UNIVERSIDAD NACIONAL DE LOJA

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

CARRERA DE GEOLOGÍA AMBIENTAL Y ORDENAMIENTO TERRITORIAL

TÍTULO:

"ESTUDIO GEOLÓGICO-GEOTÉCNICO PREVIO A LA CONSTRUCCIÓN DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUA POTABLE PARA LA PARROQUIA SAN PEDRO DE VILCABAMBA, CANTÓN Y PROVINCIA DE LOJA"

TESIS DE GRADO PREVIA A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE INGENIERO EN GEOLOGÍA AMBIENTAL Y ORDENAMIENTO TERRITORIAL

AUTOR:

JOSÉ MIGUEL MOSQUERA ROMO

DIRECTOR:

ING. JORGE MICHAEL VALAREZO RIOFRÍO, MG. SC.

LOJA – ECUADOR

2019

II. CERTIFICACIÓN

Ing.

Jorge Michael Valarezo Riofrío, Mg. Sc

DIRECTOR DE TESIS Y DOCENTE DE LA CARRERA DE GEOLOGÍA AMBIENTAL Y ORDENAMIENTO TERRITORIAL DE LA UNIVERSIDAD NACIONAL DE LOJA

CERTIFICA:

Haber dirigido, y asesorado el presente trabajo de tesis de grado realizado por el egresado Sr. **JOSÉ MIGUEL MOSQUERA ROMO**, con C.I., 1104701741, en su proceso de investigación denominado **"ESTUDIO GEOLÓGICO-GEOTÉCNICO PREVIO A LA CONSTRUCCIÓN DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUA POTABLE PARA LA PARROQUIA SAN PEDRO DE VILCABAMBA, CANTÓN Y PROVINCIA DE LOJA",** previo a la obtención del título de Ingeniero en Geología Ambiental y Ordenamiento Territorial, mismo que cumple con la reglamentación y políticas de investigación, en consecuencia me permito autorizar su presentación, sustentación y defensa.

Loja, 18 de Febrero de 2019

Ing. Jorge Michael Valarezo Riofrío, Mg. Sc

DIRECTOR DE TESIS

III. AUTORÍA

Yo, **JOSÉ MIGUEL MOSQUERA ROMO**, declaro ser el 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:

C.I.: 1104701741

Fecha: Loja, 27/02/2019

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

Yo, **JOSÉ MIGUEL MOSQUERA ROMO**, declaro ser el autor de la tesis titulada: **"ESTUDIO GEOLÓGICO-GEOTÉCNICO PREVIO A LA CONSTRUCCIÓN DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUA POTABLE PARA LA PARROQUIA SAN PEDRO DE VILCABAMBA, 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, a los veinte y siete días del mes de febrero del dos mil diecinueve, en la ciudad de Loja.

Firma:

Autor: José Miguel Mosquera Romo

Cédula: 1104701741

Dirección: San Pedro de Vilcabamba, Barrio Central.

Correo electrónico: jose_mosco@hotmail.com

Teléfono: 2721-295 **Celular:** 0999605462

DATOS COMPLEMENTARIOS

Director de Tesis: Ing. Jorge Michael Valarezo Riofrío, Mg. Sc.

Tribunal de Grado: Ing. Julio Eduardo Romero Sigcho, Mg. Sc.

Ing. Alexander Fermín González Sisalima, Mg. Sc.

Ing. Stalin Iván Puglla Arévalo, Mg. Sc.

V. DEDICATORIA

Todo mi trabajo y esfuerzo puestos en esta investigación están dedicados primeramente a Dios por permitirme lograr este objetivo, bajo su bendición y cuidado. A mis padres Miguel y Sandra, quienes durante todo este tiempo han estado a mi lado apoyándome y dándome ánimos para seguir adelante, sé que han hecho esfuerzos increíbles para que nunca nada me faltara. A mi querida hermana quien siempre me apoyo y muchas veces estuvo junto a mí en momentos difíciles.

