UNIVERSIDAD NACIONAL DE LOJA

FACULTAD DE ENERGÍA, LAS INDUSTRIAS Y LOS RECURSOS NATURALES NO RENOVABLES

CARRERA DE INGENIERÍA EN GEOLOGÍA AMBIENTAL Y ORDENAMIENTO TERRITORIAL

"ESTUDIO GEOLÓGICO-GEOTÉCNICO PREVIO A LA CONSTRUCCIÓN DEL PUERTO SECO COMERCIAL, SECTOR PLATEADO, CANTÓN Y PROVINCIA DE LOJA"

Tesis de Grado previa a la obtención del Título de Ingeniero en Geología Ambiental y Ordenamiento Territorial.

AUTOR:

Stalin Moises Jiménez Saritama

DIRECTOR:

Ing. Carlomagno Nixon Chamba Tacuri, Mg. Sc.

LOJA – ECUADOR

2018

CERTIFICACIÓN

Ing. Carlomagno Nixon Chamba Tacuri, Mg. Sc.
DIRECTOR DE TESIS

CERTIFICA:

Haber dirigido, asesorado, revisado y corregido el presente trabajo de tesis de grado, en su proceso de investigación cuyo tema versa en **"ESTUDIO GEOLÓGICO-GEOTÉCNICO PREVIO A LA CONSTRUCCIÓN DEL PUERTO SECO COMERCIAL, SECTOR PLATEADO, CANTÓN Y PROVINCIA DE LOJA"**, previa a la obtención del título de Ingeniero en Geología Ambiental y Ordenamiento Territorial, realizado por el señor egresado **Stalin Moises Jiménez Saritama**, la misma que cumple con la reglamentación y políticas de investigación, por lo que autorizo su presentación, sustentación y defensa.

Loja, 07 de diciembre del 2017

……
Ing. Carlomagno Nixon Chamba Tacuri, Mg. Sc.
DIRECTOR DE TESIS

AUTORÍA

Yo, ***STALIN MOISES JIMÉNEZ SARITAMA***, declaro ser autor del presente trabajo de tesis y eximo expresamente a la Universidad Nacional de Loja y a sus representantes jurídicos de posibles reclamos o acciones legales, por el contenido de la misma.

Adicionalmente acepto y autorizo a la Universidad Nacional de Loja, la publicación de mi tesis en el Repositorio Institucional-Biblioteca Virtual.

Firma: .....

Cédula: 1104013824

Fecha: 02 de febrero de 2018

CARTA DE AUTORIZACIÓN DE TESIS POR PARTE DEL AUTOR, PARA LA CONSULTA, REPRODUCCIÓN PARCIAL O TOTAL, Y PUBLICACIÓN ELECTRÓNICA DEL TEXTO COMPLETO

Yo, **STALIN MOISES JIMÉNEZ SARITAMA**, declaro ser autor de la tesis titulada: **"ESTUDIO GEOLÓGICO-GEOTÉCNICO PREVIO A LA CONSTRUCCIÓN DEL PUERTO SECO COMERCIAL, SECTOR PLATEADO, CANTÓN Y PROVINCIA DE LOJA"**, como requisito para optar al grado de: **INGENIERO EN GEOLOGÍA AMBIENTAL Y ORDENAMIENTO TERRITORIAL**; autorizo al Sistema Bibliotecario de la Universidad Nacional de Loja para que con fines académicos, muestre al mundo la producción intelectual de la Universidad, a través de la visibilidad de su contenido de la siguiente manera en el Repositorio Digital Institucional:

Los usuarios pueden consultar el contenido de este trabajo en el RDI, en las redes de información del país y del exterior, con las cuales tenga convenio la Universidad.

La Universidad Nacional de Loja, no se responsabiliza por el plagio o copia de la tesis que realice un tercero.

Para constancia de esta autorización, en la ciudad de Loja, a los dos días del mes de febrero del dos mil dieciocho.

Firma: ....

Autor: Stalin Moises Jiménez Saritama

Cédula: 1104013824

Dirección: Loja (Barrio Menfis Bajo, Cdla. El Paraíso, calles Ipiales y Guaraní)

Correo Electrónico: jimenezsaritama@hotmail.com

Teléfono: 3027155 **Celular:** 0990758654

DATOS COMPLEMENTARIOS

Director de Tesis: Ing. Carlomagno Nixon Chamba Tacuri, Mg. Sc.

Tribunal de Grado: Ing. Jorge Michael Valarezo Riofrío, Mg. Sc.
Ing. Julio Eduardo Romero Sigcho, Mg. Sc.
Ing. Walter Simón Tambo Encalada, Mg. Sc.

DEDICATORIA

Quiero dedicar este trabajo a las personas que han estado luchando conmigo a través de todo este tiempo de formación profesional, y a quienes de una u otra manera han contribuido para que pueda cumplir mis metas.

A mi recordado padre, Luis Enrique (✝) que desde el cielo siempre me cuida.

A mis dos madres Rosita y Magdalena, quienes constantemente me apoyan y aconsejan.

A mi esposa Paola que siempre me alienta a superarme.

A mis hijos Josué- Emilio-Mateo, quienes son el motorcito de cada día.

A Eliza Salinas (✝), Darwin y Edisson quienes han sido de gran aporte en mi formación académica.

A toda mi familia que siempre ha estado pendiente, gracias por su apoyo, sus consejos y buenos deseos.

STALIN J.

AGRADECIMIENTO

A Dios, por ser mi guía en todo momento y esa energía vital que necesito para emprender cada día en los nuevos retos de vida.

A mi Familia, por ser el soporte económico, anímico y moral todo el tiempo.

A los docentes de la Carrera de Ingeniería en Geología Ambiental y Ordenamiento Territorial, quienes han aportado con sus conocimientos acertados para mi formación humano-profesional.

Al Ing. Carlomagno Chamba, por haberme guiado y compartido sus conocimientos en el desarrollo y culminación del presente proyecto de titulación.

A mis compañeros y amigos, quienes han contribuido con sus palabras de aliento consejos y apoyo incondicional.

A los ingenieros Diego y Ovidio Castillo, Estsuelcon Cía. Ltda. Loja, y a todo el equipo de trabajo, quienes con su colaboración hicieron posible el desarrollo del presente trabajo.

Al GAD Municipal de LOJA por su enorme colaboración.

Siempre agradecido…

STALIN J.

TABLA DE CONTENIDOS

CERTIFICACIÓN……I
AUTORÍA III
CARTA DE AUTORIZACIÓN DE TESIS POR PARTE DEL AUTOR... IV
DEDICATORIA ..... **¡Error! Marcador no definido.**
AGRADECIMIENTO VI
TABLA DE CONTENIDOS……..VII
1. TÍTULO ..... **¡Error! Marcador no definido.**
2. RESUMEN 2
ABSTRACT 3
3. INTRODUCCIÓN 4
OBJETIVOS 5
Objetivo General 5
Objetivos Específicos 5
4. REVISIÓN DE LITERATURA 6
4.1. Estudios Geológicos 6
4.1.1. Topografía 6
4.1.1.1. Levantamiento Topográfico 6
4.1.12. Fotointerpretación……7
4.1.2. Geomorfología……..7
4.1.3. Geología 8
4.1.3.1. Levantamiento Geológico 9
4.1.4. Geología Estructural 9
4.1.4.1. Estructuras Geológicas 9
4.1.5. Hidrogeología. 10
4.2. Estudios Geofísicos 10
4.2.1. Geofísica 10
4.2.1.1. Niveles Freáticos 10
4.2.1.2. Sondeo Eléctrico Vertical (S.E.V.) 11
4.3. Estudios Geotécnicos 12
4.3.1. Geotecnia 12

4.3.2. Estudio Geológico-Geotécnico 12
4.3.3. Caracterización Geotécnica del terreno……..13
4.3.3.1. Resistencia de los suelos 14
4.3.3.2. Clasificación de los suelos 153
4.3.3.3. Técnicas de perforación 174
4.3.3.4. Ensayo de Penetración Estándar (S.P.T.) **¡Error! Marcador no definido.**5
4.3.3.5. Perforación a diamantina o sondeo vertical a rotación……17
4.4. Ensayos de laboratorio para muestras de suelo 18
4.4.1. Determinación del límite líquido (LL) 189
4.4.2. Determinación del límite plástico (LP) 199
4.4.3. Índice de plasticidad (IP) 199
4.4.4. Granulometría 20
5. MATERIALES Y METODOLOGÍA 211
5.1. Materiales 211
5.2. Metodología 211
5.2.1. Metodología para el primer objetivo 222
5.2.1.1. Levantamiento Topográfico 222
5.2.1.2. Levantamiento Geológico 233
5.2.1.3. Mapa Geomorfológico 244
5.2.1.4. Mapa de Pendientes 244
5.2.2. Metodología para el segundo objetivo 255
5.2.3. Metodología para el tercer objetivo 266
5.2.3.1. Fase de gabinete 266
5.2.3.2. Fase de campo 266
5.2.3.3. Fase de laboratorio 27
6. RESULTADOS 28
6.1. Descripción Biofísica del Sector 28
6.1.1. Ubicación y Acceso 28
6.1.2. Cobertura Vegetal y Uso de Suelo 28
6.1.3. Aspectos Socio-Económicos 29
6.1.3.1. Población 29
6.1.3.2. Vivienda 29

6.1.3.3. Vialidad 300
6.1.4. Clima 300
6.1.5. Hidrología 311
6.2. Estudio Geológico-Geotécnico del Sector de Interes: Pueto Seco Comecial..... 322
6.2.1. Interpretación de imágenes aéreas……32
6.2.2. Topografía 322
6.2.3. Geología Regional 333
6.2.4. Geología Local 36
6.2.4.1. Formación La Banda 36
6.2.4.2. Formación Belén..... 37
6.2.5.Geología Estructural 411
6.2.6.Pendiente 422
6.2.7.Geomorfología..... 43
6.2.8. Exploración de Campo 44
6.2.8.1. Métodos Directos..... 44
6.2.8.2. Métodos Indirectos ..... **¡Error! Marcador no definido.**7
7. DISCUSIÓN DE RESULTADOS 65
8. CONCLUSIONES 67
9. RECOMENDACIONES 69
10. BIBLIOGRAFÍA……..……..……70
11. ANEXOS……..…..……72

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Arreglo de Schlumberger……..……11
Figura 2. Resistencia del suelo ante la adición de carga……..……13
Figura 3. Tipos de esquemas para la toma de muestras...……..……15
Figura 4. Montaje de equipo para SPT……..…16
Figura 5. Tubo partido o cuchara para muestra de suelo……..……..……17
Figura 6. Equipo de perforación……..……..….18
Figura 7. Clasificación de los suelos según su índice plástico (IP)……..……..……19
Figura 8. Tamaño patrón de tamices tipo USA……..……..…..20
Figura 9. Cultivos y vegetación del sector de estudio……..……..……29
Figura 10. Viviendas del Plateado Bajo y construcción de obras sanitarias……..…...….30
Figura 11. Vertiente en el sector de estudio……..……..……31
Figura 12. Cursos antiguos de agua en el área de estudio antes del relleno……...32
Figura 13. Columna estratigráfica de la cuenca sedimentaria de Loja……..…33
Figura 14. a) Afloramiento 1: areniscas y lutitas. b) Afloramiento 5: Lutitas fisibles…..37
Figura 15. a) afloramiento 2: areniscas. b) afloramiento 3: areniscas color marrón…....38
Figura 16. a) afloramiento 8: areniscas. b) afloramiento 9: areniscas,arcillas y limos….38
Figura 17. Afloramiento 6: conglomerado…….39
Figura 18. Afloramiento 4: arenisca, limonitas y conglomerado…….40
Figura 19. Afloramiento 7: arenisca y microconglomerado……...40
Figura 20. Fisuras detectadas en el concreto de la vía de Integración Barrial ……....42
Figura 21. Detalle de la descipción de calicatas……...45
Figura 22. Estratigrafía de calicata 1……..……..…46
Figura 23. Estratigrafía de calicata 2……47
Figura 24. Curvas de resistividad procesadas con IPI2Win – SEV 1……..…….58
Figura 25. Perfil litológico SEV 1……...59
Figura 26. Curvas de resistividad procesadas con IPI2Win – SEV 2……..…….59
Figura 27. Perfil litológico SEV 2……...60
Figura 28. Ejemplo de estabilización con cal……..61
Figura 29. Detalle del subdren a construir……..……..62
Figura 30. Ubicación en campo de subdren……..……62

Figura 31. Detalle del contrapiso empleando piedra bola……..…..63
Figura 32. Detalle de las pantallas de plástico alrededor de las cimentaciones.…..……63
Figura 33. Drenajes antiguos que se deben encausar……...…….64

LISTA DE TABLAS

Tabla 1.- Equipos y materiales para desarrollar el proyecto…….21
Tabla 2.- Puntos de partida del levantamiento topográfico…….……22
Tabla 3.- Clasificación de pendientes……..25
Tabla 4.- Normas para ensayos de laboratorio…….……27
Tabla 5.- Datos de resultados, descripción y clasificación del suelo SPT 1……..……48
Tabla 6.- Datos de resultados, descripción y clasificación del suelo SPT 2……..……49
Tabla 7.- Datos de resultados, descripción y clasificación del suelo SPT 3……..…50
Tabla 8.- Datos de resultados, descripción y clasificación del suelo SPT 4……..…52
Tabla 9.- Datos de resultados, descripción y clasificación del suelo SPT 5……....53
Tabla 10.- Datos de resultados, descripción y clasificación del suelo de perforación…...56
Tabla 11.- Referencia para identificar la litología de los materiales…….…..….57

1. TÍTULO

“ESTUDIO GEOLÓGICO-GEOTÉCNICO PREVIO A LA CONSTRUCCIÓN DEL PUERTO SECO COMERCIAL, SECTOR PLATEADO, CANTÓN Y PROVINCIA DE LOJA”

2. RESUMEN

El presente proyecto de investigación desarrollado en el Sector Plateado al oeste de la ciudad de Loja, y denominado "ESTUDIO GEOLÓGICO-GEOTÉCNICO PREVIO A LA CONSTRUCCIÓN DEL PUERTO SECO COMERCIAL, SECTOR PLATEADO, CANTÓN Y PROVINCIA DE LOJA", está enfocado en dar a conocer las condiciones reales del terreno desde el punto de vista geológico-geotécnico antes de iniciar con la fase constructiva.

Para ello se realizaron trabajos de campo, tales como el levantamiento topográfico a detalle, con una área de 28.9 hectáreas, de las cuales 7.8 hectáreas corresponden al polígono de construcción del Puerto Seco Comercial.

El área de estudio geológicamente está compuesta por materiales sedimentarios de las formaciones La Banda (lutitas, areniscas) y Belén (arcillas, areniscas, limos y conglomerados), información obtenida en base a descripción de afloramientos y calicatas. Como unidades geomorfológicas definidas; relieve de colina suave (36.8%), terraza alta (25.3%), relieve colinado medio (23.4%), y frente de cuesta (14.5%).

Mediante la aplicación de métodos directos enfocados en determinar las características físico-mecánicas del suelo, se ejecutaron ensayos de penetración estándar (SPT) y una perforación a diamantina. La aplicación de métodos indirectos, sondeos eléctricos verticales permitió obtener un rango de valores de resistividad aparente, que van desde 1.8 Ω.m que corresponden limos saturados, a 15.2 Ω.m tratándose de arcillas arenosas.

Con los ensayos de penetración estándar, trabajo de laboratorio y de acuerdo con la clasificación de suelos (SUCS), se determinó que en profundidad hasta 8m, existen suelos arcillosos (CH1), suelos arenosos (CH2), limos inorgánicos (MH1), gravas arcillosas (GC), gravas limosas (GM), arenas arcillosas (SC), pudiendo así variar su volumen y con ello presentar alteraciones en superficie. De la perforación a diamantina (15m), se determinó que el tipo de material arcilloso-arenoso continua en profundidad, evidenciando a 2m el nivel freático.

ABSTRACT

The present research project developed in "Plateado" neighborhood in the western of Loja City and denominated "GEOLOGICAL- GEOTHECNICAL STUDY PREVIOUS TO THE CONSTRUCTION OF THE PUERTO SECO COMERCIAL, IN THE PLATEADO PLACE, CANTON AND PROVINCE OF LOJA, is focused on raising awareness the real conditions of the land from the geological and geotechnical point of view before starting with the initial phase of construction.

For this, field work was carried out, such as the detailed topographic exploration, raising an area of 28.9 hectares, of which 7.8 hectares correspond to the polygon of construction of the Puerto Seco Comercial.

The research area is geologically composed of sedimentary materials from the "La Banda" formations (shales, sandstones) and from Belén (clays, sandstones and conglomerates), this information was obtained based on the description of outcrops and pits. As units geomorphological defined are; soft relief of hill (36.8%), high terrace (25.3%), middle slope relief (23.4%), and front slope (14.5%).

Through the application of direct methods focused on determining the physico-mechanical characteristics of soil, standard Penetration test (SPT) and a diamond drilling tests executed. With the application of indirect methods, vertical electrical sounding allowed to obtain a range of values of apparent resistivity, ranging from 1.8 Ω.m that correspond to saturated muds, to 15.2 Ω.m in the case of sand clays.

With the standard penetration tests, laboratory work and according to the soil classification (SUCS), it was determined that in depth up to 8m, there are clay soils (CH1), sand soils (CH2), inorganic muds (MH1), clayey gravel (GC), silty gravel (GM), clay sands (SC), thus being able to vary its volume and with this to present alterations in surface; of the diamond drilling (15m), it was evidenced that the type of clay-sandy material continues in depth, highlighting that the water level was found at 2m.

3. INTRODUCCIÓN

Considerando las necesidades de nuestra sociedad, es necesario emprender proyectos que abarquen soluciones a problemáticas tales como el desempleo, el cuidado al medio ambiente y el desarrollo económico-productivo sustentable.

Para tal efecto, desde aproximadamente hace 10 años la Ilustre Municipalidad de Loja visualiza la creación del proyecto de desarrollo económico-social denominado "Puerto Seco Comercial"; pero concretamente en marzo del 2016 comienza la gestión y planificación de la obra, la cual tiene entre sus objetivos organizar el comercio de productos de primera necesidad provenientes de distintas zonas de la ciudad, provincia y país, involucrando en la actividad comercial a productores, fabricantes, comercializadores y transporte de los productos que tienen como propósito llegar al consumidor final; garantizando el orden, asepsia, cuidado al medio ambiente y el descongestionamiento de tránsito vehicular y humano de puntos neurálgicos de nuestra ciudad.

Para ello, se emprendió en la elaboración de los correspondientes estudios de factibilidad, sustentabilidad, impacto ambiental, estabilidad de suelos y otros anexos para el inicio de la construcción de la plataforma física sobre la cual se edificará el "Puerto Seco Comercial de Loja", obra que debido a la trascendencia e impacto que tendrá en distintos estratos económicos, productivos y sociales, ha debido contar con los más altos estándares de control de calidad en cada uno de sus procesos pre y post construcción, a fin de garantizar su perdurabilidad y buen uso para la presente y futuras generaciones.

Debido a la trascendencia que ésta obra tendrá para el desarrollo de nuestra ciudad, la complejidad de cada una de sus etapas y la transformación que ejercerá en el comercio de productos de primera necesidad para nuestra colectividad. He considerado desarrollar mi tesis de grado titulada "ESTUDIO GEOLÓGICO-GEOTÉCNICO PREVIO A LA CONSTRUCCIÓN DEL PUERTO SECO COMERCIAL, SECTOR PLATEADO, CANTÓN Y PROVINCIA DE LOJA". La cual, estará compuesta de los correspondientes teóricos, planteamiento y contrastación de información de campo recopilada a través de las respectivas técnicas de investigación científica; donde se plantea realizar la etapa de campo a través del muestreo del sitio aplicando métodos indirectos como son la fotointerpretación y sondeos eléctricos verticales; y métodos directos como SPT,

perforación, calicatas, entre otros. Posteriormente realizar la etapa de laboratorio donde constan análisis a las muestras tales como los límites de Atterberg y propiedades físico-mecánicas, para culminar con las pertinentes conclusiones y recomendaciones, todo ello relacionado con los diferentes estudios y procesos que han hecho posible la viabilidad técnica, material y logística del mencionado proyecto.

OBJETIVOS

Objetivo General

- Desarrollar el Estudio Geológico-Geotécnico previo a la construcción del Puerto Seco Comercial, Sector Plateado, cantón y provincia de Loja.

Objetivos Específicos

- Realizar el levantamiento topográfico y geológico a detalle del área de estudio.
- Identificar la estructura litológica y nivel freático del sector a través de una campaña geofísica (SEV`s).
- Determinar parámetros físico-mecánicos del suelo mediante ensayos de SPT`s, perforación y trabajo de laboratorio.

4. REVISIÓN DE LITERATURA

4.1. Estudios Geológicos

4.1.1. Topografía

La topografía es considerada como una "ciencia que estudia el conjunto de procedimientos para representar los detalles y elementos de un levantamiento, con el fin de presentar en forma sencilla una porción de la superficie terrestre, mediante la combinación de las medidas según los tres elementos del espacio: distancia, elevación y dirección; acorde con ello la topografía explica los procedimientos y operaciones del trabajo de campo, realizando una secuencia progresiva de toma de puntos con coordenadas geográficas que posteriormente podrán ser representadas en un plano, y con ello contribuir al diseño del sector de estudio" (IGVSB, 2011)[1].

4.1.1.1 Levantamiento Topográfico

Franquet & Querol (2010), definen al levantamiento topográfico como el conjunto de operaciones ejecutadas sobre un terreno con los instrumentos adecuados para poder confeccionar una correcta representación gráfica o plano. Este plano resulta esencial para situar correctamente cualquier obra que se desee llevar a cabo, así como para elaborar cualquier proyecto técnico. Si se desea conocer la posición de puntos en el área de interés, es necesario determinar su ubicación mediante tres coordenadas que son latitud, longitud y elevación o cota. Para realizar levantamientos topográficos se necesitan varios instrumentos, como el nivel y la estación total. El levantamiento topográfico es el punto de partida para poder realizar toda una serie de etapas básicas dentro de la identificación y señalamiento del terreno a edificar, como levantamiento de planos (planimétricos y altimétricos), replanteo de planos, deslindes, amojonamientos y demás. Existen 2 grandes modalidades:

- *Levantamiento topográfico planimétrico:* es el conjunto de operaciones necesarias para obtener los puntos y definir la proyección sobre el plano de comparación.
- *Levantamiento topográfico altimétrico*: es el conjunto de operaciones necesarias para

[1] IGVSB, (2011). "Instituto Geográfico de Venezuela Simon Bolívar", Levantamiento topográfico con fines catastrales.

obtener las alturas respecto al plano de comparación (nivel del mar).

4.1.1.2. Fotointerpretación

La fotointerpretación de imágenes satelitales es considerada como "el arte de examinar imágenes fotográficas con el propósito de identificar los objetos y juzgar su importancia". (Photogrammetry, 1996)[2].

Para la UNSL[3] (2011), la fotointerpretación es el "conjunto de principios y técnicas tendientes a identificar y deducir características de los fenómenos registrados en las Fotografías Aéreas" y puede presentar las siguientes ventajas:

- Permite observar el terreno en forma tridimensional
- Permite realizar mediciones de distancias, áreas y ángulos
- La fotografía aérea muestra una visión sinóptica del terreno: es decir, en una pequeña superficie como la que abarca la foto aérea, se encuentra condensada abundante información del terreno
- Permite obtener información de áreas de difícil acceso o inaccesibles como por ejemplo las áreas montañosas

Su utilización disminuye los costos de un estudio ya que permite hacer más eficiente el trabajo de campo, al poder seleccionar los sitios de interés y las vías de acceso en forma previa.

4.1.2. Geomorfología

Morris (1889), considera a la geomorfología como la rama de la geografía física que tiene como objeto el estudio de las formas de la superficie terrestre enfocado a describir, entender su génesis y su comportamiento de las formas de la superficie terrestre que es el resultado de un balance dinámico que evolucionan en el tiempo entre procesos constructivos y destructivos.

La geomorfología se especializa en estructural (que atiende a la arquitectura geológica) y

[2] Photogrammetry, (1996) Sociedad Americana de fotogrametría. Manual de fotogrametría-pág. 8.

[3] UNSL, (2011) Universidad Nacional de San Luis. Fotointerpretación Argentina-pág. 23.

climática (que se interesa por el modelado), incorpora las técnicas estadísticas sedimentológicas, en laboratorio y, sobre todo, pierde su aislamiento para convertirse en una ciencia que atiende múltiples factores e inserta el estudio del relieve al conjunto de relaciones naturales que explica globalmente la geografía física (Duque Escobar, 2016).

Su conexión tiene que contar prioritariamente con el factor geológico que explica la disposición de los materiales. Las estructuras derivadas de la tectónica y de la litología configuran frecuentemente los volúmenes del relieve de un modo más o menos directo.

El clima introduce modalidades en la erosión y en el tipo de formaciones vegetales, de modo que la morfogénesis adquiere características propias en cada zona climática. La elaboración de geoformas también depende de los paleoclimas que se han sucedido en un determinado lugar.

De las condiciones climáticas, biogeográficas, topográficas y litológicas, depende la eficacia erosiva de los cursos de agua y de otros modos de escorrentía. Aquí habrá que considerar el conjunto de la red hidrográfica.

La cobertura vegetal introduce un tapiz protector en la interface atmósfera-litosfera, razón por la cual la biogeografía da claves importantes en el análisis de las geoformas y de los procesos que las modelan. Pero esta cobertura no depende sólo del clima y del sustrato rocoso, sino también de la acción antrópica. (Duque Escobar, 2016).

4.1.3. Geología

Freitas (1995), establece que la geología es la “ciencia que concierne a la tierra y las rocas de la que está constituida, los procesos que las formaron durante el tiempo geológico y el modelado de la superficie en el pasado y en el presente”, razón por la cual se hace imprescindible el identificar el tipo de materiales existentes en la zona donde se implantará el Puerto Seco Comercial, determinar su litología, correlacionar la información levantada en el campo con la existente de trabajos realizados en zonas cercanas al lugar de estudio.

La geología es considerada como una “ciencia que estudia el planeta Tierra en su conjunto, describe los materiales que la forman para averiguar su historia y su evolución e intenta comprender la causa de los fenómenos endógenos y exógenos” (Escobar, 2013).

4.1.3.1. Levantamiento Geológico

Rodríguez (2017), indica que la base de la geología es el trabajo de campo, y el documento que resulta es el mapa geológico. En éste se documentan los tipos de roca que se encuentran en la superficie terrestre y las relaciones de contacto entre ellos. También se ubican los rasgos estructurales que presentan las rocas, que pueden ser primarios (estratificación, rizaduras, vesículas, etc.) o bien secundarios (fracturas, foliación, pliegues, etc.). Un mapa geológico incluye tanto 'datos duros' como cierto grado de interpretación; en un buen mapa geológico, es muy clara la diferencia entre los datos y las inferencias.

El objetivo del levantamiento geológico en el área de estudio es el obtener un mapa que ponga en evidencia los materiales constitutivos de la zona, las condiciones y procesos geológicos que han intervenido, datos que se constituye como la base para lograr desarrollar el estudio geotécnico.

4.1.4. Geología Estructural

Belousov (1979), considera que la Geología Estructural es una parte de la Geotectónica, es decir, de esa asignatura geológica que estudia las particularidades de la estructura y desarrollo de la corteza terrestre relacionada a los procesos mecánicos, movimientos y deformaciones que tiene lugar en ella. Permitiendo evidenciar las estructuras existentes en el área de estudio.

La Geología Estructural trata de la “forma, distribución y estructura interna de las rocas, haciendo especial énfasis en los procesos que intervienen en su deformación tanto a pequeña como a mediana escala, así como la descripción de las rocas y los procesos que tienen lugar en la corteza terrestre” (Martínez, 2003).

4.1.4.1. Estructuras Geológicas

Son los rasgos físico-geométricos mayores que presentan las rocas, sedimentos y suelos, incluye deformaciones como los pliegues, así como los planos de estratificación, discordancias, diaclasas, fallas, entre otros. Las estructuras indican las condiciones de formación de las rocas, sedimentos o suelos, así como los cambios físicos posteriores que los han afectado (Oyarzún, 2009).

4.1.5. Hidrogeología

Mijaylov (1989), define a la hidrogeología como la ciencia que estudia el origen y la formación de las aguas subterráneas, las formas de yacimiento, su difusión, movimiento, régimen y reservas, su interacción con los suelos y rocas, su estado (líquido, sólido y gaseoso) y propiedades (físicas, químicas, bacteriológicas y radiactivas); así como las condiciones que determinan las medidas de su aprovechamiento, regulación y evacuación.

La hidrogeología es una "ciencia mediante la toma de muestras de rocas y suelos, medidas de indicadores de estructura y con información de perforaciones, sondeos, trabajos de geofísica aportan información relevante sobre las estructuras profundas y para determinar los volúmenes de agua subterránea" (Ochoa, 2013).

4.2. Estudios Geofísicos

4.2.1. Geofísica

Para Manilla Aceves (2003), la geofísica es la ciencia que estudia los fenómenos físicos que se producen en nuestro planeta, destacando entre estos, el electromagnetismo, la propagación de ondas mecánicas en la corteza terrestre y la gravedad. Esta ciencia puede definirse como la aplicación de la física y la geología al estudio de los materiales que componen la corteza terrestre y de los campos de fuerza que surgen de ella y ejercen su influencia hacia el exterior.

Los objetivos de la prospección geofísica, utilizando los contrastes y variaciones de las propiedades físico-químicas, son localizar en el subsuelo estratos (de rocas, tobas, suelos) que representen masas resistentes, y, que puedan soportar una obra civil; además de localizar yacimientos de: agua, petróleo, gas, vapor, y minerales de interés económico para el hombre; así como en el monitoreo de flujo y transporte de contaminantes; mapeo de eventualidades geológicas que representen un riesgo potencial para las obras civiles. (Manilla Aceves, 2003).

4.2.1.1. Niveles Freáticos

Tarbuck & Lutgens (2005), mencionan que varios factores contribuyen a la irregularidad

superficial del nivel freático; una influencia importante es el hecho de que el agua subterránea se desplaza muy despacio y a velocidades variables bajo diferentes condiciones. Debido a ello, el agua tiende a debajo de las áreas altas entre valles de corrientes fluviales. Si la lluvia cesara por completo, estas, de agua freática se hundirían lentamente y se aproximarían de manera gradual al nivel de los valles. Sin embargo, se suele añadir nuevo suministro de agua de lluvia con la suficiente frecuencia.

4.2.1.2. Sondeo Eléctrico Vertical

Auge (2008), considera al sondeo como un conjunto de determinaciones de la resistividad aparente, efectuadas con el mismo tipo de dispositivos lineal y separación creciente entre los electrodos de emisión y recepción. El objetivo de un SEV es la obtención de un modelo de variación de la resistividad aparente en función de la profundidad, a partir de mediciones realizadas en superficie. La profundidad alcanzada por la corriente aumenta a medida que crece la distancia AB, aunque generalmente no existe una relación de proporcionalidad entre ambas.

Consiste en determinar las resistividades aparentes mediante medidas en superficie con cuatro electrodos (A, M, N, B) que se sitúan en distintas posiciones con una separación creciente entre sí. Se obtiene los datos de campo para el cálculo de las resistividades y espesores mediante el empleo del programa computacional de interpretación. Para el desarrollo de un proyecto se considera obtener el espesor y la homogeneidad de las capas en mínimo dos puntos del terreno, los mismos que permitirán una valoración media del terreno y la detección de anomalías o la presencia de niveles freáticos en el lugar (Auge, 2008).

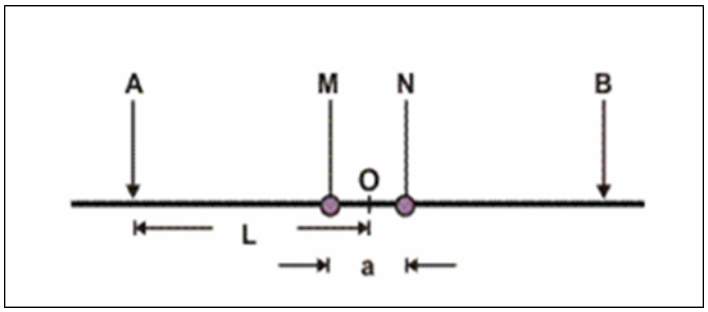


Figura 1. Arreglo de Schlumberger
Fuente: Métodos para la Prospección de Aguas Subterráneas

En el polígono de construcción de Puerto Seco se aplicaran estos sondeos con la finalidad de determinar la existencia o no del nivel freático, y estimar la litología del lugar a profundidad.

4.3. Estudios Geotécnicos

4.3.1. Geotecnia

Sagaseta (2010), establece que la ingeniería geotécnica es la rama de la ingeniería geológica que se encarga del estudio de las propiedades mecánicas e ingenieriles de los materiales provenientes del medio geológico previo a desarrollar la fase de construcción, investigando el suelo y las rocas por debajo de la superficie para determinar sus propiedades y diseñar las cimentaciones acordes al tipo de infraestructura a emplazar. Siendo que en el caso de estudio, y según la NEC-SE-CG[4], se trata de unidades de construcción de categoría baja (hasta 3 niveles), como andenes de carga y descarga, bodegas, vías de acceso, entre otras.

"La Geotecnia es el conjunto de técnicas tanto de campo como de laboratorio, que permiten conocer el terreno para utilizarlo adecuadamente como elemento de construcción, bien directamente como material (en caminos, diques, canales, etc.), bien como soporte de una estructura determinada (cimentaciones)" (Pascual, 2005).

4.3.2. Estudio Geológico-Geotécnico

Cantabria (2010), menciona que los estudios geológico-geotécnicos hacen 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, a más de identificar las características geológicas de suelo, también reconoce los comportamientos de los geomateriales desarrollados a través de las propiedades físicas y mecánicas".

La prioridad del estudio geológico-geotécnico en el polígono de construcción (Puerto Seco Comercial), es por la presencias de materiales de relleno, con lo cual se enfatiza en

[4] NEC-SE-CM (2014-2015), Norma Ecuatoriana de la Construcción - Geotecnia y Cimentaciones.

desarrollar las prospecciones adecuadas con las respectivas tomas de muestras para su identificación; a fin de prevenir fenómenos naturales o propiciados por la actividad humana, tales como deslizamientos de terreno, hundimientos de tierra, (procesos de remoción en masa); así como medidas para diseños de estructuras de contención, control de aguas de infiltración y de escorrentía en el medio geológico (subdrenes, cunetas, filtros, etc.).

4.3.3. Caracterización geotécnica del terreno

La caracterización geotécnica tiene como finalidad "recopilar e interpretar de forma técnica la información obtenida por medio de los estudios geotécnicos, con el propósito de caracterizar el suelo o material del sitio donde se desea realizar un proyecto, y así determinar mediante una evaluación detallada de los posibles modos de falla y deformaciones que pueden acontecer en el estrato de estudio" (Ureta Chalen, 2017).

4.3.3.1. Resistencia de los suelos

"El suelo es un agregado natural de partículas minerales de distintos tamaños. Está compuesto por materiales con propiedades específicas y capacidades de carga diferentes, lo que define su resistencia. La resistencia del suelo, tiene valores de toneladas por metro cuadrado (Tn/m^2), es decir, cuantas toneladas puede aguantar un metro cuadrado de superficie de suelo. Para ello se presentan dos tipos de terrenos en cuanto a los componentes que lo integran: suaves y rocosos" (Vivienda, 2010).

