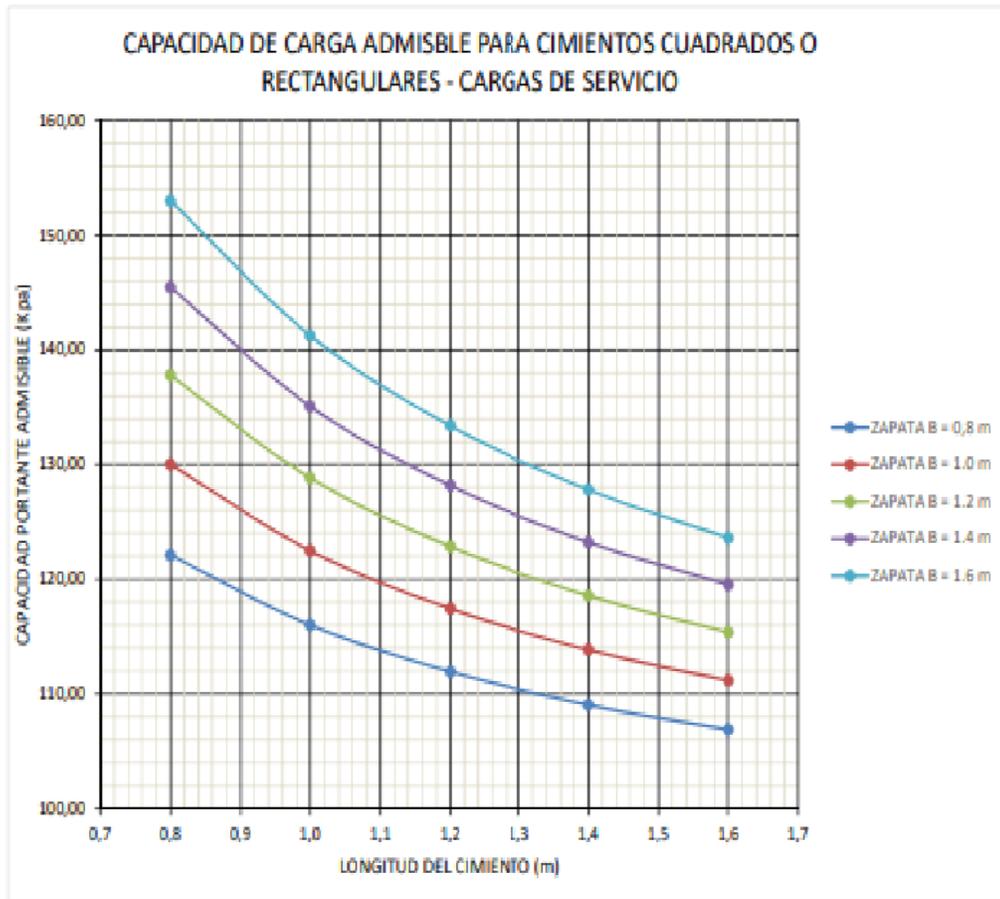
Tabla 7. Cálculo de la capacidad portante admisible - Teoría general de la capacidad portante con correcciones AASHTO 2004