A toda mi querida familia, alguna vez necesite de todos ustedes y nunca dudaron en brindarme su apoyo, un consejo, una mano amiga, siempre recordare todos esos momentos de cariño y confianza brindados.

A lo largo de mi vida he reunido grandes amistades quienes siempre me apoyaron y acompañaron incasablemente. A Daniela que durante mucho tiempo me ha acompañado en las buenas y en las malas, siempre junto a mí dándome apoyo y paciencia en este proyecto de estudio.

Jose Miguel Mosquera Romo

VI. AGRADECIMIENTOS

Primeramente quiero agradecer a Dios y a la Virgen del Cisne a quienes todos los días me encomiendo y me han permitido seguir con vida y lograr obtener este objetivo.

A la Universidad Nacional de Loja, aunque con algunos inconvenientes me brindó lo mejor de ella y fue donde encontré nuevos conocimientos y sobretodo grandes amistades.

También creo necesario extender mis agradecimientos a la Carrera de Geología Ambiental y Ordenamiento Territorial, a sus directivos, docentes y todo el personal administrativo porque siempre estuvieron dispuestos ayudar a cada estudiante que paso por sus aulas, la calidad humana de todos creo un gran ambiente para estudiar, la confianza en los docentes, la cercanía a los directivos y la amabilidad del personal administrativo ha establecido una gran carrera.

Además mis más sinceros agradecimientos a todos los docentes de Geología y en especial al Ing. Michael Valarezo tutor de mi tesis de grado, por los conocimientos impartidos pero sobre todo por la calidez humana con la cual formaron a nuevos profesionales.

Este período de tiempo conocí muchas personas pero a pocos los considero como verdaderos amigos y para ellos mis más sinceros agradecimientos por todo lo vivido y aprendido juntos.

Un agradecimiento especial a todas esas personas que sin conocernos sin saber nada de nosotros, nos extendieron una mano en un momento de necesidad, a lo largo de toda la carrera siempre hubo alguien quien nos ayudó desinteresadamente.

Jose Miguel Mosquera Romo

VII. TABLA DE CONTENIDOS

II. CERTIFICACIÓN ii

III. AUTORÍA iii

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

V. DEDICATORIA v

VI. AGRADECIMIENTOS vi

VII. TABLA DE CONTENIDOS vii

1. TÍTULO 1

2. RESUMEN 2

3. INTRODUCCIÓN 4

3.1. Objetivo General 5

3.2. Objetivos Específicos. 5

4. REVISIÓN DE LITERATURA 7

4.1. Topografía 7

4.2. Geología 7

4.3. Geotecnia 8

4.4. Ingeniería Geológica 8

4.5. Estudio Geológico 9

4.6. Geología Estructural 9

4.7. Mecánica de Suelos 9

4.7.1. Muestreo de Suelos 10

4.7.2. Ensayo de penetración estándar (SPT) 10

4.7.3. Ensayo de mecánica de suelos 10

4.7.3.1. Contenido de humedad 10
4.7.3.2. Análisis granulométrico 11
4.7.3.3. Límites de Consistencia 12
- Límite líquido 12
- Límite plástico (W_P) 12
- Índice de Plasticidad 13

4.8. Compactación de Suelos 13

4.9. Prospección Geofísica 13
4.9.1. Sísmica de Refracción 14

4.10. Caracterización Geomecánica 14
4.10.1. Clasificación de los Macizos Rocosos 15
4.10.1.1. Rock Quality Index (RQD) 15
4.10.1.2. Rock Mass Rating o RMR 16

4.11. Zonificación 18
4.11.1. Zonificación Geotécnica 18
4.11.2. Mapas Geotécnicos 19

5. MATERIALES Y MÉTODOS 20

5.1. Materiales 20

5.2. Metodología 20
5.2.1. Bases para la obtención de datos 21
5.2.2. Metodología utilizada para topografía 21
5.2.3. Metodología utilizada para geología regional y a detalle 22
5.2.4. Metodología para la exploración geofísica 23
5.2.4.1. Sísmica de Refracción 23
5.2.5. Metodología para Mecánica de suelos 23
5.2.5.1. Muestreo y técnicas específicas 24
5.2.5.2. Ensayos y resultados 25
5.2.6. Metodología para Valoración de Macizos Rocosos 25
5.2.6.1. RQD 25
5.2.6.2. Rock Mass Rating o RMR 26
5.2.7. Metodología para la Zonificación Geotécnica 26

