

**DIAGNÓSTICO Y PROPUESTA DE MEJORAMIENTO DEL SUELO DE LA
INSTITUCIÓN EDUCATIVA MANUEL ELKIN PATARROYO - SEDE
PRINCIPAL**

PRESENTADO POR:

**DANIEL CAMILO PABON ROCHA
ANGIE CAMILA VALENCIA SOSA
LUIS CARLOS MORENO GUTIÉRREZ**

Trabajo de grado para optar por el título de Ingenieros Civiles

**CORPORACIÓN UNIVERSITARIA MINUTO DE DIOS
SEMILLERO DE INVESTIGACIÓN SIMAIC
REGIONAL GIRARDOT
INGENIERÍA CIVIL**

**DIAGNÓSTICO Y PROPUESTA DE MEJORAMIENTO DEL SUELO DE LA
INSTITUCIÓN EDUCATIVA MANUEL ELKIN PATARROYO - SEDE
PRINCIPAL**

**DANIEL CAMILO PABON ROCHA
ANGIE CAMILA VALENCIA SOSA
LUIS CARLOS MORENO GUTIÉRREZ**

Trabajo de grado para optar por el título de Ingenieros Civiles

Asesora:

**María Antonieta Hoyos Gutiérrez
Ingeniera Civil**

**CORPORACIÓN UNIVERSITARIA MINUTO DE DIOS
SEMILLERO DE INVESTIGACIÓN SIMAIC
REGIONAL GIRARDOT
INGENIERÍA CIVIL**

**DIAGNÓSTICO Y PROPUESTA DE MEJORAMIENTO DEL SUELO DE LA
INSTITUCIÓN EDUCATIVA MANUEL ELKIN PATARROYO - SEDE
PRINCIPAL**

Trabajo de grado para optar por el título de Ingenieros Civiles

Jurados:

Ing. María Claudia Vera Guarnizo

Ing. Aldemaro Manuel Gulfo Mendoza

**CORPORACIÓN UNIVERSITARIA MINUTO DE DIOS
SEMILLERO DE INVESTIGACIÓN SIMAIC
REGIONAL GIRARDOT
INGENIERÍA CIVIL**

NOTA DE ACEPTACIÓN

Firma del jurado.

Firma del jurado.

Dedicatoria

Primeramente, a Dios por darnos brindarnos su amor incondicional en cualquier circunstancia de nuestras vidas. A nuestros padres, hermanos, abuelos, y demás familia, haciendo un homenaje a la memoria de todos nuestros seres queridos fallecidos, ya que cada una de estas personas depositaron en nosotros fe y confianza, ayudándonos económicamente y brindándonos su apoyo incondicional en los buenos y malos momentos del transcurso de nuestra carrera, motivándonos a ser mejores seres humanos con sentido de pertenencia social y moral.

Agradecimientos

Primeramente, agradecer a Dios por estar con nosotros guiándonos y siendo voz de aliento en cada etapa de nuestra formación, pese a las caídas que tuvimos en el transcurso de este camino, tú nos diste la fuerza para levantarnos y seguir luchando por nuestras metas propuestas.

A mi familia por ser ellos nuestro bastón diario, a aquellos que nos incentivaron a superarnos ser mejores seres humanos y convertimos en profesionales, para así brindar nuestro conocimiento para ayudar a la comunidad.

Y finalmente a nuestros docentes y a la Institución, por brindarnos sus conocimientos, dejando consigo a profesionales éticamente responsables, buscadores incansables de la verdad, abiertos a la trascendencia, y comprometidos socialmente, cumpliendo satisfactoriamente la misión de la institución.

Resumen

El presente proyecto investigativo está basado en un enfoque práctico y analítico, en el cual se procederá a realizar la caracterización del suelo de la institución educativa Manuel Elkin Patarroyo- sede principal, ubicada en el municipio de Girardot- Cundinamarca, este estudio se llevara a cabo por medio de trabajo de campo, ensayos de laboratorio y una ardua investigación, para posteriormente realizar el análisis de la información y datos obtenidos, conformando así la caracterización del mismo; De igual forma demostrar que las problemáticas que presenta el plantel educativo (patologías como fisuras, grietas, asentamientos, entre otras) son causados por las características y comportamiento del suelo, también se desea realizar las respectivas recomendaciones para mitigar el impacto principal que es objeto de estudio.

Palabras Clave: *Suelo - Caracterización - Exploración - Problemática - Causas – Patologías.*

Abstract

The present research project is based on a practical and analytical approach, in which the soil characterization of the Manuel Elkin Patarroyo educational institution-head office, located in the municipality of Girardot-Cundinamarca, will be carried out. This study will be carried out by means of field work, laboratory tests and arduous research, to subsequently carry out the analysis of the information and data obtained, thus forming its characterization; Likewise, to demonstrate that the problems presented by the educational establishment (pathologies such as fissures, cracks, settlements, among others) are caused by the characteristics and behavior of the soil, it is also desired to make the respective recommendations to mitigate the main impact that is the object of study.

Key Words: *Soil- Characterization- Exploration - Problems- Causes – Pathologies.*

TABLA DE CONTENIDO

INTRODUCCION	15
PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	17
Pregunta problema	18
JUSTIFICACIÓN	19
OBJETIVOS	20
Objetivo General	20
Objetivo Específicos	20
MARCO REFERENCIAL.....	21
Antecedentes	21
Antecedentes Locales	21
Estado del arte	22
Locales.....	22
Nacionales	22
Internacionales.....	23
MARCO TEÓRICO.....	25
BASES TEÓRICAS(CONCEPTOS).....	25
Ensayos de laboratorio	35
MARCO LEGAL.....	39

MARCO GEOGRAFICO	43
Localización del municipio de Girardot.....	43
Localización geográfica de la zona de estudio	44
Composición geológica de la zona de estudio.....	45
Posición estratigráfica y edad	46
Parámetros de diseño sísmico	47
Zona de amenaza sísmica del municipio.....	47
Fallas y/o patologías presentes en la edificación.....	48
RESULTADOS	54
ANALISIS DE RESULTADOS.....	57
CONCLUSIONES	60
RECOMENDACIONES.....	62
Referencias	64
ANEXOS	67
Evidencia fotográfica	67
Cronograma de actividades propuestas al inicio de la investigación.....	71
Cronograma de actividades realizadas	72
Presupuesto ejecutado	73
Plano topográfico	74
Desarrollo de plano arquitectónico (Dibujo asistido por computadora)	75

LISTA DE TABLAS

Tabla 1. Sufijos para la clasificación de suelos. Adaptado de: (Gonzalo Duque Escobar y Carlos Enrique Escobar Potes, 2002)	32
Tabla 2. Sufijos para la clasificación de suelos. Adaptado de: (Gonzalo Duque Escobar y Carlos Enrique Escobar Potes, 2002)	33
Tabla 3. Prefijos para la clasificación de suelos. Adaptado de: (Gonzalo Duque Escobar y Carlos Enrique Escobar Potes, 2002)	33
Tabla 4. Sufijos para la clasificación de suelos. Adaptado de: (Gonzalo Duque Escobar y Carlos Enrique Escobar Potes, 2002)	33
Tabla 5. Índice de Plasticidad de la Muestra #2. Adaptado de (Barbery, 2019)	56
Tabla 6. Índice de Plasticidad de la Muestra #3. Adaptado de (Barbery, 2019)	56

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Etapas y factores de Formación de Arcillas. Adaptado de Mecánica de suelos, Gonzalo Duque Escobar & Carlos Enrique Escobar Potes (2002).....	37
Figura 2. Localización Geográfica del Municipio de Girardot. Adaptado de Google Maps 2020.	43
Figura 3. Fachada de la Institución Educativa Manuel Elkin Patarroyo. Adaptado de Google Maps 2020.	44
Figura 4. Ubicación Geográfica de la Zona de Estudio. Adaptado de Google maps 2020.	44
Figura 5 . Localización de la Zona de Estudio en la Plancha 245 de 1999. Adaptado de (INGEOMINAS, 1999).	45
Figura 6. Zonas de Amenaza Sísmica. Adaptado de NSR 10.	47
Figura 7. Patología: Humedad, Erosión y Fisuras. Fuente de Propia.	48
Figura 8. Patología Grieta de 3 mm Acompañada de Desprendimiento de Material. Fuente Propia.....	48
Figura 9. Patología Grieta Transversal de 5mm Acompañada de Desprendimiento de Revoque. Fuente Propia.....	48
Figura 10. Patología Presentada en Elemento Estructural. Fuente Propia	49
Figura 11. Patología en elemento estructural grietas y desprendimiento de material dejando consigo la exposición de aceros. fuente: propia.....	49
Figura 12. Patología. Fuente Propia	49
Figura 13. Patología Desprendimiento de Revoque en Elemento Estructural (Columna). Fuente Propia.....	50

Figura 14. Patología Fisura Producida por Asentamientos Diferenciales. Fuente Propia.....	50
Figura 15. Patología en Elemento Estructural. Fuente Propia.....	50
Figura 16. Estado de Abandono del Canal de la Institución. Fuente Propia	51
Figura 17. Visualización de la cimentación. Fuente Propia	54
Figura 18. Visualización de la Cimentación. Fuente Propia.....	54
Figura 19. Perfil de la Cimentación encontrada. fuente Propia.....	55
Figura 20. Ensayo del Penetrómetro de Bolsillo. Fuente Propia.....	55
Figura 21. Perfil Ubicación de los Puntos para el Ensayo del Penetrómetro de Bolsillo. Fuente Propia	56

TABLA DE ANEXOS

Anexo 1. Inspección visual de la zona. Fuente Propia.	67
Anexo 2. Avance de levantamiento arquitectónico (dibujo asistido por computadora). Fuente Propia.....	67
Anexo 3. Elaboración de Calicata para la Exploración Visual de la Cimentación. Fuente Propia.....	67
Anexo 5. Empozamientos de agua. Fuente Propia.	68
Anexo 6. Unión de muros estructurales por medio de machones. Fuente Propia. ...	68
Anexo 7. Patología Humedad y fisuras. Fuente Propia.	68
Anexo 8. Patología en elementos estructurales. Fuente Propia.	69
Anexo 9. Asentamiento de la Placa de Concreto. Fuente Propia.	69
Anexo 10 Patología. Fuente Propia.	70
Anexo 11. Humedad. Fuente Propia.	70
Anexo 14. Cronograma de actividades propuestas. Fuente Propia.	71
Anexo 15. Cronograma de actividades realizadas. Fuente Propia.....	72
Anexo 16. Presupuesto ejecutado. Fuente Propia.....	73
Anexo 17. Plano topográfico. Adaptado de (Barbery, 2019)	74
Anexo 18. Desarrollo de plano Arquitectónico (Dibujo asistido por computadora). Fuente Propia.....	75

INTRODUCCION

Un estudio geotécnico o estudio de suelos, es un conjunto de actividades, que permiten la recolección de información de un terreno y/o suelo determinado, con el fin de encontrar la naturaleza, propiedades y características de este, dicha información debe ser obtenida antes de la realización de la planificación, diseño y ejecución del proyecto.