	TERRENOS SUAVES	RESISTENCIA Ton/m2
SUELO	GRAVAS Y ARENAS MEZCLADAS CON ARCILLA SECA.	40 a 60
	ARCILLA SECA EN CAPAS GRUESAS	Hasta 40
	ARCILLAS MEDIANAMENTE SECA EN CAPAS GRUESAS.	Hasta 30
	ARCILLAS BLANDAS.	10 a 15
	ARENA COMPACTA, CONGLUTINADA, COMPACTA	Hasta 40
	ARENA LIMPIA Y SECA, EN SUS LECHOS NATURALES Y COMPACTOS	Hasta 20
	TIERRA FIRME SECA, EN SUS LECHOS NATURALES.	Hasta 4
	TERRENOS DE ALUVIÓN.	5 a 15
	LOS TERRENOS DEL VALLE DE MÉXICO.	2 a 5
	TERRENOS ROCOSOS	**RESISTENCIA Ton/m2**
SUELO	ROCA GRANÍTICA	Hasta 300
	PIEDRA CALIZA, EN LECHOS COMPACTOS.	Hasta 250
	PIEDRA ARENISCA, EN LECHOS COMPACTOS.	Hasta 200
	ROCA BLANDA O ESQUISTOS	80 a 100
	GRAVAS Y ARENAS COMPACTAS.	60 a 100
	GRAVAS, SECAS GRUESAS, COMPACTA.	Hasta 60

Figura 2. Resistencia del suelo ante la adición de carga
Fuente: Comisión Nacional de Vivienda, México 2001.

4.3.3.2. Clasificación de los suelos

Gordillo (2013), presenta el Sistema Unificado de Clasificación de Suelos Unified Soil Classification System (SUCS) como un sistema usado en ingeniería y geología para describir la textura y el tamaño de las partículas de un suelo. Este sistema de clasificación puede ser aplicado a la mayoría de los materiales sin consolidar y se representa mediante un símbolo con dos letras. Cada letra es descrita. Para clasificar el suelo hay que realizar previamente una granulometría del suelo mediante tamizado.

La clasificación AASHTO "establece 7 grupos de suelos y agregados con base en la determinación en el laboratorio de la granulometría, el límite líquido y el límite plástico. Un octavo grupo corresponde a los suelos orgánicos" (Bowles J, 1980).

Para la clasificación de los suelos del área de estudio, se tomó como referencia la propuesta por la NEC-SE-CM (2014-2015), donde los suelos se identifican de la siguiente manera:

- *Suelos no cohesivos o granulares*

Se consideran como suelos no cohesivos o granulares, según el Sistema Unificado de Clasificación de Suelos (SUCS) y la norma ASTM D2487-2000, los siguientes:

  - Gravas: todos los materiales clasificados como GW, GP, GM, GC, GC-GM, GW-GM, GW-GC, GP-GM, GP-GC.
  - Arenas: todos los materiales clasificados como SW, SP, SM, SC, SC-SM, SW-SM, SW-SC, SP-SM, SP-SC, en los cuales 30% o menos del peso pase por tamiz No. 200 (suelos finos menores o iguales al 30%) y que tengan límite líquido $w_L \leq 30\%$ e índice plástico $IP \leq 15\%$.

- *Suelos cohesivos o finos*

Se consideran como suelos cohesivos o finos, arcillas y limos, todos aquellos que no cumplan con las condiciones de suelos no cohesivos o granulares.

4.3.3.3. Técnicas de perforación

Siapa (2014), menciona que para llevar a cabo la exploración del subsuelo hasta una profundidad determinada, la cual está condicionada por la susceptibilidad a excavarse manual o mecánicamente, a la estabilidad de sus paredes y a la presencia del nivel de

aguas freáticas. Si la excavación de los pozos a cielo abierto resulta limitada por profundidad, se requiere realizar la exploración con equipo de perforación, que permita efectuar el muestreo de los materiales a profundidades mayores. El equipo de perforación consta de máquinas de percusión y/o rotación, de bombas de lodos y agua, tuberías, barras, andenes y herramienta de perforación.

4.3.3.4. Ensayo de penetración estándar (S.P.T.)

Ureta Chalen (2017), manifiesta que el ensayo de penetración estándar consiste básicamente en la ejecución de perforaciones mecánicas de suelo en el sitio del proyecto; por lo general este ensayo se utiliza para caracterizar depósitos de suelos granulares y arcillas de consistencia rígida, donde el uso del tubo Shelby se torna complicado.

En el polígono de construcción son empleados con la finalidad de obtener muestras de suelo a cada meto explorado, mismas que permitan determinar el tipo de material existente, y las propiedades físico mecánicas reales. El esquema de muestreo para suelos se muestra en la siguiente figura

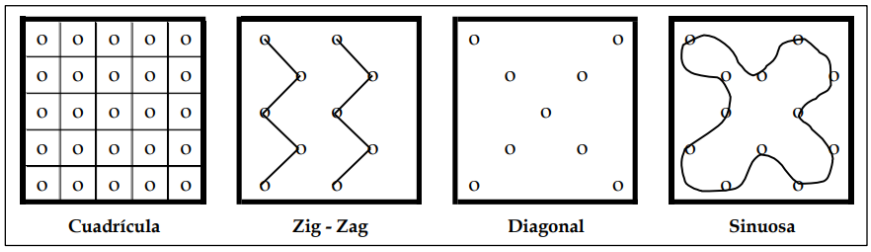


Figura 3. Tipos de esquemas para la toma de muestras
Fuente: Toma de muestras para análisis de suelos. Complejo de Laboratorios-Córdoba 2011

Santi (2012), propone el siguiente sistema de ejecución del SPT

El ensayo S.P.T. (Standard Penetration Test) consiste básicamente en contar el número de golpes (N) que se necesitan para introducir dentro un estrato de suelo un toma-muestras (cuchara partida) de 30 cm. de largo, a diferentes profundidades (generalmente con variación de metro en metro). Él toma-muestras es golpeado bajo energía constante, con una maza en caída libre de 140 lb. (33.5 Kg.), y una altura de caída de 30 plg. (76,2 cm.). Este ensayo se realiza en depósitos de suelo arenoso y de arcilla blanda; no es recomendable llevarlo a cabo en depósitos de grava, roca o arcilla consolidada, debido a

los daños que podría sufrir el equipo de perforación al introducirlo dentro de dichos estratos.

Equipo:

- Pesa de 140 lb. con una altura de caída de 30 plg.
- Barras y brazos de perforación
- Muestreador, cuchara o tubo partido con las siguientes dimensiones:
  - Largo: 50 cm.
  - Diámetro exterior: 51 mm.
  - Diámetro interior: 35 mm.
  - Peso total: 70 N. (16 lb.).
- Trípode de carga
- Flexómetro
- Parafina sellante
- Fundas de plástico
- Tarjetas de identificación

Figura 4. Montaje de equipo para SPT
Fuente: El Autor

De forma general el ensayo se ejecuta de la siguiente manera:

- En primer lugar se realiza un sondeo hasta la profundidad establecida, y a continuación se lleva al fondo de dicha perforación una cuchara normalizada que se

hinca 15 cm. en la capa a reconocer, a fin de eliminar la zona superficial parcialmente alterada.

- Se hace entonces una señal sobre el varillaje y se cuenta el número de golpes (N) necesarios para hincar de nuevo la cuchara, la profundidad de un pie (30 cm.). Como se mencionó anteriormente, la masa que se utiliza para la hinca es una pesa de 140 lb. y su altura de caída es 30 plg., lo que corresponde a un trabajo de 0.5 KJ por golpe, aproximadamente.
- Entonces el parámetro medido será: N = N1 + N2, en donde N1 corresponde a el número de golpes necesarios para hundir el tomamuestras 15 cm. y N2 es en número de golpes que se necesita para hundir los 15 cm. restantes del toma-muestras.
- Finalmente se abre la cuchara partida y se toma la muestra de su interior, para realizar los ensayos correspondientes (contenido de humedad, granulometría, límites de Atterberg, etc.).

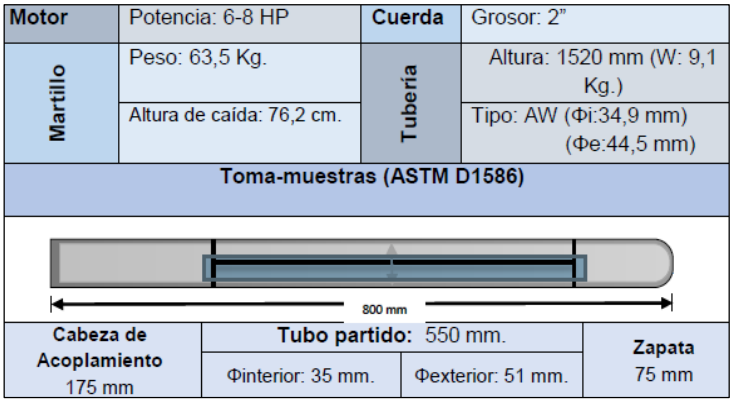


Figura 5. Tubo partido o cuchara para muestra de suelo
Fuente: Estudio Geológico-Geotécnico, Viteri Juan-2016

Este ensayo se debe realizar máximo hasta los 50 golpes, ya que, después de este límite, introducir el equipo de perforación dentro del estrato puede causar daños al mismo. Cuando tenemos este caso, se dice que existe rechazo o rebote (roca o suelo muy bueno).

4.3.3.5. Perforación a diamantina o sondeo vertical a rotación

El sondeo mecánico a rotación "es la técnica fundamental en todo reconocimiento geotécnico. Es una perforación de pequeño diámetro, generalmente entre 65 y 140 mm que permite reconocer la naturaleza y la localización de las diferentes capas del subsuelo mediante la extracción continua de testigo de suelo o roca, a la vez que se alterna con

ensayos geotécnicos de penetración y extracción de muestras inalteradas, en los casos en que es posible" (Santi, 2012).

Figura 6. Equipo de perforación
Fuente: El Autor

El empleo de este tipo de sondeo en el área de estudio es muy útil, ya que brindará información a mayor profundidad de la que se puede alcanzar con el SPT, mediante la recuperación de testigos pudiendo analizarlos y determinar el comportamiento de los materiales en el sitio. En el área de estudio se prevé perforar hasta la profundidad de 15 m, obteniendo muestras de suelo a cada meto explorado a través de la prueba de penetración estándar (SPT), con la finalidad de determinar la litología, corroborar información de los sondeos y las propiedades físico-mecánicas del terreno.

4.4. Ensayos de laboratorio para muestras de suelo

La finalidad de realizar los análisis en laboratorio a las muestras de suelo recolectadas de los SPT y la perforación del polígono Puerto Seco; es determinar las características de los materiales y las condiciones reales que ofrece antes de realizar trabajos de construcciones en el sitio de interés.

4.4.1. Determinación del límite líquido (LL)

Según Canales (2008), el límite líquido está definido como el contenido de humedad en el cual una masa de suelo se encuentra entre el estado plástico para pasar al estado líquido o semilíquido, en donde el suelo toma las propiedades y apariencias de una suspensión. Puesto que no existe una separación muy clara entre los estados de consistencia semilíquido, plástico y semisólido, se ha ideado el procedimiento estándar para la

determinación de éste límite; el cual se denomina "método mecánico" el que ideó Casagrande y también denominado "Copa de Casagrande".

4.4.2. Determinación del límite plástico (LP)

"El límite plástico está definido como el "contenido de humedad en el cual una masa de suelo se encuentra entre el estado semisólido y el estado plástico; en el estado semisólido el suelo tiene la apariencia de un sólido, pero aún disminuye de volumen al estar sujeto a secado y en el estado plástico el suelo se comporta plásticamente. Arbitrariamente, también se define como el contenido de humedad del suelo al cual un cilindro se rompe o se agrieta, cuando se enrolla a un diámetro aproximado de tres milímetros (1/8 plg), al rodarse con la palma de la mano sobre una superficie lisa" (Canales, 2008).

4.4.3. Índice de plasticidad (IP)

Para Canales (2008), es la diferencia entre el límite líquido (LL) y el límite plástico (LP). El cual representa la variación de humedad que puede tener un suelo que se conserva en estado plástico. Tanto el límite líquido como el límite plástico dependen de la calidad y tipo de arcilla presente en la muestra, sin embargo el índice de plasticidad depende generalmente, de la cantidad de arcilla en el suelo

$$IP = LL - LP$$

Atterberg clasificó el IP en diferentes secciones, que varía de 0 hasta 17, en los cuáles los suelos se comportan de acuerdo a la magnitud del índice de plasticidad, es decir, que se muestra un indicativo para razonar como trabaja el suelo en el terreno.

Si IP = O	Si no es posible determinar uno de los dos límites (LL o LP), o si la diferencia es negativa (IP), el suelo se clasifica como No Plástico (NP).
Si IP < 7	El suelo tiene una baja plasticidad
Si 7 < IP < 17	El suelo es medianamente plástico
Si IP > 17	Suelo altamente plástico

Figura 7. Clasificación de los suelos según su índice plástico (IP)
Fuente: Joseph E. Bowles. Manual de Laboratorio de Suelos en Ingeniería Civil

4.4.4. Granulometría

Canales (2008), considera que la variedad en el tamaño de las partículas del suelo casi es ilimitada; por definición, los granos de mayor tamaño son los que se pueden mover con gran facilidad, mientras que los más finos son tan pequeños que no se puede apreciar con un microscopio corriente. Las partículas producidas por la meteorización mecánica rara vez son de diámetro inferior a 0.001 mm y generalmente, son mucho mayores. Para clasificar por tamaño de partículas gruesas, el procedimiento más expedido es el tamizado.

Para lograr esto se obtiene la cantidad de material que pasa a través de un tamiz con una malla dada pero que es retenido en un siguiente tamiz, cuya malla tiene diámetros ligeramente menores a la del anterior. Es evidente que el material retenido de esta forma en cualquier tamiz consiste en partículas de muchos tamaños, los cuáles son menores al tamaño de la malla anterior a la que pasó. El número del tamiz, los micrones, la apertura nominal en milímetros y pulgadas están escritos en una placa de metal permanente en cada tamiz. Todos los tamices cumplen con la norma ASTM E11; AASHTO M92.

Tamaños de Tamices Norma USA y sus equivalentes		
No. Alternativo	Abertura nominal plg	Abertura estándar mm
4"	4.000	100 mm
3 1/2"	3.500	90 mm
3"	3.000	75 mm
2 1/2"	2.500	63 mm
2.12"	2.120	53 mm
2"	2.000	50 mm
1 3/4"	1.750	45 mm
1 1/2"	1.500	37.5 mm
1 1/4"	1.250	31.5 mm
1.06"	1.060	26.5 mm
1"	1.000	25.0 mm
7/8"	0.875	22.4 mm
3/4"	0.750	19.0 mm
5/8"	0.625	16.0 mm
0.530"	0.530	13.2 mm
1/2"	0.500	12.5 mm
7/16"	0.434	11.2 mm
3/8"	0.375	9.5 mm
5/16"	0.312	8.0 mm
0.265"	0.265	6.7 mm
1/4"	0.250	6.3 mm
1/8"	0.125	3.17 mm
No. 3	0.223	5.6 mm
No. 4	0.187	4.75 mm
No. 5	0.157	4.00 mm
No. 6	0.131	3.35 mm
No. 7	0.110	2.80 mm
No. 8	0.094	2.36 mm
No. 10	0.078	2.00 mm
No. 12	0.066	1.70 mm
No. 14	0.055	1.40 mm
No. 16	0.046	1.18 mm
No. 18	0.039	1.00 mm
No. 20	0.033	850 µm
No. 25	0.027	710 µm
No. 30	0.023	600 µm
No. 35	0.019	500 µm
No. 40	0.016	425 µm
No. 45	0.013	355 µm
No. 50	0.011	300 µm
No. 60	0.009	250 µm
No. 70	0.008	212 µm
No. 80	0.007	180 µm
No. 100	0.005	150 µm
No. 120	0.0049	125 µm
No. 140	0.0041	106 µm
No. 170	0.0035	90 µm
No. 200	0.0029	75 µm
No. 230	0.0024	62 µm
No. 270	0.0020	53 µm
No. 325	0.0017	45 µm
No. 400	0.0014	38 µm

Figura 8. Tamaño patrón de tamices tipo USA
Fuente: ELE International. Testing Equipment for Construction Materials Catálogo 2007

5. MATERIALES Y METODOLOGÍA

5.1. Materiales

Tabla 1.- Equipos y materiales para desarrollar el proyecto

MATERIALES		
Equipo Topográfico • Estación Total Sokia N4 • Trípode • 2 prismas • 1 GPS de precisión	*Equipo de S.P.T.* • Martillo y cabezote • Pesa de 140 ±2 lb. • Tubo partido • Barreno espiral, pesas • Varillas para muestreo • Fundas plásticas	*Equipo de Geofísica* • Resistivimetro, ABEM SAS 4000 • Electrodos de corriente • Carretes de corriente • Conectores
Equipo de Perforación • Perforadora GXY-2C • Trípode de acero. • Tubería helicoidal de 1.5 m • Brazo de perforación	*Equipos de oficina y Software* • Computadora • Impresora • Flash memory • ArcGis 10.3 • AutoCAD 2016 • Google Earth	*Equipo de Laboratorio* • Casagrande: Límites de Atterberg • Juego de Tamices • Horno • Otros
Implementos de campo		
• Mapa geológico de Loja, esc. 1:45 000 • Tablero • Cámara fotográfica • Fichas y registros	• Transporte • Chaleco • Brújula (Brunton) • Martillo geológico • Fundas plásticas • Botas	• Flexómetro, • Marcadores de colores • Libreta • Otros

Elaboración: El Autor

5.2. Metodología

Para desarrollar el presente estudio Geológico-Geotécnico se consideró utilizar un compendio de métodos y técnicas como: Método Científico, Descriptivo, Deductivo, Analítico, de Campo, Experimental, Sintético, Técnica de Observación; mismos que fueron aplicados secuencialmente conforme avanzaron los trabajos, a fin de llegar a cumplir con los objetivos planteados y determinar las condiciones reales que ofrece el suelo antes de empezar con las labores de construcción de Puerto Seco Comercial.

La sistemática abarcó tres fases de trabajo:

- La primera es la fase de campo: mediante la cual se realizaron los trabajos in-situ que consistió en levantar la topografía de la zona (fotointerpretación y levantamiento topográfico); recabar información de rocas y suelos de los afloramientos del lugar; la aplicación de 2 sondeos eléctricos verticales dentro del polígono de construcción (7.8 has.) a fin de determinar la presencia del nivel freático; recolección de muestras de suelo a través de SPT, perforación y calicatas, las cuales proporcionaron información real de área para su posterior análisis
- La segunda es la fase de laboratorio: consistió en realizar los análisis correspondientes a las muestras recolectadas en campo SPT (38 muestras) y perforación (15 muestras), las mismas fueron recolectadas en cantidad aproximada de 1kg c/u. Los análisis correspondieron a propiedades físico-mecánicas como color, textura, contenido de humedad, límite líquido, límite plástico, granulometría.
- La tercera es la fase de gabinete: en la cual, luego de haber recolectado información generada a través del trabajo de campo y laboratorio, se procedió al análisis, correlación, interpretación y aplicación efectiva de los datos de los SEV, SPT, perforación y calicatas, determinando las condiciones actuales del terreno donde se construirá Puerto Seco Comercial.

5.2.1. Metodología para el primer objetivo

"*Realizar el levantamiento topográfico y geológico a detalle del área de estudio*"

5.2.1.1. Levantamiento topográfico

- *Fase de campo*

Para realizar el levantamiento se utilizó la estación total Sokia N4, prismas, GPS de precisión, etc. La superficie levantada comprende un área total de 28.9 hectáreas, de las cuales 7.8 corresponden al polígono de construcción Puerto Seco Comercial. Se inició tomando dos puntos de partida a través del GPS de precisión.

Tabla 2.- Puntos de partida del levantamiento topográfico

PUNTO DE PARTIDA (A)	PUNTO AUXILIAR (B)
Código: PSA	Código: PSB
X: 695963.209986	X: 695732.595593
Y: 9559243.34071	Y: 9559157.90129
Z: 2216.32	Z: 2244.56

Elaboración: El Autor

- *Fase de gabinete*
  - *Confección del mapa topográfico*

Los datos almacenados en el equipo topográfico fueron descargados en computadora con el software (ActiveSync-topografía), arrojando una tabla de Excel con coordenadas (X, Y, Z), estos datos fueron cargados al software ArcGis 10.3 donde se procedió a generar el mapa respectivo a escala 1:3.000, la separación de las curvas de nivel primarias a 5m y las secundarias a cada metro. El mapa fue trabajado con el Datum WGS 84 Zona 17 S (Ver anexo 2.1. Mapa topográfico).

5.2.1.2. Levantamiento geológico

- *Fase de campo*

Se lo realizó tomando como base el mapa topográfico del área de estudio y la descripción de afloramientos existentes y debidamente georreferenciados (Ver anexo 2.4. Ubicación en campo de Afloramientos).

Tomando en consideración elementos como la génesis de los materiales, tipo de roca, textura, coloración de los estratos, datos estructurales (rumbo y buzamiento), la presencia de zonas de contacto, líneas de fallas asumidas, rasgos geomorfológicos típicos de la zona, etc.

En el Anexo 3 se presentan las fichas con la información de campo levantada de cada uno de los afloramientos encontrados a través de una observación directa y minuciosa, describiendo las características de los materiales existentes y acorde con el formato del INIGEMM[5].

Una vez descrita la geología del área de estudio, ésta fue corroborada con el mapa geológico el sector urbano del cantón Loja (escala 1:45.000, Anexo 1.3). Cabe recalcar que el polígono de interés correspondiente a Puerto Seco señalado en el Anexo 2.2. Mapa Topográfico se constató que por tratarse de una superficie relativamente plana sin mayores pronunciaciones en su relieve y la ausencia de afloramientos, se optó por la construcción de 2 calicatas, cada una con dimensiones de 1.5 x 1.5 x 1.5m, las mismas

[5] INIGEMM. Instituto Nacional de Investigación Geológico Minero Metalúrgico – Ecuador.

que se realizaron de forma manual y fueron ubicadas considerando la topografía del sector y el sitio de menor incidencia antrópica (Ver anexo 2.4. Ubicación en campo de calicatas).

Una vez abiertas las calicatas se procedió a realizar el reconocimiento visual-manual de los diferentes estratos de suelo, sus rasgos litológicos, coloración, textura, potencia de los estratos, inclinación, etc.

- *Fase de gabinete*
  - *Confección del mapa geológico*

Tomando como base la topografía del área de estudio y los datos relevantes de cada uno de los afloramientos, dicha información fue procesada con la ayuda del software ArcGis 10.3, generando shapefiles con polígonos para representar la litología existente y la elaboración del mapa geológico local.

5.2.1.3. Mapa Geomorfológico

A través de la fotointerpretación e información recabada en campo y los mapas topográfico, geológico, de pendientes del área de estudio (escala 1: 3.000), y del mapa de uso de suelo del sector urbano del cantón (escala 1: 45.000), se elaboró el mapa geomorfológico.

Con la ayuda del software ArcGis 10.3, utilizando la herramienta Arc Toolbox se genera un mapa de sombras (Hillshade) con el raster de pendiente. Posterior a ello se generan polígonos de la zona considerando el desnivel relativo, la geología y el uso de suelo. (Ver Anexo 2.6. Mapa Geomorfológico).

5.2.1.4. Mapa de Pendientes

Para la elaboración del mapa de pendientes se consideró a la pendiente como una forma de medir el grado de inclinación del terreno, a mayor inclinación mayor valor de pendiente. La pendiente topográfica es la inclinación de una superficie con respecto a la horizontal.

La finalidad de este mapa es representar mediante colores las zonas del terreno. Para la categorización de las pendientes del área de estudio se basó en la clasificación dada por

Martínez & Mercado en 1992, y acoplándola a las condiciones del sector, se clasificó en 3 clases (***Tabla 3***).

Con la ayuda del software Argis 10.3 primeramente se genera un TIN (Red de Triangulación Regular), usando las curvas de nivel del levantamiento topográfico. Al TIN se lo convierte a modelo RASTER obteniendo el Modelo Digital de Terreno (MDT); posterior a ello se generó el modelo de pendientes (SLOPE), y reclasificándolo en 3 clases para obtener el mapa respectivo (Ver anexo 2.5. Mapa de pendientes).

Tabla 3.- Clasificación de pendientes

CATEGORÍAS	RANGO	COLOR
1. Terrenos planos a casi planos	0 - 5°	
2. Terrenos medianamente inclinados	5-15°	
3. Terrenos inclinados	> 15°	

Fuente: Martínez & Mercado 1992, y modificada por El Autor

5.2.2. Metodología para el segundo objetivo

"Identificar la estructura litológica y nivel freático del sector a través de una campaña geofísica (SEV`s)"

La prospección geofísica se compone de sondeos eléctricos verticales que nos permitan elaborar perfiles eléctricos para definir niveles freáticos y materiales saturados, como también tener un esquema de la estructura litológica del terreno.

En el estudio de resistividad eléctrica, se utilizó un Resistivimetro marca ABEM modelo Terrameter SAS 4000 propiedad de Estsuelcon Cía. Ltda., el cual utiliza un voltaje máximo de salida a los electrodos de corriente igual a 400 voltios (con selección de tres rangos automáticos de medida ± 250mV, ± 10V y ± 400V) y una amplitud de corriente que es fijada automáticamente por el instrumento, pero que también puede ser controlada por el operador para satisfacer las condiciones reales de los estudios.

El área de construcción del Puerto Seco Comercial abarca 7.8 hectáreas, donde se realizaron 2 sondeos eléctricos verticales situados estratégicamente ya que en esos puntos se encuentra la mayor concentración de aguas de escorrentía y encharcamiento (Ver anexo 2.4. Ubicación en campo de ensayos**)**. Fueron distribuidos de tal manera que permitan determinar la profundidad a la que se encuentra el nivel freático, y además

correlacionar la litología del sector.

La disposición de las líneas fue con respecto al arreglo de Schlumberger para medir la resistividad aparente del suelo, realizado con el equipo dónde AB/2 tuvo una separación de 100m.

5.2.3. Metodología para el tercer objetivo

"Determinar parámetros físico-mecánicos del suelo mediante ensayos de SPT`s, perforación y trabajo de laboratorio"

5.2.3.1. Fase de gabinete

Para determinar las propiedades físico-mecánicas del suelo, y considerando parámetros como la pendiente, geología, geomorfología, cursos superficiales de agua y los sondeos eléctricos realizados, se definió la ubicación de los ensayos de SPT y perforación en campo (Ver Anexo 2.4. Ubicación en campo de ensayos), a través del método sistemático diagonal a fin de obtener información fehaciente y puntual del polígono de construcción.

En oficina se elaboraron los diferentes formatos de fichas y registros para recolectar la información tanto de los ensayos de penetración standard (SPT), como de la perforación a diamantina con recuperación de testigo. Dicha información fue procesada al término de haber concluido los trabajos en campo y los análisis en laboratorio; todas las muestras de campo fueron analizadas en el laboratorio Estsuelcon Cía. Ltda., de la ciudad.

5.2.3.2. Fase de campo

- *Ensayo de Penetración Estándar (S.P.T.)*

Con la colaboración de la Compañía especializada en Estudio de Suelos, Laboratorio, Construcción y Consultoría Estsuelcon Cía. Ltda., de la ciudad de Loja, se realizaron 5 ensayos con la respectiva recuperación de testigo a cada metro explorado, utilizando la herramienta "saca muestras partido", ubicados de forma diagonal ya que se pretendió cubrir toda el área de construcción

El equipo utilizado para los SPT's estuvo conformado por un motor de combustión interna con 8 HP de potencia, fabricado en China y suspendido en un trípode a una altura

aproximada de 1,30m., cada sondeo se efectuó siguiendo el procedimiento de perforación y muestreo (Prueba de Penetración Estándar, SPT), en los estratos de suelo.

- *Perforación a diamantina con recuperación de testigo*

Con el objetivo de obtener mayor información del sitio de estudio; se ejecutó un sondeo a rotación continuo con recuperación de muestras a 15.0 metros de profundidad, la prueba de SPT se efectuó en toda la longitud de la perforación a cada metro, lo cual brindó información necesaria para determinar tanto la litología del subsuelo, la profundidad a la que se encuentra el nivel freático y el grado de saturación de los estratos.

El equipo de perforación utilizado constó de una perforadora GXY-2C, fabricada en China de 1470 r.p.m., en el año 2014 y cuenta con 8 velocidades.

5.2.3.3. Fase de Laboratorio

En función a los requerimientos para los trabajos y objetivos definidos, se ejecutaron los siguientes ensayos acorde con la norma ASTMD requerida, los cuales se mencionan a continuación:

Tabla 4.- Normas para ensayos de laboratorio

N°	ENSAYO	NORMA
1	Contenido de Humedad	ASTM D – 2216
2	Límite Líquido	ASTM D – 4318
3	Límite Plástico	ASTM D – 4318
4	Granulometría	ASTM D – 422

Elaboración: El Autor

Con los datos generados de los ensayos, se procedió a clasificar los materiales encontrados empleando el método de clasificación SUCS Y AASHTOO (Ver anexo 4. Tablas de Clasificación de los suelos).

4. RESULTADOS

6.1. Descripción Biofísica del Sector

6.1.1. Ubicación y Acceso

El sector de estudio llamado "Puerto Seco Comercial" se encuentra ubicado al nor-oeste de la ciudad, al margen izquierdo de la vía Ángel Felicísimo Rojas (sentido norte-sur), o también conocida como vía de Integración Barrial, perteneciente al sector Plateado Bajo de la parroquia urbana Sucre, del cantón y provincia de Loja (Ver Anexo 2.1. Mapa de ubicación del área de estudio).

Para acceder al área de estudio, se lo puede hacer de la siguiente manera

- Por vía aérea desde la capital (Quito) hasta el aeropuerto Camilo Ponce Enríquez de la ciudad de Catamayo en un tiempo estimado de 1 hora. Una vez en Catamayo, se puede desplazar por vía terrestre hacia la ciudad de Loja recorriendo 35 km., y aproximadamente al km 30 se intersecta con la vía de Integración Barrial, lugar donde se encuentra el sector Plateado Bajo.
- Por vía terrestre de Cuenca hacia Loja, recorrido aproximado de 200 km, a la altura del Barrio Carigan se toma la vía de integración barrial hasta intersectar con la vía Loja-Catamayo, llegando al sector del Plateado Bajo
- Como acceso alternativo se lo puede hacer por la vía interprovincial Zamora-Loja. Desde el Terminal Terrestre dirigiéndose por la vía Loja-Catamayo recorriendo 5 km y llegando al sector de interés.

6.1.2. Cobertura Vegetal y Uso de Suelo

La vegetación presente en la cuenca de Loja está constituida por 5 tipos de vegetación (Ver Anexo 1.2. Mapa de uso de suelo); distribuido de la siguiente manera:

Cultivos de ciclo corto con una superficie ocupada de 2790.77 has que corresponden al 48% y a la cual pertenece la mayor parte de la zona de estudio. Pastos cultivados con 1670.27 has que pertenece al 29.15% la cual también pertenece a la zona de estudio. Así mismo existen pastizales naturales que cubren una superficie de 49.79 has y corresponde al 0.87%. Bosque plantado con superficie de 43.62 has que corresponde al 0.76%. Vegetación arbustiva abarcando 13.37 has que corresponden al 0.23% del territorio. Por

último la zona urbana que tiene una superficie de 1074.84 has abarcando el18.76% de uso total.

La vegetación del área de estudio (***Figura 9***), es principalmente cultivos de ciclo corto como maíz, fréjol, tomate, alfalfa, acelga, col, caña de azúcar, etc.; y también en menor porcentaje se encuentran pastizales para el ganado.

Figura 9. Cultivos y vegetación del sector de estudio
Fuente: El Autor

6.1.3. Aspectos Socio-Económicos

6.1.3.1. Población

Según la información recolectada del VII Censo de Población y VI de Vivienda (INEC) 2010, la población del cantón Loja es de 214.855 habitantes, equivalente al 47% de la población de la provincia que es de 448.966 habitantes.

En el Sector El Plateado Bajo, que es donde se ubica el área de estudio; existe una población de aproximadamente unos 950 habitantes, que representan el 0.56% con respecto a la población del área urbana del cantón que es de 170.280 habitantes.

6.1.3.2. Vivienda

En la ciudad de Loja, según el INEC 2010, existen diferentes tipos de edificaciones que van desde hechas de adobe, tapia y bareque, hasta construcciones mixtas de hormigón armado.

En el sector de estudio se presentan construcciones simples como mediaguas y de hormigón. Dicha población no cuenta con servicio de alcantarillado sanitario, por lo que actualmente por parte del Municipio del cantón se está ejecutando dicha obra que no solo beneficia a la comunidad sino también contribuye a la estabilidad del suelo y trabajos previos a la construcción del Puerto Seco.

Figura 10. Viviendas del Plateado Bajo y construcción de obras sanitarias
Fuente: El Autor

6.1.3.3. Vialidad

Actualmente la vialidad de la ciudad, de acuerdo con el Ministerio de Transporte y Obras Públicas del Ecuador (MTOP), está considerada como buena, ya que cuenta con vías de primer y segundo orden en buen estado.

Los sectores aledaños al centro de la urbe (Plateado Bajo) cuentan con la vía de Integración Barrial, misma que conecta al sur con las parroquias de Malacatos y Vilcabamba, al oeste con el cantón Catamayo, y al noroeste con el cantón Saraguro.

6.1.4. Clima

Loja, por pertenecer al callejón Interandino es poseedora de un régimen climático húmedo, debido a la acción de los vientos alisos que siempre soplan desde el este.

Las temperaturas en la cuenca decrecen gradualmente con el incremento de elevación, fluctuando de 6-10° hacia las estribaciones, y de 15-22° hacia la zona de valle. Estos rangos de temperatura caracterizan a la cuenca con una temperatura promedio anual del aire de 16° *C*, y una humedad relativa del 75%.

Según registros publicados por el INAMHI de la estación meteorológica La Argelia (Loja) del periodo 2003–2012, en la ciudad se han registrado precipitaciones promedio anuales de 1028,91 mm/año, registrándose un pico máximo en los meses de Febrero, Marzo, Abril y un mínimo en el periodo de Julio, Agosto y Septiembre. Además el viento se desplaza en diferentes direcciones con velocidades que varían entre 1 y 4.3 m/s. (Gonzaga, 2015)

6.1.5. Hidrología

La red hidrográfica de la cuenca de Loja es de tipo dendrítica, los principales ríos Zamora y Malacatos quienes fluyen hacia el norte pasando por el centro de la urbe y descienden por el Este a la cuenca Amazónica para desembocar en el Océano Atlántico.

Como unidades hidrográficas de segundo orden cuya fluencia es más o menos perpendicular a los drenajes principales antes mencionados, se puede citar los ríos Jipiro y Zamora Huayco, así como las quebradas Mónica, Quillollaco, Potrerillos, La Banda, Las Pavas, San Cayetano, etc., cuyas configuraciones forman una red dendrítica con caudales que en su mayoría presentan volúmenes poco considerables.

La ***Figura 11*** corresponde a la vertiente situada al este del área de estudio, la cual su cauce se conduce para formar la quebrada Las Pavas que aporta sus aguas a la quebrada Turunuma y desemboca en el río Zamora. Actualmente este afluente se evidencia en la parte inferior del polígono de Puerto Seco ya que por motivo de la construcción de la Vía de Integración Barrial se encausaron sus aguas. (Ver Anexo 1.1. Mapa hidrológico del sector urbano de Loja).

Figura 11. Vertiente en el sector de estudio
Fuente: El Autor

6.2. Estudio Geológico – Geotécnico del Sector de Interés: Puerto Seco Comercial

6.2.1. Interpretación de imágenes aéreas

El área de construcción es una microcuenca de drenajes estacionarios y zonas de encharcamiento de agua (***Figura 12***), cuyos relieves naturales se deformaron por la acumulación de material de relleno con lo cual se ha alterado la depresión natural.