ANCHO CIMENTO	LARGO CIMENTO	TIPO CIMENTO	FACTORES DE CARGA			FACTORES DE FORMA			FACTOR POR INCLINACIÓN DE CARGA			FACTOR CORRECCIÓN POR ASUA		FACTOR PROPORCIONAL	CORRECCIÓN POR EXCENTRICIDAD		CAPACIDAD DE CARGA		
			Nc	Nq	N γ	Sc	Sq	S γ	hc	hq	h γ	Cwq	Cw γ		dq	E ^p	E ^s	q _{ult} (Kpa)	q _{adm} (Kpa)
0,8	0,8	CUADRADO	11,60	4,1	1,1	1,37	1,29	0,60	1	1	1	0,50	0,50	1	0,53	0,5	266,24	122,08	244,16
	1,0	RECTANGULAR	11,60	4,1	1,1	1,30	1,23	0,66	1	1	1	0,50	0,50	1	0,53	0,7	347,99	116,00	232,00
	1,2	RECTANGULAR	11,60	4,1	1,1	1,25	1,19	0,73	1	1	1	0,50	0,50	1	0,53	0,8	335,83	111,94	223,89
	1,4	RECTANGULAR	11,60	4,1	1,1	1,21	1,16	0,77	1	1	1	0,50	0,50	1	0,53	0,9	327,14	109,05	218,10
	1,6	RECTANGULAR	11,60	4,1	1,1	1,19	1,14	0,80	1	1	1	0,50	0,50	1	0,53	1,1	320,63	106,88	213,75
1,0	0,8	RECTANGULAR	11,60	4,1	1,1	1,46	1,36	0,50	1	1	1	0,50	0,50	1	0,67	0,5	185,38	129,99	259,99
	1,0	CUADRADO	11,60	4,1	1,1	1,37	1,29	0,60	1	1	1	0,50	0,50	1	0,67	0,7	167,37	122,46	244,91
	1,2	RECTANGULAR	11,60	4,1	1,1	1,31	1,24	0,67	1	1	1	0,50	0,50	1	0,67	0,8	152,29	117,43	234,86
	1,4	RECTANGULAR	11,60	4,1	1,1	1,26	1,20	0,71	1	1	1	0,50	0,50	1	0,67	0,9	143,52	113,84	227,68
	1,6	RECTANGULAR	11,60	4,1	1,1	1,23	1,18	0,75	1	1	1	0,50	0,50	1	0,67	1,1	133,44	111,15	222,29
1,2	0,8	RECTANGULAR	11,60	4,1	1,1	1,56	1,40	0,40	1	1	1	0,50	0,50	1	0,8	0,5	413,25	137,76	275,57
	1,0	RECTANGULAR	11,60	4,1	1,1	1,46	1,34	0,52	1	1	1	0,50	0,50	1	0,8	0,7	386,44	130,81	257,63
	1,2	CUADRADO	11,60	4,1	1,1	1,37	1,29	0,60	1	1	1	0,50	0,50	1	0,8	0,8	368,50	122,83	245,66
	1,4	RECTANGULAR	11,60	4,1	1,1	1,32	1,25	0,66	1	1	1	0,50	0,50	1	0,8	0,9	355,68	118,56	237,12
	1,6	RECTANGULAR	11,60	4,1	1,1	1,28	1,22	0,70	1	1	1	0,50	0,50	1	0,8	1,1	346,07	115,36	230,71
1,4	0,8	RECTANGULAR	11,60	4,1	1,1	1,65	1,50	0,30	1	1	1	0,50	0,50	1	0,9	0,5	436,35	145,45	290,90
	1,0	RECTANGULAR	11,60	4,1	1,1	1,52	1,40	0,44	1	1	1	0,50	0,50	1	0,9	0,7	405,21	135,07	270,14
	1,2	RECTANGULAR	11,60	4,1	1,1	1,43	1,33	0,53	1	1	1	0,50	0,50	1	0,9	0,8	384,45	128,15	256,30
	1,4	CUADRADO	11,60	4,1	1,1	1,37	1,29	0,60	1	1	1	0,50	0,50	1	0,9	0,9	369,62	123,71	246,42
	1,6	RECTANGULAR	11,60	4,1	1,1	1,32	1,25	0,65	1	1	1	0,50	0,50	1	0,9	1,1	358,50	119,50	239,00
1,6	0,8	RECTANGULAR	11,60	4,1	1,1	1,74	1,57	0,20	1	1	1	0,50	0,50	1	1,1	0,5	458,97	152,99	305,98
	1,0	RECTANGULAR	11,60	4,1	1,1	1,59	1,46	0,36	1	1	1	0,50	0,50	1	1,1	0,7	423,68	141,23	282,45
	1,2	RECTANGULAR	11,60	4,1	1,1	1,49	1,38	0,47	1	1	1	0,50	0,50	1	1,1	0,8	400,16	133,39	266,77
	1,4	CUADRADO	11,60	4,1	1,1	1,42	1,33	0,54	1	1	1	0,50	0,50	1	1,1	0,9	383,35	127,78	255,57
	1,6	RECTANGULAR	11,60	4,1	1,1	1,37	1,29	0,60	1	1	1	0,50	0,50	1	1,1	1,1	370,75	123,58	247,17

TIPO DE SUELO (GRANULAR/CONE S/D)	COHESIVO	TIPO DE FALLA	CORRECCIÓN POR FALLA LOCAL		q
			Cu	d (°)	
Cu (KPa)	27	FALLA LOCAL	18,00	16	27,1
ϕ (°)	24				
γ (kN/m ³)	18,2				
CARGA INCLINADA (SI/NO)	NO				
ANG. INCLINACIÓN CON LA HORIZONTAL (°)	0				
PROFUNDIDAD DEL NIVEL FRESCO (m) (CERO EN SUPERFICIE)	0				
PROFUNDIDAD DEL CIMENTO (m)	1,5				

Fuente: EDYCONST S.A.S

Figura 6. Capacidad de carga admisible para cimientos cuadrados o rectangulares - cargas de servicio



Fuente: EDYCONST S.A.S