En el campo de la ingeniería se ha visto a través del tiempo múltiples afectaciones estructurales de carácter geotécnico en edificaciones, creando un riesgo para la población que hace uso de la estructura, como es el caso en el municipio de Girardot donde se presentan afectaciones en distintos sectores, lo cual llama la atención del semillero de investigación SIMAIC, desarrollando investigaciones basadas en una metodología teórico-práctica que permita detectar el principal origen de las patologías (fisuras, grietas, asentamientos, entre otras) generando por medio de análisis de los resultados, recomendaciones de propuestas de solución y/o mitigación.

La investigación se basa en el diagnóstico y propuesta de mejoramiento del suelo de la institución educativa Manuel Elkin Patarroyo, dicha edificación pertenece al grupo de uso III (Edificación de atención a la comunidad), por lo tanto, este tiene un coeficiente de importancia alto dentro del Reglamento Colombiano de Construcción Sismo Resistente (NSR 10), para su estudio, debido a que la edificación presenta múltiples lesiones a nivel estructural, ya sea por las características del suelo o por distintos factores que influyen directamente en la generación patologías; Adicionalmente existe una deficiencia en el sistema de recolección de aguas lluvias y elementos sólidos que se realiza por medio de un canal abierto el cual se encuentra obstruido por basuras y un sistema de drenaje interno

obsoleto, que conlleva al empozamiento de aguas en temporadas de lluvias provocando inundaciones. La zona de estudio está ubicada en el municipio de Girardot-Cundinamarca, dando a conocer que sus usuarios frecuentes son estudiantes (menores de edad), docentes, y personal de servicios generales, que contribuyen al adecuado funcionamiento del plantel educativo.

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

Formulación del problema

A través del tiempo por distintos medios y labores sociales, se llegó a conocer la Institución. Los egresados y estudiantes fueron manifestando las preocupaciones de seguridad integral de los usuarios que hacen uso de las instalaciones, puesto que observaron lesiones en la edificación (grietas, fisuras, humedad, erosión, entre otras) por consiguiente estas afectaciones se vuelven objeto de estudio mediante una investigación, para así hallar el principal factor origen de las afectaciones estructurales, ya sea por las características geotécnicas del suelo u otros factores ambientales.

Las edificaciones de atención a la comunidad son indispensables considerando que la NSR 10 cita, “Este grupo comprende aquellas edificaciones, y sus accesos, que son indispensables después de un temblor para atender la emergencia y preservar la salud y la seguridad de las personas, exceptuando las incluidas en el grupo IV” (Ministerio de ambiente vivienda y desarrollo, 2010).

De igual forma se indagó sobre un posible estudio de suelos previo a sus diseños estructurales (cimentación) y construcción de la edificación institucional en diferentes instituciones gubernamentales, como la secretaria de educación y planeación municipal de la ciudad e incluso en la misma institución educativa, las cuales manifiestan verbalmente que no poseen dichos documentos.

Por lo anteriormente expuesto se realizó una inspección visual, una caracterización geotécnica por medio del análisis de estudios de laboratorio e información obtenida dentro

del trabajo de campo (in situ), para determinar las características del suelo como capacidad portante, humedad, plasticidad, entre otros factores, con el fin de aportar un diagnóstico y dar recomendaciones de un posible diseño de mejoramiento de la presente composición estructural del suelo, que por lo tanto permita mitigar las afectaciones de las edificaciones.

Pregunta problema

¿Es la composición geotécnica del suelo el principal origen de las fallas estructurales fisuras, grietas, asentamientos e inundaciones que presentan las instalaciones de la Institución Educativa Manuel Elkin Patarroyo?

JUSTIFICACIÓN

Teniendo en cuenta las fallas estructurales como grietas, fisuras, asentamientos y daños encontrados en la inspección visual, como se observa en las *ilustración 11*, se desarrollará la caracterización del suelo de la Institución, dando a conocer las condiciones geotécnicas como propiedades físicas y mecánicas del suelo; Resaltando que el semillero de investigación SIMAIC se encamino en realizar dicha investigación con trabajos de campo anteriormente ejecutados por el mismo e información bibliográfica indagada, con el fin de determinar cuáles son los principales factores de origen que afectan la estructura de la edificación a nivel del suelo y su cimentación, a su vez esta investigación tiene la intención de facilitar ayuda y apoyo a la comunidad, fortaleciendo la importancia de este en la sociedad y a su vez siendo beneficiados con el diagnóstico y recomendación para el óptimo funcionamiento del suelo.

De mismo modo la Corporación universitaria Minuto de Dios, posee un gran sentido de pertinencia social este se muestra en diferentes ámbitos, uno de ello es el artículo realizado por docentes de la institución Vera, Monroy & Perico. (2019) “Problemática de las instituciones educativas públicas del municipio de Girardot-Cundinamarca.”. El aporte de esta a la investigación, evidencia que en cada una de las instituciones educativas estudiadas entre ella la Institución en estudio, exponiendo que las fallas estas a su vez generan la incertidumbre si dichas edificaciones están construidas bajo la normatividad vigente; y que no se cumplió con los parámetros mínimos de construcción.

OBJETIVOS

Objetivo General

- Realizar el diagnóstico y propuesta de mejoramiento del suelo de la institución Manuel Elkin Patarroyo - sede principal.

Objetivo Específicos

- Determinar el origen de las principales problemáticas que presenta la edificación.
- Realizar el análisis a partir de estudios, trabajos de campo ejecutados anteriormente por el semillero de investigación SIMAIC e información bibliográfica obtenida para adquirir la caracterización del suelo en la zona de estudio.
- Formular recomendaciones para el mejoramiento de las características geotécnicas del suelo.

MARCO REFERENCIAL

Antecedentes

Se indago antecedentes de la zona de estudio, con el fin de que sean base de análisis de esta investigación.

Antecedentes Locales

El informe de Lozano Barbery. (2019) “Evaluación del estado actual de la Institución Educativa Manuel Elkin Patarroyo”, Girardot-Cundinamarca, el cual realizo una investigación de la edificación, donde se llevó a cabo, ejecutar estudios como inspección visual, trabajo in situ elaboración de calicata, ensayo del penetrómetro de bolsillo, laboratorios con las muestras obtenidas, y elaboración plano topográfico, con el fin de conocer las características principales del suelo, obteniendo los siguientes análisis:

- Se logro detectar visualmente la presencia de limos en la superficie del suelo dentro de la zona debido al agrietamiento del suelo por falta de humedad a causa de las altas temperaturas.
- Se determinó la clasificación de los suelos encontrados en la calicata elaborada dentro del área de investigación, la cual se encontraron suelos de tipo MH (Limos inorgánicos, suelos arenosos finos o limosos con mica o diatomeas, limos elásticos.), OH (Arcillas inorgánicas de plasticidad media a elevada; limos orgánicos),
- En el ensayo de penetrómetro de bolsillo se descubrió que cada estrato tenía una capacidad portante máxima o mayor a la que podía ofrecer el instrumento.

Estado del arte

Se investigo estados del arte locales, nacionales e internacionales que aportaron ideas para el análisis, que contengan tipos y caracterización geotécnica similar, ensayos de laboratorio, ensayos in situ, adicionalmente técnicas que se desarrollaron para cumplir sus objetivos propuestos.

Locales

Trujillo & Caderón (2019) “Estudio geológico y caracterización geotécnica en el sector de ciudadela Comgirardot del municipio de Girardot”; Trabajo de grado, Colombia. Realiza una investigación con el fin de “identificar las posibles causas que dieron paso a las problemáticas estructurales y al deterioro” (pág. 24), por medio de un estudio geológico, determinando la caracterización, comportamiento, propiedades físicas y mecánicas del suelo en la zona de estudio, en cual su resultado fue:

“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 sobres las edificaciones” (Trujillo Bocanegra & Rodriguez Calderon, pág. 92)

Nacionales

Manchego Barrera & Peña Espitia , (2015) “Estudio geológico y caracterización geotécnica en el sector rural de las veredas Helechal y Guasimal del municipio de tena departamento de Cundinamarca”. Trabajo de grado, Sogamoso, Cundinamarca.

Los resultados de su investigación encontraron materiales finos en el subsuelo, se catalogó

dentro de la clasificación de la carta de Casagrande en el grupo CL (arcilla inorgánica de baja a media plasticidad) y ML (material limoso de baja plasticidad, con límite líquido < 50% e IP entre 1,12% y 21%). Adicionalmente da a conocer que este posee una resistencia a la compresión simple de 1.01– 3.9 kg/cm² , cohesión de 0.4 – 1.3 Kgf/cm² , ángulos de fricción entre 5° y 45°, “Con estos datos, se considera que previo a la implementación de algún tipo de infraestructura, es necesario mejorar las condiciones físicas, Para esto se propone a nivel de la batea implementar el diseño de una capa de recebo de espesor entre 0,8 -1.0m para esto se compactaran capas de 15 cm, compactado al 98% del Proctor modificado”.(P.61)

Internacionales

Cruz Perales, (2018) “Zonificación de la capacidad portante del suelo de la localidad de Soritor del distrito de Soritor – provincia de Moyobamba – región San Martín” Trabajo de grado, universidad Nacional de San Martin, Perú. Se basa en una investigación para realizar la caracterización geotécnica; Los resultados obtenidos según la caracterización del suelo fueron:

“Se realizaron los análisis de suelos necesarios para obtener la capacidad portante del suelo. De acuerdo a estos estudios se determinó la clasificación mediante el método SUCS donde se obtuvieron los siguientes tipos de suelos: arcillas de baja plasticidad (CL), arenas con finos componente arcilloso (GC), de acuerdo a estos resultados se tiene para los suelos de grano fino una cohesión entre 0.23-0.31 kg/cm² y un ángulo de fricción entre 24° y 25°, conforme a estos datos se concluye que las arcillas presentan cohesión, pues la humedad es un factor fundamental en la cohesión”. (Perales, 2018, pág. 91)

Adicional a ello se determinaron las capacidades portantes de las zonas en estudio aplicando la teoría de Karl Von Terzagui del suelo, al realizar un calculo promediado de los sectores, arrojó un resultado de 78.44 Kpa. Recomiendan cimentaciones superficiales como cimientos corridos y/o zapatas aisladas.

Bianca Hernández, (2011) “Análisis y clasificación geotécnica de la formación Villarroja” Tesis de maestría, Instituto Superior Politécnico, Cuba. De acuerdo con el trabajo de campo, laboratorios (humedad, peso específico de la masa de suelo, peso específico de los sólidos, límite líquido, límite plástico, contenido de arcilla, cortante directo, triaxial rápido y edométrico) y análisis de información se concluyó que se presentan más del 50% en peso fino, clasificando el suelo como CH según la carta de plasticidad; Con índices de limite líquido (LL) = 62.37%, límite plástico (LP) = 32.3 % Índice Plástico (IP) = 30.07 % ,adicionalmente se realizó el ensayo Triaxial , el cual permite saber la capacidad portante del terreno, el cual es de 120 kPa.