6. RESULTADOS 28

6.1. Descripción del Área de Estudio 28
6.1.1. Generalidades 28
6.1.2. Accesos 29
6.1.3. Ubicación administrativa 30
6.1.4. Localización Geográfica 30
6.1.5. Topografía 30
6.1.5.1. Pendientes 33
6.1.6. Geología Regional 33
6.1.7. Geología Local 36
6.1.7.1. Unidad Chiguinda 37
6.1.7.2. Formación Santo Domingo 38
6.1.7.3. Formación Cerro Mandango 39
6.1.7.4. Depósitos Aluviales 40
6.1.8. Geomorfología 40
6.1.9. Tectónica 41
6.1.10. Geología Estructural 43
6.1.11. Clima e Hidrología 45
6.1.11.1. Clima 45
6.1.11.2. Hidrología 46

6.2. Estudio Geológico Geotécnico 48
6.2.1. Antecedentes Generales 48
6.2.2. Parámetros de Diseño de la Nueva Planta de Tratamiento de Agua Potable 49
6.2.3. Topografía 52
6.2.4. Pendientes 52
6.2.5. Fotointerpretación 53
6.2.6. Geología a Detalle 54
6.2.6.1. Unidad de Rocas Metamórficas 54
6.2.6.2. Coluvios 57
6.2.6.3. Estructuras 58
6.2.7. Corroboración de zonas de inestabilidad (geología – fotointerpretación) 60
6.2.8. Metodología de muestreo y Mecánica de suelos 65
6.2.8.1. Muestreo y técnicas específicas 65

6.2.8.2. Ensayos y resultados 66
6.2.9. Sísmica 67
6.2.9.1. Línea Sísmica 1 68
6.2.9.2. Línea Sísmica 2 69
6.2.10. Sondeos mecánicos 72
6.2.10.1. Ensayos in situ 72
6.2.11. Mecánica de Rocas. 75
6.3. Valoración del Sector 77
7. DISCUSIÓN DE RESULTADOS 79
8. CONCLUSIONES 81
9. RECOMENDACIONES 85
10. BIBLIOGRAFÍA 86
11. ANEXOS 88

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1: Índice de calidad de la roca…….……..... 16

Tabla 2: RMR: Parámetros de Clasificación…….…… 17

Tabla 3: Clasificación RMR……. 17

Tabla 4: Características Geotécnicas…….…... 18

Tabla 5: Materiales y Equipos utilizados…….…….…. 20

Tabla 6: Parámetros básicos para zonificación……..…. 27

Tabla 7: Barrios de la Parroquia San Pedro de Vilcabamba…….. 28

Tabla 8: Pendientes en San Pedro de Vilcabamba……. 33

Tabla 9: Geomorfología de San Pedro de Vilcabamba…….. 41

Tabla 10: Datos Climáticos Año 2017…… 45

Tabla 11: Afluentes Hídricos de la parroquia San Pedro de Vilcabamba…… 47

Tabla 12: Datos de diseño de la nueva planta de tratamiento…….. 50

Tabla 13: Pendientes de la Zona de Estudio…… 53

Tabla 14: Resultados de Ensayos para calicata 1……... 67

Tabla 15: Resultados Línea Sísmica 1…….. 68

Tabla 16: Parámetros dinámicos Línea Sísmica 1…….. 68

Tabla 17: Resultados Línea Sísmica 2…….. 69

Tabla 18: Parámetros dinámicos Línea Sísmica 2…….. 70

Tabla 19: Resultados del RQD…… 76

Tabla 20: Unidades geotécnicas de la zona de estudio……. 78

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1: Rutas de Acceso a la zona de estudio…… 29