La fotointerpretación se realizó en base a imágenes aéreas tomadas en el año 2010, a escala 1:2500, cortesía del GAD Municipal; las que permitieron reconocer los lugares de acumulación natural de agua debido a la topografía de la zona e infiltraciones por pendiente. También se identificaron cursos antiguos de agua en sitios donde actualmente se presentan escorrentías superficiales.

Figura 12. Cursos antiguos de agua en el área de estudio antes del relleno
Fuente: Estsuelcon Cía. Ltda. 2016

6.2.2. Topografía

El sector de estudio está comprendido entre alturas que van desde los 2260 m s.n.m. en la parte más alta, hasta los 2189 m s.n.m. en la parte más baja (Ver Anexo 2.2. Mapa topográfico del área de estudio).

El levantamiento topográfico del sector de estudio está comprendido en un polígono de 28.9 hectáreas, de las cuales 7.8 hectáreas corresponden al Puerto Seco Comercial (polígono de construcción)

Según el perfil topográfico Corte A-B del Anexo 2.2, el área de estudio Puerto Seco se sitúa en una altitud comprendida entre 2194 m s.n.m. y 2220 m s.n.m.; donde, actualmente se registran infraestructura menores como son: las oficinas de Puerto Seco Comercial, un área menor destinada para la realización de las conocidas ferias de ganado en pie que se desarrollan todos los días jueves; así mismo, se ubica dentro de éste polígono el patio municipal de retención vehicular, y una menor área para estacionamiento de maquinaria pesada particular y camiones de expendio de ladrillo.

La elaboración del mapa topográfico se desarrolló con el software ArcGis 10.3, generando curvas de nivel principales y secundarias con separación de 5 y 1m respectivamente; con una escala de 1:3 500 y con proyección Universal Transversal de Mercator, Datum WGS84 Zona 17S.

6.2.3. Geología Regional

El área de estudio se encuentra asentada de acuerdo al mapa geológico de la zona urbana de Loja (Ver Anexo 1.3) dentro los Grupos Nabón y Quillollaco que se encuentra conformados principalmente de arcillas, tobas, areniscas y conglomerados.

Una estratigrafía preliminar para el área de Loja fue inicialmente establecida por Kennerley (1973), y luego Hungerbűhler (1997) muestra la existencia de dos áreas estratigráficas (O-E) definidas (***Figura 13***).

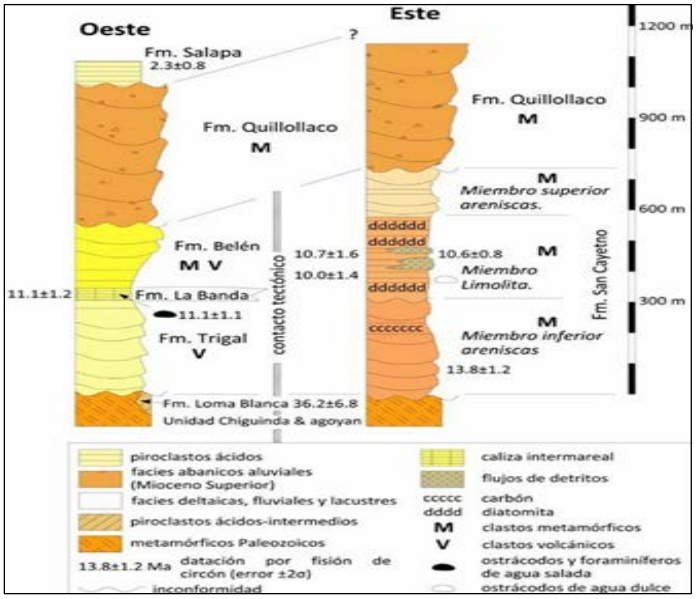


Figura 13. Columna estratigráfica de la Cuenca sedimentaria de Loja
Fuente: Hungerbűhler D, (2002)

- *Unidad Chiguinda (Paleozoico)*

Corresponde al basamento de la cuenca sedimentaria de Loja, conformada por rocas metamórficas de edad Paleozoica, como cuarcitas, filitas, esquistos, pizarras y escasamente metacuarcitas. Esta unidad aflora a través de los flancos occidentales y orientales de la cuenca sedimentaria, formando parte de la Cordillera Real.

- *Formación Trigal (Mioceno Medio)*

Se presente a lo largo del margen nor-occidental de la cuenca de Loja, esta formación está constituida de arenisca de grano grueso con láminas finas de conglomerados y capas menores de limonitas, los conglomerados son compuestos por pequeños clastos volcánicos (> 1 cm) que existe capas paralelas estratificadas dentro de las areniscas. Las areniscas muestran estratificación horizontal, planos estratificados cruzados y también contienen pequeños fragmentos de madera. La potencia varía de 50 metros en el oeste y 150 metros en el este hacia el contacto con la formación La Banda.

- *Formación La Banda (Mioceno Medio Tardío)*

Esta formación yace al nor-occidente de la cuenca de Loja, misma que se encuentra constituida por una secuencia de calizas (área de estudio), calizas masivas con moluscos y ostrácodos de lutitas fisibles carbonatadas, además presenta areniscas amarillas de grano fino y capas de cherts. Esta formación sobreyace sobre la formación Trigal, observándose localmente con un contacto poco erosivo o concordantemente, y está sobrepuesta concordantemente por la formación Belén. Posee una abundante fauna de ostrácodos y varios foraminíferos. La fauna indica una depositación marina poco profunda.

- *Formación Belén (Mioceno Inferior)*

Esta se localizada al noroeste de la cuenca de Loja, conformada por areniscas color marrón granuladas (área de estudio), con estratificación horizontal de conglomerados con cantos metamórficos y depósitos de desfase. La variación de facies, se interpreta para indicar una transición de un ambiente lagunar de la formación La Banda (calizas) a un ambiente fluvial y deltaico de carga mixta de la formación Belén (areniscas).

- *Formación San Cayetano (Mioceno Medio Tardío)*

Aflora en el barrio San Cayetano en la parte centro-oriental de la ciudad de Loja y está presente en su mayor parte al este del río Zamora. La formación puede ser dividida en tres miembros con límites transicionales: Miembro inferior de arenisca, contiene areniscas de color marrón, algunas pequeñas capas de conglomerados y lutitas. Los conglomerados son canalizados y contienen exclusivamente clastos metamórficos redondeados e imbricados, clasificados pobremente; las lutitas contienen gastrópodos y una rica macroflora; Miembro limonitas, abarca lutitas de color marrón, gris y blanco, abundantes capas de diatomita y algunos piroclastos horizontales. Existen también algunas hojas y abundante gastrópodos impresos entre superficies estratificadas y esqueletos enteros de peces que se encuentran preservados en estas laminaciones de superficies estratificadas; Miembro superior de areniscas, está dominado por areniscas de color marrón y lutitas. La formación San Cayetano descansa discordantemente en la Unidad Metamórfica Chiguinda.

- *Formación Quillollaco (Mioceno Tardío)*

Aflora en toda la cuenca, excepto en el borde nor-occidental. La formación está dominada por conglomerados muy granulados con pocas intercalaciones de areniscas. Los conglomerados son sostenidos y están compuestos por clastos metamórficos redondeados: filitas, cuarcitas, vetas de cuarzo y esquistos hasta 50 cm en diámetro. Las capas de conglomerados son hasta 4 m de espesor y a veces canalizadas. Su espesor varía desde de 600 m al sur de la cuenca, mientras que la parte central solo alcanzan 100 m a lo largo del margen este de la cuenca el espesor es 500 m. La formación Quillollaco yace con discordancia angular en la mayor parte de la cuenca con las formaciones: Trigal, Belén y San Cayetano.

- *Formación Salapa (Mioceno)*

Formación Salapa contiene líticos y tobas ricos en vidrio. Las tobas son fuertemente alterados también en instantes completamente transformados a caolinita por fenómenos de meteorización. Tiene una potencia de 10m. La formación Salapa descansa discordantemente en rocas metamórficas paleozoicas que bordean la cuenca de Loja.

6.2.4. Geología Local

Para definir la geología del área de estudio se realizó el inventario, análisis e interpretación de información tanto de los afloramientos como de calicatas

La ubicación geográfica del área de estudio se sitúa al nor-occidente de la cuenca sedimentaria de Loja, conformada por las formaciones La Banda (Mioceno Medio Tardío) y la formación Belén (Mioceno Inferior) (Ver Anexo 2.3. Mapa geológico local).

Durante el recorrido por la zona se identificaron 9 afloramientos georreferenciados en base al mapa topográfico (Ver Anexo 2.4. Mapa de ubicación de afloramientos), y las fichas de campo que arrojaron información puntual (Ver Anexo 3. Fichas de descripción de afloramientos).

6.2.4.1.Formación La Banda

Esta formación yace al nor-occidente de la cuenca de Loja donde se ubica el área de estudio, sobreyace sobre la formación Trigal, se presenta como un contacto poco erosivo y sobrepuesta concordantemente con la Formación Belén.

A esta formación pertenecen los afloramientos 1, 2 y 5 los mismos que se describen como sigue.

- Areniscas y lutitas

El afloramiento N° 1 (***Figura 14a***) se ubica al margen izquierdo de la vía de Integración Barrial, en el cual se denota la existencia de areniscas amarillentas claras de grano grueso con su principal componente el cuarzo, también presenta fragmentos de lutitas en forma de placas de 15 cm; por el tipo de material se deduce que procede de una depositación marina poco profunda, ya que también presenta pequeñas hojuelas de carbonatos que reaccionan al añadirse ácido clorhídrico al 10%.

En el afloramiento N° 5 (***Figura 14b***) ubicado al oeste del área de estudio presenta un rumbo N30°E y buzamiento de 11°NW, este afloramiento está compuesto en su mayoría por lutitas con la capacidad de dividirse en finas capas en pequeños espacios (lutitas fisibles); además lutitas clásticas constituidas por partículas de grano muy fino como de la arcilla o limo. Hay la presencia de óxidos de hierro y micro fracturas de 1 y 2 mm entre las capas.

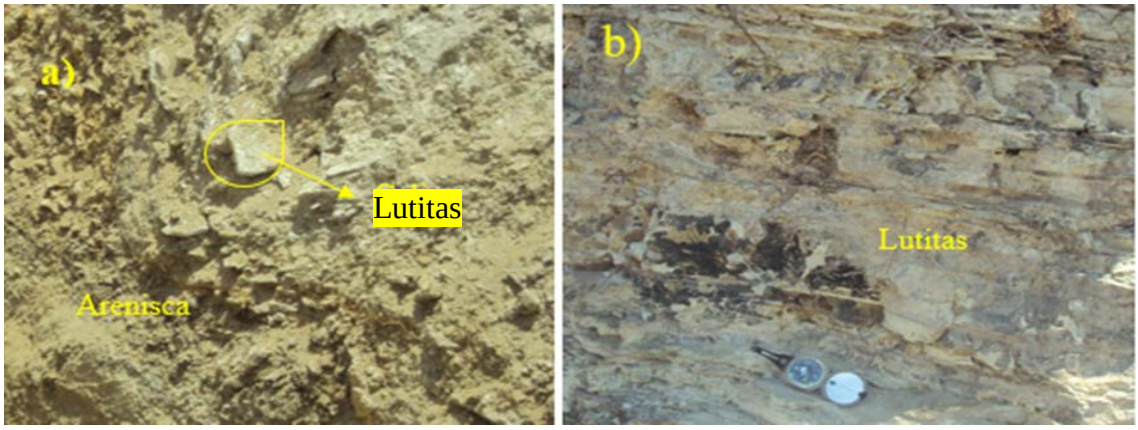


Figura 14. a) Afloramiento 1: Areniscas y lutitas. ***b)*** Afloramiento 5: Lutitas fisibles
Fuente: El Autor

6.2.4.2. Formación Belén

Esta formación subyace a la formación La Banda; se localizada al noroeste de la cuenca sedimentaria de Loja, está conformada por areniscas color marrón granuladas (área de estudio), con estratificaciones de conglomerados con cantos metamórficos y depósitos alterados. Por las características de los materiales encontrados se deduce que es originada en un ambiente fluvial y deltaico de carga mixta.

A esta formación pertenecen la mayoría de afloramientos levantados en el área de estudio; el N° 2, 3, 4, 6, 7, 8 y 9.

- Areniscas

El afloramiento N° 2 (***Figura 15a***) se ubica al margen izquierdo de la vía principal, presenta areniscas de grano medio de coloraciones claras en la parte inferior y marrón en la superior con una potencia de 5 m, además contiene fragmentos de cuarzo de 2 cm y arcillas negras plásticas, su vegetación es herbácea (pastos) presentando raíces a profundidades hasta de 70cm.

En el afloramiento N° 3 (***Figura 15b***) se distinguen las areniscas de color gris claro en la parte inferior derecha y marrón en la superior, tiene vegetación herbácea (pasto y cabuyos). Este afloramiento se sitúa al margen izquierdo de la vía principal, las areniscas se presentan más compactas que en el afloramiento 2, ya que al impacto con el martillo geológico se descomponen en bloques pequeños.

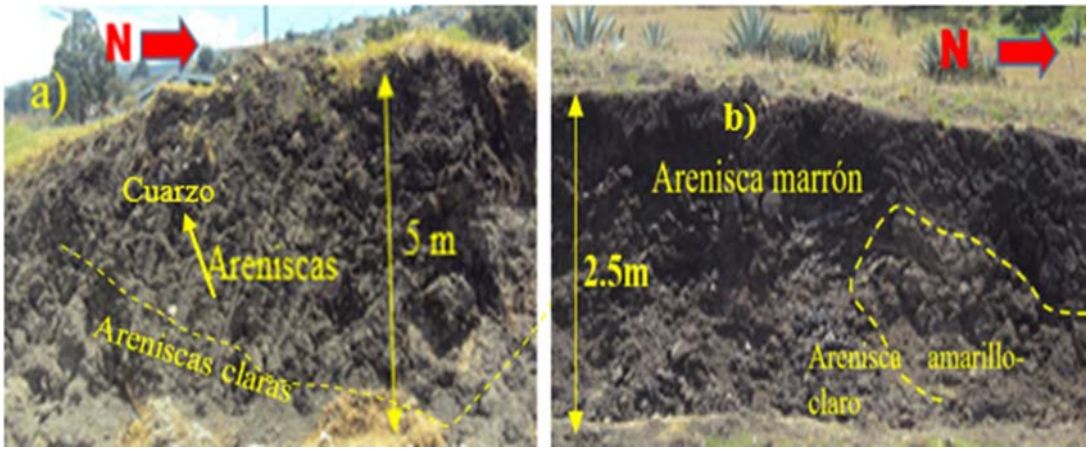


Figura 15. a) afloramiento 2: Areniscas. ***b)*** afloramiento 3: areniscas de color marrón
Fuente: El Autor

En el afloramiento N° 8 (***Figura 16a***) se evidencian areniscas de grano grueso y coloraciones claras, además clastos angulosos de roca ígnea producto del material de compensación colocado. Este afloramiento se ubica en la parte inferior del polígono de construcción, justo donde es evidente los drenajes colocados para evacuar las aguas infiltradas, presenta una potencia de 3.5m con rumbo N16°E y buzamiento 20°NW; donde las areniscas claras tienen una estrato de 2.8 m, hasta estar cubiertas por una capa de suelo arcilloso de coloración café oscuro de 0.7 m, además hay presencia de oxidación.

El afloramiento N° 9 (***Figura 16b***) está situado al margen derecho de la vía principal también presenta areniscas claras de grano medio y arcillas color marrón, con vegetación herbácea y una potencia total de 8.8 m. La particularidad en este afloramiento es que en la parte inferior subyacen lutitas de coloración blanquecina y limos lo que evidencia la zona de contacto ente las 2 formaciones geológicas (La Banda y Belén).

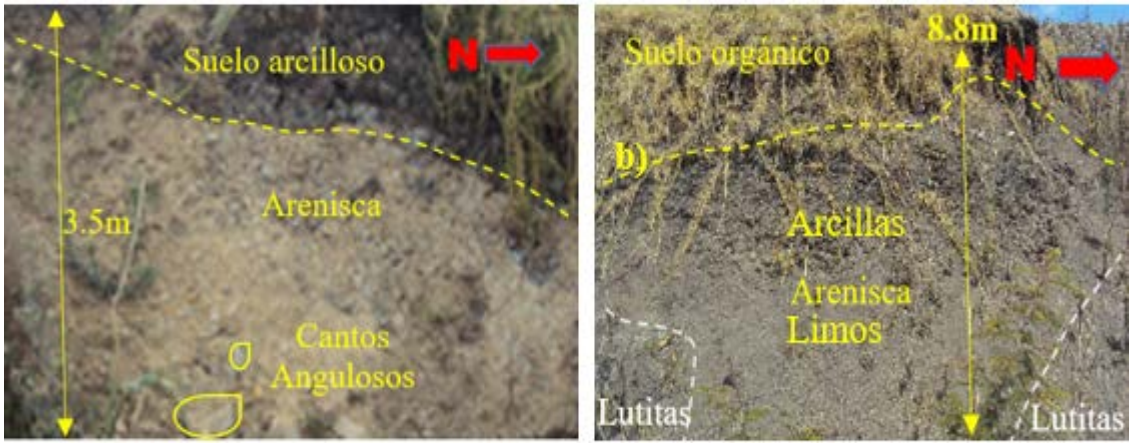


Figura 16. a) afloramiento 8: Areniscas claras. ***b)*** afloramiento 9: areniscas claras con arcillas
Fuente: El Autor

- Conglomerados

El conglomerado es roca sedimentaria de tipo detrítico, con fragmentos constitutivos que son mayores que los de la arena y unidos por material cementante limo, arena o arcilla.

El afloramiento N° 6 (***Figura 17***) ubicado en la parte norte del polígono de construcción al margen de una vía de tercer orden, está compuesto de conglomerado con matriz de arena y arcilla; presenta coloración rojiza anaranjada por minerales oxidantes (hierro). Además con clastos redondeados de hasta 9 cm, el grado de alteración es mínimo ya que se trata de suelo competente. No presenta estratificación ni fracturas evidentes.

Figura 17. Afloramiento 6: Conglomerado
Fuente: El Autor

- Areniscas, Limonitas y Conglomerados

El afloramiento N° 4 (***Figura 18***) se encuentra ubicado en la parte norte del área de estudio, correspondiente a la formación Belén y caracterizado por presentar areniscas amarillentas de grano medio con intercalaciones de conglomerado y estratificaciones de limonitas de coloración clara, existe la presencia de minerales oxidantes por la coloración anaranjada a rojiza, los clastos miden hasta 4 cm.; dichos materiales tienen estratificación con rumbo S49°W y buzamiento de 24°SE, la matriz cementante corresponde a arenisca de grano fino y arcillas de color gris, además hay la presencia de raíces a profundidad de1.3 m debido a la existencia de árboles (ciprés) en la cercanía del afloramiento.

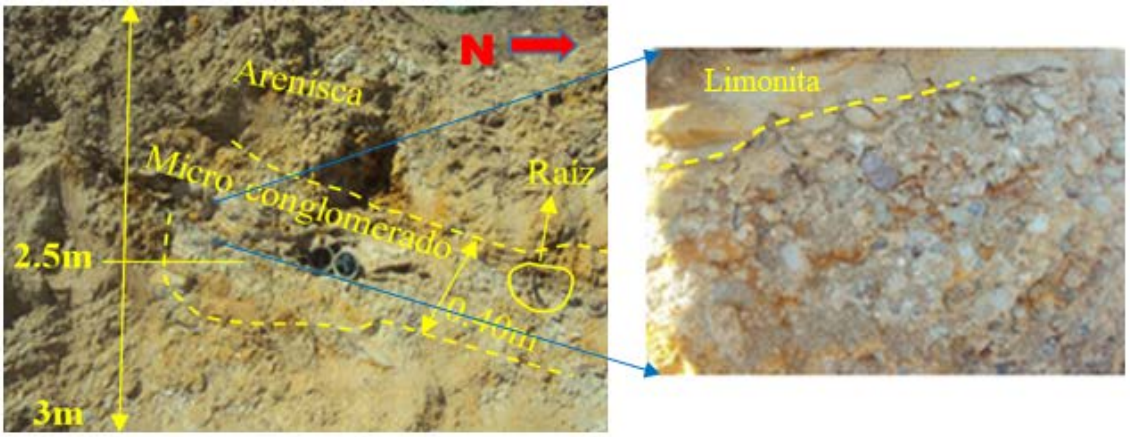


Figura 18. Afloramiento 4: Arenisca limonitas y conglomerado
Fuente: El Autor

El Afloramiento N° 7 (***Figura 19***) se ubica al este del área de estudio al margen derecho de la vía de segundo orden que separa el sector Plateado Bajo con la ciudadela La Lumbre; está constituido por areniscas de grano medio de coloración blanquecina con intercalaciones de capas de limonita rojiza clara y microconglomerado. El afloramiento tiene una potencia total de 3.2 m, los estratos tienen un rumbo de S19°W y buzamiento de 16°NW, presenta microfisuras de 4 mm entre las capas de limonita y arenisca, y fisuras producidas por las raíces presentes en la zona. Además alteraciones masivas en su estructura debido a los agentes erosivos generando fracturas y rompiéndose en bloques. Su vegetación se caracteriza de cabuyos y pastos. El diámetro de los microconglomerados es de hasta 1.7 cm.

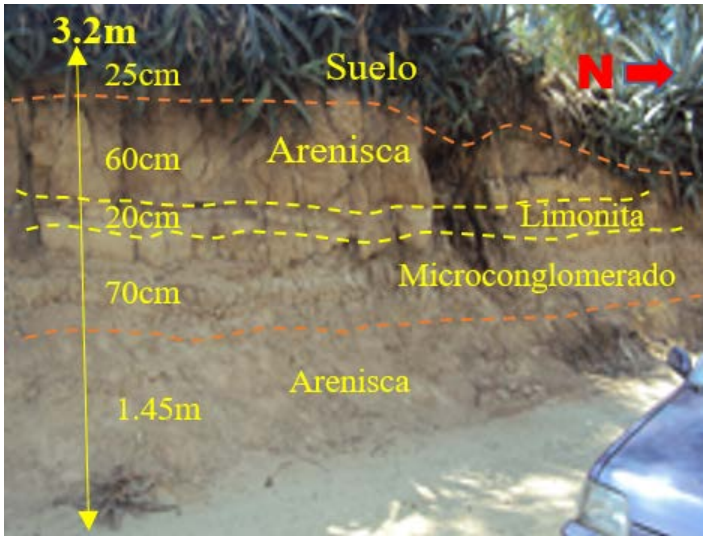


Figura 19. Afloramiento 7: Arenisca y microconglomerado
Fuente: El Autor

6.2.5. Geología Estructural

La cuenca de Loja se encuentra dividida en un área oriental y otra occidental por efecto de una falla longitudinal NS, que coincide con el curso actual del río Zamora; y, la cual se activó durante la depositación de la formación San Cayetano (Izquierdo, 1991).

La geología estructural del área de estudio fue analizada con el mapa estructural de sector urbano de Loja a escala 1:4.500 (Ver Anexo 1.4 Mapa estructural). Al nor-oeste del área de estudio, a la altura de la vía Loja-Catamayo hay la presencia de una falla transversal con rumbo N40°E-16°SE, y un hundimiento; éstas como consecuencia de infiltraciones en temporadas de mayores precipitaciones y la adición de cargas dinámicas (tráfico vehicular).

En la vía de Integración Barrial al oeste del polígono de construcción se evidenciaron fisuras que están afectando al pavimento rígido; estas son evidentes en los dos sentidos NS y SN, donde actualmente se presentan levantamientos en la calzada (***Figura 20***).

Diaclasas - fracturas

Con la identificación en campo, de determinó que las fracturas se catalogan como fisuras longitudinales de alta severidad (***Figura 20a***) con coordenadas X=695900; Y=9559166; Z=2216, ya que las fisuras tienen una separación mayor a 12 mm, además presentan despostillamiento del borde y escalonamiento mayor a 12 mm. Dichas fisuras presentan un rumbo de N18°E y buzamiento de 4°SE.

En la ***Figura 20b*** con coordenadas X=695893; Y=9559167; Z=2216 en sentido NS, se evidencia el denominado levantamiento, el cual consiste en la sobre elevación abrupta y repentina de la superficie del pavimento generalmente continua a una junta o grieta como consecuencia del desarrollo de expansión excesivas y excéntricas en las losas de hormigón; la grieta presenta un rumbo de N30°E y buzamiento de 68°SE; la losa se encuentra a 30 cm del nivel original y las grietas rellenadas con material de grava-arena.

Figura 20. Fisuras detectadas en el concreto de la vía de Integración Barrial
Fuente: El Autor

Se determinó que las posibles causas son la acción combinada de algunos de los siguientes mecanismos:

- Repetición de cargas pesadas: fatiga en pavimentos rígidos
- Pérdida de soporte de la fundación: deficiente compactación del suelo de la base o de la sub-rasante próxima al borde del pavimento
- Gradientes de tensiones por cambio de temperatura y humedad: la presión de poros (presión intersticial), ejerce tensiones sobre el concreto provocando inestabilidad
- Altos contenidos de humedad, originando una fuerza de compresión excéntrica en correspondencia con juntas (eventualmente grietas) con perceptible defectos
- Falta de soporte lateral o inclusive por terraplenes construidos con materiales expansivos.

6.2.6. Pendiente

Para determinar la pendiente de la zona de estudio se utilizó como base el mapa topográfico. En el software Argis 10.3 se procedió a generar el Modelo Digital de Elevación (DEM), a este raster se lo categoriza en 3 clases según la metodología antes indicada. Cabe recalcar que se elaboró el mapa a escala 1:3 000(Ver anexo 2.5. Mapa de pendiente), y los resultados se describen a continuación.

En la zona de estudio se determinaron 3 clases:

La primera corresponde a terrenos planos a casi planos (sector central, sureste y noroeste) con superficie de 4.35 hectáreas y un porcentaje de pendiente de 15.6 %. La segunda clase

corresponde a terrenos medianamente inclinados (sector norte, centro y sur) cubriendo una superficie de 14.64 hectáreas y porcentaje de pendiente de 49.8 %. La tercera clase se trata de terrenos inclinados (sector oeste y este) cubriendo una superficie de 9.97 hectáreas y su porcentaje de pendiente es 34.6%.

El polígono de Puerto Seco (Ver Anexo 2.5. Mapa de pendiente) se caracteriza por presentar terrenos planos a casi planos con pendientes menores a 5°, y terrenos medianamente inclinados con pendientes de 5 a 15°. Cabe señalar que la parte central y sureste se categoriza como terrenos inclinados, debido a que por el sector pasan aguas de escorrentía que han ido erosionando los materiales existentes.

6.2.7. Geomorfología

Los movimientos gravitatorios, también llamados movimientos en masa y la erosión pluvial e hídrica comúnmente han sido agrupados tradicionalmente en el ambiente denudacional, un campo clásico donde inciden factores endógenos (litología y estructura) y exógenos (humedad y lluvias), todo eso bajo la influencia de la gravedad a través de la pendiente (Instituto de Hidrología, 2013).

La zona de estudio forma parte de los terrenos Olmos-Loja, se ubica dentro de los relieves de los fondos de cuencas y valles deprimidos, sin cobertura piroclástica del sur del Ecuador. Se caracteriza por relieves monoclinales erguidos sobre arcillas, arenas, areniscas y conglomerados.

Para la obtención del mapa geomorfológico del área de estudio (Ver Anexo 2.6.); se tomó como referencia parámetros como la topografía, geología, pendiente, uso de suelo, e información del Plan de Desarrollo y Ordenamiento Territorial del cantón Loja 2014 (PODT-L-2014). Los resultados se presentan como sigue.

El área de estudio se categorizó en 4 unidades geomorfológicas:

La primera unidad geomorfológica corresponde a relieve colinado medio, la cual se ubica en el sector occidental de la zona de estudio, cubre una superficie de 6.78 has y ocupando un porcentaje de 23.4%. Esta unidad se encuentra compuesta por rocas sedimentarias principalmente lutitas y areniscas de la formación La Banda procedentes del periodo mioceno medio tardío.

La segunda unidad geomorfológica corresponde a relieve de colina suave, la misma que se extiende desde la parte norte y centro hasta el sur y sureste del área de estudio, abarcando la superficie de 10.64 has y alcanzando el porcentaje de 36.8%. Esta unidad se encuentra compuesta por areniscas de color claro y marrón pertenecientes a la formación Belén procedentes del mioceno inferior.

La tercera unidad geomorfológica corresponde a terrazas altas, la misma que se extiende desde la parte norte hasta la central del área de estudio, ocupando la superficie de 7.33 has y alcanzando el porcentaje de 25.3%. Esta unidad se encuentra constituida por areniscas, arcillas y conglomerados pertenecientes a la formación Belén y procedentes del mioceno inferior.

La cuarta unidad geomorfológica corresponde a frente de cuesta, la misma que se extiende desde la parte este hacia el noreste del área de estudio, cubriendo una superficie de 4.24 has y alcanzando el porcentaje de 14.5%. Esta unidad se encuentra constituida principalmente por areniscas y conglomerados pertenecientes a la formación Belén y procedentes del mioceno inferior.

6.2.8. Exploración de campo

6.2.8.1. Métodos Directos

La Norma Ecuatoriana de la Construcción (NEC), en el apartado 3.5 (Métodos permitidos para la exploración de campo), menciona que la exploración directa del subsuelo se puede realizar mediante las siguientes técnicas:

- Calicatas o trincheras
- Veletas
- Cono estático CTP, o dinámico DCP
- Dilatómetro
- Ensayo de Penetración Estándar, SPT.

Cumplimiento con los objetivos planteados y con el propósito de corroborar la geología del sector se optó por la construcción de Calicatas; y, para el análisis del suelo a profundidad, se ejecutaron Ensayos de Penetración Estándar y Perforación a diamantina.

➢ ***Apertura de Calicatas***

Dentro del polígono de construcción (7.8 has) se efectuaron 2 calicatas, donde fueron descritos las paredes del flanco este de las calicatas, datos que se describen a continuación:

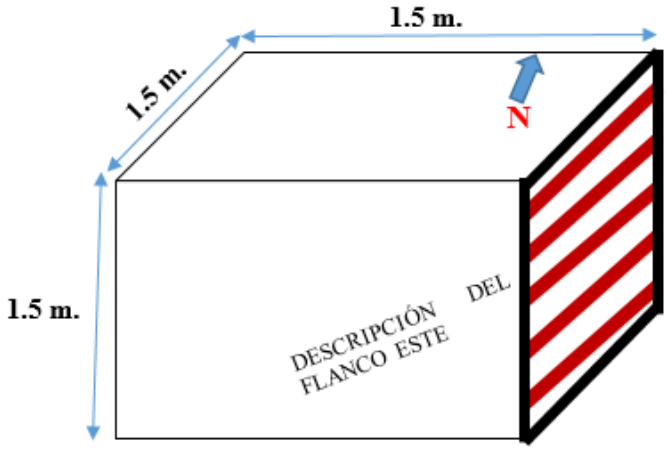


Figura 21. Detalle de la descripción de calicatas
Fuente: El Autor

– *Calicata N° 1*

Coordenadas: X=696196; Y=9559423; Z=2213

Esta se ubicó a norte del polígono Puerto Seco (Ver Anexo 2.4. Ubicación de calicatas), con el fin de determinar los materiales en el sitio, con lo cual se obtuvo los siguientes resultados (Ver Anexo 3. Fichas de descripción de calicatas).

La primera es la capa vegetal de 10cm recubierta con vegetación herbácea (pastos); la segunda es una capa de arenisca y limo de 15cm de coloración clara, donde hay presencia de raíces; la capa 3 se encontraron arcillas de color amarillo claro y anaranjadas con 25cm de espesor, está coloración indica la presencia de óxidos. La capa 4 corresponde a arcillas de coloración obscura de 30cm presencia de turba, presenta fragmentos pequeños de cuarcita (1.5cm de diámetro); la capa 5 pertenece a arcillas de coloración café claro con un espesor de 60cm se tratan de arcillas compactas ya que ofrecieron dificultad al excavar. Con un espesor de 10cm la última capa corresponde a arcillas plásticas duras de color café oscuro, presentando gran dificultad al excavar. En la siguiente figura se evidencia el perfil estratigráfico de la información de campo.

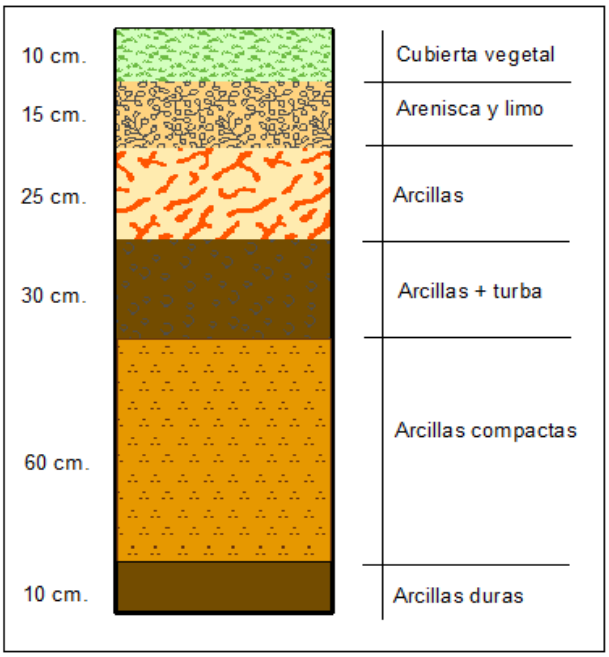


Figura 22. Estratigrafía de calicata 1
Elaboración: El Autor

– *Calicata N° 2*

Coordenadas: X=696101; Y=9559191; Z=2204

La ubicación de esta fue al sur del polígono Puerto Seco (Ver Anexo 2.4. Ubicación de calicatas), con el fin de determinar los materiales en el sitio y por la inexistencia de afloramientos, con lo cual se obtuvo los siguientes resultados (Ver Anexo 3. Fichas de descripción de calicatas).

La primera capa es vegetal de 10cm presenta coloración clara, tiene fragmentos de rocas angulosas y subredondeadas existe la presencia de raíces; la segunda capa corresponde a areniscas de grano medio de color gris con una potencia de 75cm además se evidencian clastos angulosos, la estratificación se presenta horizontal, presencia de raíces a 40cm de profundidad. La tercera capa de suelo pertenece a arcillas plásticas duras de color café oscuro, la potencia es de 65cm e indefinido ya que presentaron dificultad en la excavación. En la siguiente figura se evidencia el perfil estratigráfico de la información de campo.

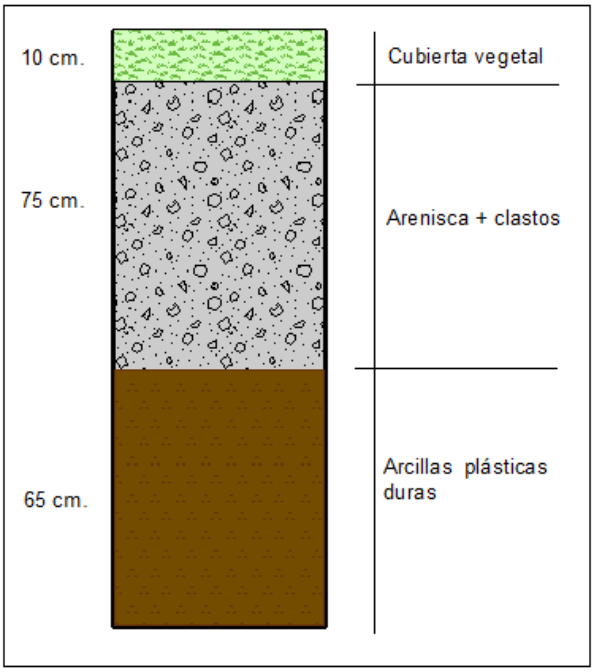


Figura 23. Estratigrafía de calicata 2
Elaboración: El Autor

- ***Ensayo de penetración estándar (SPT)***

Se ejecutaron 5 ensayos (Ver Anexo 2.4. Ubicación en campo), los mismos que fueron efectuados con el objetivo de obtener información de toda el área que será construida.