MARCO TEÓRICO

Pretendemos mostrar los conceptos básicos de la caracterización de un suelo, así como las técnicas y tecnologías que permiten su desarrollo y aplicación; Primero se realizara una breve introducción al tema y del porque se convertido en una herramienta de importancia en la actualidad.

BASES TEÓRICAS(CONCEPTOS)

El suelo

Según Duque, G y Escobar, C. (2002). El suelo, en Ingeniería Civil, son los sedimentos no consolidados de partículas sólidas, fruto de la alteración de las rocas, o suelos transportados por agentes como el agua, hielo o viento con contribución de la gravedad como fuerza direccional selectiva, y que pueden tener materia orgánica. El suelo es un cuerpo natural heterogéneo.

La mecánica de suelos es la aplicación de la mecánica a los problemas geotécnicos. Ella estudia las propiedades, comportamiento y utilización del suelo como material estructural, de tal modo que las deformaciones y resistencia del suelo ofrezcan seguridad, durabilidad y estabilidad de las estructuras (p.6).

El sistema estructura-suelo.

Según el ing. William Rodríguez (2016). considera el suelo y la estructura como un sistema, de tal manera que interactúan entre si, y que si algo sucede a uno de los componentes del sistema, por ejemplo al suelo, éste afecta necesariamente a la edificación. Es un error aislar ambos, y estudiarlos por separado, esto sólo ocurre en la teoría cuando se

crean modelos de cálculo para simplificar las variables, pero esto no es garantía de que esto ocurra en la realidad. Aunque el suelo sea gravoso no suponer que es bueno para construir sobre él, y que no es necesario el estudio de suelos. Puede estar asentado en zona de peligro por inundaciones o por sismo, o puede tener partículas finas de gran fuerza expansiva (p.7).

La composición del suelo; En su fase sólida, líquida y gaseosa; Según (“Tema 6:LA EDAFOSFERA”,2016) nos explonen las siguientes fases:

- Fase sólida; se divide en orgánica e inorgánica:
 - La inorgánica son los fragmentos de rocas y minerales producto de la meteorización. Gravas $> 2\text{mm}$ y arenas $2\text{mm} - 0,02\text{ mm}$; limos $0,02 - 0,002$, arcillas $< 0,002$. Las arcillas forman agregados con el humus muy importantes [sic] para la fertilidad del suelo al retener sales minerales.
 - La orgánica está compuesta por materia orgánica procedente de restos de seres vivos como excrementos, madera..., en mayor o menor grado de descomposición. Cuando la descomposición está muy avanzada la materia orgánica se llama “humus”. La materia orgánica retiene más agua, favorece la aireación del suelo al aglutinar partículas minerales haciéndolo más poroso y aumenta la fertilidad del suelo. Hay una inmensa variedad de seres vivos, entre los que destacamos los descomponedores que degradan la materia orgánica a inorgánica y los que remueven el suelo permitiendo la aireación y evitando su endurecimiento.
- Fase líquida; es el agua que lleva en disolución sales minerales y coloides de arcillas y humus. El agua generalmente se encuentra en los poros del suelo de tamaño pequeño o mediano (agua absorbible), si los poros son demasiado pequeños no puede ser

absorbida por las raíces (agua retenida que es la que no circula) y si los poros son demasiado grandes tampoco porque se escurre por gravedad (agua de gravitación) para formar parte del agua de acuíferos subterráneos.

- Fase gaseosa; es el aire que ocupa los poros de tamaño grande y aquellos en los que el agua se ha consumido, su composición es similar a la del aire atmosférico, pero con una menor proporción de O₂ (20%) y mucho mayor de CO₂ (0,5-1%), debido a la gran actividad biológica que se desarrolla en el suelo (respiración). La cantidad de CO₂ aumenta con la profundidad, la existencia de materia orgánica y en condiciones óptimas de temperatura y humedad (primavera y verano) (p.1).

El tipo de suelo según (Arias y Mesa,1995). Nos señala que son:

a. Suelos residuales

Los suelos residuales son aquellos que permanecen en el sitio donde fueron formados. Este tipo de suelos son generalmente buenos para resistir una edificación sobre cimentaciones superficiales, a excepción de casos como el hecho de que estos suelos haya huecos provocados por filtraciones de agua o de que sobre el exista un alto índice de intemperismo.

los suelos residuales provocados por alteraciones sobre las rocas en un grado avanzado de intemperismo da origen a un suelo residual maduro sobre el que se observan comúnmente cuatro Horizontes o capas. La lluvia cae sobre la roca original lavando y disolviendo materiales que forman el Horizonte A; el material así lavado penetra por los

huecos sobre la roca formando el Horizonte B. El Horizonte C se forma por roca alterada y finalmente el horizonte D en la roca madre original.

b. Suelos Transportados.

Los suelos transportados son aquellos formados por los productos de alteración de las rocas removidos y depositados en otro sitio diferente al de su origen, siendo los principales agentes de transporte el agua, el viento, los glaciares, la gravedad, etc. De acuerdo a su forma de transporte, estos suelos pueden dividirse en:

- *Suelos Aluviales.* Siendo el agua el más importante de los agentes transportadores, el movimiento de partículas por esta influye en forma determinante en el tamaño y distribución de los acarrees, pudiéndose formar depósitos gruesos o de finura diferente dependiendo de la velocidad del agua; así, depósitos gruesos son formados cuando el agua tiene cierta velocidad depositándose principal mente bancos de grava, cantos rodados o arenas en los lechos de los ríos. Los aluviones o depósitos finos se forman: generalmente cuando el agua pierde velocidad, por ejemplo, en los desbordamientos de cauces de los ríos, formando: >se en las llanuras de inundación depósitos de materiales finos como arcillas y limos que son muy comprensibles y de baja resistencia al corte.
- *Suelos Lacustres.* Pueden por acarreo, crearse también este tipo de suelos, cuando por ejemplo un río pierde velocidad (en un lago) formándose depósitos de partículas finísimas. Las cimentaciones en este tipo de suelos son muy difíciles, pues por la misma finura de sus partículas poseen una estructura muy abierta. Una manera muy sencilla de solucionar este problema consiste en utilizar "pilotes de fricción", "pilotes de control" (pilotes que atraviesan la losa de cimentación y descansan sobre

cubos comprensibles de madera), "pilotes de punta" apoyados en roca sólida o estratos resistentes, cimentaciones por compensación o sustitución, etc.

- *Suelos Eólicos.* Los Suelos Eólicos son los que han sido transportados y depositados por el viento. Entre este tipo de suelos encontramos las Dunas o Medanos, los loess, etc. Las Dunas se forman en estado suelto, pudiendo encontrarse compactas o medianamente compactas por efecto de las lluvias. Las cimentaciones de estructuras ligeras pueden formarse por zapatas, aunque para estructuras pesadas es necesario estudiar la capacidad particular del suelo. Un problema común en las Dunas es la erosión ya que puede darse el caso de que se descubran las cimentaciones por lo que es conveniente protegerlas en su derredor mediante sembradíos de ornato o mamposterías. Los loess son también sedimentos de origen eólico formados por polvos de arcillas y limos en regiones donde hay vegetación. El loess presenta la característica de ser un suelo colapsable (que sufre fuertes hundimientos al aumentar su humedad). por eso se recomienda antes de construir sobre ellos provocar su hundimiento mediante riego o flujo de agua o bien removiendo y compactando el loess húmedo con máquinas pesadas. Puede ocurrir que ciertos Loess se compacten en forma natural por efectos de lluvia u otros factores, conociéndose este tipo de Loess como Loess Modificado que en general presentan gran resistencia.
- *Depósitos de Pie de Monte.* Son formados por acción directa de la gravedad y se constituyen de gran diversidad de materiales como fragmentos de roca, materiales finos (limos y arcillas). gravas, arenas y en ocasiones de materia orgánica, de tal

manera que una característica de estos depósitos es su heterogeneidad. Otra característica de este tipo de suelos es su baja compacidad, encontrándose generalmente en estado suelto. Es usual resolver la cimentación de estructuras sobre este tipo de depósitos, desplantando pilas por abajo de ellos.

El ing (Villalaz, 2004, pp.21-22). Nos ofrece una descripción de los suelos más comunes con los nombres generales utilizados por el ingeniero civil para su identificación:

Gravas

Las gravas son acumulaciones sueltas de fragmentos de rocas que tienen más de 2 mm de diámetro. Dado el origen, cuando son acarreadas por aguas las gravas sufren desgaste en sus aristas y son, por lo tanto, redondeadas. como material suelto suelen encontrarse en lechos, en las márgenes de los conos de deyección de los ríos, también en muchas expresiones de terrenos llegadas por el acarreo de los ríos y en muchos otros lugares a los cuales las gravas han sido retransportadas. Las gradas ocupan grandes extensiones, pero así siempre se encuentran con mayor o menor proporción de cantos rodados, Arenas, limos y arcillas. Sus partículas varían desde 7.62 cm (3”) hasta 2.0 mm.

la forma de las partículas de gravas y su relativa frescura mineralógica dependen de la historia de su formación, encontrándose variaciones desde elementos rodados a poliédricos.

Arenas

La arena es el nombre que se le da a los materiales de granos finos procedentes de la denudación de las rocas o de su trituración artificial, y cuyas partículas varían entre 2 mm y 0.05 mm de diámetro.

El origen y la existencia de las arenas es análoga a la de las gravas: las dos suelen encontrarse juntas en el mismo depósito. Las arenas de río contienen muy a menudo proporciones relativamente grandes de grava y arcilla. Las arenas estando limpias no se contraen al secarse, no son plásticas, son mucho menos comprensibles que la arcilla y si se aplica una carga en su superficie, se comprimen casi de manera instantánea.

Limos

los limos son suelos de granos finos con pocas o ninguna plasticidad, pudiendo ser limo inorgánico como el producido en canteras, o limo orgánico como es el que suele encontrarse en los ríos, siendo en este último caso de características plásticas. El diámetro de las partículas de los limos está comprendido entre 0,05 mm y 0,005 mm. Los limos sueltos y saturados son completamente inadecuados para soportar cargas por medio de zapatas, su color varía desde el gris claro y oscuro. La permeabilidad de los limos orgánicos es de muy baja y su comprensibilidad muy alta. Los Limos, de no encontrarse en estado denso, a menudo son considerados como suelos pobres para cimentar.

Arcillas

Se da el nombre de arcilla las partículas sólidas con diámetro menor 0.005 mm y cuya masa tiene la propiedad de volverse plástica al ser mezclada con agua. Químicamente es un silicato de alúmina hidratado, aunque en pocas ocasiones contiene silicatos de hierro

o de magnesio hidratado. La estructura de estos minerales es, generalmente, cristalina y complicada, y sus átomos están dispuestos en forma laminar.