Figura 2: Ubicación de la zona de estudio…… 30

Figura 3: Zona de Alta Montaña…… 31

Figura 4: Zona Media……... 32

Figura 5: Zona Baja…… 32

Figura 6: Secciones estratigráficas de la cuenca de Malacatos-Vilcabamba…. 36

Figura 7: Rx. Metamórficas, filitas y esquistos de la Unidad Chiguinda…….. 37

Figura 8: Lutitas cafés, y limos de la Fm. Sto. Domingo…… 38

Figura 9: Areniscas y conglomerados de la Formación Cerro Mandango…….. 39

Figura 10: Depósitos Aluviales al sur de la parroquia…… 40

Figura 11: Evolución tectono-sedimentaria de las cuencas Intramontañosas del Sur…… 42

Figura 12: Evidencias de movimientos en zonas de falla…….. 44

Figura 13: Estado de la Planta en 2014…… 48

Figura 14: Estado de la Planta en 2018…… 49

Figura 15: Modelo tridimensional de la nueva planta de tratamiento…….. 51

Figura 16: Fotointerpretación de la zona de estudio…….. 54

Figura 17: Afloramientos de filitas y esquistos sericíticos…….. 55

Figura 18: Esquisto sericítico de la zona de estudio……... 55

Figura 19: Filitas de la zona de estudio…… 56

Figura 20: Cuarcitas de la zona de estudio…….. 56

Figura 21: Coluvial de la zona de estudio…… 57

Figura 22: Coluvial de la zona de estudio…… 58

Figura 23: Falla cercana a la zona de estudio…… 59

Figura 24: Sistemas de diaclasas de la zona de estudio……... 59

Figura 25: Micropliegues de la zona de estudio…….. 60

Figura 26: Deslizamiento número 1 de tipo traslacional……. 61

Figura 27: Deslizamiento número 2 de tipo traslacional……. 62

Figura 28: Zonas de Inestabilidad 1…….. 63

Figura 29: Zonas de Inestabilidad 2…….. 64

Figura 30: Zonas de Inestabilidad 3…….. 64

Figura 31: Descripción de calicata……. 66

Figura 32: Perfil sísmico con velocidades y profundidades calculadas LS1….. 69

Figura 33: Perfil sísmico con velocidades y profundidades calculadas LS2….. 70

Figura 34: Estratigrafía y cargas admisibles del terreno…… 71

Figura 35: Modelo tridimensional del terreno en base a la sísmica……. 72

Figura 36: Ensayo SPT 1 y 2…….. 73

Figura 37: Vista de perfil de la ubicación de SPTs y líneas sísmicas…….. 75

1. TÍTULO

ESTUDIO GEOLÓGICO-GEOTÉCNICO PREVIO A LA CONSTRUCCIÓN DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUA POTABLE PARA LA PARROQUIA SAN PEDRO DE VILCABAMBA, CANTÓN Y PROVINCIA DE LOJA.

2. RESUMEN

La presente investigación denominada "ESTUDIO GEOLÓGICO-GEOTÉCNICO PREVIO A LA CONSTRUCCIÓN DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUA POTABLE PARA LA PARROQUIA SAN PEDRO DE VILCABAMBA, CANTÓN Y PROVINCIA DE LOJA", tiene como meta principal el conocer las principales características geológicas geotécnicas de estos terrenos en búsqueda de garantizar la estabilidad de la construcción a lo largo del tiempo de vida útil de la misma, en contraposición del corto tiempo que ha durado la actual planta de tratamiento la misma que presenta graves daños en gran parte de su infraestructura, considerando que aproximadamente son 2805 habitantes beneficiarios de este servicio básico.

Esta investigación ejecuta una metodología descriptiva en la cual se detalla paso a paso todas las actividades realizadas, iniciando con una búsqueda de información bibliográfica referente a las condiciones generales del sector, seguida de un trabajo en campo el cual consto de actividades como la topografía, fotointerpretación, geología general y a detalle, geología estructural, y un inventario de movimientos en masa.