La ubicación de los ensayos se hizo de acuerdo al esquema de muestreo diagonal, ya que de esta forma se obtuvo las muestras de suelo de toda el área de interés

Los resultados de campo y laboratorio se muestran en el Anexo 6, los mismos que se describen a continuación:

S.P.T. # 1

Coordenadas: X= 695997*; Y*= 9559264*; Z*= 2212

A 2 metros de profundidad el suelo corresponde a arcillas inorgánicas de alta plasticidad 51% CH1, material de consistencia media y de coloración café claro; al momento de recuperar el testigo presentó un N_{SPT} de 10 golpes, con contenido de humedad de 40.13% y un límite líquido de 84%.

A 4 metros de profundidad el suelo corresponde a arcillas inorgánicas de alta plasticidad 58% CH1, material de consistencia media y de coloración café oscuro; al momento de

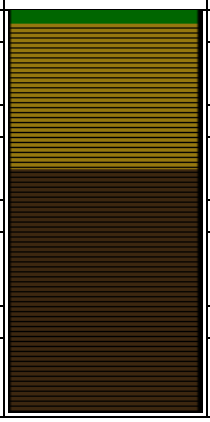
recuperar el testigo presentó un N_{SPT} de 8 golpes, con contenido de humedad de 59.42% y un límite líquido de 92%.

A 6 metros de profundidad el suelo corresponde a arcillas inorgánicas de alta plasticidad 57% CH1, material de consistencia muy firme y de coloración café oscuro; al momento de recuperar el testigo presentó un N_{SPT} de 24 golpes, con contenido de humedad de 42.10% y un límite líquido de 91%.

A 8 metros de profundidad el suelo corresponde a arcillas inorgánicas de alta plasticidad 58% CH1, material de consistencia firme y de coloración café oscuro; al momento de recuperar el testigo presentó un N_{SPT} de 20 golpes, con contenido de humedad de 45.04% y un límite líquido de 86%.

En la tabla siguiente se resumen los resultados de laboratorio obtenidos y la clasificación del suelo

Tabla 5.- Datos de resultados, descripción y clasificación del suelo

S.P.T. 1				
Coordenadas	X: 695997		Y: 9559264	Z: 2212
Profundidad (m)	**Perfil**	**N° Golpes**	**Clasificación SUCS**	**Litología**
1		4		
2		10	CH1	Arcillas inorgánicas de alta plasticidad y consistencia media
3		5		
4		8	CH1	Arcillas inorgánicas de alta plasticidad y consistencia media
5		16		
6		24	CH1	Arcillas inorgánicas de alta plasticidad y consistencia muy firme
7		18		
8		20	CH1	Arcillas inorgánicas de alta plasticidad y consistencia firme

Fuente: ESTSUELCON Cía. Ltda., y adaptada por El Autor

Interpretación

La profundidad alcanzada es de 8m, donde resultan suelos de alta plasticidad compuestos por arcillas inorgánicas de consistencia media y firme, se evidencia que se tata de suelos saturados con límite líquido superiores al 80% y contenido de humedad superior al 40%, lo que significa que son materiales saturados.

S.P.T. # 2

Coordenadas: X= 696120*; Y*= 9559452*; Z*= 2215

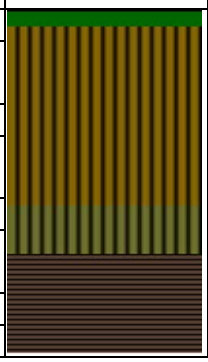
A 2 metros de profundidad el suelo corresponde a limos inorgánicos y suelos arenosos MH1, material de consistencia firme y de coloración marrón; al momento de recuperar el testigo presentó un N_{SPT} de 11 golpes, con contenido de humedad de 20.24% y un límite líquido de 93%.

A 4 metros de profundidad el suelo corresponde a limos inorgánicos y suelos arenosos MH1, material de consistencia firme y de coloración café claro y anaranjado; al momento de recuperar el testigo presentó un N_{SPT} de 18 golpes, con contenido de humedad de 31.92% y un límite líquido de 63%.

A 6 metros de profundidad el suelo corresponde a arcillas inorgánicas de alta plasticidad 65% CH1, material de consistencia firme y de coloración café claro; al momento de recuperar el testigo presentó un N_{SPT} de 16 golpes, con contenido de humedad de 39.59% y un límite líquido de 90%.

En la tabla siguiente se resumen los resultados de laboratorio obtenidos y la clasificación del suelo

Tabla 6.- Datos de resultados, descripción y clasificación del suelo

S.P.T. 2				
Coordenadas	X: 696120		Y: 9559452	Z: 2215
Profundidad (m)	**Perfil**	**N° Golpes**	**Clasificación SUCS**	**Litología**
1		8		
2		11	MH1	Limos inorgánicos, suelos arenosos de consistencia firme
3		12		
4		18	MH1	Limos inorgánicos, suelos arenosos de consistencia firme
5		12		
6		16	CH1	Arcillas inorgánicas de alta plasticidad de consistencia firme
7				
8				

Fuente: ESTSUELCON Cía. Ltda., y adaptada por El Autor

Interpretación

La profundidad alcanzada es de 6m, donde resultan suelos areno arcillosos de alta plasticidad con límite líquido superiores al 50% y contenido de humedad superior al 20%,

lo que significa que son materiales estables.

S.P.T. # 3

Coordenadas: X= 696141*; Y*= 9559307*; Z*= 2203

A 2 metros de profundidad el suelo corresponde a gravas arcillosas GC, material arenoso de compacidad relativa firme y de coloración clara; al momento de recuperar el testigo presentó un N_{SPT} de 20 golpes, con contenido de humedad de 19.48% y un límite líquido de 40%.

A 4 metros de profundidad el suelo corresponde a arcillas inorgánicas de alta plasticidad 38% CH1, material de consistencia blanda y de coloración marrón; al momento de recuperar el testigo presentó un N_{SPT} de 4 golpes, con contenido de humedad de 27.54% y un límite líquido de 60%.

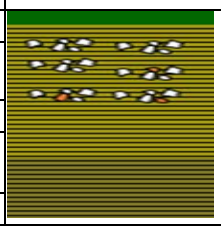
A 5 metros se evidenció la presencia del nivel freático donde presentó un N_{SPT} de 6 golpes y una coloración del material gris claro

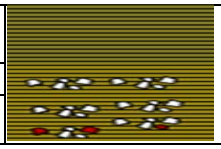
A 6 metros de profundidad el suelo corresponde a arcillas inorgánicas CH1, material de consistencia media y de coloración gris oscuro; al momento de recuperar el testigo presentó un N_{SPT} de 9 golpes, por la presencia de agua no se pudo determinar el con contenido de humedad límite líquido.

A 8 metros de profundidad el suelo corresponde a gravas limosas GM, material arenoso de compacidad relativa suelta y de coloración clara; al momento de recuperar el testigo presentó un N_{SPT} de 10 golpes, con contenido de humedad de 32.20%.

En la tabla siguiente se resumen los resultados de laboratorio obtenidos

Tabla 7.- Datos de resultados, descripción y clasificación del suelo

S.P.T. 3				
Coordenadas	X: 696141	Y: 9559307		Z: 2203
Profundidad (m)	**Perfil**	**N° Golpes**	**Clasificación SUCS**	**Litología**
1		14		
2		20	GC	Gravas arcillosas
3		5		
4		4	CH1	Arcillas inorgánicas de alta plasticidad
NF 5		6		

6		9	CH1	Arcillas inorgánicas
7		23		
8		10	GM	Gravas limosas

Fuente: ESTSUELCON Cía. Ltda., y adaptada por El Autor

Interpretación

La profundidad alcanzada es de 8m, donde resultan suelos arcillosos gravosos de coloraciones marrón y gris claro de alta plasticidad con límite líquido superiores al 20% y contenido de humedad superior al 40%, lo que significa que son materiales saturados. El nivel de saturación del suelo se da a partir de los 5m.

S.P.T. # 4

Coordenadas: X= 696223*; Y*= 9559356*; Z*= 2207

A 2 metros de profundidad el suelo corresponde a arcillas inorgánicas de alta plasticidad 35% CH1, material de consistencia media y de coloración marrón; al momento de recuperar el testigo presentó un N_{SPT} de 10 golpes, con contenido de humedad de 26.28% y un límite líquido de 58%.

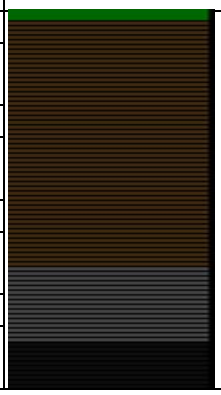
A 4 metros de profundidad el suelo corresponde a arcillas inorgánicas de alta plasticidad 51% CH1, material de consistencia media y de coloración café oscuro; al momento de recuperar el testigo presentó un N_{SPT} de 6 golpes, con contenido de humedad de 55.53% y un límite líquido de 81%.

A 6 metros de profundidad el suelo corresponde a arcillas inorgánicas de alta plasticidad 51% CH1, material de consistencia firme y de coloración marrón; al momento de recuperar el testigo presentó un N_{SPT} de 13 golpes, con contenido de humedad de 55.48% y un límite líquido de 81%.

A 8 metros de profundidad el suelo corresponde a arcillas inorgánicas de alta plasticidad 40% CH1, material de consistencia dura y de coloración café oscuro; al momento de recuperar el testigo presentó un N_{SPT} de 32 golpes, con contenido de humedad de 26.36% y un límite líquido de 63%.

En la tabla siguiente se resumen los resultados de laboratorio obtenidos y la clasificación del suelo.

Tabla 8.- Datos de resultados, descripción y clasificación del suelo

S.P.T. 4				
Coordenadas	X: 696223		Y: 9559356	Z: 2207
Profundidad (m)	**Perfil**	**N° Golpes**	**Clasificación SUCS**	**Litología**
1		8		
2		10	CH1	Arcillas inorgánicas de alta plasticidad y consistencia media
3		3		
4		6	CH1	Arcillas inorgánicas de alta plasticidad y consistencia media
5		13		
6		13	CH1	Arcillas inorgánicas de alta plasticidad y consistencia firme
7		19		
8		32	CH1	Arcillas inorgánicas de alta plasticidad y consistencia dura

Fuente: ESTSUELCON Cía. Ltda., y adaptada por El Autor

Interpretación

La profundidad alcanzada es de 8m, donde resultan suelos arcillosos de coloraciones marrones y café, de alta plasticidad con límite líquido superiores al 500% y contenido de humedad superior al 26%, lo que significa que son materiales saturados.

S.P.T. # 5

Coordenadas: X= 696153*; Y*= 9559198*; Z*= 2199

A 2 metros de profundidad el suelo corresponde a arenas arcillosas de alta plasticidad 36% SC, material arenoso de compacidad relativamente suelta y de coloración gris claro; al momento de recuperar el testigo presentó un N_{SPT} de 10 golpes, con contenido de humedad de 33.48% y un límite líquido de 59%.

A 4 metros de profundidad el suelo corresponde a suelos arcillosos-arenosos de alta plasticidad 74% CH2, material de consistencia firme y de coloración gris; al momento de recuperar el testigo presentó un NSPT de 19 golpes, con contenido de humedad de 53.05% y un límite líquido elevado de 103%.

A 6 metros de profundidad el suelo corresponde a arcillas inorgánicas de alta plasticidad CH1, material de consistencia firme y de coloración marrón; al momento de recuperar el testigo presentó un N_{SPT} de 13 golpes.

A 8 metros de profundidad el suelo corresponde a arcillas inorgánicas de alta plasticidad 35% CH1, material de consistencia firme y de coloración café oscuro; al momento de recuperar el testigo presentó un N_{SPT} de 19 golpes, con contenido de humedad de 45.35% y un límite líquido de 57%.

En la tabla siguiente se resumen los resultados de laboratorio obtenidos

Tabla 9.- Datos de resultados, descripción y clasificación del suelo

S.P.T. 5				
Coordenadas	X: 696153	Y: 9559198		Z: 2199
Profundidad (m)	**Perfil**	**N° Golpes**	**Clasificación SUCS**	**Litología**
1		14		
2		10	SC	Arenas arcillosas
3		11		
4		19	CH2	Suelos arenosos, arenosos
5		12		
6		13	CH1	Arcillas inorgánicas de alta plasticidad y consistencia firme
7		18		
8		19	CH1	Arcillas inorgánicas de alta plasticidad y consistencia firme

Fuente: ESTSUELCON Cía. Ltda., y adaptada por El Autor

Interpretación

La profundidad alcanzada es de 8m, donde resultan suelos areno-arcillosos de coloración marrón, gris y café, de alta plasticidad con límite líquido superiores al 50% y contenido de humedad superior al 30%, lo que significa que son materiales muy saturados.

Interpretación geológica

En base a los resultados de campo y laboratorio obtenidos de los sondeos y mostrados en las tablas anteriores, se evidencia que:

El área donde se construirá la infraestructura del Puerto Seco Comercial de la ciudad de Loja, está compuesta por materiales arcillosos plásticos húmedos; ya que las muestras presentaron altos contenidos de humedad 30, 40% y en algunas superiores al 50%; las coloraciones marrones y café oscuro denotan la presencia de capas de suelos residuales propios de la meteorización in-situ.

Los resultados también muestran que los materiales presentaron elevados índices de plasticidad superiores al 50%, lo que se interpreta como suelos plásticos. En la mayoría de ensayos realizados se denota que a partir de los 6 m de profundidad, se encuentran arcillas inorgánicas de alta plasticidad, de consistencia firme y de coloración oscura.

Nivel freático

En el SPT N° 3, a los 5m de profundidad se puso en evidencia el nivel freático, donde el suelo se presentó de coloración gris claro correspondiente a arcillas de alta plasticidad y encontrando el material totalmente saturado. El suelo hasta los 5m se caracterizó por ser material arenoso-arcilloso, lo que favorece la infiltración de aguas superficiales; una vez alcanzado el nivel freático no se pudo determinar el límite líquido de los materiales por la saturación.

Zonas de inestabilidad

Desde el margen occidental del polígono de urbanización, las aguas de precipitación están siendo recogidas a través de cunetas y canalizadas mediante una alcantarilla, la cual evacua y atraviesa el área de construcción; donde, de acuerdo a los ensayos se tata de suelos arcillosos plásticos que con el agua tienen la capacidad de cambiar su volumen, aumentando o disminuyendo de acuerdo a su contenido de agua, provocando inestabilidad en el terreno por la expansión de material arcilloso y el acenso del nivel freático.

- ***Perforación a diamantina con recuperación de testigo***

Coordenadas: X= 696030; Y= 9559294; Z= 2211

Se efectuó una perforación considerando los resultados de los SPT, este sondeo fue ubicado estratégicamente (Ver Anexo 2.4. Ubicación en campo), ya que en el SPT N° 3 se evidenció el nivel freático, motivo por el cual la perforación se realizó a un costado del curso de las aguas de escorrentía. Los resultados de campo y laboratorio se muestran en el Anexo 6, los mismos que se describen a continuación:

A 2 metros de profundidad de determinó el nivel freático; el suelo corresponde a suelos arcillo-arenosos de alta plasticidad 72% CH2, material de consistencia blanda y de coloración café oscuro; al momento de recuperar el testigo presentó un N_{SPT} de 5 golpes, con contenido de humedad de 57.05% y un límite líquido elevado de 110%.

A 4 metros de profundidad el suelo corresponde a arcillas inorgánicas de alta plasticidad 63% CH1, material de consistencia media y de coloración café oscuro; al momento de recuperar el testigo presentó un N_{SPT} de 6 golpes, con contenido de humedad de 64.86% y un límite líquido de 97%.

A 6 metros de profundidad el suelo corresponde a arcillas inorgánicas de alta plasticidad 53% CH1, material de consistencia muy firme y de coloraciones marrón gris amarillento; al momento de recuperar el testigo presentó un N_{SPT} de 8 golpes, con contenido de humedad de 40.31% y un límite líquido de 87%.

A 8 metros de profundidad el suelo corresponde a arcillas inorgánicas de alta plasticidad 60% CH1, material de consistencia muy firme y de coloración café oscuro; al momento de recuperar el testigo presentó un N_{SPT} de 22 golpes, con contenido de humedad de 48.09% y un límite líquido de 90%.

A 10 metros de profundidad el suelo corresponde a suelos arcillosos de alta plasticidad 68% CH2, material de consistencia muy firme y de coloración café oscuro; al momento de recuperar el testigo presentó un N_{SPT} de 24 golpes, con contenido de humedad de 46.67% y un límite líquido elevado de 109%.

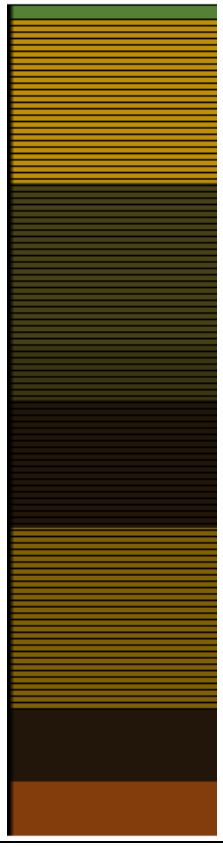
A 12 metros de profundidad el suelo corresponde a suelos arcillosos de alta plasticidad 79% CH2, material de consistencia muy firme y de coloración café oscuro; al momento de recuperar el testigo presentó un NSPT de 24 golpes, con contenido de humedad de 68.80% y un límite líquido de 101%.

A 14 metros de profundidad el suelo corresponde a arcillas inorgánicas de alta plasticidad 55% CH1, material de consistencia dura y de coloración café oscuro; al momento de recuperar el testigo presentó un N_{SPT} de 42 golpes, con contenido de humedad de 69.14% y un límite líquido de 88%.

A 15 metros de profundidad el suelo corresponde a limos de color naranja de alta plasticidad (15-40%).

En la tabla siguiente se resumen los resultados obtenidos y la clasificación del suelo

Tabla 10.- Datos de resultados, descripción y clasificación del suelo

PERFORACIÓN A DIAMANTINA				
Coordenadas	X: 696030	Y: 9559294		Z: 2211
Profundidad (m)	**Perfil**	**N° Golpes**	**Clasificación SUCS**	**Litología**
1		3		
NF 2		5	CH2	Suelos arcillosos, arenosos
3		6		
4		6	CH1	Arcillas de alta plasticidad y consistencia media
5		10		
6		8	CH1	Arcillas de alta plasticidad y consistencia media
7		12		
8		22	CH1	Arcillas de alta plasticidad y consistencia muy firme
9		12		
10		24	CH2	Suelos arenosos muy firme
11		19		
12		24	CH2	Suelos arenosos muy firme
13		28		
14		42	CH1	Arcillas de alta plasticidad y consistencia dura
15		63		Limos de alta plasticidad

Fuente: ESTSUELCON Cía. Ltda., y adaptada por El Autor

Interpretación geológica

En base a los resultados de campo y laboratorio obtenidos del sondeo y mostrados en la tabla anterior, se deduce que:

La perforación realizada puso en evidencia el nivel freático y el grado de saturación de los materiales existentes. Con la profundidad alcanzada de 15m y las muestras analizadas en laboratorio; se corroboró que se tratan de materiales arcillosos con altos contenidos de humedad (> 50%), e índices de plasticidad (> 60%).

El nivel freático apareció a los 2 m de profundidad, donde se encontraron arcillas arenosas de alta plasticidad (72%) y de consistencia blanda. Al sobrepasar la máxima profundidad alcanzada por los SPT (8m), el suelo sigue manteniendo las características al tratarse de

materiales arcillosos de alta plasticidad, pero aumentando su consistencia de firme a muy firme y dura con la aparición de limos de color naranja a partir de los 14m.

6.3.1. Métodos Indirectos

La Norma Ecuatoriana de la Construcción (NEC), en el apartado 3.5 (Métodos permitidos para la exploración de campo). Menciona que podrá combinar la exploración directa con métodos de exploración indirecta, tales como:

- Sondeos Eléctricos Verticales
- Sísmica de Refracción
- Análisis Espectral de Ondas Superficiales
- ReMi

➢ ***Sondeo eléctrico vertical (SEV)***

Se efectuaron 2 Sondeos Eléctricos Verticales (Ver anexo 2.4. Ubicación en campo), aplicando el arreglo de Schlumberger con una separación de AB/2 de 100m, los mismos que permitieron obtener la resistividad aparente de los materiales constitutivos del área de interés. Aclarando que este método geofísico ha sido realizado con la finalidad de determinar niveles freáticos; y la litología será asumida en función de la resistividad que presenten los materiales.

Los resultados de campo y laboratorio se muestran en el Anexo 5, y se describen a continuación tomando como base la tabla 11.

Tabla 11.- Referencia para identificar la litología de los materiales

Resistividad (m)	Valores representativos de materiales
0 - 5	Humus y suelo orgánico
5 – 10	Areniscas, arcillas y limos saturados
10 – 25	Arcilla arenosa y arena limosa húmeda
25 – 50	Arena arcillosa y arena saturada
50 – 150	Arena
150 - 500	Grava
100 - 200	Roca meteorizada
150 - 4000	Roca sana

Fuente: Exploración Geoeléctrica para suelos- Construcciones Civiles, y adaptada por el Autor

Los datos obtenidos en campo fueron procesados con el software IPI2Win, el cual funciona ingresando los parámetros de: AB/2, MN y ρa (Ω.m); dando como resultado las 3 curvas de resistividades: resistividad verdadera, aparente y obtenida en campo. Además arroja datos procesados donde se determina; el número de capas (N), la resistividad (*p*), la altura o espesor de capa (*h*) y la profundidad máxima interpretada (*d*), (***Figura 24-26***).

S.E.V. # 1

Coordenadas: X=696040*; Y*=9559274*; Z*=2234.75

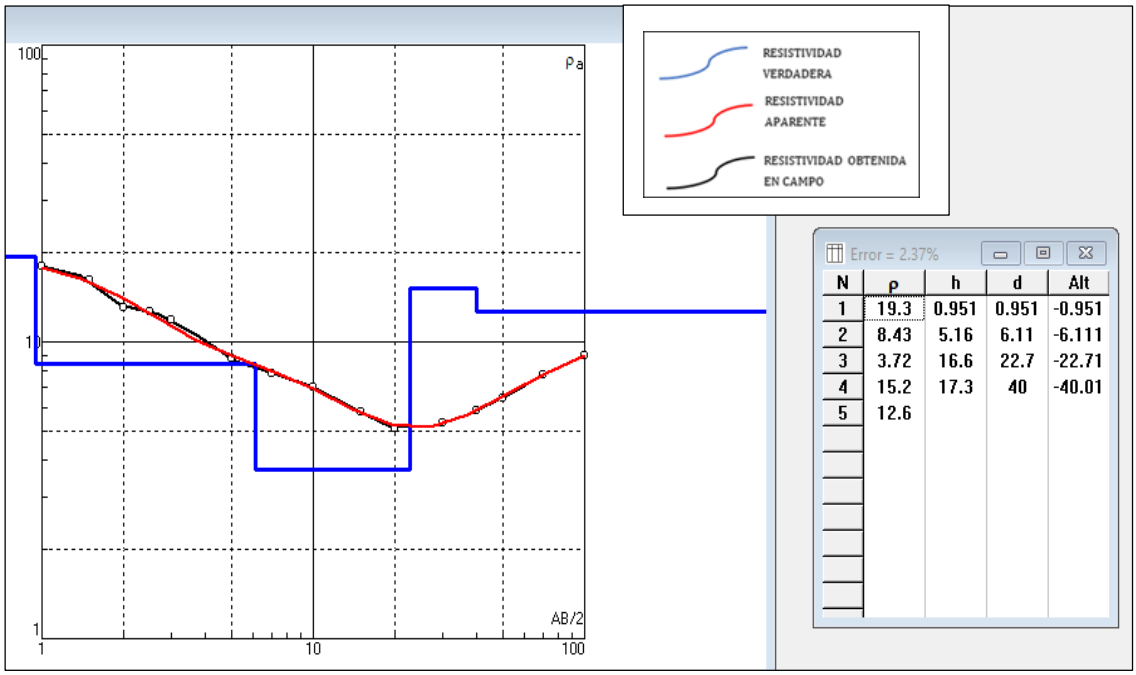


Figura 24. Curvas de resistividad procesadas con IPI2Win – SEV 1
Fuente: El Autor

La ***Figura 25*** representa el perfil litológico de la interpretación del SEV 1. La primera capa corresponde a suelo orgánico con un espesor de 0.95m y; la segunda capa se trata de limos saturados con espesor de 5.16m y alcanzando la profundidad de 6.11m; la tercera capa es de arcillas saturadas con potencia de 16.6m a profundidad de 22.7m; la cuarta capa corresponde a arcillas arenosas con 17.3m de espesor y a 40m de profundidad.

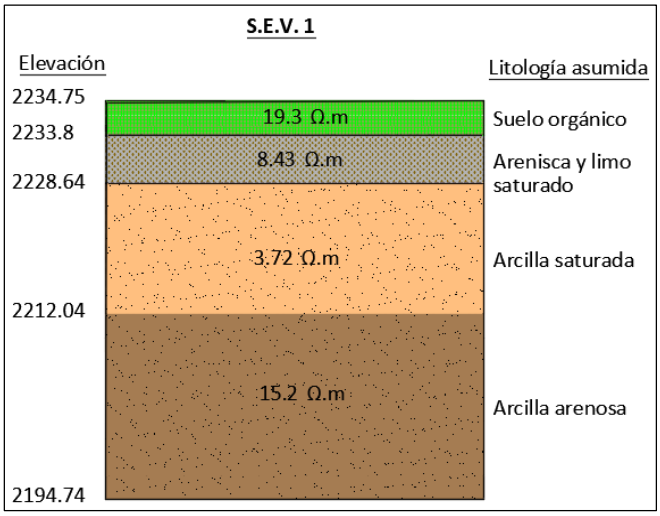


Figura 25. Perfil litológico SEV 1
Fuente: El Autor

S.E.V. # 2

Coordenadas: X=696102*; Y*=9559418*; Z*=2234

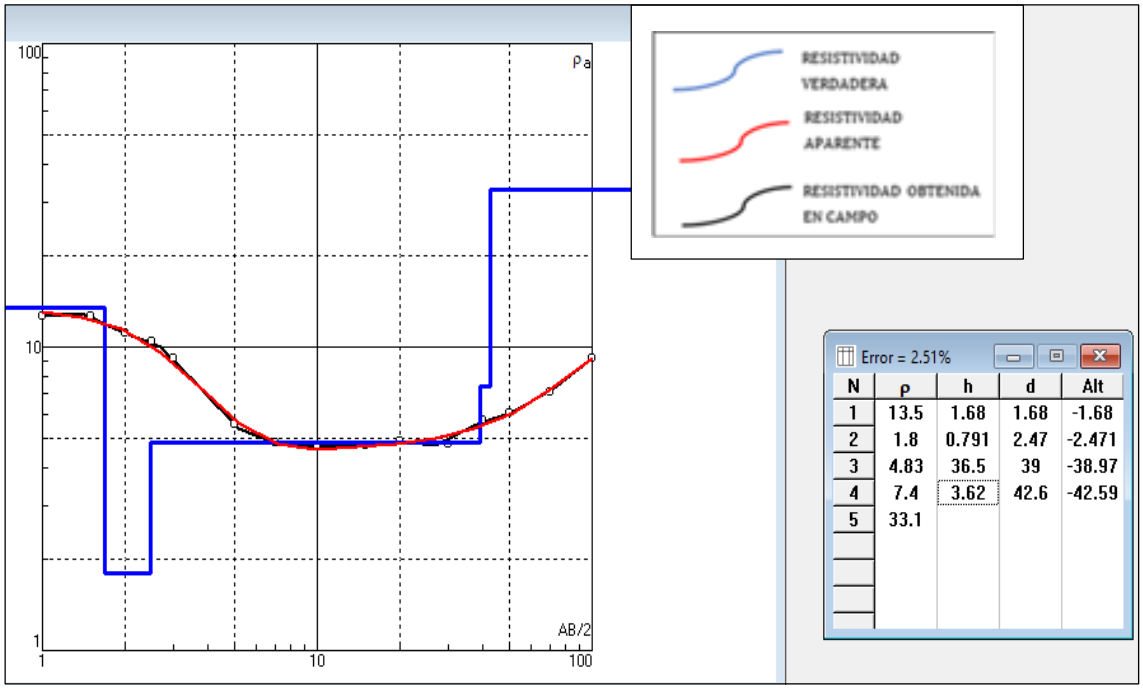


Figura 26. Curvas de resistividad procesadas con IPI2Win – SEV 2
Fuente: El Autor

La ***Figura 27*** representa el perfil litológico de la interpretación del SEV 2. La primera capa corresponde a suelo orgánico con un espesor de 1.68m y a la misma profundidad; la segunda capa se trata de limos saturados con espesor de 0.79m y alcanzando la profundidad de 2.47m; la tercera capa es de arcillas saturadas con potencia de 36.5m a

profundidad de 39m; la cuarta capa corresponde a arcillas y limos saturados con 3.62m de espesor y a 42.6m de profundidad.

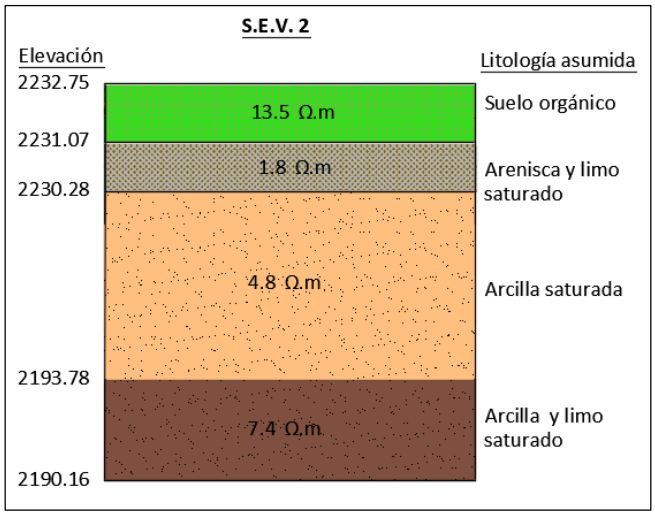


Figura 27. Perfil litológico SEV 2
Fuente: El Autor

Una vez analizados e interpretados los sondeos eléctricos verticales; cabe mencionar que no se identificó el nivel freático, pero al encontrarse el tipo de materiales descritos como limos y arcillas saturadas, se deduce que se trata de suelos altamente plásticos compuestos por minerales expansivos que pueden alojar agua entre sus partículas.

Estabilización del Suelo

Con los resultados de laboratorio efectuados a las muestras de los ensayos de penetración estándar (SPT), se determinó que; de los materiales existentes en el polígono de Puerto Seco el 67.8% corresponden a material fino, tratándose de arcillas plásticas con contenidos de humedad ente 20 y 55%, y límite líquido superiores al 50%. En el SPT 3, a los 5m de profundidad la muestra presentó contenidos elevados de agua, evidenciando el nivel freático.

De la perforación se obtuvo que a los 2m se determinó el nivel freático y el contenido de materiales finos de las muestras correspondió al 73.4 %, constituido principalmente por arcillas expansivas (montmorillonita)[6]; lo cual produce alteraciones del suelo y se deben

[6] ***Montmorillonita***: Es un hidroxisilicato de magnesio y aluminio, del grupo de las acillas. Se caracteriza por una composición química inconstante. Es soluble en ácidos y se expande al contacto con agua, de las acillas es la más peligrosa en el ámbito de la construcción.

tomar las precauciones antes de construir.

A fin de estabilizar el terreno de Puerto Seco, a continuación se plantean las medidas de prevención y control a aplicar en el polígono de interés (7.8 has), para prevenir futuras afectaciones en la infraestructura

Medidas de Prevención y Control

- *Desbroce y limpieza del terreno*

En esta etapa de la construcción se debe retirar y desalojar el material de relleno sin compactar que se encuentra acumulado en el área de estudio producto de la construcción de la vía de Integración Barrial, hasta una profundidad tal que se obtenga una plataforma de pendiente uniforme y apta para la compactación.

- *Litología y escurrimiento*

Habiendo determinado que el área de estudio es una zona de depósitos arcillo-limosos de alta plasticidad (>30%) y cubiertos por material de relleno antrópicos; que en conjunto se encuentran afectados por la saturación de aguas de escorrentía e infiltración, se propone el siguiente tratamiento para mejorar y adecuar el terreno

- *Tratamiento o estabilización superficial de materiales*

Luego del corte de cada franja de terreno hasta la línea de proyecto se deberá estabilizar una capa de 15cm del suelo de sub-rasante (***Figura 28***), mediante el siguiente proceso:

1. Corte del terreno con equipo de orugas

2. Arado de una capa de 15cm de material de sub-rasante

3. Incorporación de 2.0 % de cal comercial en polvo (óxido de calcio) al suelo por medio de arado; éste procedimiento ayuda a secar zonas de saturación para el posterior ingreso del equipo de compactación.

5. Al día siguiente incorporación de 2.0% más de óxido de calcio y mezclar por medio de arado

6. Proceder al compactado de la capa por medio de amasado (rodillo pata de cabra), al 95% del proctor

Figura 28. Ejemplo de estabilización con cal
Fuente: NEC 2014.

- Usar para la evacuación de las aguas de escurrimiento un sub-dren (***Figura 29***), el mismo que debe ser construido como mínimo a 2.00m de profundidad, 0.5m de ancho, en la posición y con el detalle que se muestra en la ***Figura 30.***

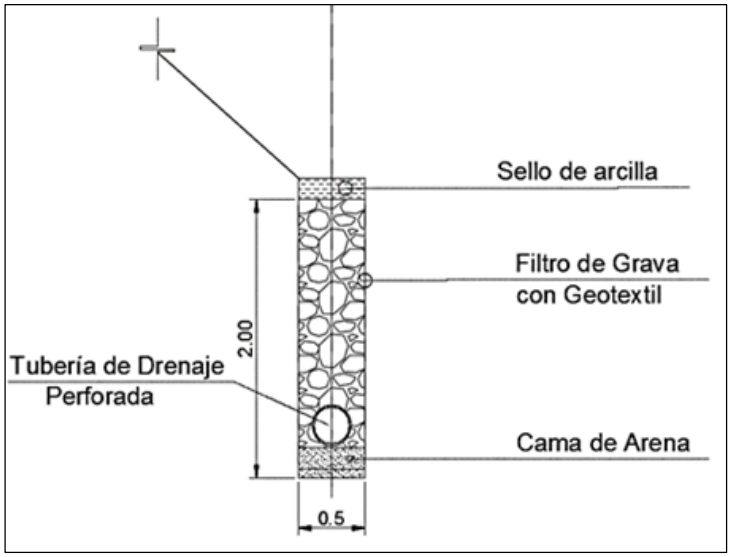


Figura 29. Detalle del subdren a construir
Fuente: NEC 2014.