Geotecnia

Según (camino naturales, s.f.). El término "geotecnia" hace alusión al conjunto de reconocimientos y ensayos o pruebas realizadas al terreno y a la interpretación de los datos obtenidos en los mismos, que permiten caracterizar los diversos suelos presentes en la zona de estudio y sus propiedades, en función de los objetivos y características del proyecto. El estudio geológico-geotécnico debe contener todos los datos relevantes para la correcta ejecución del proyecto y se elabora en base a ensayos de campo y de laboratorio adecuados al tipo de proyecto, incluyendo las recomendaciones propias en función de la naturaleza de las actuaciones (explanadas, estructuras, taludes, etc.)(p.14).

La clasificación de suelos

Según Según Duque, G y Escobar, C. (2002). El Sistema Unificado de Clasificación de Suelos SUCS. Inicialmente se tienen suelos granulares o finos, según se distribuye el material que pasa el tamiz de 3'' = 75 mm; el suelo es fino cuando más del 50% pasa el T#200, si no, es granular.

- a. Los suelos granulares se designan con estos símbolos

Prefijo

G	Grava	El 50% o más es retenido en el T4
S	Arena	Sí más del 50% pasa el T4

Tabla 1. Sufijos para la clasificación de suelos. Adaptado de: (Gonzalo Duque Escobar y Carlos Enrique Escobar Potes, 2002)

Sufijo

W	bien gradado		P	mal gradado	Depende del Cu y Cc
M	Limoso		C	Arcilloso	Depende de WL y el IP

Tabla 2. Sufijos para la clasificación de suelos. Adaptado de: (Gonzalo Duque Escobar y Carlos Enrique Escobar Potes, 2002)

Si menos del 5% pasa el T200, los sufijos son W o P, según los valores de Cu y Cc.

Si más del 12% pasa el T# 200, los sufijos son M o C, dependiendo de WL e IP. Si el porcentaje de finos está entre el 5% y el 12%, se utilizan sufijos dobles (clase intermedia).

b. Los suelos finos se designan con estos símbolos.

Prefijo			Sufijo			
M		Limo	L		Baja plasticidad (WL < 50%)	En la carta de plasticidad separados por la línea B
C		Arcilla	H		Alta plasticidad (WL > 50%)	
O		Orgánico				

Tabla 3. Prefijos para la clasificación de suelos. Adaptado de: (Gonzalo Duque Escobar y Carlos Enrique Escobar Potes, 2002)

Tabla 4. Sufijos para la clasificación de suelos. Adaptado de: (Gonzalo Duque Escobar y Carlos Enrique Escobar Potes, 2002)

Ensayo In situ

Según (Marcelo Devincenzi y Norberto Frank, 2004) Los ensayos geotécnicos in situ (EGIS) constituyen una serie de técnicas variadas e independientes con un objetivo común: la caracterización mecánica de las capas que componen el subsuelo a través de parámetros medidos en el propio medio natural. La diversidad de técnicas aplicadas es muy grande y los parámetros medidos con cada una de ellas, distintos (P.06).

In Situ vs. Laboratorio

Según (Marcelo Devincenzi y Norberto Frank, 2004) En el pasado, los cálculos de estabilidad o predicciones de asentamientos se realizaban a partir de parámetros geotécnicos

obtenidos mediante ensayos de laboratorio realizados sobre muestras supuestamente inalteradas del terreno. Sin embargo, las fórmulas teóricas clásicas que utilizan estos parámetros mecánicos conducen en muchas ocasiones a resultados en perfecta contradicción con la experiencia. Por ejemplo, los asientos reales de una cimentación generalmente son sólo una fracción de los calculados a partir de ensayos edométricos. El tiempo de consolidación de suelos blandos bajo la carga de un terraplén suele ser bastante menor que el estimado a partir del coeficiente de consolidación determinado también en el edómetro. Incluso, muchas veces, la consolidación suele ser sorprendentemente más rápida que la prevista. Evidentemente, en el laboratorio es donde se pueden estudiar las propiedades de los suelos en condiciones estrictamente controladas. No obstante, el punto de partida es siempre el mismo: la Muestra Inalterada (P.06).

Calicatas

Según (Tupak Obando, 2009) Las calicatas, zanjas, rozas, pozos, etc., consisten en excavaciones realizadas mediante medios mecánicos convencionales, que permiten la observación directa del terreno a cierta profundidad, así como la toma de muestras y la realización de ensayos en campo. Tienen la ventaja de que permiten acceder directamente al terreno, pudiéndose observar las variaciones litológicas, estructuras, discontinuidades, etc., así como tomar muestras de gran tamaño para la realización de ensayos y análisis.

Las calicatas son uno de los métodos más empleados en el reconocimiento superficial del terreno, y dado su bajo coste y rapidez de realización, constituyen un elemento habitual en cualquier tipo de investigación en el terreno. Sin embargo, cuentan con las siguientes limitaciones:

- La profundidad no suele exceder de 4m

- La presencia de agua limita su utilidad.
- El terreno debe poderse excavar con medios mecánicos.
- Para su ejecución es imprescindible cumplir las normas de seguridad frente a derrumbes de las paredes, así como cerciorarse de la ausencia de instalaciones, conclusiones, cables, etc.

Los resultados de este tipo de reconocimientos se registran en estadillos en los que se indica la profundidad, continuidad de los diferentes niveles, descripción litológica, discontinuidades, presencia de filtraciones, situación de las muestras tomadas y fotografías.

Ensayos de laboratorio

Granulometría

Según (Esteban saez,2010) La granulometría se define como la repartición en promedio de las dimensiones de las partículas constituyentes del suelo, expresada en términos del porcentaje del peso total del material. Como la variación del peso de las partículas es en general baja, la distribución de los tamaños en función de peso o volumen son prácticamente equivalentes en la práctica.

La granulometría se representa a través de una curva granulométrica trazada en una escala semilogarítmica en donde:

- las abscisas representan el diámetro medio de las partículas D
- las ordenadas corresponden al porcentaje en peso del material total que posee un diámetro inferior al de la abscisa correspondiente (porcentaje acumulado pasando en peso) (p.20).

Límites de Atterberg

Según (Esteban saez,2010) nos describe que en la media que el contenido de humedad de una muestra de suelo decrece, el material pasa por diversos estados:

- Estado líquido a contenido de humedad alto. El suelo se desparrama cuando se posa sobre una superficie horizontal. No posee prácticamente ninguna resistencia y las partículas están prácticamente separadas por agua.
- Estado plástico. El suelo es estable en estado natural, pero sufre grandes deformaciones (en gran parte irreversibles) cuando se le aplica carga sin variar significativamente su volumen, y sin presentar fisuración. El suelo está en un estado maleable que conserva la forma luego de imponer deformaciones. En caso de trituración, puede perder gran parte de su resistencia. Algunos suelos (suelos tixotrópicos), recuperan parte de su resistencia con el tiempo.
- Estado sólido. El suelo tiene el comportamiento de un sólido, es decir, la aplicación de cargas induce pequeñas deformaciones. El paso al estado sólido va acompañado de una reducción de volumen o contracción, para continuar luego a volumen constante.

Los contenidos de humedad asociados a cada uno de los estados anteriores dependen de la naturaleza del suelo. Se les conocen como:

- Límite líquido w_L : entre el estado líquido y el plástico.
- Límite plástico w_P : entre el estado plástico y el sólido.
- Límite de contracción w_s : entre el estado sólido con reducción de volumen y el sólido sin contracción. (p.21).

En otras teorías basadas en la caracterización de un suelo encontramos que Según Gonzalo Duque Escobar & Carlos Enrique Escobar Potes (2002) podemos hallar características significativas del suelo, conforme a su inspección visual, se puede clasificar según su color, el cual es gris oscuro y negro esta pertenece a una arcilla de clase Montmorillonita, la cual establece que esta se origina en ambientes de clima seco o mal drenados como lo podemos observar en la ilustración N°16, en el caso del municipio de Girardot observamos que su clima aproximado es de 34°C, por ende observamos que el factor ambiental y/o climatológico juega papel fundamental en la caracterización del suelo de la institución.

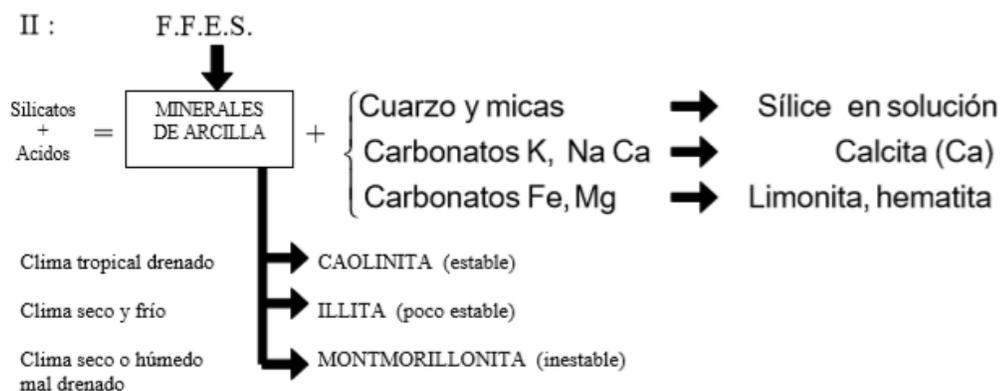


Figura 1. Etapas y factores de Formación de Arcillas. Adaptado de Mecánica de suelos, Gonzalo Duque Escobar & Carlos Enrique Escobar Potes (2002)

Al encontrar un suelo semipermeable como limos y arcillas altamente plástico (CH-MH), se deduce que sin importar el estado en este se encuentre (seco o húmedo) la cohesión de la arcilla es alta y el limo es friable o pulverizable; Según Gonzalo Duque Escobar & Carlos Enrique Escobar Potes (2002) hallamos que los: “Suelos especiales. Suelos expansivos: La expansión se explica por absorción de agua, dada la deficiencia eléctrica del suelo, su alta

superficie específica y su capacidad catiónica de cambio. Los problemas que ocasionan son altas presiones y grandes deformaciones. Son expansivos algunas veces los MH y CH con $LL \geq 50$.

Adicional a ello se determina una teoría con respecto a ciertas características, lo cual nos detalla Según Gonzalo Duque Escobar & Carlos Enrique Escobar Potes (2002), la tabla que se presenta a continuación podemos deducir que nuestro suelo posee: una resistencia en estado seco de baja a intermedia, dilatancia de rápida a media, una tenacidad media y un tiempo de asentamiento de 15 min- varias horas.