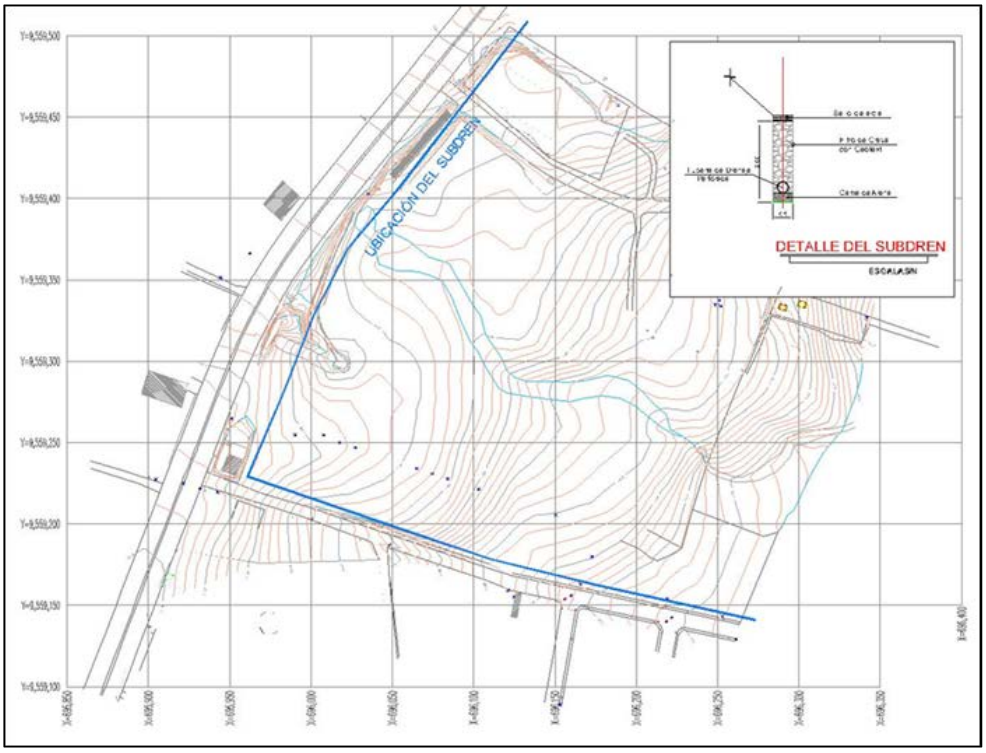


Figura 30. Ubicación en campo de subdren
Fuente: Estsuelcon Cía. Ltda. 2016

- Geomembrana

Los contrapisos de las estructuras deberán ser construidos con piedra bola (***Figura 31***), de tal manera que se dejen oquedades que absorban cualquier hinchamiento indeseado de los materiales expansivos; adicionalmente se deberá aislar los contrapisos a través de la utilización de geomembrana o con pantallas de plástico.

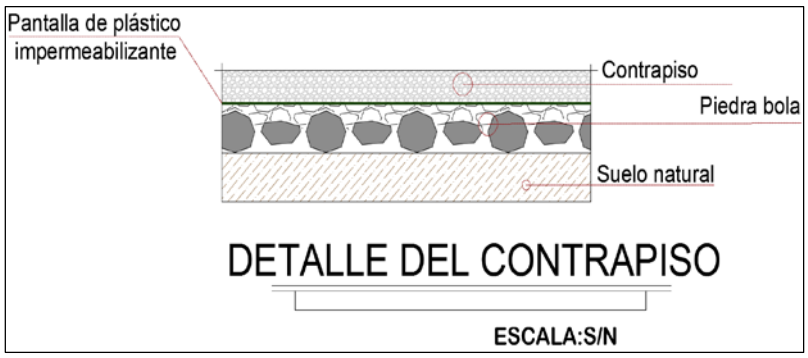


Figura 31. Detalle del contrapiso empleando piedra bola y geomembrana
Fuente: NEC 2014

- La cota mínima de cimentación será de 1.5m, porque desde esta profundidad la humedad del suelo permanece lo más constante posible (***Figura 32***). Adicionalmente

se ubicarán pantallas de plástico hasta la misma profundidad alrededor de las edificaciones o con geomembrana, a fin de evitar cambios de humedad en las arcillas.

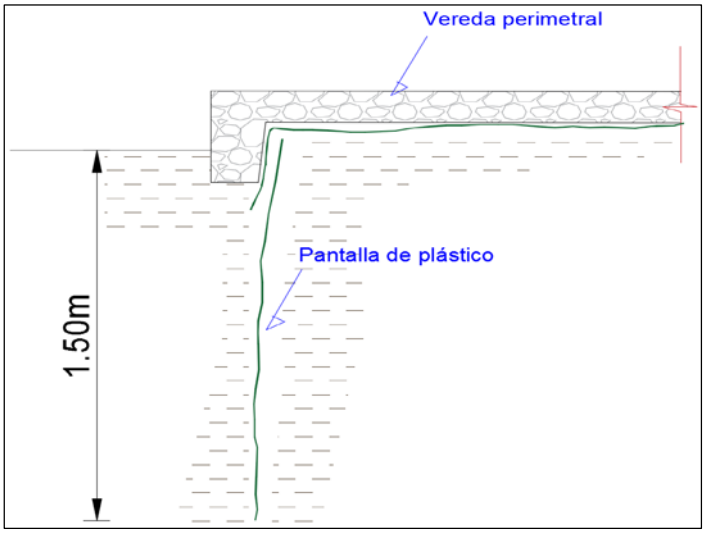


Figura 32. Detalle de las pantallas de plástico alrededor de las edificaciones
Fuente: NEC 2014

➢ *Hidrología*

Los drenajes naturales y zonas de encharcamiento (***Figura 33***), deben ser manejados para evitar la saturación de los suelos; para lo cual se recomienda:

1. Encausamiento de las aguas recolectadas por la alcantarilla de la vía a través de canales laterales, situados a una profundidad promedio de 0.5m y la distancia mínima atravesando el polígono de construcción hasta desembocar en la vertiente presente al este de dicho polígono
2. Encausamiento de los drenajes naturales esporádicos interpretados por fotografía aérea, a través de canales y unificándolos con los de la alcantarilla
3. Escurrimiento de la zona agedada (encharcamiento) localizada al sur del área de estudio a través de canales antes mencionados. Esta zona se encuentra saturando los suelos y afectando estructuras de cerramiento, bordillos y vía.

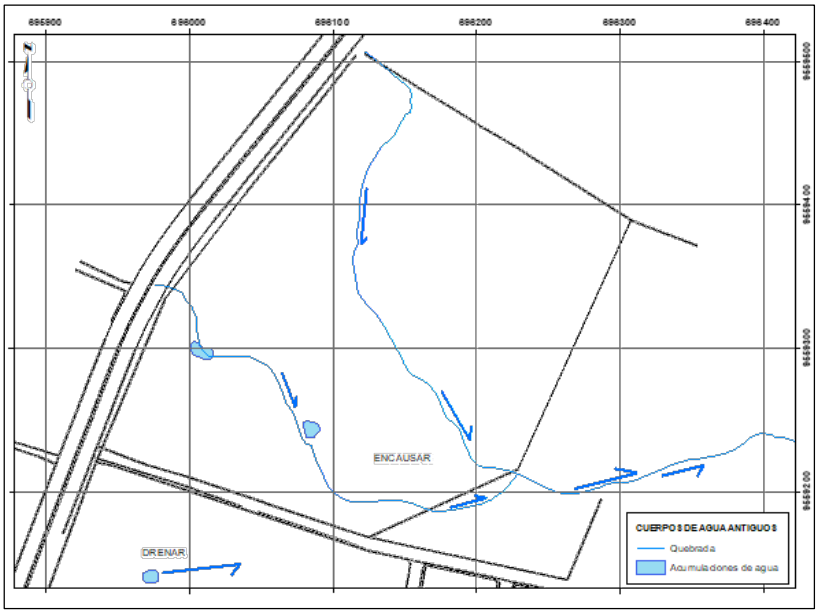


Figura 33. Drenajes antiguos que se deben encausar y drenar
Fuente: Estsuelcon Cía. Ltda. 2016.

7. DISCUSIÓN DE RESULTADOS

Al desarrollar el proyecto que tiene como principal objetivo el determinar las condiciones reales que ofrece el sector donde se va a implantar la terminal de abastos denominado Puerto Seco Comercial; el conocer la capacidad portante del terreno, sus características geológicas y geotécnicas, y las garantías que este presenta ante el tipo de construcciones que se desarrollaran en un futuro muy cercano. La investigación estuvo enfocada en identificar el tipo de materiales existentes en el subsuelo; por ello se realizaron trabajos de campo, oficina y laboratorio.

En base al proyecto de tesis desarrollado, los resultados de la investigación determinaron que:

El sector de estudio está situado al oeste de la ciudad de Loja, en el sector El Plateado, separado por la vía de Integración Barrial a una altitud comprendida entre los 2189 y 2260 m s.n.m., donde existen aproximadamente unos 950 habitantes situados en su mayoría al oeste del área de estudio. Así mismo, el clima del lugar es húmedo con una temperatura promedio de 16°C y humedad relativa del 75%.

La zona de estudio geológicamente se encuentra asentada sobre rocas sedimentarias, correspondiente a las formaciones La Banda (sector oeste) constituido por lutitas y areniscas; y la formación Belén (sector este) conformada por areniscas, arcillas, limos y conglomerados. Esta información obedece al recorrido en campo y a los afloramientos encontrados.

El área de estudio se encuentra representada geomorfológicamente por 4 unidades: Relieve colinado medio en el sector oeste ocupando un área de 6.78 has equivalente al 23.4%; Relieve de colina suave en los sectores norte, centro y sur cubriendo una superficie de 10.64 has correspondiente al 36.8%; Terrazas altas en los sectores norte y centro, abarcando una superficie de 7.33 has equivalente al 25.3%: Frente de cuesta que se extiende desde el este al noreste, cubriendo una superficie de 4.24 has equivalente al14.5%.

En la parte alta de la zona de estudio se constató que las viviendas son principalmente de hormigón y mediaguas, sin servicio de alcantarillado sanitario, ya que actualmente se

encuentra en proceso dicha obra; lo que se constituye en una condicionante para la saturación del suelo. Además el sector se caracteriza por una vegetación principalmente de cultivos de ciclo corto y pastizales.

Mediante la aplicación de ensayos SPT a 8m de profundidad, se determinó que existen suelos arcillosos plásticos de coloraciones marrón, gris y café claro, con altos contenidos de humedad (20-55%) y límites líquidos > 50%, lo que revela que son materiales con la capacidad de alojar cantidades considerables de agua, y por lo mismo pueden cambiar su volumen produciendo inestabilidad en superficie donde se pretende construir.

Con los resultados de la perforación a diamantina hasta la profundidad de 15m, se corroboró la información de los SPT y además se logró determinar que a partir de 8 a 14m se trata de arcillas inorgánicas de alta plasticidad de coloración café oscuro, con elevados límites líquidos (87–110%), y contenidos de humedad (40-69%). En el último metro de perforación se encontraron limos de color naranja de alta plasticidad (15-40%).

Cabe recalcar que el nivel freático apareció a los 2m de profundidad en la perforación, lo que denota que la saturación del suelo es agresiva en el sector central del polígono de Puerto Seco. Por tanto, se considera como zona inestable; por lo que es necesario aplicar las medidas de prevención y control antes mencionadas antes de iniciar con la fase constructiva.

El trabajo de investigación realizado presenta un alto nivel de confiabilidad, ya que al haber aplicado los métodos para conocer el estado actual del terreno y los resultados obtenidos; la metodología puede ser aplicada en otros sectores con similares características u otras investigaciones a fines con el tema.

8. CONCLUSIONES

De los resultados obtenidos tanto en campo como en laboratorio, se presentan las conclusiones en correspondencia con los objetivos planteados para el desarrollo del proyecto investigativo.

- El área de estudio se encuentra localizada en la parte occidental de la ciudad de Loja, Sector El Plateado, cuya topografía varía entre las cotas 2189 a 2260 m s.n.m., área comprendida por 28.9 hectáreas, y dentro de la cual se sitúa Puerto Seco Comercial en un polígono de 7.8 hectáreas respectivamente.

- Geológicamente el área de estudio está asentada sobre materiales sedimentarios, principalmente lutitas y areniscas en la parte occidental pertenecientes a la formación geológica La Banda; y, la parte norte, sur y centro conformada por areniscas, arcillas, limos y conglomerados de la formación Belén.

- En base a los resultados obtenidos de los sondeos eléctricos verticales, no se evidenció el nivel freático; pero con las resistividades aparentes de los materiales y la interpretación de datos se logró asumir la litología del lugar a través de los 2 sondeos; la primera capa compuesta de suelo orgánico con resistividad de 13.5 a 19.3 Ω.m, la segunda capa compuesta por limos saturados de 1.8 a 8.43 Ω.m, la tercer capa con arcillas saturadas de 3.72 a 4.8 Ω.m y la cuarta capa de arcillas arenosas con resistividades de 7.4 a 15.2. Ω.m.

- El área de estudio tiene como basamento las rocas sedimentarias granulares, donde se han desarrollado capas de suelos residuales propios de la meteorización. Los suelos naturales son arcillas de alta plasticidad (IP= 60-85%), de color negro y potencia que varía desde los 4.0m hasta una profundidad indefinida, por la naturaleza de estos materiales favorecen la variabilidad del grado de saturación.

- De los resultados de campo y laboratorio de la perforación a diamantina, se establece que el nivel freático se encontró a 2m de profundidad; la potencia de los depósitos arcillo-limosos, sobrepasan los 15m, con una inclinación NS, por lo cual se

consideran como materiales expansivos y se debe realizar un mejoramiento del suelo a fin de que brinde garantías para la fase de construcción.

- Del análisis hidrológico general, basado en la interpretación de fotografías aéreas, se definió el cauce de los drenajes antiguos. Estos cursos de agua, aunque superficialmente se han adaptado a la topografía actual, en el subsuelo conservan su curso natural y generan zonas de saturación de los suelos arcillosos plásticos, mismos que están afectando a infraestructuras, aceras, bordillos y vías.

9. RECOMENDACIONES

Considerando los resultados de la investigación y en base a las medidas de prevención planteadas, se proponen las siguientes recomendaciones precautelando la vida útil de las edificaciones, el eficiente desarrollo y funcionamiento del Puerto Seco Comercial.

- Realizar el desbroce y limpieza del terreno, retirar y desalojar el material de relleno sin compactar que se encuentra apilado al borde de la vía, hasta una profundidad tal que se obtenga una plataforma de pendiente uniforme y apta para la compactación por medio de amasado.

- Incorporar óxido de calcio dos veces por medio de arado; éste procedimiento ayuda a secar zonas de saturación para el posterior ingreso del equipo de compactación.

- Encausar las aguas de escorrentía de la zona agedada (encharcamiento) localizada al sur y oeste del área de estudio; con la construcción de canales laterales ya que esta zona se encuentra saturando los suelos y afectando estructuras ya existentes (cerramiento, bordillos y vías).

- Drenar las aguas de escurrimiento y de los cursos antiguos identificados con la fotointerpretación y corroborados con los ensayos (SPT y perforación), a través de la construcción de subdrenes a una profundidad de 2m.

- Se recomienda ubicar los cimientos de las edificaciones a una profundidad mínima de 1.50 m una vez mejorado el terreno, y con la colocación de geomembrana o pantallas plásticas, a fin de aislar la humedad del suelo.

10. BIBILIOGRAFÍA

Auge, M. (2008). Métodos Geoeléctricos para la Prospección de Agua Subteánea. Buenos Aires.

Belousov, V. (1979). Geología Estructural. Moscú, Rusia: Segunda Edición. 5 p.

Bowles J. ((1980)). Manual de Laboratorio de Suelos en Ingeniería Civil. Mcgraw-Hill Latinoamericana, S. A. 210 pp.

Canales, J. C. (2008). Características Físicas y Propiedades Mecánicas de los Suelos y sus Métodos de Medición. Guatemala: Universidad de San Carlos de Guatemala.

Cantabria, U. d. (2010). "Introducción a la Geotécnia: Tipos y Propiedades Generales de los Suelos". España.

Duque Escobar, G. (2016). Manual de Geología para Ingenieros. Manizales, Colombia.

F.C.E.F.N. (2004). Levantamiento y Carteo Geológico.

Franquet J.& Querol A. (2010). Nielación de Terrenos por Regresión Tidimensional. España: UNED-Tortosa. C/ Cervantes,.

Gordillo Q., M. E. (2013). Estudio geológico-geotécnico a detalle para la construcción del parque eólico santo domingo tramo i; cantón loja, provincia de loja. Loja.

Gozaga, S. D. (2015). Susceptibilidad a deslizamientos en la vía de Integración Barrial sector Plateado Bajo de la ciudad de Loja-Ecuador. Loja.

Instituto de Hidrología, M. Y.-I. (2013). Guía Metodologíaca para elaboración de Mapas Geomorfológicos. Bogotá.

Instituto Geográfico de Venezuela Simón Bolívar, ,. (2011). Levantamiento Topográfico con fines catastrales.

Manilla Aceves, A. (2003). Geofísica Aplicada en los proyectos Básicos de Ingeniería Civil. México.

Martínez, J. (2003). Geología Estructural y Dinámica Global.

Meuron, H. &. (2010). Estudio Geotécnico Preliminar. España.

Mijaylov, L. (1989). Hidrogeología. . Moscú, Rusia.: Mir Moscú. 288 p. .

Morris, D. W. (1889). Geographic method in geologic investigation. Nat. Geog. Mag, 11 - 26.

NEC-2014. Norma Ecuatoriana de la Construcción. Cargas sísmicas - Diseño sismo resistente- Geotecnia y Cimentaciones.

Ochoa Tapia, M. (2013). Estudio Geológico–Geotécnico del tramo de vía Nueva Fátima–Numbiaranga– Portachuelo de los cantones Sozoranga y macará, provincia de Loja. Loja, Ecuador.

Oyarzún, J. (2009). Léxico sobre procesos y estructuras geológicas.

PascuaL, J. S. (2005). Estudio Geotecnico,. Cuso de Geotecnia, (pág. 3).

Photogrammetry, A. S. (1996). Manual de fotogrametría. American Society ofPhotogrammetry, 8.

Rodriguez, C. E. (2017). Geología de Campo. Universidad Nacional Autónoma México 2001.

Santi, T.. Ensayo SPT Standard Penetration Test (ASTMD 1586) Índice. Quito, Pichincha, Ecuador.

Siapa. (2014). Criterios y Lineamientos Técnicos para Factibilidades, Geotecnia.

Soto Macas, M. V. (2013). Estudios geológico,- geotécnico a detalle para la construcción del Parque Eólico Santo Domingo tramo II, Cantón Catamayo Provincia de Loja. Loja.

Tarbuck & Lutgens. (2005). Ciencias de la Tierra. España: Edit. Prentice Hall,.

Universidad Nacional San Luis. (2011). Fotointerpretación. Argentina.

Ureta Chalen, C. G. (2017). "Aplicación de la Norma Ecuatoriana de la Construcción NEC-15". Guayaquil-Ecuador.

Vivienda, A. N. (2010). Manual de Cimentaciones. México. 2000.

11. **ANEXOS**

ANEXO 1

MAPAS DEL SECTOR URBANO DEL CANTÓN LOJA

ANEXO 1.1. Mapa Hidrológico

ANEXO 1.2. Mapa de Uso de Suelo

ANEXO 1.3. Mapa Geológico

ANEXO 1.4. Mapa Estructural

ANEXO 2

MAPAS DEL ÁREA DE ESTUDIO

ANEXO 2.1. Mapa de Ubicación del Área de Estudio

ANEXO 2.2. Mapa Topográfico

ANEXO 2.3. Mapa Geológico

ANEXO 2.4. Mapa de ubicación en campo de Afloramientos, Calicatas, SEV, SPT, Perforación

ANEXO 2.5. Mapa de Pendientes

ANEXO 2.6. Mapa Geomorfológico

ANEXO 3

FICHAS DE DESCRIPCIÓN DE AFLORAMIENTOS Y CALICATAS

UNIVERSIDAD NACIONAL DE LOJA
F.E.I.R.N.N.R.
Ingeniería en Geología Ambiental y Ordenamiento Territorial
FICHA DE AFLORAMIENTOS

Proyecto	"ESTUDIO GEOLÓGICO-GEOTÉCNICO PREVIO A LA CONSTRUCCIÓN DEL PUERTO SECO COMERCIAL, SECTOR PLATEADO, CANTÓN Y PROVINCIA DE LOJA"				
Responsable	Stalin Moises jiménez Saritama		*N° Afloramiento*	01	
Dimensiones	*Largo:* 23m *Alto:* 6m	*Dátum*	WGS84	*Ubicación*	*X:* 695898 *Y:* 9559213 *Z:* 2222

Cróquis de Ubicación

Caracterización	
Tipo de Afloramiento	Antrópico
Vegetación	Escasa - pastos
Clima	Templado – 17°C
Contexto Geológico	
Formación	La Banda
Estado de alteración	Oxidación masiva
Génesis	Sedimentario

Fotografía

Datos Estructurales	
Rumbo	
Buzamiento	

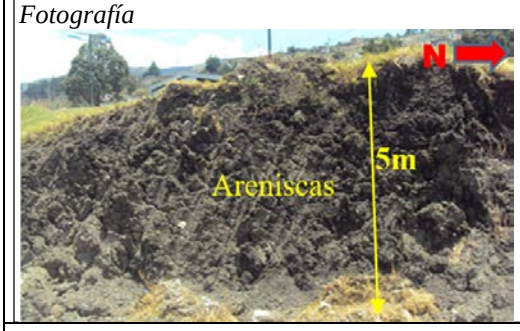
Descripción:
Existen una cubierta vegetal de 20cm de coloración negra y presencia de raices poco profundas. Se encuentran areniscas en la parte superior de coloración marrón oscuro a negro; y en la parte inferior la presencia de fragmentos de lutitas de 10cm junto con areniscas de color amarillo claro, con lo cual se presume que es la transición entre la formacón La Banda y la Belén.

UNIVERSIDAD NACIONAL DE LOJA
F.E.I.R.N.N.R.
Ingeniería en Geología Ambiental y Ordenamiento Territorial
FICHA DE AFLORAMIENTOS

Proyecto	"ESTUDIO GEOLÓGICO-GEOTÉCNICO PREVIO A LA CONSTRUCCIÓN DEL PUERTO SECO COMERCIAL, SECTOR PLATEADO, CANTÓN Y PROVINCIA DE LOJA"				
Responsable	Stalin Moises jimenez Saritama			*N° Afloramiento*	02
Dimensiones	*Largo:* 10.4m *Alto:* 2.8m	*Dátum*	WGS84	*Ubicación*	*X:* 696013 *Y:* 9559425 *Z:* 2225

Cróquis de Ubicación

Fotografía



Caracterización	
Tipo de Afloramiento	Antrópico
Vegetación	Escasa - pastos
Clima	Templado – 17°C
Contexto Geológico	
Formación	La Banda
Estado de alteración	Medio
Génesis	Sedimentario
Datos Estructurales	
Rumbo	
Buzamiento	

Descripción

Se puede evidenciar la presencia de areniscas de color marrón, con pequeñas incrustaciones de areniscas de coloración amarillo claro.

UNIVERSIDAD NACIONAL DE LOJA
F.E.I.R.N.N.R.
Ingeniería en Geología Ambiental y Ordenamiento Territorial
FICHA DE AFLORAMIENTOS

Proyecto	"ESTUDIO GEOLÓGICO-GEOTÉCNICO PREVIO A LA CONSTRUCCIÓN DEL PUERTO SECO COMERCIAL, SECTOR PLATEADO, CANTÓN Y PROVINCIA DE LOJA"				
Responsable	Stalin Moises jimenez Saritama			*N° Afloramiento*	03
Dimensiones	*Largo:* 15m *Alto:* 2.5m	*Dátum*	WGS84	*Ubicación*	*X:* 696132 *Y:* 9559569 *Z:* 2229

Cróquis de Ubicación

Caracterización	
Tipo de Afloramiento	Antrópico
Vegetación	Escasa - pastos
Clima	Templado – 17°C
Contexto Geológico	
Formación	Belén
Estado de alteración	Oxidación media
Génesis	*Sedimentario*
Datos Estructurales	
Rumbo	
Buzamiento	

Fotografía

Descripción

Este afloramiento esta ubicado al margen de la vía de Integración Barrial, mismo que está constituido en su mayoría por areniscas de color marrón y también areniscas de coloración amarillo claro.

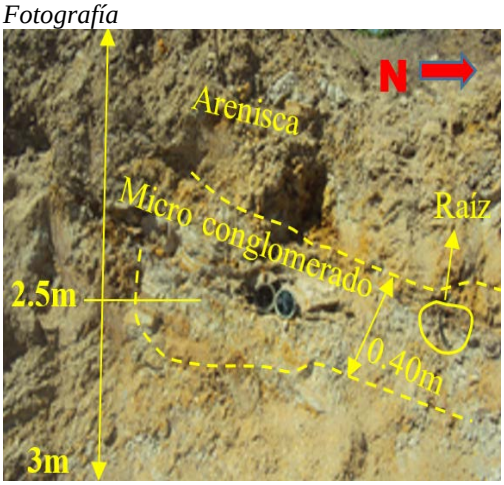
UNIVERSIDAD NACIONAL DE LOJA
F.E.I.R.N.N.R.
Ingeniería en Geología Ambiental y Ordenamiento Territorial
FICHA DE AFLORAMIENTOS

Proyecto	"ESTUDIO GEOLÓGICO-GEOTÉCNICO PREVIO A LA CONSTRUCCIÓN DEL PUERTO SECO COMERCIAL, SECTOR PLATEADO, CANTÓN Y PROVINCIA DE LOJA"				
Responsable	Stalin Moises jimenez Saritama			*N° Afloramiento*	04
Dimensiones	*Largo:* 8m *Alto:* 3m	*Dátum*	WGS84	*Ubicación*	*X:* 696118 *Y:* 9559746 *Z:* 2235

Cróquis de Ubicación

Caracterización	
Tipo de Afloramiento	Antrópico
Vegetación	Arbórea- ciprés
Clima	Templado – 17°C
Contexto Geológico	
Formación	Belén
Estado de alteración	Oxidación media
Génesis	Sedimentario- estratificación
DatosEstructurales	
Rumbo	S49°W
Buzamiento	24°SE

Fotografía



Descripción

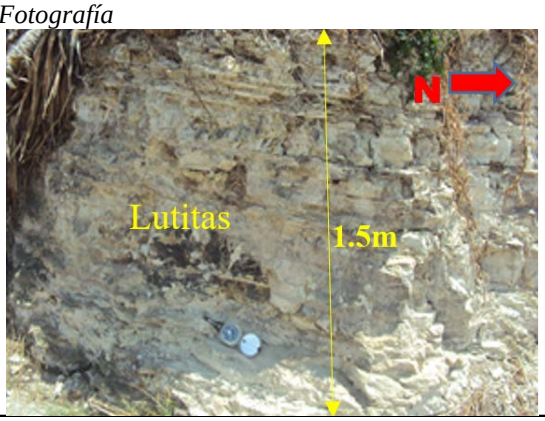
En este afloramiento se evidencia microconglomerado con matriz cementante arenisca cuyos cantos miden aproximadamente 8 cm; a causa de la oxidación presenta coloraciones amarillo, amarillo claro con brillo satinado. También se registran raices de los árboles circundantes a profundidad de 2.5m y
Hay presencia de oxidación de los materiales debido a la coloración anaranjada típica por la presencia de hierro.

UNIVERSIDAD NACIONAL DE LOJA
F.E.I.R.N.N.R.
Ingeniería en Geología Ambiental y Ordenamiento Territorial
FICHA DE AFLORAMIENTOS

Proyecto	"ESTUDIO GEOLÓGICO-GEOTÉCNICO PREVIO A LA CONSTRUCCIÓN DEL PUERTO SECO COMERCIAL, SECTOR PLATEADO, CANTÓN Y PROVINCIA DE LOJA"				
Responsable	Stalin Moises jiménez Saritama		*N° Afloramiento*		05
Dimensiones	*Largo:* 3.7m *Alto:* 1.5m	*Dátum*	WGS84	*Ubicación*	*X:* 695773 *Y:* 9559409 *Z:* 2259

Cróquis de Ubicación

Fotografía



Caracterización	
Tipo de Afloramiento	Antrópico
Vegetación	Escasa
Clima	Templado – 17°C
Contexto Geológico	
Formación	La Banda
Estado de alteración	Media
Génesis	Sedimentario
Datos Estructurales	
Rumbo	N30°E
Buzamiento	11°NW

Descripción

Este afloramiento se encuentra al oeste del área de estudio caracterizado principalmente por capas delgadas de 3cm de lutitas de color blanquesino con una potencia de 1.5m, ademas presenta una alteración media por los agentes climáticos (sol, lluvia y viento)

UNIVERSIDAD NACIONAL DE LOJA
F.E.I.R.N.N.R.
Ingeniería en Geología Ambiental y Ordenamiento Territorial
FICHA DE AFLORAMIENTOS

Proyecto	"ESTUDIO GEOLÓGICO-GEOTÉCNICO PREVIO A LA CONSTRUCCIÓN DEL PUERTO SECO COMERCIAL, SECTOR PLATEADO, CANTÓN Y PROVINCIA DE LOJA"				
Responsable	Stalin Moises jiménez Saritama		*N° Afloramiento*		06
Dimensiones	*Largo:* 4m *Alto:* 3m	*Dátum*	WGS84	*Ubicación*	*X:* 696255 *Y:* 9559619 *Z:* 2262

Cróquis de Ubicación

Caracterización	
Tipo de Afloramiento	Natural
Vegetación	Escasa
Clima	Templado – 19°C
Contexto Geológico	
Formación	Belén
Estado de alteración	Oxidación alta
Génesis	Sedimentario
DatosEstructurales	
Rumbo	
Buzamiento	

Fotografía

Descripción

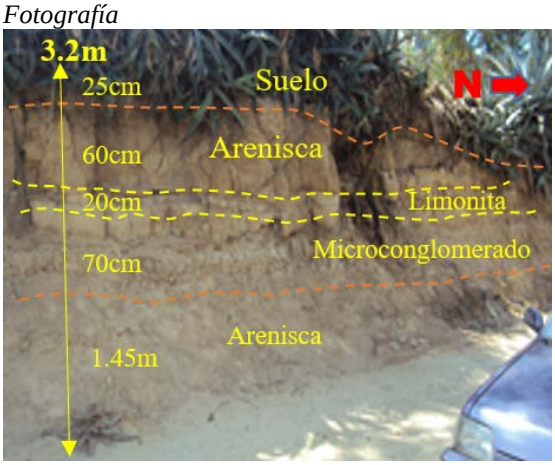
Se puede evidenciar la presencia de conglomerados cuyos cantos redondeados y subredondeados que miden aproximadamente 10 cm y con una matriz cementante compuesta por areniscas de grano fino, se encuentra con una oxidacón alta al estar aflorando en superficie.

UNIVERSIDAD NACIONAL DE LOJA
F.E.I.R.N.N.R.
Ingeniería en Geología Ambiental y Ordenamiento Territorial
FICHA DE AFLORAMIENTOS

Proyecto	"ESTUDIO GEOLÓGICO-GEOTÉCNICO PREVIO A LA CONSTRUCCIÓN DEL PUERTO SECO COMERCIAL, SECTOR PLATEADO, CANTÓN Y PROVINCIA DE LOJA"				
Responsable	Stalin Moises jimenez Saritama		*N° Afloramiento*	07	
Dimensiones	*Largo:* 12m *Alto:* 3.20m	*Dátum*	WGS84	*Ubicación*	*X:* 696347 *Y:* 9559383 *Z:* 2208

Cróquis de Ubicación

Fotografía



Caracterización	
Tipo de Afloramiento	Antrópico
Vegetación	Arbustiva - cabuyos
Clima	Templado – 17°C
Contexto Geológico	
Formación	Belén
Estado de alteración	Oxidación masiva
Génesis	Sedimentario
DatosEstructurales	
Rumbo	S19°W
Buzamiento	16°NW

Descripción

Este afloramiento se ubica al este del área de estudio al margen derecho de la vía que separa el sector Plateado bajo con la ciudadela La Lumbre. Caracterizado por presentar areniscas grices con tonalidades que van de blanco amarillento claro hasta anaranjadas por la oxidación. Además se distinguen intercalaciones de areniscas de grano medio (3cm) y microconglomerados con una matriz de arcilla clara.

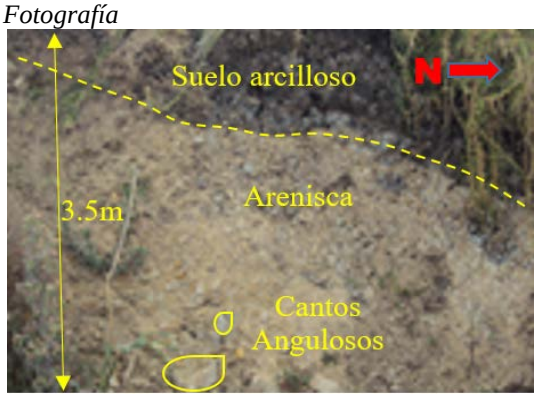
UNIVERSIDAD NACIONAL DE LOJA
F.E.I.R.N.N.R.
Ingeniería en Geología Ambiental y Ordenamiento Territorial
FICHA DE AFLORAMIENTOS

Proyecto	"ESTUDIO GEOLÓGICO-GEOTÉCNICO PREVIO A LA CONSTRUCCIÓN DEL PUERTO SECO COMERCIAL, SECTOR PLATEADO, CANTÓN Y PROVINCIA DE LOJA"		
Responsable	Stalin Moises jiménez Saritama	*N° Afloramiento*	08

Dimensiones	*Largo:* 4.6m *Alto:* 3.5m	*Dátum*	WGS84	*Ubicación*	*X:* 696286 *Y:* 9559201 *Z:* 2222

Cróquis de Ubicación

Fotografía



Caracterización	
Tipo de Afloramiento	Antrópico
Vegetación	Pastos
Clima	Templado – 17°C
Contexto Geológico	
Formación	
Estado de alteración	Oxidación media
Génesis	Sedimentario
DatosEstructurales	
Rumbo:	N16°E
Buzamiento:	20°NW

Descripción

Este se encuentra aflorando en la parte sur-este del poligono de Puerto Seco, donde termina el drenaje de la vertiente; presenta un espesor de suelo de 30cm compuesto por arcillas y areniscas y presencia de raices poco profundas, bajo este suelo se evidencian el estrato indefinido de areniscas claras con fragmentos de raca angulosos.