Suelo fino	Resistencia en estado seco	Dilatancia	Tenacidad	Tiempo de asentamiento
Limo arenoso	Muy baja	Rápida	Debilidad a fiable	30seg -60min
Limo	Muy baja	Rápida	Débil a fiable	15min-60min
Limo arcilloso	Baja a media	Rápida a lenta	Media	15min- varias horas
Arcilla arenosa	Baja a alta	Lenta a nada	Media	30seg- varias horas
Arcilla limosa	Media alta	Lenta a nada	Media	15min- varias horas
Arcilla	Alta a muy A	Ninguna	Alta	Varias horas a días
Limo orgánico	Baja a muy alta	lenta	Débil fiable	15min- varias horas
Arcilla orgánica	Media a muy alta	Ninguna	alta	Varias horas a días

Nota: para las pruebas, retirar fragmentos con $F > T\#40 = 420\mu = 0.42\text{mm}$

Tabla 1. Identificación Manual de Suelos Finos. Adaptado de Mecánica de suelos, Gonzalo Duque Escobar & Carlos Enrique Escobar Potes (2002)

MARCO LEGAL

A continuación, se dará a conocer el marco legal el cual se empleará en la investigación.

- NSR 10 (Reglamento sismo resistente colombiana), El cual establece los criterios y requisitos mínimos de diseño, construcción y supervisión técnica de edificaciones en el territorio colombiano. Los capítulos en que está basada esta investigación son: Título A (aspectos generales), Título H (Estudios geotécnicos) y el Título E. (para viviendas de uno y dos pisos).
- **La Ley 400 de 1997**

fue creada debido a los sucesos que ocurrieron en los sismos en 1979 en la ciudad de Manizales y en 1983 en Popayán, dejando consigo la muerte de cientos de personas por lo cual dieron paso a la creación de la NSR 10.

La presente ley establece criterios y requisitos mínimos para el diseño, construcción y supervisión técnica de edificaciones nuevas, así como de aquellas indispensables para la recuperación de la comunidad con posterioridad a la ocurrencia de un sismo, que puedan verse sometidas a fuerzas sísmicas y otras fuerzas impuestas por la naturaleza o el uso, con el fin de que sean capaces de resistirlas, incrementar su resistencia a los efectos que éstas producen, reducir a un mínimo el riesgo de la pérdida de vidas humanas, y defender en lo posible el patrimonio del Estado y de los ciudadanos. (republica, 1997)

- **Ley 115 de febrero 8 de 1994**

Esta tiene el propósito fundamental de crear una normativa debido a que La educación es un proceso de formación permanente, personal, cultural y social que se fundamenta en una concepción integral de la persona humana, de su dignidad, de sus derechos y de sus deberes (Colombia, 1994). En ella encontramos el artículo 184, el cual plantea el “Mantenimiento y dotación de los establecimientos educativos. Los distritos y los municipios, en concurrencia con los departamentos, financiarán la construcción, mantenimiento, y dotación de las instituciones educativas estatales de conformidad con la ley sobre distribución de competencias y recursos” (Colombia, 1994)

- **Norma técnica Colombiana NTC 6199**

Planeamiento y diseño de ambientes para la educación inicial en el marco de la atención integral

- **Manual de uso, conservación y mantenimiento de infraestructura educativa-
ministerio de educación**

establece la normativa para el uso, conservación y mantenimiento de infraestructura educativa, con el propósito de fijar lineamientos, directrices y políticas generales que permitan orientar y supervisar la metodología y estrategias por implementar para la adecuada gestión de mantenimiento en la totalidad de las instituciones educativas del país. (educación, s.f.)

Normas correspondientes a un estudio de suelos

- I.N.V. E – 102 – 13 DESCRIPCIÓN E IDENTIFICACIÓN DE SUELOS (PROCEDIMIENTO VISUAL Y MANUAL)

Esta práctica describe un procedimiento para identificar suelos y se basa en el sistema de clasificación unificada. La identificación se hace mediante un examen visual y mediante ensayos manuales, lo cual debe indicarse claramente al elaborar el respectivo informe; Cuando se requiera una identificación precisa de suelos para usos con fines de Ingeniería, se deberán usar los procedimientos descritos en los sistemas corrientes de clasificación.

- I.N.V. E – 103 – 13 LOS PROCEDIMIENTOS DESCRITOS EN LOS SISTEMAS CORRIENTES DE CLASIFICACIÓN.

Esta norma establece métodos para la conservación de las muestras inmediatamente después de obtenidas en el terreno, así como para su transporte y manejo; Esta norma reemplaza la norma INV E-103-07

- I.N.V. E – 122 – 13 DETERMINACIÓN EN LABORATORIO DEL CONTENIDO DE AGUA (HUMEDAD) DEL SUELO, ROCA Y MEZCLAS DE SUELO -AGREGADO

Este método cubre la determinación de laboratorio del contenido de agua (humedad) de suelo, roca, y mezclas de suelo-agregado por peso. Por simplicidad, de aquí en adelante, la palabra "material" se refiere a suelo, roca o mezclas de suelo -agregado, la que sea aplicable; El contenido de agua del material se define como la relación, expresada en porcentaje, entre la masa de agua que llena los poros o "agua libre", en una masa de material, y la masa de las partículas sólidas de material.

- IN.VE – 123 – 13 DETERMINACION DE LOS TAMAÑOS DE LAS PARTIULAS DE LOS SUELOS (GRANULOMETRIA)

El análisis granulométrico tiene por objeto la determinación cuantitativa de la distribución de tamaños de partículas de suelo; Esta norma describe el método para determinar los porcentajes de suelo que pasan por los distintos tamices de la serie empleada en el ensayo, hasta el de 75 μm (No.200).

- IN.VE – 125 – 13 DETERMINACION DEL LIMITE LIQUIDO DE LOS SUELOS

El límite líquido de un suelo es el contenido de humedad expresado en porcentaje del suelo secado en el horno, cuando éste se halla en el límite entre el estado líquido y el estado plástico; Para los fines de esta especificación, cualquier valor observado o calculado deberá aproximarse a la “unidad más cercana”.

- IN.VE – 126 – 13 LÍMITE PLÁSTICO E ÍNDICE DE PLASTICIDAD DE SUELOS

El límite plástico de un suelo es el contenido más bajo de agua, determinado por este procedimiento, en el cual el suelo permanece en estado plástico. El índice de plasticidad de un suelo es el tamaño del intervalo de contenido de agua, expresado como un porcentaje de la masa seca de suelo, dentro del cual el material está en un estado plástico. Este índice corresponde a la diferencia numérica entre el límite líquido y el límite plástico del suelo; Un valor observado o calculado de un límite de un suelo debe redondearse a la “unidad más cercana”.

ZONA DE ESTUDIO

MARCO GEOGRAFICO

Localización del municipio de Girardot

El municipio de Girardot – Cundinamarca se encuentra limitada al sur con el río Magdalena, parte del río Bogotá y con el Departamento del Tolima; por el norte con los municipios de Tocaima y Nariño; Al oriente con el río Bogotá y por el occidente con el departamento del Tolima y el municipio de Nariño.



Figura 2. Localización Geográfica del Municipio de Girardot. Adaptado de Google Maps 2020.

Localización geográfica de la zona de estudio



Figura 3. Fachada de la Institución Educativa Manuel Elkin Patarroyo. Adaptado de Google Maps 2020.

La institución educativa Manuel Elkin Patarroyo la cual se encuentra en el km 2 vía Tocaima, en el barrio Diamante el municipio de Girardot – Cundinamarca; sus coordenadas son: $4^{\circ}18'51.3''N$ -- $74^{\circ}48'01.2''W$ / 4.314262-74.800334

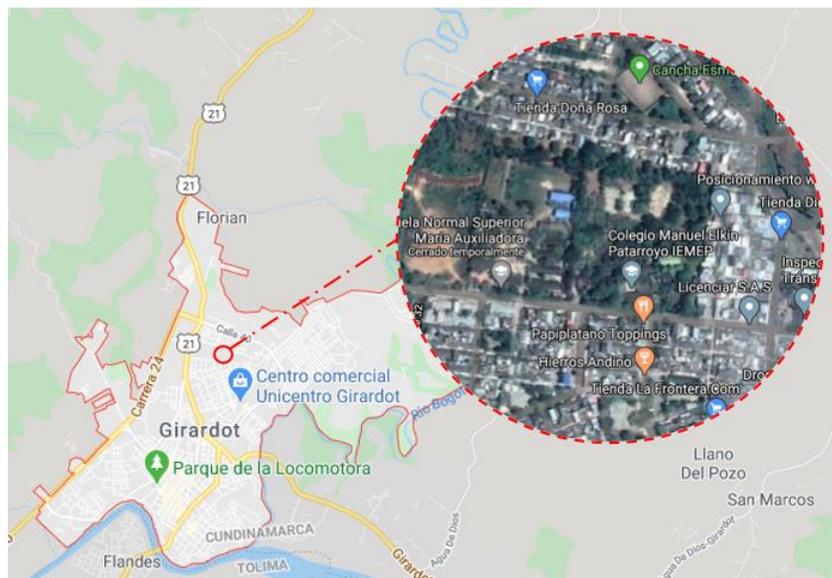


Figura 4. Ubicación Geográfica de la Zona de Estudio. Adaptado de Google maps 2020.

Composición geológica de la zona de estudio

La zona de estudio se encuentra localizada en el cuadrante (G-8) según de la plancha geológica 245 de 1999 (INGEOMINAS) y por las coordenadas GPS descritas por el plano topográfico (968,900 Y – 919,700 X) estando en el cuadrante en color rojo que se muestra en la siguiente figura:

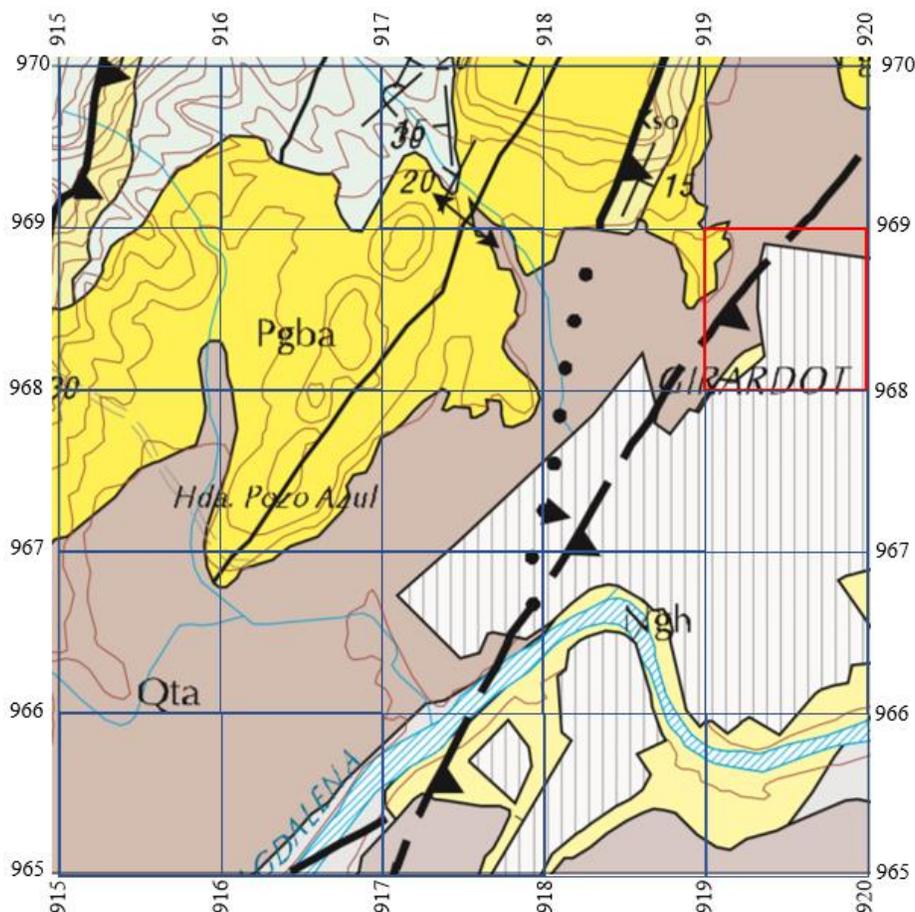


Figura 5 . Localización de la Zona de Estudio en la Plancha 245 de 1999. Adaptado de (INGEOMINAS, 1999).