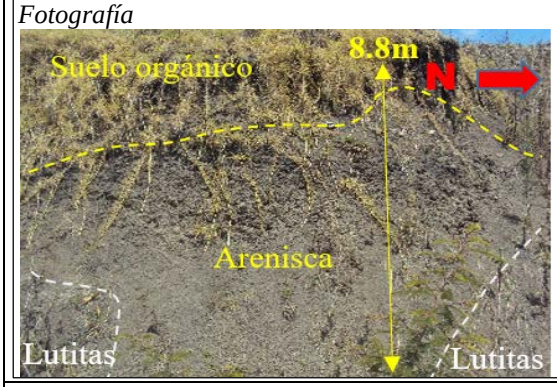
UNIVERSIDAD NACIONAL DE LOJA
F.E.I.R.N.N.R.
Ingeniería en Geología Ambiental y Ordenamiento Territorial
FICHA DE AFLORAMIENTOS

Proyecto	"ESTUDIO GEOLÓGICO-GEOTÉCNICO PREVIO A LA CONSTRUCCIÓN DEL PUERTO SECO COMERCIAL, SECTOR PLATEADO, CANTÓN Y PROVINCIA DE LOJA"		
Responsable	Stalin Moises jimenez Saritama	*N° Afloramiento*	09

Dimensiones	*Largo:* 2m *Alto:* 8.8m	*Dátum*	WGS84	*Ubicación*	*X:* 696132 *Y:* 9559569 *Z:* 2233

Cróquis de Ubicación

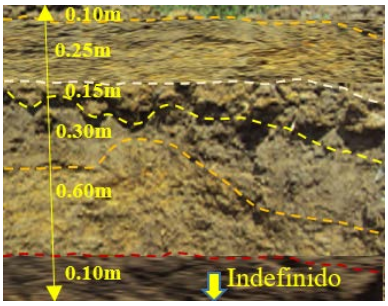
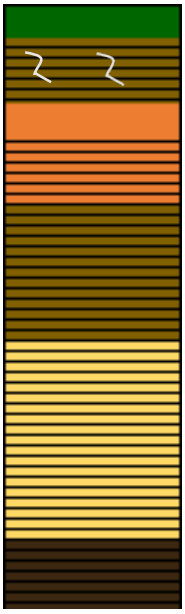
Fotografía



Caracterización	
Tipo de Afloramiento	Antrópico
Vegetación	Escasa
Clima	Templado – 18°C
Contexto Geológico	
Formación	Belén
Estado de alteración	Media
Génesis	Sedimentario
DatosEstructurales	
Rumbo	
Buzamiento	

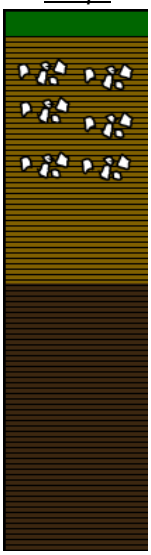
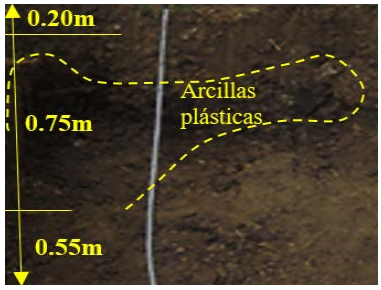
Descripción

Está conformado por areniscas grices de grano fino y medio, hay la presencia de laminas de lutitas blanquecinas, vegetación herbacea

CALICATA N° 1				
Sector:	Puerto Seco Comercial – El Plateado			
Ubicación:	*X*	*Y*	*Z*	
	696196	9559423	*2213*	
Datum:	WGS 84 Zona 17 S			
Tipo de excavación:	Manual	*Dimensiones:*	*Largo:*1.5m *Ancho:*1.5m *Profundidad:*1.5m	
Descripción Litológica				
Registro fotográfico	*Perfil*	*Características:*		
  		La primera es la capa vegetal de10cm (pasto) La segunda es una capa de arenisca y limo de 25cm de coloración clara, donde hay presencia de raíces; La capa 3 se encontraron arcillas de color amarillo claro y anaranjadas con 15cm de espesor, está coloración indica la presencia de óxidos. La capa 4 corresponde a arcillas de coloración obscura de 30cm, presencia de turba, presenta fragmentos pequeños de cuarcita (1.5cm de diámetro); La capa 5 pertenece a arcillas de coloración café claro con un espesor de 60cm, se tratan de arcillas compactas ya que ofrecieron dificultad al excavar Con un espesor de 10cm la última capa corresponde a arcillas plásticas duras de color café oscuro, presentando gran dificultad al excavar.	

CALICATA N° 2				
Sector:	Puerto Seco Comercial – El Plateado			
Ubicación:	*X*	*Y*	*Z*	
	696101	9559191	*2204*	
Datum:	WGS 84 Zona 17 S			
Tipo de excavación:	Manual	*Dimensiones:*	*Largo:* 1.5m *Ancho:* 1.5m *Profundidad:* 1.5m	

Descripción Litológica

Registro fotográfico	*Perfil*	*Características:*
		La primera capa es vegetal de 20cm, presenta coloración clara, tiene fragmentos de rocas angulosas y subredondeadas existe la presencia de raíces
		La segunda capa corresponde a areniscas de grano medio de color gris con una potencia de 75cm, además se evidencian clastos angulosos, la estratificación se presenta horizontal, presencia de raíces a 40cm de profundidad
		La tercera capa de suelo pertenece a arcillas de color café oscuro, la potencia es de 55 cm, e indefinido,
		Observaciones: la tercera capa se tratan de arcillas húmedas plásticas compactas que presentaron dificultad en la excavación

ANEXO 4

CLASIFICACIÓN DE SUELOS SEGÚN (SUCS) Y (AASHTO).

			Símbolos del grupo	NOMBRES TÍPICOS	IDENTIFICACIÓN DE LABORATORIO		
SUELOS DE GRANO GRUESO	GRAVAS	Gravas limpias (sin o con pocos finos)	GW	Gravas, bien graduadas, mezclas grava-arena, pocos finos o sin finos.	Determinar porcentaje de grava y arena en la Curva granulométrica. Según el porcentaje de finos (fracción inferior al tamiz número 200). Los suelos de grano grueso se clasifican como sigue:	$Cu=D_{60}/D_{10}>4$ $Cc=(D30)^2/D_{10}xD_{60}$ entre 1 y 3	
			GP	Gravas mal graduadas, Mezclas grava-arena, pocos finos o sin finos.		No cumplen con las Especificaciones de granulometría para GW.	
	Más de la mitad de la fracción gruesa es retenida por el tamiz número 4 (4,76 mm)	Gravas con finos (apreciable cantidad de finos)	GM	Gravas limosas, mezclas grava-arena-limo.		Límites de Atterberg debajo de la línea A o IP <4.	Encima de línea A con IP entre 4 y 7 son casos límite que requieren Doble símbolo.
			GC	Gravas arcillosas, mezclas grava-arena-Arcilla.		Límites de Atterberg sobre la línea A con IP >7.	
	ARENAS	Arenas limpias (pocos o sin finos)	SW	Arenas bien graduadas, arenas con grava, pocos Finos o sin finos.	<5 %-> GW, GP, SW, SP. >12%->GM,GC,SM,SC. 5 al 12%->casos límite Que requieren usar doble símbolo.	$Cu=D_{60}/D_{10}>6$ $Cc=(D30)^2/D_{10}xD_{60}$ entre 1 y 3	
			SP	Arenas mal graduadas, arenas con grava, pocos finos o sin finos.		Cuando no se cumplen simultáneamente las condiciones para SW.	
Más de la mitad del material retenido en el tamiz número 200	Más de la mitad de la fracción gruesa pasa por el tamiz número 4 (4,76 mm)	Arenas con finos (apreciable cantidad de finos)	SM	Arenas limosas, mezclas de arena y limo.		Límites de Atterberg debajo de la línea A o IP<4.	Los límites situados en la zona rayada con IP entre 4 y 7 son casos intermedios que precisan
			SC	Arenas arcillosas, mezclas arena-arcilla.		Límites de Atterberg sobre la línea A con IP>7.	
SUELOS DE GRANO FINO	Limos y arcillas: Límite líquido menor de 50		ML	Limos inorgánicos y arenas muy finas, limos limpios, arenas finas, limosas o Arcillosa, o limos arcillosos con ligera plasticidad.			
			CL	Arcillas inorgánicas de plasticidad baja a media, arcillas con grava, arcillas arenosas, arcillas limosas.			
			OL	Limos orgánicos y arcillas orgánicas limosas de baja plasticidad.			
Más de la mitad del material pasa por el tamiz número 200	Limos y arcillas: Límite líquido mayor de 50		MH	Limos inorgánicos, suelos arenosos finos o limosos con mica o diatomeas, Limos elásticos.			
			CH	Arcillas inorgánicas de plasticidad alta.			
			OH	Arcillas orgánicas de plasticidad media a elevada; limos orgánicos.			
Suelos muy orgánicos			PT	Turba y otros suelos de alto contenido orgánico.			

SISTEMA DE CLASIFICACIÓN DE SUELOS AASHTO

Clasificación general	Materiales granulares (35% o menos pasa por el tamiz Nº 200							Materiales limoso arcilloso (más del 35% pasa el tamiz Nº 200)			
Grupo:	A-1		A-3	A-2				A-4	A-5	A-6	A-7
	A-1-a	A-1-b		A-2-4	A-2-5	A-2-6	A-2-7				A-7-5 A-7-6
Porcentaje que pasa: Nº 10 (2mm) Nº 40 (0,425mm) Nº 200 (0,075mm)	50 máx 30 máx 15 máx	- 50 máx 25 máx	- 51 mín 10 máx	- - 35 máx				- - 36 min			
Características de la fracción que pasa por el tamiz Nº 40 Límite líquido Indice de plasticidad	- 6 máx		- NP (1)	40 máx 10 máx	41 mín 10 máx	40 máx 11 mín	41 mín 11 mín	40 máx 10 máx	41 mín 10 máx	40 máx 11 mín	41 mín (2) 11 mín
Constituyentes principales	Fracmentos de roca, grava y arena		Arena fina	Grava y arena arcillosa o limosa				Suelos limosos		Suelos arcillosos	
Características como subgrado	Excelente a bueno							Pobre a malo			

(1): No plástico

(2): El índice de plasticidad del subgrupo A-7-5 es igual o menor al LL menos 30

El índice de plasticidad del subgrupo A-7-6 es mayor que LL menos 30

Índice de grupo :

$$IG = (F - 35) \cdot [0{,}2 + 0{,}005 \cdot (LL - 40)] + 0{,}01 \cdot (F - 15) \cdot (IP - 10)$$

Siendo :

F : % que pasa el tamiz ASTM nº 200.

LL : límite líquido.

IP : índice de plasticidad.

El índice de grupo para los suelos de los subgrupos A - 2 - 6 y A - 2 - 7 se calcula usando sólo : $IG = 0{,}01 \cdot (F - 15) \cdot (IP - 10)$

ANEXO 5

RESULTADOS DE CAMPO, LABORATORIO, CORTE GEOELÉCTRICO Y REGISTRO FOTOGRÁFICO DE S.E.V.

ESTSUELCON CIA. LTDA.

ESTUDIO DE SUELOS, LABORATORIO, CONSULTORIA Y CONSTRUCIÓN

DATOS DE CAMPO ENSAYO DE RESISTIVIDAD ELÉCTRICA

PROYECTO: ESTUDIO GEOLÓGICO – GEOTÉCNICO Y ESTRUCTURA DEL PAVIMENTO PARA EL ÁREA DEL PUERTO SECO COMERCIAL SECTOR EL PLATEADO

SOLICITADO: GAD Cantonal de Loja
REALIZADO: Ing. Diego Castillo
SECTOR: El Plateado
S.E.V.: 1

N°	AB/2	MN	ρa (Ohm.m)	k	V/I
1	1	1	16,79	2,4	6,99620
2	1,5	1	15,04	6,28	2,39490
3	2	1	12,23	11,78	1,03860
4	2,5	1	11,65	18,85	0,61829
5	2,5	2	14,14	8,25	1,71410
6	3	1	11,12	27,5	0,40447
7	3	2	13,25	12,6	1,05170
8	5	2	9,84	37,7	0,26109
9	7	2	8,81	75,4	0,11690
10	10	2	7,64	155,5	0,04915
11	10	5	7,19	58,9	0,12205
12	15	2	6,42	351,9	0,01824
13	15	5	5,85	137,4	0,04260
14	20	5	5,80	247,4	0,02345
15	20	20	5,08	47,1	0,10786
16	30	5	6,14	561,6	0,01093
17	30	20	5,19	125,7	0,04131
18	40	20	5,85	235,6	0,02485
19	50	20	6,45	377	0,01712
20	70	20	7,74	754	0,01026
21	100	20	8,97	1555,1	0,00577
22	150	20		3518,6	
23	200	20		6267,5	

ESTE	696040
NORTE	9559274
ELEVACIÓN	2234,75
AZIMUT	220
ABSCISA	

Ing. Diego Castillo J.
CONSULTOR

Email: estsuelcon@gmail.com - Telfs: (07)2618899 / 0999682335 /0980353190

ESTSUELCON CIA. LTDA.

ESTUDIO DE SUELOS, LABORATORIO, CONSULTORIA Y CONSTRUCIÓN

DATOS DE CAMPO ENSAYO DE RESISTIVIDAD ELÉCTRICA

PROYECTO: ESTUDIO GEOLÓGICO – GEOTÉCNICO Y ESTRUCTURA DEL PAVIMENTO PARA EL ÁREA DEL PUERTO SECO COMERCIAL SECTOR EL PLATEADO

SOLICITADO : GAD Cantonal de Loja
REALIZADO : Ing. Diego Castillo
SECTOR: El Plateado
S.E.V.: 2

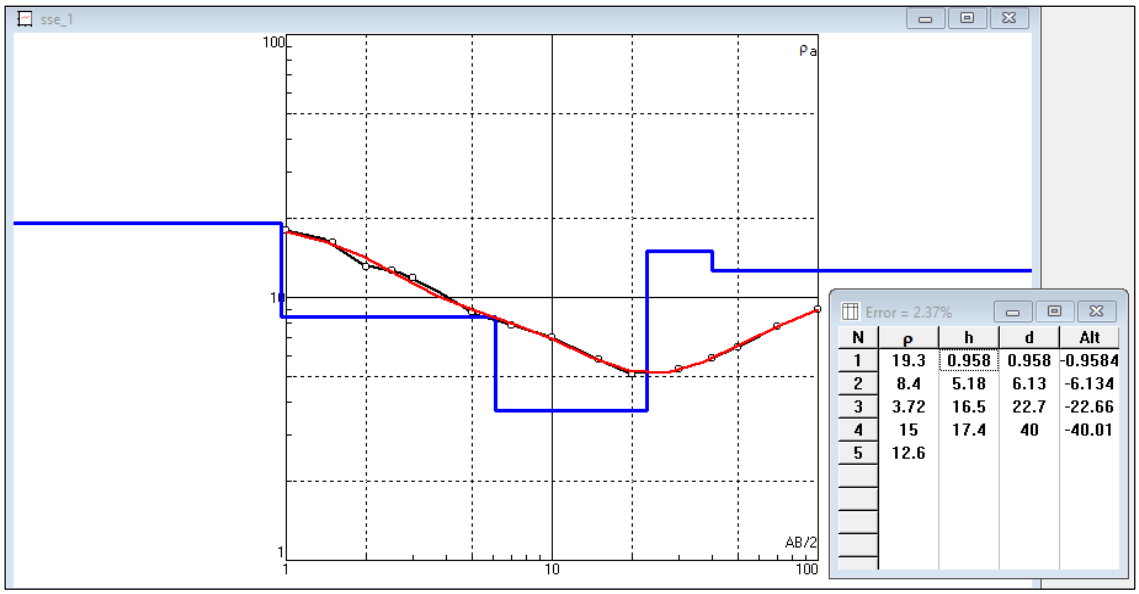
N°	AB/2	MN	Ça (Ohm.m)	k	V/I
1	1	1	42,46	2,4	17,69
2	1,5	1	31,54	6,28	5,0219
3	2	1	20,05	11,78	1,7019
4	2,5	1	12,17	18,85	0,54568
5	2,5	2	21,60	8,25	2,6185
6	3	1	11,26	27,5	0,40943
7	3	2	18,67	12,6	1,4821
8	5	2	8,09	37,7	0,21455
9	7	2	6,65	75,4	0,088209
10	10	2	6,10	155,5	0,039245
11	10	5	5,31	58,9	0,090113
12	15	2	5,32	351,9	0,015107
13	15	5	4,63	137,4	0,033717
14	20	5	4,37	247,4	0,01765
15	20	20	4,64	47,1	0,098493
16	30	5	3,95	561,6	0,0070357
17	30	20	4,61	125,7	0,036661
18	40	20	5,62	235,6	0,023867
19	50	20	6,15	377	0,016313
20	70	20	7,4	754	0,0038481
21	100	20	9,6	1555,1	0,0051881
22	150	20		3518,6	
23	200	20		6267,5	

ESTE	696102
NORTE	9559418
ELEVACIÓN	2234
AZIMUT	210
ABSCISA	

Ing. Diego Castillo J.
CONSULTOR

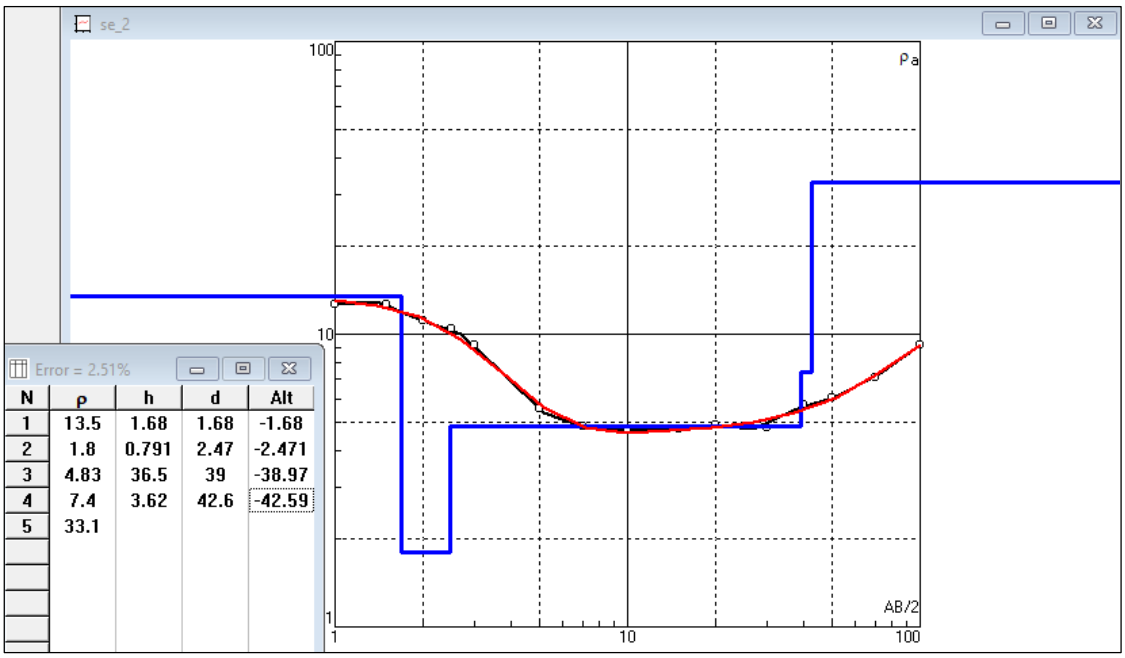
Email: estsuelcon@gmail.com - Telfs: (07)2613689 / 0999682935 /0980153180

SEV 1

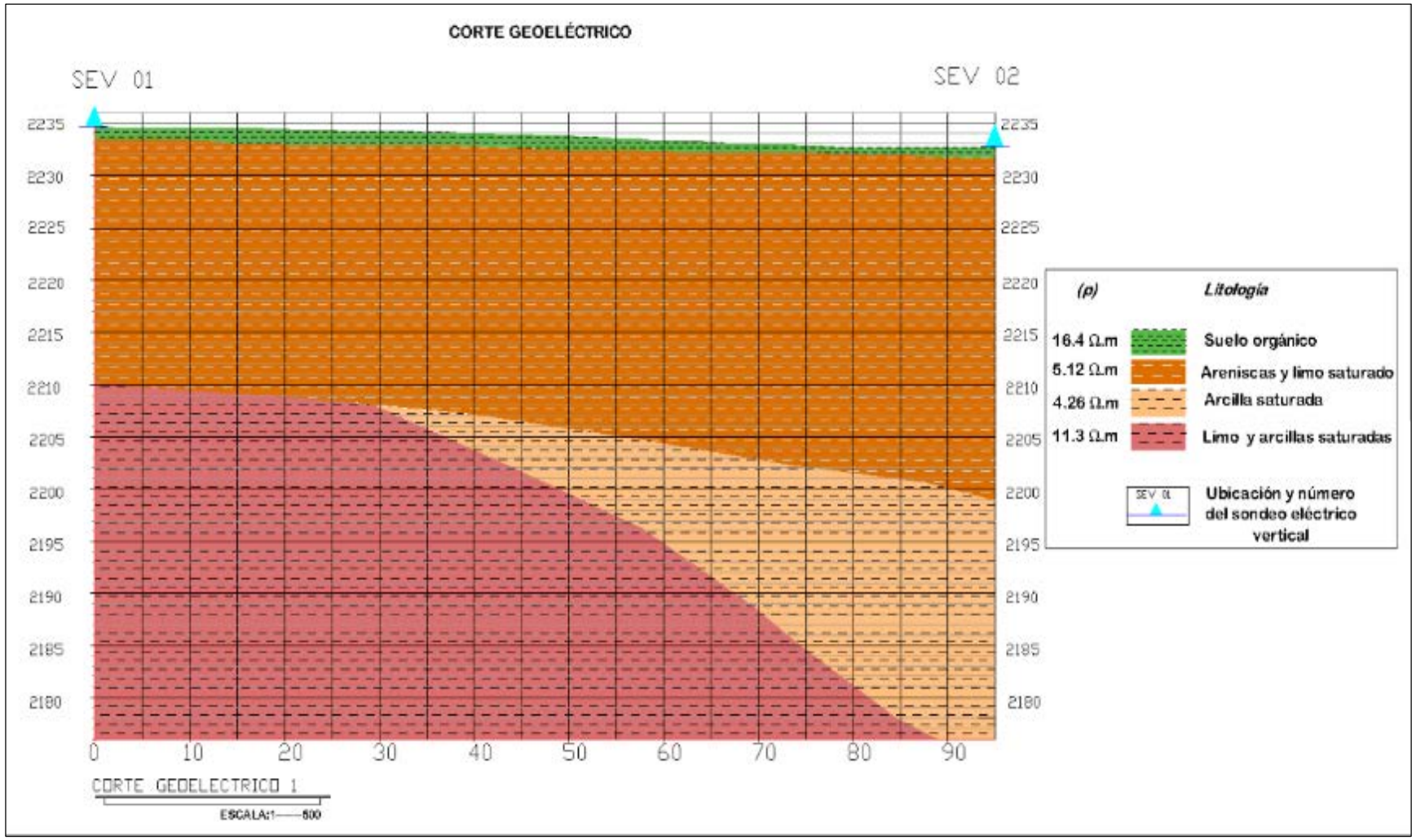


N	ρ	h	d	Alt
1	19.3	0.958	0.958	-0.9584
2	8.4	5.18	6.13	-6.134
3	3.72	16.5	22.7	-22.66
4	15	17.4	40	-40.01
5	12.6			

SEV 2



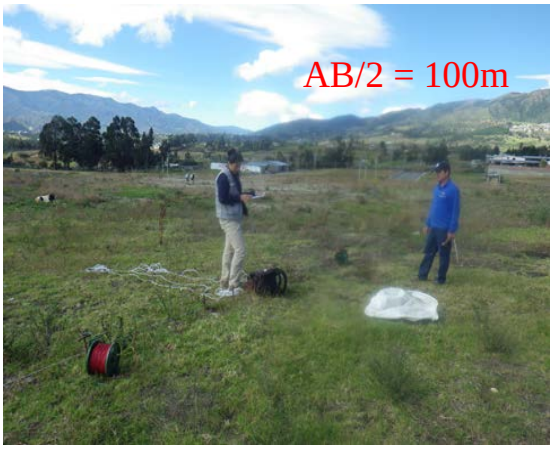
N	ρ	h	d	Alt
1	13.5	1.68	1.68	-1.68
2	1.8	0.791	2.47	-2.471
3	4.83	36.5	39	-38.97
4	7.4	3.62	42.6	-42.59
5	33.1			


CORTE GEOELÉCTRICO
SEV 01
SEV 02
2235
2230
2225
2220
2215
2210
2205
2200
2195
2190
2185
2180
0
10
20
30
40
50
60
70
80
90
CORTE GEOELECTRICO 1
ESCALA:1——500
(ρ)
Litología
16.4 Ω.m
Suelo orgánico
5.12 Ω.m
Areniscas y limo saturado
4.26 Ω.m
Arcilla saturada
11.3 Ω.m
Limo y arcillas saturadas
SEV 01
Ubicación y número del sondeo eléctrico vertical

SONDEO ELÉCTRICO VERTICAL

Líneas 1 y 2

Profundidad: 40m



ANEXO 6

RESULTADOS DE CAMPO, LABORATORIO, PERFILES ESTRATIGRÁFICOS Y REGISTRO FOTOGRÁFICO DE LOS SONDEOS DE PENETRACIÓN ESTÁNDAR (SPT)

ESTSUELCON CIA. LTDA.

ESTUDIOS DE SUELOS, LABORATORIO, CONSTRUCCIÓN Y CONSULTORIA

ENSAYOS DE CLASIFICACIÓN

PROY. : ESTUDIO GEOLÓGICO – GEOTÉCNICO Y ESTRUCTURA DEL PAVIMENTO PARA EL ÁREA DEL PUERTO SECO COMERCIAL SECTOR EL PLATEADO

OBRA : ESTUDIO DE SUELOS
UBIC. : EL PLATEADO - LOJA
FECHA : JUNIO - 2016 OPERADOR: O.V POZO: 1 PROFUND.: 2,00 m.

	GOLPES	PESO HM.	PESO SECO	DE CAPS	w %	RESULTADO
1.- CONTENIDO HUMEDAD		39,87	35,68	27,24	40,17	
		33,80	31,17	24,61	40,09	40,13
2.- LIM. LIQUIDO	35	34,65	31,30	27,24	81,71	
	27	31,15	28,42	25,18	84,26	
	20	35,03	31,43	27,18	85,18	
	15	33,73	29,24	25,24	87,23	84,11
3.- LIMITE PLASTICO		28,67	26,21	24,79	82,39	
		26,78	26,12	24,10	82,67	32,53

4.- GRANULOMETRIA

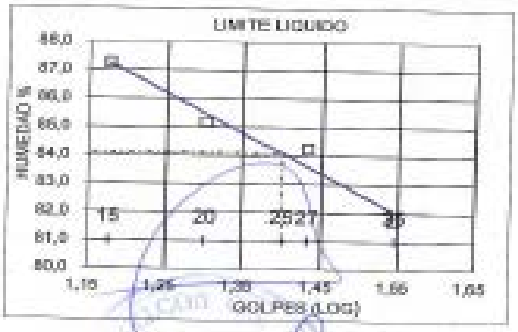
PESO IN= 71,8 (H/S) H
PESO INICIAL DE CALCULO: 51,2

TAMIZ	PESO R.	% R.A.	% PASA
1 1/2"	0,00	0,0	100
1"	0,00	0,0	100
3/4"	0,00	0,0	100
1/2"	0,00	0,0	100
3/8"	0,00	0,0	100
No. 4	2,27	4,4	96
No. 10	2,21	8,7	91
No. 40	8,21	17,0	83
No. 200	3,54	23,9	76

COLOR= CAFÉ

5.- CLASIFICACION.-

GRAVA=	4 %
ARENA=	19 %
FINOS=	76 %
LL =	84,00 %
LP =	33,00 %
IP =	51,00 %
CLASIFICACION:	
SUCS =	CH1
AASHTO=	A-7-5
IG(86)=	42
IG(45)=	20



Ing. Ovidio Castillo Jaramillo
LABORATORIO

Tele-fax: (07)2613698. Celular: 093883061-099692135-0980253189 Email: estsuelcon@gmail.com

ESTSUELCON CIA. LTDA.

ESTUDIOS DE SUELOS, LABORATORIO, CONSTRUCCIÓN Y CONSULTORIA

ENSAYOS DE CLASIFICACIÓN

PRDY. : ESTUDIO GEOLÓGICO – GEOTÉCNICO Y ESTRUCTURA DEL PAVIMENTO PARA EL ÁREA DEL PUERTO SECO COMERCIAL SECTOR EL PLATEADO

OBRA : ESTUDIO DE SUELOS
UBIC. : EL PLATEADO - LOJA — POZO: 1
FECHA : JUNIO - 2016 — OPERADOR: O.V — PROFUND.: 4,00 m.

	GOLPES	PESO HM.	PESO SECO	DE CAPS	w %	RESULTADO
1.- CONTENIDO HUMEDAD		43,79	37,63	27,29	59,57	
		52,90	43,50	27,64	59,27	59,42
2.- LIM. LIQUIDO	35	33,11	29,20	24,79	88,66	
	27	31,65	28,63	25,29	90,42	
	22	32,80	30,20	25,29	92,44	
	16	31,50	29,29	27,05	98,66	91,79
3.- LIMITE PLASTICO		31,77	30,61	27,17	33,72	
		30,44	29,29	25,89	33,82	33,77

4.- GRANULOMETRIA

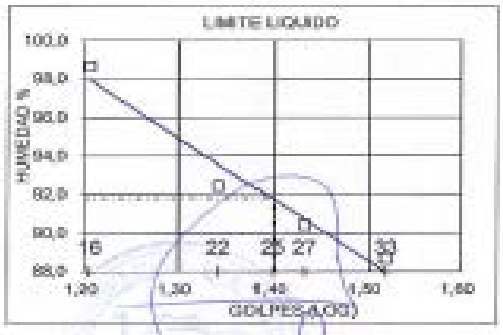
PESO IN= 71,0 (HUS) H
PESO INICIAL DE CALCULO: 44,3

TAMIZ	PESO R.	% R.A.	% PASA
1 1/2"	0,00	0,0	100
1"	0,00	0,0	100
3/4"	0,00	0,0	100
1/2"	0,00	0,0	100
3/8"	0,00	0,0	100
No. 4	0,17	0,4	100
No. 10	0,95	2,5	97
No. 40	4,32	12,2	88
No. 200	2,11	14,9	83

COLOR= CAFÉ OSCURO

5.- CLASIFICACION.-

GRAVA=	0	%
ARENA=	17	%
FINOS=	83	%
LL =	92,00	%
LP =	34,00	%
IP =	58,00	%
CLASIFICACION:		
SUCS =	CH	
AASHTO=	A-7-5	
IG(86)=	55	
IG(45)=	20	



Ing. Ovidio Castillo Jaramillo
LABORATORIO

Tele-fax: (07)2613699. Celular: 093883061-090692135-0988253180 Email: estsuelcon@gmail.com

ESTSUELCON CIA. LTDA.

ESTUDIOS DE SUELOS, LABORATORIO, CONSTRUCCIÓN Y CONSULTORIA

ENSAYOS DE CLASIFICACIÓN

PROY. : ESTUDIO GEOLÓGICO – GEOTÉCNICO Y ESTRUCTURA DEL PAVIMENTO PARA EL ÁREA DEL PUERTO SECO COMERCIAL SECTOR EL PLATEADO

OBRA : ESTUDIO DE SUELOS
UBIC. : EL PLATEADO - LOJA
FECHA : JUNIO - 2016
OPERADOR: O.V
POZO: 1
PROFUND.: 6,00 m.

	GOLPES	PESO H.M.	PESO SECO	DE CAPS	w %	RESULTADO
1.- CONTENIDO HUMEDAD		43,64	38,87	27,51	41,99	
		46,52	40,73	25,01	42,20	42,10
2.- LIM. LIQUIDO	31	38,68	30,90	24,59	90,31	
	26	37,95	31,35	24,08	90,78	
	22	38,65	32,02	24,80	91,83	
	18	41,24	34,41	27,04	92,67	91,17
3.- LIMITE PLASTICO		31,04	29,52	23,03	34,00	
		31,76	30,08	25,27	34,93	34,47

4.- GRANULOMETRIA

PESO IN= 100,5 (14%) H
PESO INICIAL DE CALCULO: 70,8

TAMIZ	PESO R.	% R.A.	% PASA
1 1/2"	0,00	0,0	100
1"	0,00	0,0	100
3/4"	0,00	0,0	100
1/2"	0,00	0,0	100
3/8"	0,00	0,0	100
No. 4	3,62	5,1	95
No. 10	1,53	7,3	93
No. 40	5,02	11,5	88
No. 200	2,63	15,3	85

COLOR= CAFÉ

5.- CLASIFICACION.-

GRAVA=	5 %
ARENA=	10 %
FINOS=	85 %
LL =	91,00 %
LP =	34,00 %
IP =	57,00 %
CLASIFICACION:	
SUCS =	CH
AASHTO=	A-7-5
IG(80)=	55
IG(45)=	20

Ing. Orlito Castillo Jaramillo
LABORATORIO

Tele-fax: (07)2613599. Celular: 093813061-099692315-0980253180 Email: estsuelcon@gmail.com

ESTSUELCON CIA. LTDA.

ESTUDIOS DE SUELOS, LABORATORIO, CONSTRUCCIÓN Y CONSULTORIA

ENSAYOS DE CLASIFICACIÓN

PROY. : ESTUDIO GEOLÓGICO – GEOTÉCNICO Y ESTRUCTURA DEL PAVIMENTO PARA EL ÁREA DEL PUERTO SECO COMERCIAL SECTOR EL PLATEADO

OBRA : ESTUDIO DE SUELOS
UBIC. : EL PLATEADO - LOJA — POZO: 1
FECHA : JUNIO - 2016 — OPERADOR: O.V — PROFUND.: 1,00 m.

	GOLPES	PESO HM.	PESO SECO	DE CAPS	w %	RESULTADO
1.- CONTENIDO HUMEDAD		36,79	33,73	27,54	49,43	
		34,07	32,05	27,08	40,64	45,04
2.- LIM. LIQUIDO	33	35,45	31,71	27,27	84,23	
	27	33,44	29,80	25,55	85,65	
	22	35,26	31,46	27,07	86,56	
	18	31,92	28,82	25,27	87,32	85,81
3.- LIMITE PLASTICO		31,96	30,58	25,69	28,22	
		30,66	29,20	24,07	28,46	28,34

4.- GRANULOMETRIA

PESO IN= 104,3 (HS) H
PESO INICIAL DE CALCULO: 71,9

TAMIZ	PESO R.	% R.A.	% PASA
1 1/2"	0,00	0,0	100
1"	0,00	0,0	100
3/4"	0,00	0,0	100
1/2"	0,00	0,0	100
3/8"	0,00	0,0	100
No. 4	5,25	7,3	93
No. 10	4,70	13,8	86
No. 40	5,71	21,8	78
No. 200	3,52	26,7	73

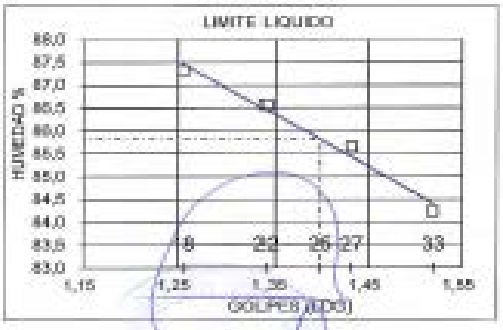
COLOR= CAFÉ

5.- CLASIFICACION.-

GRAVA=	7	%
ARENA=	19	%
FINOS=	73	%
LL =	86,80	%
LP =	28,00	%
IP =	58,80	%

CLASIFICACION:

SUCS =	CH
AASHTO=	A-7-6
IG(80)=	44
IG(45)=	20



Ing. Ovidio Castillo Jaramillo
LABORATORIO

Tele-fax: (07)2613699. Celular: 093883061-0994922335-0988253180 Email: estsuelcon@gmail.com

ESTSUELCON CIA. LTDA.

ESTUDIOS DE SUELOS, LABORATORIO, CONSTRUCCIÓN Y CONSULTORÍA

ENSAYOS DE CLASIFICACIÓN

PROY. : ESTUDIO GEOLÓGICO – GEOTÉCNICO Y ESTRUCTURA DEL PAVIMENTO PARA EL ÁREA DEL PUERTO SECO COMERCIAL SECTOR EL PLATEADO

OBRA : ESTUDIO DE SUELOS
UBIC. : EL PLATEADO - LOJA
FECHA : JUNIO - 2016

OPERADOR: O.V

POZO: 2
PROFUND.: 2,00 m.