Por lo anterior descrito la composición geología se describe por la formación Honda (Ngh) y por la composición de las terrazas aluviales altas (Qta) que serán descritas a continuación:

- Grupo Honda (Ngh)

Se puede llegar a observar que este grupo aflora al noroeste de Girardot, está compuesto de Areniscas, arcillolitas y niveles conglomeráticos de color gris verdoso y ocasionalmente de coloración rojiza el cual se encuentra en su mayoría cubierto por depósitos cuaternarios. (Ingeominas, 1999, págs. 60-62)

- Tarrazas aluviales altas (Qta)

Reposan sobre rocas del Grupo Honda y protegen de la erosión a los afloramientos que las subyacen estando compuestas de depósitos no consolidados constituidos por gravas y cantos, de tamaño heterométrico, subangulares a redondeados, en una matriz arena arcillosa de baja compactación. (Ingeominas, 1999, págs. 69)

Posición estratigráfica y edad

No fue posible determinar cómo es el contacto inferior de la unidad, pues siempre se encuentra cubierto por depósitos cuaternarios. El límite superior es discordante bajo los depósitos cuaternarios del Abanico de Espinal, como en el área de Girardot y Flandes (H9 - G11); Según Stirton (1953), la edad del Grupo Honda sería oligocena tardía y las faunas restantes halladas en el sector de Carmen de Apicalá, corresponderían al Mioceno tardío. Así, la edad del Grupo Honda quedaría comprendida entre el Oligoceno tardío y el Mioceno tardío; es de anotar que no se ha encontrado evidencia de fauna que corresponda al Mioceno temprano y medio; Se considera, entonces, al integrar las referencias, al Grupo Honda como un depósito de edad miocena que pudo empezar desde el Oligoceno tardío.

Parámetros de diseño sísmico

Zona de amenaza sísmica del municipio

Según la NSR 10, el municipio de Girardot se encuentra dentro de una zona de amenaza sísmica intermedia, donde existe la probabilidad de alcanzar valores de aceleración pico efectivo mayores de 0.10g y menores o iguales de 0.20g

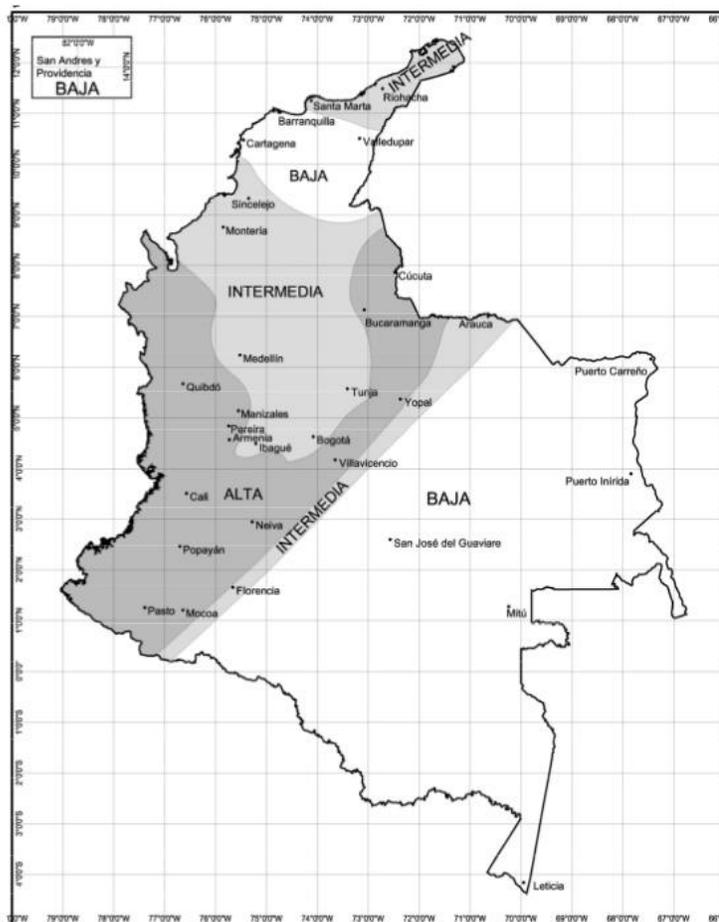


Figura 6. Zonas de Amenaza Sísmica. Adaptado de NSR 10.

Fallas y/o patologías presentes en la edificación

Posteriormente se mostrarán algunas fotografías de las patologías más frecuentes, las cuales fueron detectadas de manera superficial, estas evidencian el estado actual del plantel educativo.



Figura 7. Patología: Humedad, Erosión y Fisuras. Fuente de Propia.



Figura 8. Patología Grieta de 3 mm Acompañada de Desprendimiento de Material. Fuente Propia



Figura 9. Patología Grieta Transversal de 5mm Acompañada de Desprendimiento de Revoque. Fuente Propia



Figura 10. Patología Presentada en Elemento Estructural. Fuente Propia



Figura 11. Patología en elemento estructural grietas y desprendimiento de material dejando consigo la exposición de aceros. fuente: propia



Figura 12. Patología. Fuente Propia



Figura 13. Patología Desprendimiento de Revoque en Elemento Estructural (Columna). Fuente Propia



Figura 14. Patología Fisura Producida por Asentamientos Diferenciales. Fuente Propia



Figura 15. Patología en Elemento Estructural. Fuente Propia



Figura 16. Estado de Abandono del Canal de la Institución. Fuente Propia

METODOLOGIA DE LA INVESTIGACION

Los proyectos de investigación deben iniciar primordialmente con el surgimiento de una idea que ayude a solucionar una problemática, aportar conocimientos y generar preguntas entre la investigación, siendo un apoyo en el desarrollo de esta.

la investigación se basa en un enfoque de tipo mixto, empleando una secuencia de recolección y análisis de datos cuantitativos (cuantificable) y cualitativo (rasgos característicos), buscando transformar, combinar y asociar información de datos adquiridos, empleando un método de análisis crítico en cada proceso y/o etapa de la investigación logrando un mayor entendimiento del comportamiento geotécnico y característico del suelo.

La hipótesis nace de las múltiples afectaciones estructurales como fisuras, grietas y asentamientos que son causados por las características y comportamiento del suelo, adicional a ello la institución, presenta deficiencias en el sistema de recolección de aguas lluvias por medio de un canal abierto, el cual se encuentra obstruido por residuos sólidos (basuras) del mismo modo el sistema de drenaje interno se halla obsoleto, generando el empozamiento de aguas en temporadas de lluvias (inundaciones), este es un factor ambiental que contribuye al principal factor de la hipótesis del suelo.

1. Se llevo a cabo inspección visual a la Institución Educativa Manuel Elkin Patarroyo, con el fin de observar problemáticas que presentaba, trayendo consigo el deseo de realizar la investigación de las posibles causas de las problemáticas estructurales evidenciadas, por tanto, surgió la hipótesis: de estas eran causadas por las características y comportamiento del suelo frente a la estructura.

2. Se realizó una exhaustiva búsqueda de normatividad de cómo se realizaba la caracterización del suelo, como a demás información de antecedentes y estados del arte que permitieran una guía para el desarrollo de la investigación.
3. Se trazo un plan de trabajo detallado a desarrollar.
4. El trabajo de campo a realizar junto con investigación para la recolección de información como lo es un dibujo asistido por computador de la planta arquitectónica, ensayo del penetrómetro de bolsillo en la zona de estudio seleccionado y recolección de información bibliográfica obtenida.
5. Se realiza la cohesión de todos los resultados obtenidos para posteriormente realizar análisis y recomendaciones.

RESULTADOS

En esta sección se encuentran los resultados de campo de realizados en el transcurso de la investigación, los cuales fueron exploración visual de la cimentación, adicionalmente el ensayo del penetrómetro de bolsillo.

La cimentación encontrada tuvo unas dimensiones de 50 cm de ancho * 50 cm de alto, adicionalmente se encontró a los 75 cm con respecto a la superficie del suelo, siendo soportando se sobre una base de afirmado de 5 cm; También se evidencio que el suelo que lo acompañaba presentaba una característica de color oscuro.



Figura 17. Visualización de la cimentación. Fuente Propia



Figura 18. Visualización de la Cimentación. Fuente Propia

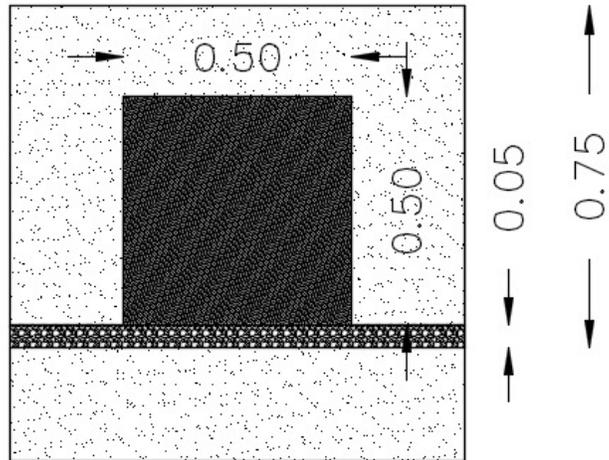


Figura 19. Perfil de la Cimentación encontrada. fuente Propia

Adicionalmente se efectuó de una manera exitosa en ensayo de penetrómetro de bolsillo, en cual nos aportó información de la capacidad de resistencia a las capas superficiales del suelo, arrojando un dato final de 4.5 Mpa



Figura 20. Ensayo del Penetrómetro de Bolsillo. Fuente Propia

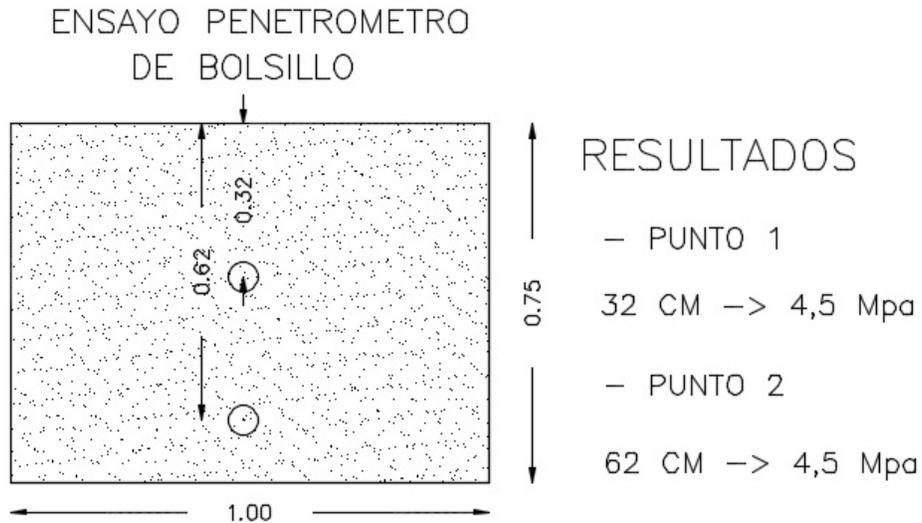


Figura 21. Perfil Ubicación de los Puntos para el Ensayo del Penetrómetro de Bolsillo. Fuente Propia

Resultados de laboratorio con muestras obtenidas través de los resultados de laboratorio (Barbery, 2019) , límites de Atterberg arrojando los siguientes resultados.

Limite Liquido	92	%
Limite Plástico	46,1	%
Índice de plasticidad	45,9	%

Tabla 5. Índice de Plasticidad de la Muestra #2. Adaptado de (Barbery, 2019)

Limite Liquido	60	%
Limite Plástico	33,3	%
Índice de plasticidad	26,7	%

Tabla 6. Índice de Plasticidad de la Muestra #3. Adaptado de (Barbery, 2019)

ANALISIS DE RESULTADOS

- Por medio de la elaboración de una inspección visual del terreno, dando uso a la herramienta de campo (calicata), se logra evidenciar las propiedades básicas de la composición del suelo, llevando a cabo un ensayo con la ayuda del penetrómetro de bolsillo, el cual permite tener una lectura inmediata de la resistencia de la penetración de las capas superficiales del terreno, la cual alcanzo una toma de lectura mayor a la que nos ofrece el instrumento de ensayo dando como resultado una resistencia de 4,5 Mpa.
- Se observa zonas de estudio las cuales con el paso del tiempo presentan agrietamientos en la capa superficial del terreno debido a la falta de humedad y en su caso contrario retención de aguas lo cual permite el crecimiento parcial de un habitat como lo sería un humedal, con estas características básicas observamos que es un suelo semipermeable como limos y arcillas altamente plástico (CH-MH), según la clasificación del sistema unificado de suelos (SUCS). Adicionalmente se corrobora lo establecido por medio de la curva de los límites de Atterberg (líquido y plástico), y la información obtenida del informe "Evaluación del estado actual de la institución Educativa Manuel Elkin Patarroyo" (Barbery, 2019).

- Las arcillas expansivas se caracterizan por tener la capacidad de someter el suelo a empujes verticales y horizontales afectando las cimentaciones y las tuberías que se encuentran en el mismo, o bien que la capa superficial activa del suelo (arcillas y limos altamente plásticos) continúa presentando movimientos, esta podría ser una posible causa de las fallas (grietas, fisuras, asentamientos entre otras) que presenta la edificación.
- Cabe establecer que la zona de estudio se encuentra ubicado bajo un tipo de suelo según la plancha 245, el cual muestra una descripción geológica Ngh (grupo honda), está conformada de: Areniscas, arcillolitas y niveles conglomerantes, color gris verdoso a ocasionalmente coloración rojiza; Y conforme a los estudios de caracterización física del suelo de la Institución Educativa Manuel Elkin Patarroyo, encontramos limos y arcillas altamente plástico, por medio de análisis no concuerda con el tipo de suelos establecido por la litología geológica en la zona.
- Cabe resaltar que según comportamiento geomorfológico del terreno interpretado en el plano topográfico se establece que la institución Manuel Elkin Patarroyo, el terreno es óptimo para la generación de empozamientos de agua (inundaciones) debido a las cotas de nivel perimetrales establecidas son más altas que las del centro del terreno, por ende, las edificaciones cercanas y la misma se verán afectadas.

- Al realizar un análisis y comparación con estados del arte encontrados con características similares a la caracterización geotécnica (suelos con alto contenido de arcillas y limos) del suelo en estudio, Trujillo & Caderón (2019), Manchego Barrera & Peña Espitia, (2015); Bianca Hernández, (2011); Cruz Perales, (2018); Se deduce que, aunque sean suelo altamente expansivos, posee un suelo con una alta capacidad a la resistencia lo cual óptima para soportar dichas edificaciones.

CONCLUSIONES

- En la institución educativa Manuel Elkin Patarroyo se logró observar bajo un análisis del material encontrado que las características del suelo están conformadas por arcillas y limos de alta plasticidad (expansivas); no obstante, se demostró que las capas superficiales el suelo contienen una alta resistencia a la penetración, sin embargo, cuando este material alcanza un alto contenido de humedad llega a expandirse en temporada de lluvias y retracción del volumen de las partículas del suelo al momento de secarse por las altas temperaturas que presenta el municipio, generando consigo las afectaciones que presentan la edificación institucional por los componentes del suelo y la humedad que se da por un déficit evacuación de aguas. Adicionalmente su propuesta de mejoramiento la podemos observar en el título de recomendaciones.
- No obstante, a pesar de que no se realizaron todos los estudios que se tenían programados en su totalidad debido a la problemática de salud mundial covid-19, se llegó al objeto de esta investigación, el cual era caracterizar el suelo y así determinar su comportamiento, corroborando que es efectivamente uno de los detonantes de las patologías estructurales que presenta la institución.
- Efectivamente se debe hacer un mejoramiento para hallar una mayor estabilidad del terreno de la zona de estudio ya que sus composiciones son arcillas y limos de alta plasticidad, para ello se recomienda el diseño de una cimentación superficial (losa de

cimentación en concreto reforzado) que amortigüen la expansión y retracción que se genera en el suelo. Adicionalmente se procederá del mismo modo a proponer una alternativa para construcciones existentes, el cual consiste en colocar aditivos químicos como inyecciones de cal, con el fin de reducir la plasticidad y el potencial de expansión del suelo e incrementar su límite de contracción.

RECOMENDACIONES

- ✓ Desarrollar un estudio de vulnerabilidad sísmica para conocer cuál es la resistencia y el estado de la estructura bajo un evento sísmico considerando las cargas de la composición estructural de un solo piso de la institución, tenido un nivel de importancia alto, ya que se pertenece a un grupo de uso III según la norma sismo resistente del 2010.
- ✓ Efectuar un estudio sanitario en la institución educativa enfocada en sistema de drenaje, evacuación de aguas lluvias; elementos sólidos por medio de un canal abierto y la rehabilitación de los drenajes internos en la institución los cuales se encuentran obsoletos que se evidencia la acumulación del agua en las temporadas de lluvia.

Propuesta de Mejoramiento

Al analizar en tipo de suelo podemos observar que es un material semipermeable como limos y arcillas altamente plástico (CH-MH), con alta resistencia a la penetración y con capacidad portante optima; Por lo tanto, se recomiendan 2 tipos de mejoramiento:

Para construcciones futuras una cimentación superficial (losa de cimentación de concreto reforzado), se procederá a remover la capa de material de mayor expansibilidad (arcillas), para posteriormente construir la losa, se debe reforzar con contratraves para darle mayor rigidez, de esta forma se amortiguará el comportamiento expansivo de la arcilla.

Por otro lado, se procederá del mismo modo a proponer una alternativa para construcciones existentes, el cual consiste en colocar aditivos químicos como inyecciones de cal, con el fin

de esto puede reducir la plasticidad y el potencial de expansión del suelo e incrementar su límite de contracción.

- ✓ Se deja la investigación abierta para que el semillero de Investigación SIMAIC de continuidad con futuras investigaciones relacionadas con el tema expuesto.

Referencias

Barbery, G. A. (2019). EVALUACION DEL ESTADO ACTUAL DE LA INSTITUCION EDUCATIVA. *EVALUACION DEL ESTADO ACTUAL DE LA INSTITUCION EDUCATIVA*. Girardot-Cundinamarca, Colombia .

Carles Broto; Arian Mostaedi. (2006). *Enciclopedia Broto de Patologias de laa construcción*. Links International.

Carlos Rivera & Jorge Meza. (1995). *Cuaderno de trabajo, comportamiento de suelo*. Mexico: Universidad Nacional Autonoma de Mexico. Obtenido de <http://www.ptolomeo.unam.mx:8080/xmlui/bitstream/handle/132.248.52.100/13270/COMPORTAMIENTO%20DE%20SUELOS.pdf?sequence=1>

Colombia, C. d. (8 de 02 de 1994). *Ley 115 de Febrero 8 de 1994*. Obtenido de https://www.mineduccion.gov.co/1621/articles-85906_archivo_pdf.pdf

educación, M. d. (s.f.). *Manual de uso, conservacion y mantenimiento de la infraestructura educativa*. Obtenido de https://www.mineduccion.gov.co/1759/articles-355996_archivo_pdf_manual_uso.pdf

Energia, R. d. (2002). *Colombia- Plancha 245 Girardot* . Obtenido de <http://recordcenter.sgc.gov.co/B4/13010010002474/documento/pdf/0101024741101000.pdf>

Frank, M. D. (2004). *Ensayos Geotecnicos in situ, su ejecución e interpretación* . Obtenido de <http://www.estudiosgeotecnicos.info/wp-content/uploads/2014/06/Devicenci-Ensayos-in-situ.pdf>