	GOLPES	PESO HM.	PESO SECO	DE CAPS	w %	RESULTADO
1.- CONTENIDO HUMEDAD		67,12	60,61	27,91	18,91	
		65,14	58,46	35,98	38,57	28,24
2.- LIM. LIQUIDO	32	38,03	32,94	27,22	88,89	
	27	41,60	36,75	31,37	90,13	
	22	33,83	29,08	24,12	96,17	
	18	36,93	32,30	27,66	99,78	93,11
3.- LIMITE PLASTICO		29,36	28,29	25,81	43,15	
		29,61	28,49	25,89	43,08	43,11

4.- GRANULOMETRIA

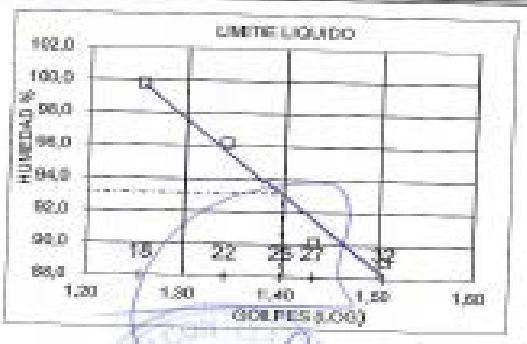
PESO IN= 158,8 (HS) IF
PESO INICIAL DE CALCULO: 152,1

TAMIZ	PESO R.	% R.A.	% PASA
1 1/2"	0,00	0,0	100
1"	0,00	0,0	100
3/4"	0,00	0,0	100
1/2"	0,00	0,0	100
3/8"	0,00	0,0	100
No. 4	0,41	0,3	100
No. 10	0,50	0,7	99
No. 40	1,29	1,7	98
No. 200	2,64	3,6	96

COLOR= CAFÉ OSCURO

5.- CLASIFICACION.-

GRAVA=	0 %
ARENA=	3 %
FINOS=	96 %
LL =	93,00 %
LP =	43,00 %
IP =	50,00 %
CLASIFICACION:	
SUCS =	MH1
AASHTO=	A-7-5
IG(86)=	61
IG(45)=	20



Ing. Ovidio Castillo Jaramillo
LABORATORIO

Tele-fax: (07)2613699. Celular: 093883061-099692333-098025318 0 Email: estsuelcon@gmail.com

ESTSUELCON CIA. LTDA.

ESTUDIOS DE SUELOS, LABORATORIO, CONSTRUCCIÓN Y CONSULTORIA

ENSAYOS DE CLASIFICACIÓN

PROY. : ESTUDIO GEOLÓGICO – GEOTÉCNICO Y ESTRUCTURA DEL PAVIMENTO PARA EL ÁREA DEL PUERTO SECO COMERCIAL SECTOR EL PLATEADO

OBRA : ESTUDIO DE SUELOS
UBIC. : EL PLATEADO - LOJA — POZO: 2
FECHA : JUNIO - 2016 — OPERADOR: O.V — PROFUND.: 4,00 m.

	GOLPES	PESO HM.	PESO SECO	DE CAPS	w %	RESULTADO
1.- CONTENIDO HUMEDAD		64,41	54,98	25,32	31:79	
		64,87	55,63	26,79	32:04	31,93
2.- LIM. LIQUIDO	32	39,02	34,84	27,93	60:49	
	27	35,88	32,51	27,82	62:52	
	22	35,57	32,35	27,28	63:51	
	18	34,27	30,75	25,33	64:94	62,62
3.- LIMITE PLASTICO		32,22	30,97	27,34	34:44	
		32,89	31,46	27,31	34:46	34,45

4.- GRANULOMETRIA

PESO IN= 95,9 (HS) H
PESO INICIAL DE CALCULO: 72,7

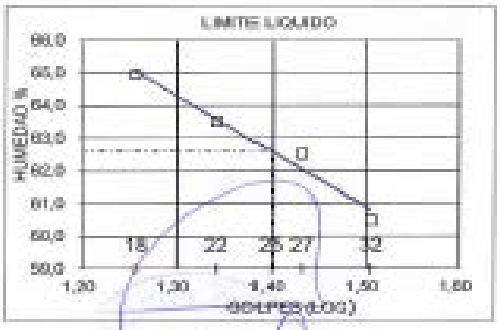
TAMIZ	PESO R.	% R.A.	% PASA
1 1/2"	0,00	0,0	100
1"	0,00	0,0	100
3/4"	0,00	0,0	100
1/2"	0,00	0,0	100
3/8"	0,00	0,0	100
No. 4	1,14	1,6	98
No. 10	2,53	4,8	95
No. 40	17,78	29,2	71
No. 200	7,74	39,9	60

COLOR= CAFÉ OSCURO

5.- CLASIFICACION.-

GRAVA=	2	%
ARENA=	38	%
FINOS=	60	%
LL =	63,00	%
LP =	34,00	%
IP =	29,00	%

CLASIFICACION:
SUCS = MH
AASHTO= A-7-5
IG(06)= 16
IG(45)= 15



Ing. Ovidio Castillo Jaramillo
LABORATORIO

Tele-fax: (07)2613699, Celular: 093883061-099602335-0980253180 Email: estsuelcon@gmail.com

ESTSUELCON CIA. LTDA.

ESTUDIOS DE SUELOS, LABORATORIO, CONSTRUCCIÓN Y CONSULTORIA

ENSAYOS DE CLASIFICACIÓN

PROY. : ESTUDIO GEOLÓGICO – GEOTÉCNICO Y ESTRUCTURA DEL PAVIMENTO PARA EL ÁREA DEL PUERTO SECO COMERCIAL SECTOR EL PLATEADO

OBRA : ESTUDIO DE SUELOS
UBIC. : EL PLATEADO - LOJA — POZO: 2
FECHA : JUNIO - 2016 — OPERADOR: O.V — PROFUND.: 6,00 m.

	GOLPES	PESO HM.	PESO SECO	DE CAPS	w %	RESULTADO
1.- CONTENIDO HUMEDAD		59,37	49,68	34,72	38,82	
		66,71	55,41	37,41	40,36	39,59
2.- LIM. LIQUIDO	32	34,60	31,19	27,33	88,24	
	27	31,46	29,11	26,46	88,88	
	22	33,24	31,42	27,20	90,52	
	17	34,36	30,78	26,68	92,20	89,63
3.- LIMITE PLASTICO		28,80	28,60	27,79	24,69	
		26,79	26,44	25,01	24,48	24,58

4.- GRANULOMETRIA

PESO IN= 200,1 (H/S) H
PESO INICIAL DE CALCULO: 143,4

TAMIZ	PESO R.	% R.A.	% PASA
1 1/2"	0,00	0,0	100
1"	0,00	0,0	100
3/4"	0,00	0,0	100
1/2"	0,00	0,0	100
3/8"	0,00	0,0	100
No. 4	0,63	0,4	100
No. 10	1,10	1,2	99
No. 40	2,70	3,1	97
No. 200	4,68	6,4	94

COLOR= CAFÉ OSCURO

5.- CLASIFICACION.-

GRAVA=	0	%
ARENA=	6	%
FINOS=	94	%
LL =	90,00	%
LP =	25,00	%
IP =	65,00	%
CLASIFICACION:		
SUCS =	CH1	
AASHTO=	A-7-6	
IG(86)=	70	
IG(45)=	20	

Ing. Ovidio Castillo Jaramillo
LABORATORIO

ESTSUELCON CIA. LTDA.

ESTUDIOS DE SUELOS, LABORATORIO, CONSTRUCCIÓN Y CONSULTORIA

ENSAYOS DE CLASIFICACIÓN

PROY. : ESTUDIO GEOLÓGICO – GEOTÉCNICO Y ESTRUCTURA DEL PAVIMENTO PARA EL ÁREA DEL PUERTO SECO COMERCIAL SECTOR EL PLATEADO

OBRA : ESTUDIO DE SUELOS
UBIC. : EL PLATEADO - LOJA — POZO: 3
FECHA : JUNIO - 2016 — OPERADOR: O.V — PROFUND.: 2.00 m.

	GOLPES	PESO HM.	PESO SECO	DE CAPS	w %	RESULTADO
1.- CONTENIDO HUMEDAD		59.82	54.66	27.58	18.05	
		55.99	51.38	27.61	18.90	19.48
2.- LIM. LIQUIDO	32	39.67	36.84	26.40	37.66	
	27	41.03	37.07	27.14	39.88	
	21	42.53	38.19	27.78	41.69	
	16	40.75	36.83	27.70	42.94	39.99
3.- LIMITE PLASTICO		35.84	34.46	27.14	18.85	
		33.81	32.53	25.86	19.19	19.02

4.- GRANULOMETRIA

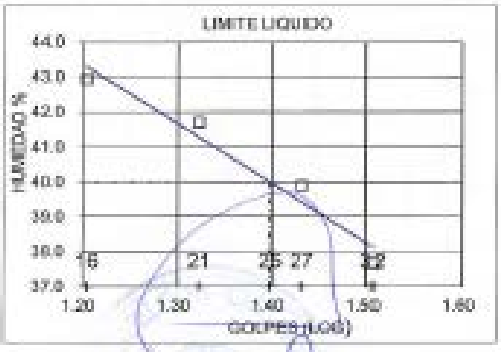
PESO IN= 157.9 (HS) H
PESO INICIAL DE CALCULO: 132.2

TAMIZ	PESO R.	% R.A.	% PASA
1 1/2"	0.00	0.0	100
1"	0.00	0.0	100
3/4"	0.00	0.0	100
1/2"	0.00	0.0	100
3/8"	0.00	0.0	100
No. 4	40.75	30.8	69
No. 10	6.71	35.9	64
No. 40	13.31	46.0	54
No. 200	20.28	61.3	39

COLOR= CAFÉ OSCURO

5.- CLASIFICACION.-

GRAVA=	31	%
ARENA=	30	%
FINOS=	39	%
LL =	40.00	%
LP =	19.00	%
IP =	21.00	%
CLASIFICACION:		
SUCS =	GC	
AASHTO=	A-6	
IG(80)=	3	
IG(45)=	2	



Ing. Ovidio Castillo Jaramillo
LABORATORIO

ESTSUELCON CIA. LTDA.

ESTUDIOS DE SUELOS, LABORATORIO, CONSTRUCCIÓN Y CONSULTORIA

ENSAYOS DE CLASIFICACIÓN

PROY. : ESTUDIO GEOLÓGICO – GEOTÉCNICO Y ESTRUCTURA DEL PAVIMENTO PARA EL ÁREA DEL PUERTO SECO COMERCIAL SECTOR EL PLATEADO

OBRA : ESTUDIO DE SUELOS
UBIC. : EL PLATEADO - LOJA
FECHA : JUNIO - 2016

POZO: 3
OPERADOR: O.V
PROFUND.: 4.00 m.

	GOLPES	PESO HM.	PESO SECO	DE CAPS	w %	RESULTADO
1.- CONTENIDO HUMEDAD		39.89	36.81	23.91	23.88	
		37.20	34.37	25.38	31.20	27.54
2.- LIM. LIQUIDO	31	31.53	29.15	25.00	57.35	
	26	30.99	28.61	24.45	60.10	
	21	33.13	31.14	27.93	62.78	
	16	31.29	28.58	24.51	66.38	60.44
3.- LIMITE PLASTICO		31.94	31.09	27.15	21.37	
		32.74	31.72	27.01	21.66	21.61

4.- GRANULOMETRIA

PESO IN= 88.1 (145) H
PESO INICIAL DE CALCULO: 69.8

TAMIZ	PESO R.	% R.A.	% PASA
1 1/2"	0.00	0.0	100
1"	0.00	0.0	100
3/4"	0.00	0.0	100
1/2"	0.00	0.0	100
3/8"	0.00	0.0	100
No. 4	1.84	2.7	97
No. 10	1.96	5.5	94
No. 40	5.96	14.1	86
No. 200	7.54	25.1	75

COLOR= CAFÉ

5.- CLASIFICACION.-

GRAVA=	3 %
ARENA=	22 %
FINOS=	75 %
LL =	60.00 %
LP =	22.00 %
IP =	38.00 %
CLASIFICACION:	
SUCS =	CH
AASHTO=	A-7-6
IG(80)=	29
IG(45)=	20

Ing. Ovidio Castillo Jaramillo
LABORATORIO

Tele-fax: (07)2613699, Celular: 093883061-099692335-0980253180 Email: estsuelcon@gmail.com

ESTSUELCON CIA. LTDA.

ESTUDIOS DE SUELOS, LABORATORIO, CONSTRUCCIÓN Y CONSULTORIA

ENSAYOS DE CLASIFICACION

PROY.: ESTUDIO GEOLÓGICO – GEOTÉCNICO Y ESTRUCTURA DEL PAVIMENTO PARA EL ÁREA DEL PUERTO SECO COMERCIAL SECTOR EL PLATEADO

OBRA : ESTUDIO DE SUELOS
UBIC. : EL PLATEADO - LOJA — POZO: 3
FECHA : JUNIO - 2016 — OPERADOR: O.V — PROFUND.: 8.00 m.

	GOLPES	PESO HM.	SECO	DE CAPS	w %	RESULTADO
1.- CONTENIDO HUMEDAD		37.65	34.72	35.72	32.36	
		38.88	34.80	34.50	31.84	32.20

2.- LIM. LIQUIDO

LA MUESTRA NO ES PLASTICA

3.- LIMITE PLASTICO

LA MUESTRA NO ES PLASTICA

4.- GRANULOMETRIA

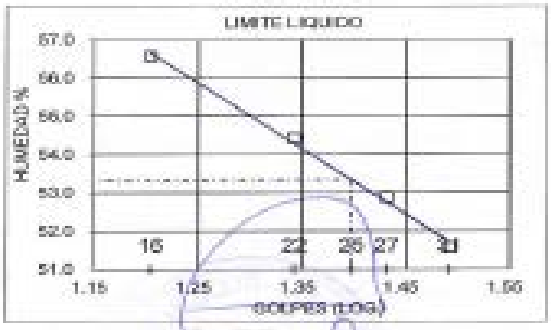
PESO IN= 502.6 (100) H.
PESO INICIAL DE CALCULO: 77.0

TAMIZ	PESO R.	% R.A.	% PASA
1 1/2"	0.00	0.0	100
1"	0.00	0.0	100
3/4"	0.00	0.0	100
1/2"	0.00	0.0	100
3/8"	0.00	0.0	100
No. 4	36.17	46.6	53
No. 10	8.33	57.3	43
No. 40	14.56	75.8	24
No. 200	7.76	85.8	14

COLOR= CAFÉ

5.- CLASIFICACION:-

GRAVA=	47 %
ARENA=	39 %
FINOS=	14 %
LL =	0.00 %
LP =	0.00 %
IP =	0.00 %
CLASIFICACION:	
SUCS =	GM
AASHTO=	A-1-a
IG(80)=	0
IG(45)=	0



Ing. Ovidio Vergillo Jaramillo
LABORATORIO

Tele-fax: (07)2613699, Celular: 093883061-099692335-098025318 0 Email: estsuelcon@gmail.com

ESTSUELCON CIA. LTDA.

ESTUDIOS DE SUELOS, LABORATORIO, CONSTRUCCIÓN Y CONSULTORÍA

ENSAYOS DE CLASIFICACIÓN

PROY. : ESTUDIO GEOLÓGICO – GEOTÉCNICO Y ESTRUCTURA DEL PAVIMENTO PARA EL ÁREA DEL PUERTO SECO COMERCIAL SECTOR EL PLATEADO

OBRA : ESTUDIO DE SUELOS
UBIC. : EL PLATEADO - LOJA
FECHA : JUNIO - 2016 OPERADOR: O.V. POZO: 4 PROFUND.: 2,04 m.

	GOLPES	PESO HM.	PESO SECO	DE CAPS	w %	RESULTADO
1.- CONTENIDO HUMEDAD		33,55	31,87	25,47	26,25	
		37,37	34,06	25,80	26,31	26,28
2.- LIM. LIQUIDO	33	33,71	30,66	25,87	55,56	
	27	34,97	32,19	27,86	56,95	
	22	34,48	31,05	25,88	58,43	
	18	34,50	31,03	27,68	60,47	57,65
3.- LIMITE PLASTICO		34,24	32,36	25,32	23,20	
		36,21	34,58	27,58	23,29	23,25

4.- GRANULOMETRIA

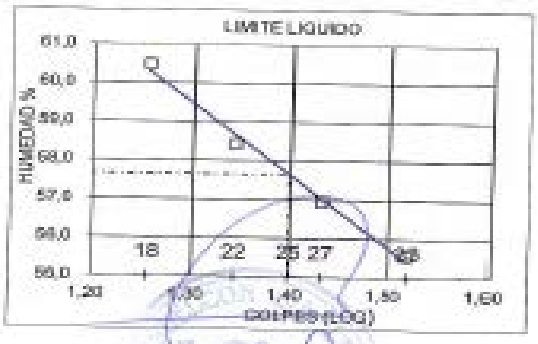
PESO IN= 76,8 (H/S) H
PESO INICIAL DE CALCULO: 60,8

TAMIZ	PESO R.	% R.A.	% PASA
1 1/2"	0,00	0,0	100
1"	0,00	0,0	100
3/4"	0,00	0,0	100
1/2"	0,00	0,0	100
3/8"	0,00	0,0	100
No. 4	1,93	3,2	97
No. 10	2,41	7,1	93
No. 40	5,73	16,6	83
No. 200	1,98	23,1	77

COLOR= CAFÉ OSCURO

5.- CLASIFICACION.-

GRAVA=	3 %
ARENA=	20 %
FINOS=	77 %
LL =	58,00 %
LP =	23,00 %
IP =	35,00 %
CLASIFICACION:	
SUCS =	CH1
AASHTO=	A-7-6
IG(86)=	28
IG(45)=	20



Ing. Ovidio Castillo Jaramillo
LABORATORIO

Téle-fax: (07)2613699, Celular: 093883061-099692335-0989253180 Email: estsuelcon@gmail.com

ESTSUELCON CIA. LTDA.

ESTUDIOS DE SUELOS, LABORATORIO, CONSTRUCCIÓN Y CONSULTORIA

ENSAYOS DE CLASIFICACIÓN

PROY. : ESTUDIO GEOLÓGICO – GEOTÉCNICO Y ESTRUCTURA DEL PAVIMENTO PARA EL ÁREA DEL PUERTO SECO COMERCIAL SECTOR EL PLATEADO

OBRA : ESTUDIO DE SUELOS
UBIC. : EL PLATEADO - LOJA — POZO: 4
FECHA : JUNIO - 2016 — OPERADOR: O.V — PROFUND.: 4,00 m.

	GOLPES	PESO HM.	PESO SECO	DE CAPS	w %	RESULTADO
1.- CONTENIDO HUMEDAD		38,28	33,93	25,97	54,85	
		36,88	32,79	25,54	56,41	55,53
2.- LIM. LIQUIDO	33	33,77	30,79	26,99	78,42	
	27	34,54	31,28	27,21	80,80	
	22	31,54	28,73	25,29	81,59	
	16	34,79	31,45	27,38	86,30	81,03
3.- LIMITE PLASTICO		31,32	30,42	27,39	29,20	
		28,25	27,47	24,84	29,56	29,68

4.- GRANULOMETRIA

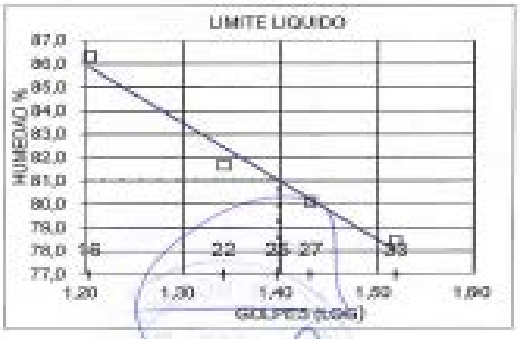
PESO IN= 61,3 (lbS) H
PESO INICIAL DE CALCULO: 39,4

TAMIZ	PESO R.	% R.A.	% PASA
1 1/2"	0,00	0,0	100
1"	0,00	0,0	100
3/4"	0,00	0,0	100
1/2"	0,00	0,0	100
3/8"	0,00	0,0	100
No. 4	3,09	7,8	92
No. 10	1,18	10,8	89
No. 40	2,76	17,9	82
No. 200	1,73	22,2	78

COLOR:= CAFÉ OSCURO

5.- CLASIFICACION.-

GRAVA=	8	%
ARENA=	14	%
FINOS=	78	%
LL =	81,00	%
LP =	30,00	%
IP =	51,00	%
CLASIFICACION:		
SUCS =	CH	
AASHTO=	A-7-5	
IG(86)=	43	
IG(45)=	20	



Ing. Ovidio Espinoza Jaramillo
LABORATORIO

Tele-fax: (07)2613699. Celular: 093883061-099602335-0980253180 Email: estsuelcon@gmail.com

ESTSUELCON CIA. LTDA.

ESTUDIOS DE SUELOS, LABORATORIO, CONSTRUCCIÓN Y CONSULTORIA

ENSAYOS DE CLASIFICACIÓN

PROY. : ESTUDIO GEOLÓGICO – GEOTÉCNICO Y ESTRUCTURA DEL PAVIMENTO PARA EL ÁREA DEL PUERTO SECO COMERCIAL SECTOR EL PLATEADO

OBRA : ESTUDIO DE SUELOS
UBIC. : EL PLATEADO - LOJA — POZO: 4
FECHA : JUNIO - 2016 — OPERADOR: O.Y — PROFUND.: 6,00 m.

	GOLPES	PESO HM.	PESO SECO	DE CAP'S	w %	RESULTADO
1.- CONTENIDO HUMEDAD		38,28	33,88	25,97	55,63	
		36,88	32,84	25,34	55,84	55,48
2.- LIM. LIQUIDO	33	33,77	30,79	26,99	78,42	
	27	34,34	31,19	27,21	79,15	
	22	31,54	28,73	25,29	81,69	
	16	34,79	31,45	27,38	86,80	80,77
3.- LIMITE PLASTICO		31,32	30,42	27,39	29,80	
		28,25	27,47	24,84	29,66	29,68

4.- GRANULOMETRIA

PESO IN= 61,3 (H/S) H
PESO INICIAL DE CALCULO: 39,4

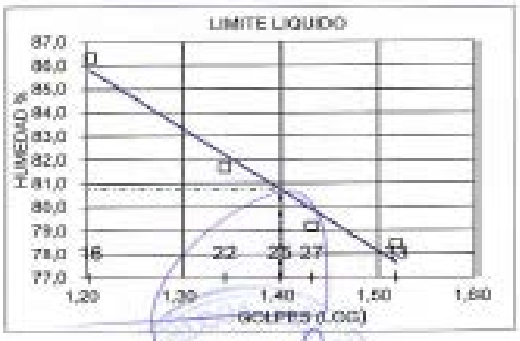
TAMIZ	PESO R.	% R.A.	% PASA
1 1/2"	0,00	0,0	100
1"	0,00	0,0	100
3/4"	0,00	0,0	100
1/2"	0,00	0,0	100
3/8"	0,00	0,0	100
No. 4	3,09	7,8	92
No. 10	1,18	10,8	89
No. 40	2,76	17,8	82
No. 200	1,73	22,2	78

COLOR= CAFÉ OSCURO

5.- CLASIFICACION.-

GRAVA=	8	%
ARENA=	14	%
FINOS=	78	%
LL =	81,00	%
LP =	30,00	%
IP =	51,00	%

CLASIFICACION:
SUCS = CH1
AASHTO= A-7-5
IG(86)= 43
IG(45)= 20



Ing. Ovidio Castillo Jaramillo
LABORATORIO

Tele-fax: (07)2613699. Celular: 093883061-099692333-098025318 0 Email: estsuelcon@gmail.com

ESTSUELCON CIA. LTDA.

ESTUDIOS DE SUELOS, LABORATORIO, CONSTRUCCIÓN Y CONSULTORIA

ENSAYOS DE CLASIFICACIÓN

PROY. : ESTUDIO GEOLÓGICO – GEOTÉCNICO Y ESTRUCTURA DEL PAVIMENTO PARA EL ÁREA DEL PUERTO SECO COMERCIAL SECTOR EL PLATEADO

OBRA : ESTUDIO DE SUELOS
UBIC. : EL PLATEADO - LOJA — POZO: 5
FECHA : JUNIO - 2016 — OPERADOR: O.V — PROFUND.: 4,00 m.

	GOLPES	PESO HM.	PESO SECO	DE CAPS	w %	RESULTADO
1.- CONTENIDO HUMEDAD		49,13	43,74	27,79	33,79	
		42,97	38,74	25,99	33,18	33,48
2.- LIM. LIQUIDO	34	32,54	29,93	25,14	54,49	
	27	35,50	32,39	27,08	58,57	
	22	34,86	31,19	25,09	60,16	
	18	31,01	28,79	25,06	63,46	58,93
3.- LIMITE PLASTICO		37,50	35,68	27,81	23,13	
		36,66	34,92	27,51	23,48	23,30

4.- GRANULOMETRIA

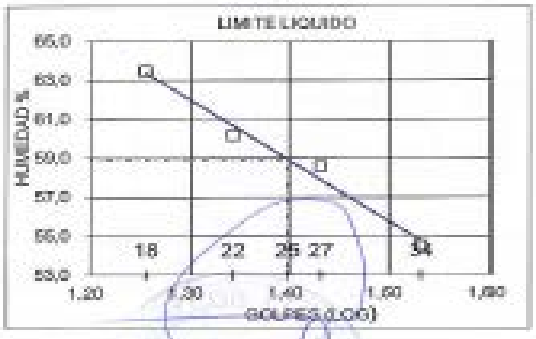
PESO IN= 86,6 (IVS) H
PESO INICIAL DE CALCULO: 64,8

TAMIZ	PESO R.	% R.A.	% PASA
1 1/2"	0,00	0,0	100
1"	0,00	0,0	100
3/4"	0,00	0,0	100
1/2"	0,00	0,0	100
3/8"	0,00	0,0	100
No. 4	15,95	24,6	75
No. 10	5,58	33,2	67
No. 40	8,46	46,2	54
No. 200	11,89	64,7	35

COLOR= CAFÉ

5.- CLASIFICACION.-

GRAVA=	25 %
ARENA=	40 %
FINOS=	35 %
LL =	59,00 %
LP =	23,00 %
IP =	36,00 %
CLASIFICACION:	
SUCS =	SC
AASHTO=	A-7-6
IG(86)=	5
IG(45)=	4



Ing. Ovidio Castillo Jaramillo
LABORATORIO

Tele-fax: (07)2613699. Celular: 093883061-099692335-0980253180 Email: estsuelcon@gmail.com

ESTSUELCON CIA. LTDA.

ESTUDIOS DE SUELOS, LABORATORIO, CONSTRUCCIÓN Y CONSULTORÍA

ENSAYOS DE CLASIFICACIÓN

PROY. : ESTUDIO GEOLÓGICO – GEOTÉCNICO Y ESTRUCTURA DEL PAVIMENTO PARA EL ÁREA DEL PUERTO SECO COMERCIAL SECTOR EL PLATEADO

OBRA : ESTUDIO DE SUELOS
UBIC. : EL PLATEADO - LOJA
FECHA : JUNIO - 2016 OPERADOR: O.V POZO: 5 PROFUND.: 0,80 m.

	GOLPES	PESO HM.	PESO SECO	DE CAPS	w %	RESULTADO
1.- CONTENIDO HUMEDAD		34,73	31,46	25,28	52,91	
		43,89	38,22	27,56	53,19	53,05
2.- LIM. LIQUIDO	32	37,19	31,90	26,73	102,32	
	27	37,94	32,79	27,77	102,59	
	23	37,47	31,28	25,29	105,34	
	19	36,35	31,66	27,16	104,22	103,09
3.- LIMITE PLASTICO		33,86	32,31	27,05	29,47	
		31,05	29,62	24,62	28,68	29,03

4.- GRANULOMETRIA

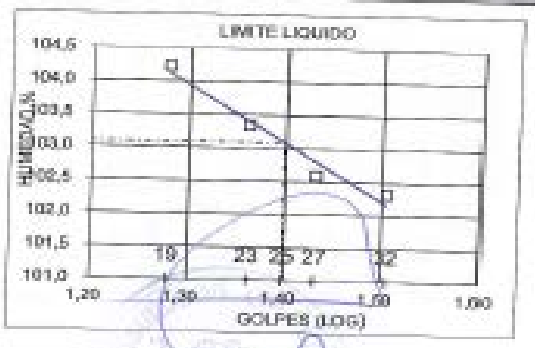
PESO IN= 110,5 (HS) H
PESO INICIAL DE CALCULO: 72,2

TAMIZ	PESO R.	% R.A.	% PASA
1 1/2"	0,00	0,0	100
1"	0,00	0,0	100
3/4"	0,00	0,0	100
1/2"	0,00	0,0	100
3/8"	0,00	0,0	100
No. 4	1,77	2,5	98
No. 10	2,08	5,2	95
No. 40	4,59	11,7	88
No. 200	2,81	15,6	84

COLOR= CAFÉ

5.- CLASIFICACION. -

GRAVA=	2 %
ARENA=	13 %
FINOS=	84 %
LL =	103,00 %
LP =	29,00 %
IP =	74,00 %
CLASIFICACION:	
SUCS =	CH2
AASHTO=	A-7-6
IG(80)=	70
IG(45)=	20



Ing. Ovidio Castillo Jaramillo
LABORATORIO

Tele-fax: (07)2613699. Celular: 093883061-099692335-0980253180 Email: estsuelcon@gmail.com

ESTSUELCON CIA. LTDA.

ESTUDIOS DE SUELOS, LABORATORIO, CONSTRUCCIÓN Y CONSULTORIA

ENSAYOS DE CLASIFICACIÓN

PROY. : ESTUDIO GEOLÓGICO – GEOTÉCNICO Y ESTRUCTURA DEL PAVIMENTO PARA EL ÁREA DEL PUERTO SECO COMERCIAL SECTOR EL PLATEADO

OBRA : ESTUDIO DE SUELOS
UBIC. : EL PLATEADO - LOJA — POZO: 5
FECHA : JUNIO - 2016 — OPERADOR: O.V — PROFUND.: 8,00 m.

	GOLPES	PESO HM.	PESO SECO	DE CAPS	w %	RESULTADO
1.- CONTENIDO HUMEDAD		37,73	34,36	27,01	45:85	
		45,39	39,90	27,66	44:85	45,35
2.- LIM. LIQUIDO	33	33,19	31,24	27,64	54.17	
	27	33,57	31,10	26,72	56.39	
	22	32,32	29,71	25,29	59:05	
	16	33,21	30,21	25,32	61.35	57,19
3.- LIMITE PLASTICO		32,74	32,00	28,65	22:09	
		31,03	30,37	27,40	22:22	22,16

4.- GRANULOMETRIA

PESO IN= 95,4 (H/S) 11
PESO INICIAL DE CALCULO: 65,6

TAMIZ	PESO R.	% R.A.	% PASA
1 1/2"	0,00	0,0	100
1"	0,00	0,0	100
3/4"	0,00	0,0	100
1/2"	0,00	0,0	100
3/8"	0,00	0,0	100
No. 4	3,50	5,3	95
No. 10	5,67	14,0	86
No. 40	11,67	31,8	68
No. 200	4,45	38,5	61

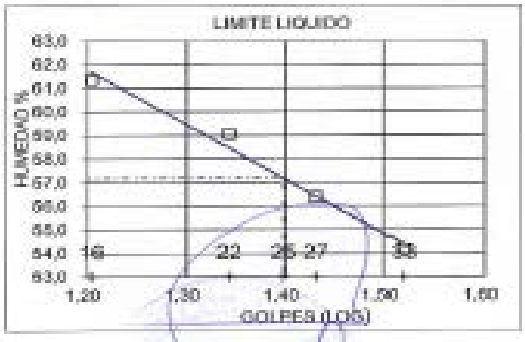
COLOR= CAFÉ

5.- CLASIFICACION.-

GRAVA=	5	%
ARENA=	33	%
FINOS=	61	%
LL =	57,00	%
LP =	22,00	%
IP =	35,00	%

CLASIFICACION:

SUCS =	CH
AASHTO=	A-7-6
IG(80)=	19
IG(45)=	16



Ing. Ovidio Castillo Jaramillo
LABORATORIO

Tele-fax: (07)2613699, Celular: 093883061-099692335-0980253180 Email: estsueloon@gmail.com

PERFIL ESTRATIGRÁFICO SPT 1

PROF. (m)	N.F. (m)	STANDARD PENETRATION TEST (S.P.T.) 15	30	45	N SPT	CLASIFICACIÓN S.U.C.S. W (%)	LÍMITES ATTERBERG L.L.	L.P.	I.P.	GRANULOMETRÍA G	A	F	SUCS	Perfil estratigráfico	Descripción del Suelo	Consistencia (Suelos Arcillosos)	Compacidad Relativa (arena)
0															Suelo con presencia de raices		
1.0		1	2	2	4	-	-	-	-	-	-	-	-			Blanda	
2.0		3	5	5	10	40	84	33	51	4	19	77	CH1			Media	
3.0		3	2	3	5	-	-	-	-	-	-	-	-			Blanda	
4.0		4	4	4	8	59	92	34	58	0	17	83	CH1			Media	
5.0		5	8	8	16	-	-	-	-	-	-	-	-			Firme	
6.0		6	10	14	24	42	91	34	57	5	10	85	CH1			Muy firme	
7.0		8	10	8	18	-	-	-	-	-	-	-	-			Firme	
8.0		8	10	10	20	45	86	28	58	7	19	74	CH1			Firme	

GRÁFICO DE GOLPES DE SPT: 0 20 40 60 80

PERFORAC. TOTAL: 8.0 m.
NIVEL FREÁTICO: 0 m.

LEYENDAS: Perforación destructiva; Limo; Arena; Bloque; Nivel Freático; Arcilla; Grava

PERFIL ESTRATIGRÁFICO SPT 2

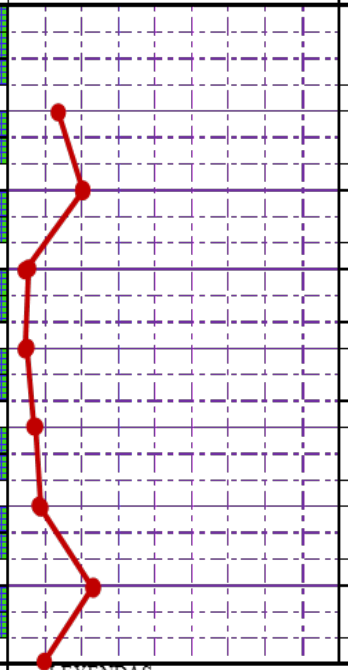
PROF. (m)	N.F. (m)	STANDARD PENETRATION TEST (S.P.T.) 15	30	45	N SPT	GRÁFICO DE GOLPES DE SPT (0 20 40 60 80)	CLASIFICACIÓN S.U.C.S. W (%)	LÍMITES ATTERBERG L.L.	L.P.	I.P.	GRANULOMETRÍA G	A	F	SUCS	Perfil estratigráfico Símbolo	Descripción del Suelo	Consistencia (Suelos Arcillosos)	Compacidad Relativa (arena)
0																		
1.0		3	4	4	8		-	-	-	-	-	-	-	-			Media	
2.0		5	5	6	11		20	93	43	50	0	3	97	MH1			Firme	
3.0		5	5	7	12		-	-	-	-	-	-	-	-			Firme	
4.0		7	9	9	18		32	63	34	29	2	38	60	MH1			Firme	
5.0		5	6	6	12		-	-	-	-	-	-	-	-			Firme	
6.0		6	7	9	16		40	90	25	65	0	6	94	CH1			Firme	
7.0																		
8.0																		

PERFORAC. TOTAL: 6.0 m.
NIVEL FREÁTICO: 0 m.

LEYENDAS:
Perforación destructiva
Limo
Arena
Bloque
Nivel Freático
Arcilla
Grava

PERFIL ESTRATIGRÁFICO SPT 3

PROF. (m)	N.F. (m)	STANDARD PENETRATION TEST (S.P.T.) 15	30	45	N SPT	CLASIFICACIÓN S.U.C.S. W (%)	LÍMITES ATTERBERG L.L.	L.P.	I.P.	GRANULOMETRÍA G	A	F	SUCS	Perfil estratigráfico Símbolo	Descripción del Suelo	Consistencia (Suelos Arcillosos)	Compacidad Relativa (arena)
0																	
1.0		4	5	9	14	-	-	-	-	-	-	-	-				Firme
2.0		8	9	11	20	19	40	19	21	31	30	39	GC				Firme
3.0		3	3	2	5	-	-	-	-	-	-	-	-			Blanda	
4.0		2	2	2	4	28	60	22	38	3	22	75	CH1			Blanda	
5.0	N.F.	2	3	3	6	-	-	-	-	-	-	-	-			Media	
6.0		4	4	5	9	-	-	-	-	-	-	-	-			Media	
7.0		15	17	6	23	-	-	-	-	-	-	-	-			Muy firme	
8.0		4	4	6	10	32	-	-	NP	47	39	14	GM				Suelta



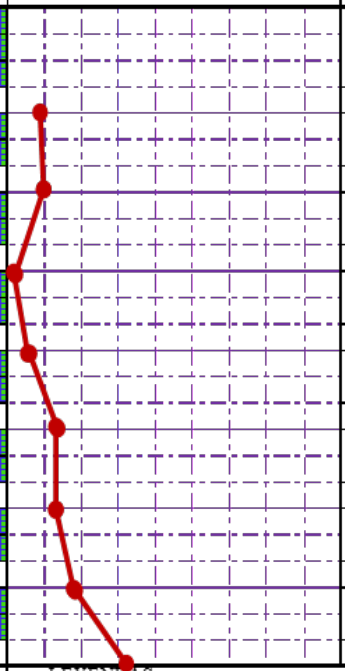
PERFORAC. TOTAL: 6.0 m.
NIVEL FREÁTICO: 5 m.

LEYENDAS:

Perforación destructiva
Limo
Arena
Bloque
Nivel Freático
Arcilla
Grava

PERFIL ESTRATIGRÁFICO SPT 4

PROF. (m)	N.F. (m)	STANDARD PENETRATION TEST (S.P.T.) 15	30	45	N SPT	CLASIFICACIÓN S.U.C.S. W (%)	LÍMITES ATTERBERG L.L.	L.P.	I.P.	GRANULOMETRÍA G	A	F	SUCS	Perfil estratigráfico Símbolo	Descripción del Suelo	Consistencia (Suelos Arcillosos)	Compacidad Relativa (arena)
0																	
1.0		4	4	4	8	-	-	-	-	-	-	-	-			Media	
2.0		4	5	5	10	26	58	23	35	3	20	77	CH1			Media	
3.0		1	1	2	3	-	-	-	-	-	-	-	-			Blanda	
4.0		2	3	3	6	56	81	30	51	8	14	78	CH1			Media	
5.0		5	6	7	13	-	-	-	-	-	-	-	-			Firme	
6.0		7	6	7	13	55	81	30	51	8	14	78	CH1			Firme	
7.0		7	9	10	19	-	-	-	-	-	-	-	-			Firme	
8.0		12	14	18	32	26	63	23	40	6	26	68	CH1			Dura	



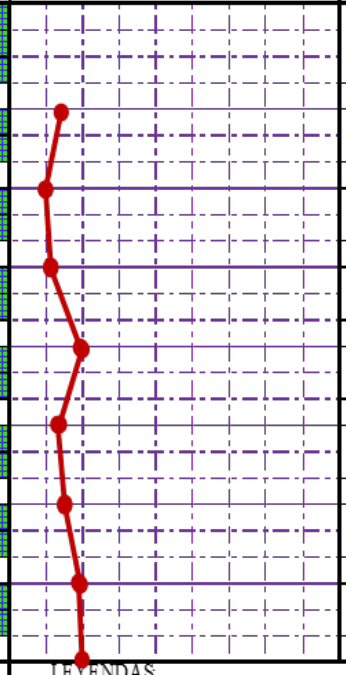
PERFORAC. TOTAL: 8.0 m.
NIVEL FREÁTICO: 0 m.

LEYENDAS:

Perforación destructiva
Limo
Arena
Bloque
Nivel Freático
Arcilla
Grava

PERFIL ESTRATIGRÁFICO SPT 5

PROF. (m)	N.F. (m)	STANDARD PENETRATION TEST (S.P.T.) 15	30	45	N SPT	CLASIFICACIÓN S.U.C.S. W (%)	LÍMITES ATTERBERG L.L.	L.P.	I.P.	GRANULOMETRÍA G	A	F	SUCS	Perfil estratigráfico Símbolo	Descripción del Suelo	Consistencia (Suelos Arcillosos)	Compacidad Relativa (arena)
0																	
1.0		5	7	7	14	-	-	-	-	-	-	-	-				Firme
2.0		4	4	6	10	33	59	23	36	25	40	35	SC				Suelta
3.0		4	4	7	11	-	-	-	-	-	-	-	-				Firme
4.0		9	12	7	19	53	103	29	74	2	13	85	CH2			Firme	
5.0		5	6	6	12	-	-	-	-	-	-	-	-			Firme	
6.0		6	6	7	13	-	-	-	-	-	-	-	-			Firme	
7.0		7	9	9	18	-	-	-	-	-	-	-	-			Firme	
8.0		8	9	10	19	45	57	22	35	5	33	62	CH1			Firme	



PERFORAC. TOTAL: 8.0 m.
NIVEL FREÁTICO: 0 m.

LEYENDAS

Perforación destructiva
Limo
Arena
Bloque
Nivel Freático
Arcilla
Grava

SPT N° 1

Recuperación de testigo

Profundidad: 8m

SPT N° 2

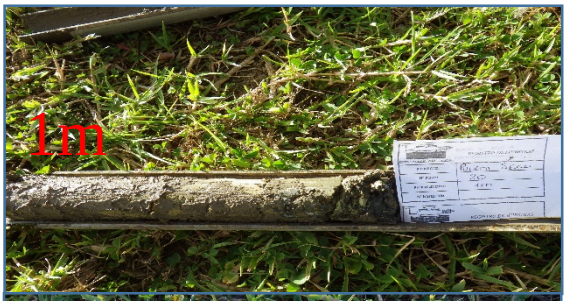
Recuperación de testigo

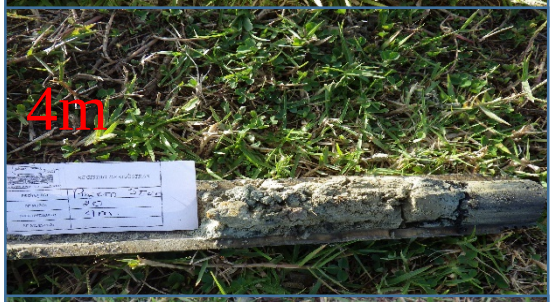
Profundidad: 6m

SPT N° 3

Recuperación de testigo

Profundidad: 8m





SPT N° 4

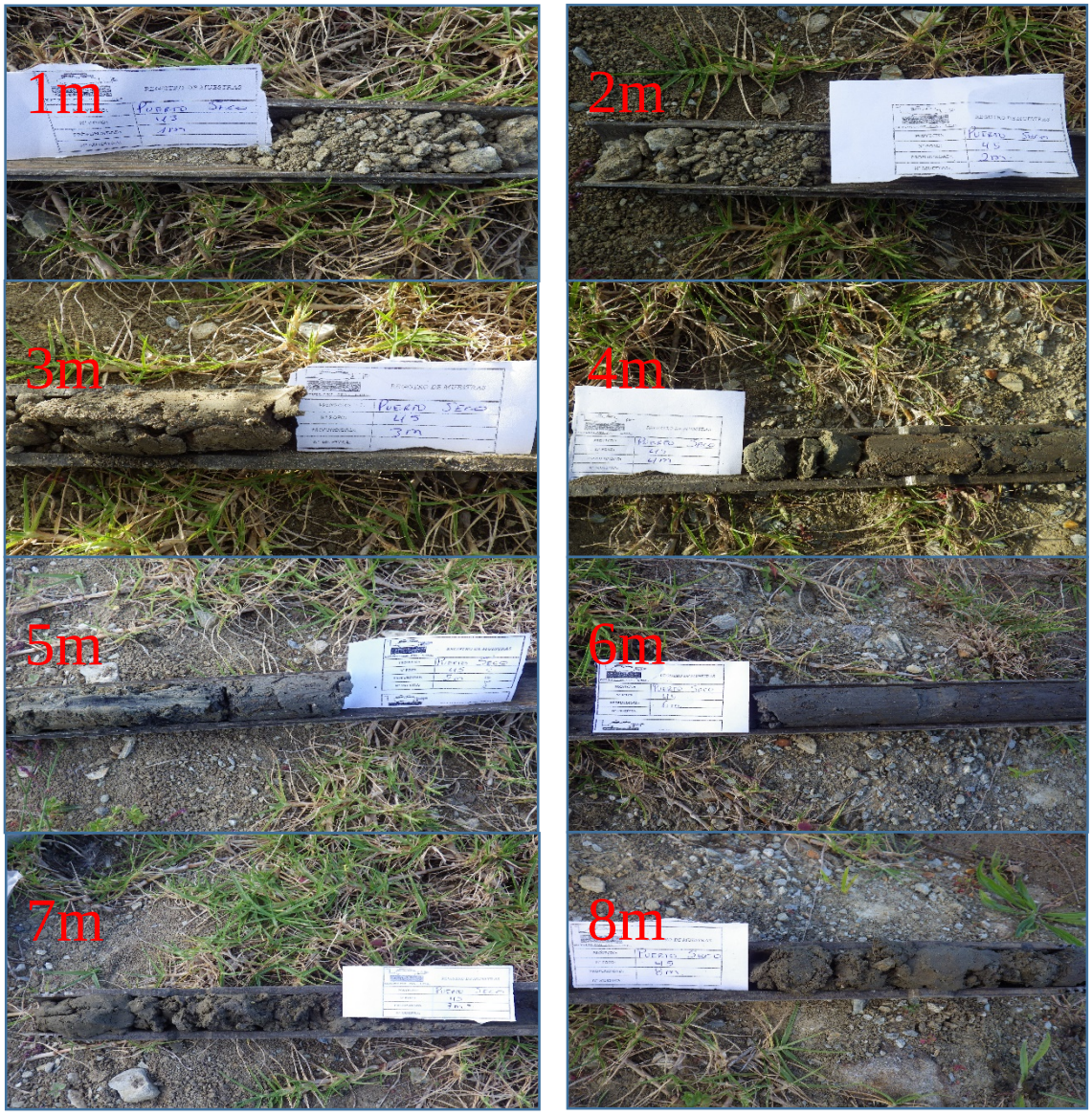
Recuperación de testigo

Profundidad: 8m

SPT N° 5

Recuperación de testigo

Profundidad: 8m



ANEXO 7

RESULTADOS DE CAMPO, LABORATORIO, PERFIL ESTRATIGRÁFICO Y REGISTRO FOTOGRÁFICO DE PERFORACIÓN

ESTSUELCON CIA. LTDA.

ESTUDIOS DE SUELOS, LABORATORIO, CONSTRUCCIÓN Y CONSULTORIA

ENSAYOS DE CLASIFICACIÓN

PROY. : ESTUDIO GEOLÓGICO – GEOTÉCNICO Y ESTRUCTURA DEL PAVIMENTO PARA EL ÁREA DEL PUERTO SECO COMERCIAL SECTOR EL PLATEADO

OBRA : ESTUDIO DE SUELOS
UBIC. : EL PLATEADO - LOJA
FECHA : JUNIO - 2016
OPERADOR: O.V
POZO: PERFORACIÓN
PROFUND.: 3,00 m.

	GOLPES	PESO HM.	PESO SECO	DE CAPS	w %	RESULTADO
1.- CONTENIDO HUMEDAD		59,65	47,82	27,22	57,43	
		51,38	41,95	25,31	56,67	57,05
2.- LIM. LIQUIDO	31	34,71	30,77	27,06	106,20	
	26	34,81	31,14	27,80	109,88	
	21	35,70	31,26	27,31	112,41	
	16	31,40	27,49	24,13	116,37	109,85
3.- LIMITE PLASTICO		31,47	30,37	27,46	57,80	
		30,86	29,39	25,54	58,18	37,99

4.- GRANULOMETRIA

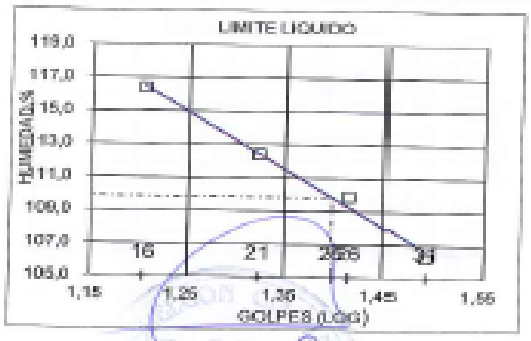
PESO IN= 115,4 (H/S) H
PESO INICIAL DE CALCULO: 73,5

TAMIZ	PESO R.	% R.A.	% PASA
1 1/2"	0,00	0,0	100
1"	0,00	0,0	100
3/4"	0,00	0,0	100
1/2"	0,00	0,0	100
3/8"	0,00	0,0	100
No. 4	2,75	3,7	96
No. 10	5,25	10,9	89
No. 40	7,20	20,7	79
No. 200	4,25	26,5	74

COLOR= CAFÉ OSCURO

5.- CLASIFICACION.-

GRAVA=	4 %
ARENA=	23 %
FINOS=	74 %
LL =	110,00 %
LP =	38,00 %
IP =	72,00 %
CLASIFICACION:	
SUCS =	CH2
AASHTO=	A-7-5
IG(80)=	57
IG(45)=	20



Ing. Ovidio Castillo Jaramillo
LABORATORIO

Tele-fax: (07)2613690. Celular: 093883061-099692335-098025318 0 Email: estsuelcon@gmail.com

ESTSUELCON CIA. LTDA.

ESTUDIOS DE SUELOS, LABORATORIO, CONSTRUCCIÓN Y CONSULTORIA

ENSAYOS DE CLASIFICACIÓN

PROY. : **ESTUDIO GEOLÓGICO – GEOTÉCNICO Y ESTRUCTURA DEL PAVIMENTO PARA EL ÁREA DEL PUERTO SECO COMERCIAL SECTOR EL PLATEADO**

OBRA : ESTUDIO DE SUELOS
UBIC. : EL PLATEADO - LOJA — POZO: PERFORACIÓN
FECHA : JUNIO - 2016 — OPERADOR: O.V — PROFUND.: 4,00 m.

	GOLPES	PESO HM.	PESO SECO	DE CAPS	w %	RESULTADO
1.- CONTENIDO HUMEDAD		50,72	41,88	28,21	64,67	
		54,70	43,18	25,47	65,05	64,86
2.- LIM. LIQUIDO	30	28,08	23,84	19,41	95,71	
	26	32,72	29,31	25,77	96,33	
	18	28,53	24,38	20,15	98,11	
	14	35,99	31,81	27,62	99,76	96,57
3.- LIMITE PLASTICO		27,43	26,90	25,33	33,76	
		29,70	29,15	27,52	33,74	33,75

4.- GRANULOMETRIA

PESO IN= 91,8 (HS) H
PESO INICIAL DE CALCULO: 55,7

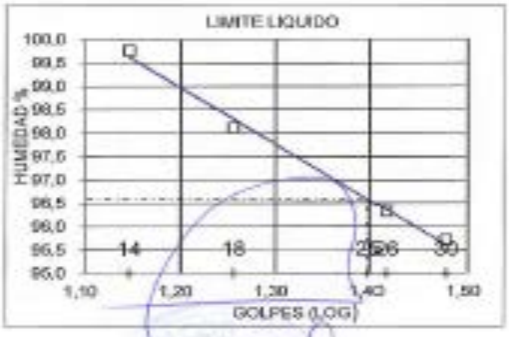
TAMIZ	PESO R.	% R.A.	% PASA
1 1/2"	0,00	0,0	100
1"	0,00	0,0	100
3/4"	0,00	0,0	100
1/2"	0,00	0,0	100
3/8"	0,00	0,0	100
No. 4	0,44	0,8	99
No. 10	1,81	4,0	96
No. 40	6,43	15,6	84
No. 200	7,07	28,3	72

COLOR= CAFÉ OSCURO

5.- CLASIFICACION.-

GRAVA=	1	%
ARENA=	27	%
FINOS=	72	%
LL =	97,00	%
LP =	34,00	%
IP =	63,00	%

CLASIFICACION:
SUCS = CH1
AASHTO= A-7-5
IG(86)= 48
IG(45)= 19



Ing. Ovidio Castillo Jaramillo
LABORATORIO

Tele-fax: (07)2613699. Celular: 093883061-099692335-0980253180 Email: estsuelcon@gmail.com

ESTSUELCON CIA. LTDA.

ESTUDIOS DE SUELOS, LABORATORIO, CONSTRUCCIÓN Y CONSULTORIA

ENSAYOS DE CLASIFICACIÓN

PROY. : ESTUDIO GEOLÓGICO – GEOTÉCNICO Y ESTRUCTURA DEL PAVIMENTO PARA EL ÁREA DEL PUERTO SECO COMERCIAL SECTOR EL PLATEADO

OBRA : ESTUDIO DE SUELOS
UBIC. : EL PLATEADO - LOJA
FECHA : JUNIO - 2016 OPERADOR: O.V POZO: PERFORACIÓN
PROFUND.: 6,00 m.

	GOLPES	PESO HM.	PESO SECO	DE CAPS	w %	RESULTADO
1.- CONTENIDO HUMEDAD		59,18	49,49	25,30	40,06	
		60,47	50,87	27,20	40,56	40,31
2.- LIM. LIQUIDO	33	34,59	31,18	27,15	84,62	
	27	33,41	30,63	27,38	85,54	
	22	31,09	28,28	25,07	87,54	
	16	32,94	30,31	27,41	90,69	86,62
3.- LIMITE PLASTICO		27,43	26,90	24,33	33,76	
		29,70	29,15	27,52	33,74	33,75

4.- GRANULOMETRIA

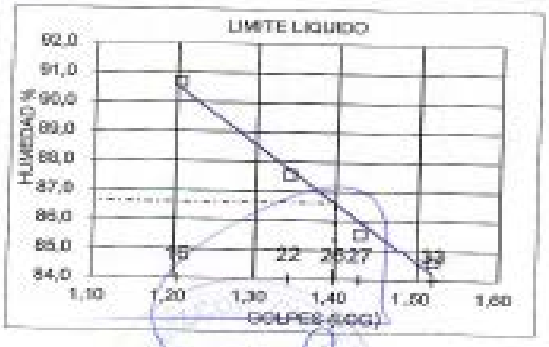
PESO IN= 87,2 (H/S) H
PESO INICIAL DE CALCULO: 62,2

TAMIZ	PESO R.	% R.A.	% PASA
1 1/2"	0,00	0,0	100
1"	0,00	0,0	100
3/4"	0,00	0,0	100
1/2"	0,00	0,0	100
3/8"	0,00	0,0	100
No. 4	5,32	8,6	91
No. 10	3,14	13,6	86
No. 40	11,66	32,4	68
No. 200	4,30	39,3	61

COLOR= CAFÉ OSCURO

5.- CLASIFICACION.-

GRAVA=	9 %
ARENA=	31 %
FINOS=	61 %
LL =	87,00 %
LP =	34,00 %
IP =	53,00 %
CLASIFICACION:	
SUCS =	CH1
AASHTO=	A-7-5
IG(86)=	31
IG(45)=	16



Ing. Ovidio Cepeda Jaramillo
LABORATORIO

Tele-fax: (07)2613699. Celular: 093883061-099692335-0980253180 Email: estsuelcon@gmail.com

ESTSUELCON CIA. LTDA.

ESTUDIOS DE SUELOS, LABORATORIO, CONSTRUCCIÓN Y CONSULTORIA

ENSAYOS DE CLASIFICACIÓN

PROY. : ESTUDIO GEOLÓGICO – GEOTÉCNICO Y ESTRUCTURA DEL PAVIMENTO PARA EL ÁREA DEL PUERTO SECO COMERCIAL SECTOR EL PLATEADO

OBRA : ESTUDIO DE SUELOS
UBIC. : EL PLATEADO - LOJA — POZO: PERFORACIÓN
FECHA : JUNIO - 2016 — OPERADOR: O.V — PROFUND.: 8,00 m.

	GOLPES	PESO HM.	PESO SECO	DE CAPS	% %	RESULTADO
1.- CONTENIDO HUMEDAD		64,80	52,28	25,76	47,66	
		56,33	45,82	24,16	48,52	48,09
2.- LIM. LIQUIDO	33	36,47	32,51	27,97	87,22	
	27	33,74	29,75	25,31	89,86	
	22	32,94	29,42	25,57	91,43	
	16	37,70	33,46	28,89	92,78	89,92
3.- LIMITE PLASTICO		32,66	31,46	27,46	30,00	
		33,09	31,80	27,54	30,28	30,14

4.- GRANULOMETRIA

PESO IN= 118,5 (HS) H
PESO INICIAL DE CALCULO: 80,0

TAMIZ	PESO R.	% R.A.	% PASA
1 1/2"	0,00	0,0	100
1"	0,00	0,0	100
3/4"	0,00	0,0	100
1/2"	0,00	0,0	100
3/8"	0,00	0,0	100
No. 4	1,06	1,3	99
No. 10	2,35	4,3	96
No. 40	7,05	13,1	87
No. 200	7,50	22,5	78

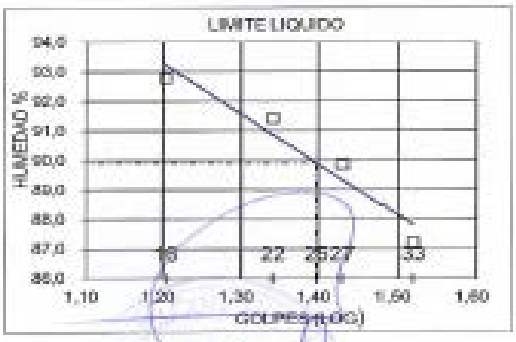
COLOR= CAFÉ OSCURO

5.- CLASIFICACIÓN.-

GRAVA=	1	%
ARENA=	21	%
FINOS=	78	%
LL =	90,00	%
LP =	30,00	%
IP =	60,00	%

CLASIFICACION:

SUCS =	CH1
AASHTO=	A-7-5
IG(80)=	50
IG(45)=	20



Ing. Ovidio Castillo Jaramillo
LABORATORIO

Tele-fax: (07)2613699. Celular: 093883061-099692335-098025318 0 Email: estsuelcon@gmail.com

ESTSUELCON CIA. LTDA.

ESTUDIOS DE SUELOS, LABORATORIO, CONSTRUCCIÓN Y CONSULTORÍA

ENSAYOS DE CLASIFICACIÓN

PROY. : ESTUDIO GEOLÓGICO – GEOTÉCNICO Y ESTRUCTURA DEL PAVIMENTO PARA EL ÁREA DEL PUERTO SECO COMERCIAL SECTOR EL PLATEADO

OBRA : ESTUDIO DE SUELOS
UBIC. : EL PLATEADO - LOJA
FECHA : JUNIO - 2016 OPERADOR: O.V POZO: PERFORACIÓN
PROFUND.: 10,50 m.

	GOLPES	PESO HM.	PESO SECO	DE CAPS	W %	RESULTADO
1.- CONTENIDO HUMEDAD		72,75	57,66	24,86	86,03	
		66,06	53,02	25,47	87,33	46,67
2.- LIM. LIQUIDO	32	34,14	30,50	27,11	107,37	
	27	29,89	26,84	24,03	108,54	
	22	35,94	32,24	28,89	110,45	
	15	31,92	28,39	25,31	114,61	109,48
3.- LIMITE PLASTICO		32,34	30,83	27,09	0,37	
		32,14	30,81	27,54	0,67	40,52

4.- GRANULOMETRIA

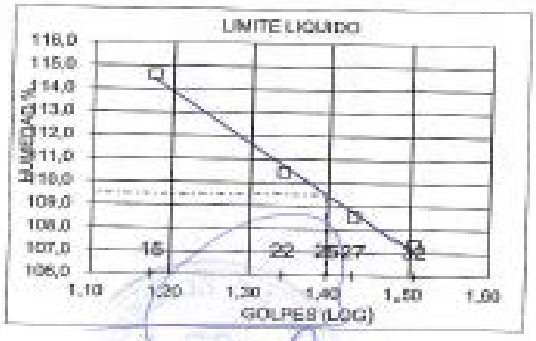
PESO IN= 124,9 (H/S) H
PESO INICIAL DE CALCULO: 85,2

TAMIZ	PESO R.	% R.A.	% PASA
1 1/2"	0,00	0,0	100
1"	0,00	0,0	100
3/4"	0,00	0,0	100
1/2"	0,00	0,0	100
3/8"	0,00	0,0	100
No. 4	0,48	0,6	99
No. 10	1,36	2,2	98
No. 40	6,62	9,9	90
No. 200	2,69	13,1	87

COLOR= CAFÉ OSCURO

5.- CLASIFICACION.-

GRAVA=	1	%
ARENA=	13	%
FINOS=	87	%
LL =	109,00	%
LP =	41,00	%
IP =	68,00	%
CLASIFICACION		
SUCS =	CH2	
AASHTO=	A-7-5	
IG(86)=	70	
IG(45)=	20	



Ing. Ovidio Castillo Jaramillo
LABORATORIO

Tele-fax: (07)2613699, Celular: 093883061-099692335-0980253180 Email: estsuelcon@gmail.com

ESTSUELCON CIA. LTDA.

ESTUDIOS DE SUELOS, LABORATORIO, CONSTRUCCIÓN Y CONSULTORIA

ENSAYOS DE CLASIFICACIÓN

PROY. : ESTUDIO GEOLÓGICO – GEOTÉCNICO Y ESTRUCTURA DEL PAVIMENTO PARA EL ÁREA DEL PUERTO SECO COMERCIAL SECTOR EL PLATEADO

OBRA : ESTUDIO DE SUELOS
UBIC. : EL PLATEADO - LOJA — POZO: PERFORACIÓN
FECHA : JUNIO - 2016 — OPERADOR: O.V — PROFUND.: 12,00 m.

	GOLPES	PESO HM.	PESO SECO	DE CAPS	w %	RESULTADO
1.- CONTENIDO HUMEDAD		34,49	30,95	25,83	69,14	
		39,41	33,94	25,95	68,46	68,80
2.- LIM. LIQUIDO	33	31,61	28,04	25,93	109,59	
	27	35,27	31,48	28,04	110,17	
	22	33,78	30,60	27,76	111,97	
	16	32,33	28,58	25,28	113,64	111,02
3.- LIMITE PLASTICO		28,48	27,66	25,11	32,16	
		30,37	29,68	27,49	31,51	31,83

4.- GRANULOMETRIA

PESO IN= 130,4 (H/S) H
PESO INICIAL DE CALCULO: 77,2

TAMIZ	PESO R.	% R.A.	% PASA
1 1/2"	0,00	0,0	100
1"	0,00	0,0	100
3/4"	0,00	0,0	100
1/2"	0,00	0,0	100
3/8"	0,00	0,0	100
No. 4	0,60	0,8	99
No. 10	1,80	3,1	97
No. 40	8,32	13,9	86
No. 200	8,62	25,0	75

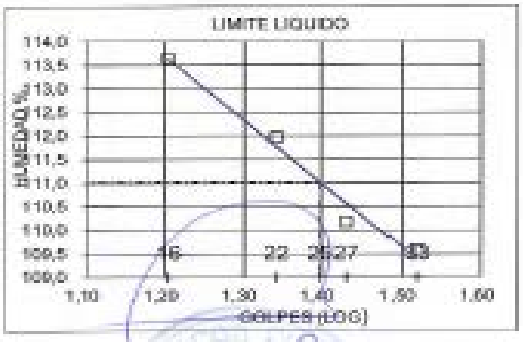
COLOR= CAFÉ OSCURO

5.- CLASIFICACION.-

GRAVA=	1	%
ARENA=	24	%
FINOS=	75	%
LL =	111,00	%
LP =	32,00	%
IP =	79,00	%

CLASIFICACION:

SUCS =	CH2
AASHTO=	A-7-5
IG(86)=	64
IG(45)=	20



Ing. Ovidio Castillo Jaramillo
LABORATORIO

Tele-fax: (07)2613699. Celular: 093883061-093692335-0980253180 Email: estsuelcon@gmail.com

ESTSUELCON CIA. LTDA.

ESTUDIOS DE SUELOS, LABORATORIO, CONSTRUCCIÓN Y CONSULTORIA

ENSAYOS DE CLASIFICACIÓN

PROY. : ESTUDIO GEOLÓGICO – GEOTÉCNICO Y ESTRUCTURA DEL PAVIMENTO PARA EL ÁREA DEL PUERTO SECO COMERCIAL SECTOR EL PLATEADO

OBRA : ESTUDIO DE SUELOS
UBIC. : EL PLATEADO - LOJA — POZO: PERFORACIÓN
FECHA : JUNIO - 2016 — OPERADOR: O.V — PROFUND.: 14,00 m.

	GOLPES	PESO HM.	PESO SECO	DE CAPS	w %	RESULTADO
1.- CONTENIDO HUMEDAD		43,24	35,92	25,35	69,25	
		41,17	34,64	25,18	69,03	69,14
2.- LIM. LIQUIDO	34	32,73	29,38	25,45	85,24	
	27	35,19	31,42	27,10	87,27	
	22	32,02	28,26	24,06	89,52	
	15	36,28	32,39	28,23	91,59	87,91
3.- LIMITE PLASTICO		31,35	30,26	27,05	33,96	
		29,38	28,16	24,66	32,57	33,28

4.- GRANULOMETRIA

PESO IN= 102,3 (lbS) H
PESO INICIAL DE CALCULO: 60,5

TAMIZ	PESO R.	% R.A.	% PASA
1 1/2"	0,00	0,0	100
1"	0,00	0,0	100
3/4"	0,00	0,0	100
1/2"	0,00	0,0	100
3/8"	0,00	0,0	100
No. 4	1,28	2,1	98
No. 10	3,61	8,1	92
No. 40	8,11	21,5	79
No. 200	3,34	27,0	73

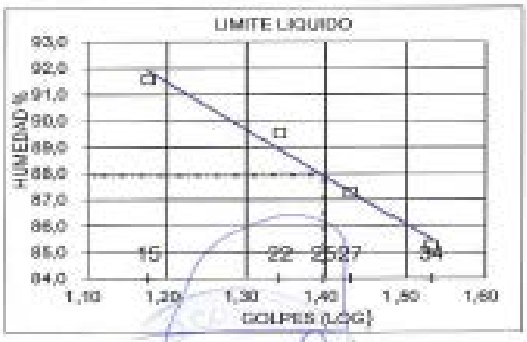
COLOR= CAFÉ OSCURO

5.- CLASIFICACION.-

GRAVA=	2	%
ARENA=	25	%
FINOS=	73	%
LL =	88,00	%
LP =	33,00	%
IP =	55,00	%

CLASIFICACION:

SUCS =	CH1
AASHTO=	A-7-5
IG(86)=	43
IG(45)=	19



Ing. Ovidio Castillo Jaramillo
LABORATORIO

Tele-fax: (07)2613699. Celular: 093883061-099692335-0980253180 Email: estsuelcon@gmail.com

PERFIL ESTRATIGRÁFICO DE PERFORACIÓN

PROF. (m)	N.F. (m)	STANDARD PENETRATION TEST (S.P.T.) 15	30	45	N SPT	CLASIFICACIÓN S.U.C.S. W (%)	LÍMITES ATTERBERG L.L.	L.P.	I.P.	GRANULOMETRÍA G	A	F	SUCS	Perfil estratigráfico Símbolo	Descripción del Suelo	Consistencia (Suelos Arcillosos)	Compacidad Relativa (arenas)
0																	
1.0	NA	1	1	2	3	-	-	-	-	-	-	-	-			Muy blanda	
2.0		1	2	3	5	57	110	38	72	4	23	73	CH2			Blanda	
3.0		1	3	3	6	-	-	-	-	-	-	-	-			Media	
4.0		2	3	3	6	65	97	34	63	1	27	72	CH1			Media	
5.0		3	5	5	10	-	-	-	-	-	-	-	-			Media	
6.0		2	3	5	8	40	87	34	53	9	31	60	CH1			Media	
7.0		4	5	7	12	-	-	-	-	-	-	-	-			Firme	
8.0		5	11	11	22	48	90	30	60	1	21	78	CH1			Muy firme	
9.0		5	5	7	12	-	-	-	-	-	-	-	-			Firme	
10.0		5	10	14	24	47	109	41	68	1	13	86	CH2			Muy firme	
11.0		8	9	10	19	-	-	-	-	-	-	-	-			Firme	
12.0		10	11	13	24	69	111	32	79	1	24	75	CH2			Muy firme	
13.0		10	13	15	28	-	-	-	-	-	-	-	-			Muy firme	
14.0		14	14	28	42	69	88	33	55	2	25	73	CH1			Dura	
15.0		12	25	38	63	-	-	-	-	-	-	-	-			Dura	

GRÁFICO DE GOLPES DE SPT: 0, 20, 40, 60, 80

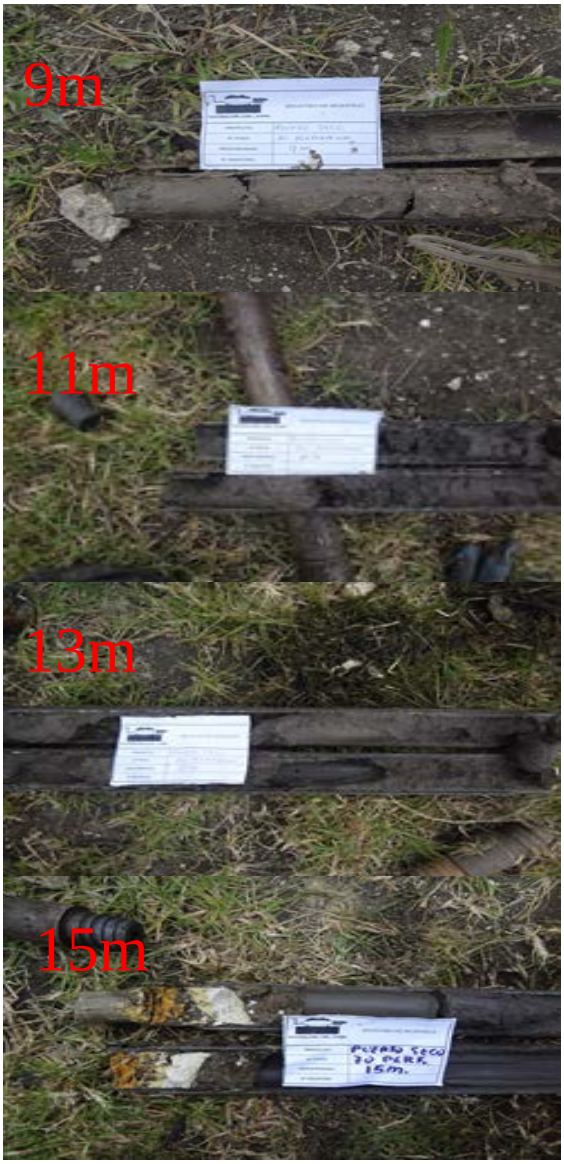
LEYENDAS

PERFORAC. TOTAL: 15.0 m.	Perforación destructiva	Limo	Arena	Bloque
NIVEL FREÁTICO: 1.5 m.	Nivel Freático	Arcilla	Grava	

PERFORACIÓN

Recuperación de testigo

Profundidad: 15m


9m
11m
13m
15m

10m
12m
14m
Pozo
NF