- Garcia, B. H. (2012). *Yumpu*. Obtenido de Instituto Superior Politecnico Jose Antonio Echeverria CUJAE : <https://www.yumpu.com/es/document/read/14862229/analisis-y-clasificacion-geotecnica-de-la-formacion-villarreja>
- Gloria Molina & Alejandro Alzate . (2018). *CARACTERIZACIÓN ESTRATIGRÁFICA, FÍSICA Y MECÁNICA DE SUELOS PERTENECIENTES A LA ZONA DE EXPANSION DEL MUNICIPIO DE PEREIRA* . Pereira: universidad Libre.
- Gonzalo Duque Escobar y Carlos Enrique Escobar Potes. (2002). *MECANICA DE LOS SUELOS*. Manizales : Universidad Nacional de Colombia .
- Ingeominas. (1999). *Yandex disk* . Obtenido de Pllancha 245 : <https://yadi.sk/d/wLvlRA7sSGSaQ>
- Maria C Vera, Jackson Monroy & Nestor Perico. (2019). Problemática de las instituciones educativas publicas del municipio de Girardot-Cundinamarca. 13.
- Ministerio de ambiente vivienda y desarrollo. (2010). *NSR 10 : Reglamento Colombiano de construccion sismo resistente*. Asociacion Colombiana de Ingenieria Sismica.
- Naturales, C. (s.f.). *Geotecnia* . Obtenido de https://www.mapa.gob.es/es/desarrollo-rural/temas/caminos-naturales/6.2.%20Geotecnia_tcm30-140111.pdf
- Obando, T. (2009). *Sondeos geotecnicos y calicatas* . Obtenido de <https://www.monografias.com/trabajos-pdf2/sondeos-geotecnicos-calicatas/sondeos-geotecnicos-calicatas.pdf>
- Patarroyo, I. E. (s.f.). *Institución Educativa Manuel Elkin Patarroyo*. Obtenido de <http://www.iemep.edu.co/>

Perales, D. S. (2018). *Zonificación de la capacidad portante del suelo de la localidad de Soritor del distrito de Soritor -Provincia de Moyobamba-Region de san Martin.*

Tapoto-Peru: Universidad Nacional de San Martin .

republica, C. d. (19 de 08 de 1997). *Ley 400 de 1997 Nivel Nacional.* Obtenido de

<https://www.alcaldiabogota.gov.co/sisjur/normas/Norma1.jsp?i=336>

Saez, E. (2010). *Fundamentos de la geotecnia* . Obtenido de Pontifica Universidad- Chile :

<https://www.u->

[cursos.cl/usuario/7c1c0bd54f14c0722cefc0fa25ea186d/mi_blog/r/FUNDAMENTO](https://www.u-cursos.cl/usuario/7c1c0bd54f14c0722cefc0fa25ea186d/mi_blog/r/FUNDAMENTO)

[S_DE_GEOTECNIA_SAEZ_\(1\).pdf](https://www.u-cursos.cl/usuario/7c1c0bd54f14c0722cefc0fa25ea186d/mi_blog/r/FUNDAMENTO_S_DE_GEOTECNIA_SAEZ_(1).pdf)

Serquén, W. R. (s.f.). *Ingeniería Geotécnica*. Lambayeque – Perú: 2016.

Tema 6: La Edafosfera . (2016). Obtenido de <https://www.um.es/sabio/docs->

[cmsweb/materias-may25-45/tema_6.pdf](https://www.um.es/sabio/docs-cmsweb/materias-may25-45/tema_6.pdf)

Trujillo Bocanegra, C. A., & Rodriguez Calderon, B. J. (s.f.). ESTUDIO GEOLÓGICO Y

CARACTERIZACIÓN GEOTÉCNICA EN EL SECTOR . *ESTUDIO*

GEOLÓGICO Y CARACTERIZACIÓN GEOTÉCNICA EN EL SECTOR .

CORPORACION UNIVERSITARIA MINUTO DE DIOS , Girardot.

Villalaz, C. (2004). *MECANICA DE SUELOS Y CIMENTACIONES* . Obtenido de

<https://stehven.files.wordpress.com/2015/06/mecanica-desuelos-y-cimentaciones->

[crespo-villalaz.pdf](https://stehven.files.wordpress.com/2015/06/mecanica-desuelos-y-cimentaciones-crespo-villalaz.pdf)

Yandex disk . (s.f.). Obtenido de Plancha 245 de 1999: <https://yadi.sk/d/wLvlRA7sSGSaQ>

(Manchego Barrera & Peña Espitia , 2015)

ANEXOS

Evidencia fotográfica



Anexo 1. Inspección visual de la zona. Fuente Propia.



Anexo 2. Avance de levantamiento arquitectónico (dibujo asistido por computadora). Fuente Propia.



Anexo 3. Elaboración de Calicata para la Exploración Visual de la Cimentación. Fuente Propia.



Anexo 4. Empozamientos de agua. Fuente Propia.



Anexo 5. Unión de muros estructurales por medio de machones. Fuente Propia.



Anexo 6. Patología Humedad y fisuras. Fuente Propia.



Anexo 7. Patología en elementos estructurales. Fuente Propia.



Anexo 8. Asentamiento de la Placa de Concreto. Fuente Propia.



Anexo 9 Patología. Fuente Propia.



Anexo 10. Humedad. Fuente Propia.

Cronograma de actividades propuestas al inicio de la investigación

Actividad a desarrollar	Fecha	
	Inicio	Final
Reconocimiento del terreno	06/02/2020	06/02/2020
Dibujo asistido por computadora (Planta institucional)	07/02/2020	04/03/2020
Inspección visual de Cimentación	06/03/2020	06/03/2020
Ensayo de penetrómetro de Bolsillo.	06/03/2020	06/03/2020
Solicitud de información de antecedentes de la institución	08/03/2020	11/04/2020
Inspección visual de patologías	12/03/2020	15/03/2020
Ensayo de penetración estándar (SPT) en la zona de estudio seleccionada.	16/03/2020	26/03/2020
Extracción de muestras del suelo por calicatas.	27/03/2020	04/04/2020
Laboratorios del material extraído.	05/04/2020	25/04/2020
Recolección de información y elaboración de informes.	27/04/2020	14/05/2020

Anexo 11. Cronograma de actividades propuestas. Fuente Propia.

Cronograma de actividades realizadas

Actividad a desarrollada	Fecha	
	Inicio	Final
Reconocimiento del terreno	06/02/2020	06/02/2020
Dibujo asistido por computadora (Planta institucional)	07/02/2020	04/03/2020
Inspección visual de Cimentación	06/03/2020	06/03/2020
Ensayo de penetrómetro de Bolsillo.	06/03/2020	06/03/2020
Solicitud de información de antecedentes de la institución	08/03/2020	11/04/2020
Inspección visual de patologías	12/03/2020	15/03/2020
Investigación de información para análisis.	16/03/2020	20/04/2020
Recolección de información y elaboración de informes.	21/04/2020	14/05/2020

Anexo 12. Cronograma de actividades realizadas. Fuente Propia.

Presupuesto ejecutado

ACTIVIDAD	Aportes		TOTAL
	Efectivo	Especie	
1. Personal	0	0	0
2. Equipos (apoyo de la universidad)	0	0	0
3. Software	0	0	0
4. Materiales e insumos	0	0	0
5. Salidas de campo	200.000	40	200.000
6. Servicios Técnicos	0	0	0
7. Capacitación	0	0	0
8. Difusión de resultados: correspondencia para activación de redes, eventos	0	0	0
9. Propiedad intelectual y patentes	0	0	0
10. Otros:	35.000	1	35.000

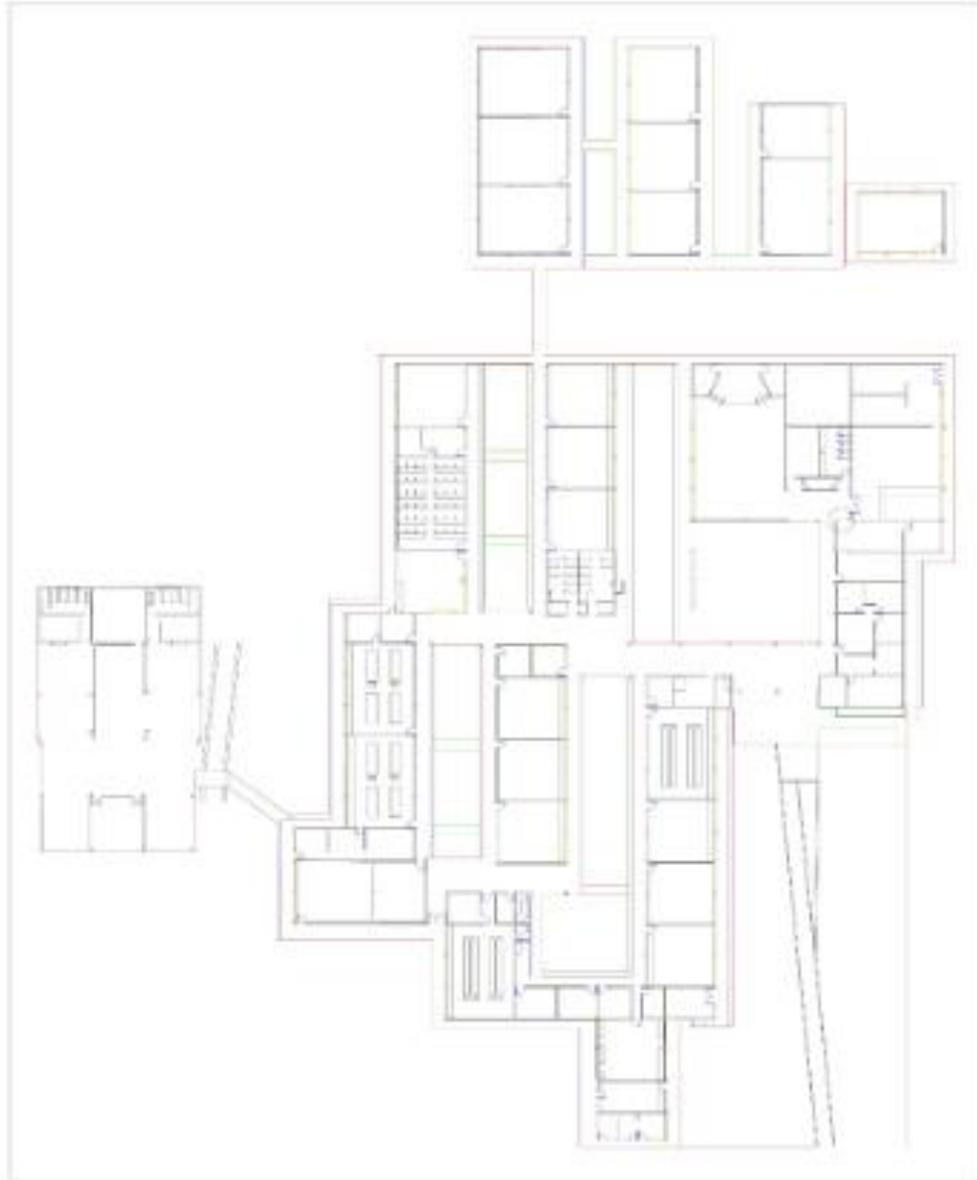
Anexo 13. Presupuesto ejecutado. Fuente Propia.

Plano topográfico



Anexo 14. Plano topográfico. Adaptado de (Barbery, 2019)

Desarrollo de plano arquitectónico (Dibujo asistido por computadora)



Anexo 15. Desarrollo de plano Arquitectónico (Dibujo asistido por computadora). Fuente Propia.