Además se realizaron ensayos de mecánica de suelos, sísmica de refracción, SPTs y valoración de macizos rocosos, con los cuales se determinó la condición geológica geotécnica real de los terrenos en estudio, encontrando la presencia de tres estratos obteniendo valores de cohesión de 1.3 kg/cm^2, para la cota de 1933 msnm y de 1.42 kg/cm^2 para la cota de 1969 msnm, cotas donde serán implantadas las diversas estructuras la planta de agua.

El resultado obtenido en el primer SPT, es algo preocupante ya que muestra la presencia de arcillas de baja plasticidad, litología que resulta muy sensible a los cambios de humedad y transforman el suelo de semisólido a la condición de líquido cuando existe presencia de agua, creando un escenario negativo ante la construcción de tan importante obra, pero también nos muestra el cuidado que se debe de tener en un futuro con respecto al agua que pueda ingresar al subsuelo por debajo de la planta de tratamiento.

La investigación determina que previo a la aplicación de algunas medidas correctoras, la construcción de la nueva planta de tratamiento de agua potable es factible en los terrenos que han sido destinados para este fin.

ABSTRACT

The present investigation denominated "GEOLOGICAL-GEOTECHNICAL STUDY PRIOR TO THE CONSTRUCTION OF THE POTABLE WATER TREATMENT PLANT FOR SAN PEDRO DE VILCABAMBA, CANTON AND PROVINCE OF LOJA", it has as main goal to know the main geotechnical geological characteristics of these lands with the objective of guaranteeing the stability of the construction throughout the useful life of it, in view of the short time that the current treatment plant has lasted, which presents serious damage to a large part of its infrastructure, considering that approximately 2805 inhabitants are beneficiaries of this basic service.

This research executes a descriptive methodology; all the activities carried out are detailed step by step, starting with a bibliographic information referring to the general conditions of the location, followed by a field work which involved activities such as topography, photointerpretation, general and detailed geology, structural geology, and an inventory of mass movements.

In addition, tests of mechanic of soils, refraction seismic, SPTs and assessment of rock masses were done, based on these, the real geotechnical geological condition of the land under study was determined, it was found the presence of three strata and it was obtained cohesion values of 1.3 kg / cm2, for the elevation of 1933 meters above sea level and 1.42 kg / cm2 for the elevation of 1969 meters above sea level, where the various structures of the water plant will be built.

The obtained result in the first SPT, is something to worried about, because it shows the presence of clay of low plasticity, this type of lithology is very sensitive to changes of humidity, and transform the soil from semi-solid to liquid condition when there is water on the ground creating a negative scenario before the construction of such an important building, but also it shows us how careful we must be in the future, considering the water that can enter to the subsoil below the treatment plant.

The investigation determines that prior to the application of some corrective measure, the construction of the new potable water treatment plant is feasible in the lands that have been destined for this purpose.

3. INTRODUCCIÓN

Según la Norma Ecuatoriana de la Construcción (NEC-14), Capítulo 11, en su alcance establece que, para el diseño y construcción de las obras en contacto con el suelo, son necesarios el reconocimiento de campo, la investigación del subsuelo, los análisis y recomendaciones de ingeniería de tal forma que se garantice un comportamiento adecuado de las estructuras (superestructura y subestructura) para edificaciones, puentes, torres, silos y demás obras, que preserven la vida humana, así como también evite la afectación o daño a construcciones vecinas.

De tal manera la presente investigación está encaminada a realizar los trabajos e interpretaciones necesarias para comprender las características geotécnicas del terreno destinado a la construcción de la nueva planta de tratamiento de agua potable de San Pedro de Vilcabamba, con el fin de establecer las condiciones que pudiesen limitar su aprovechamiento, además de los criterios geotécnicos que debe cumplir el proyecto para garantizar su correcto funcionamiento y una duración a largo plazo.

El estudio geológico-geotécnico contempla la recolección de información geológica, estructural, y geotécnica del sector de estudio para crear una base de referencia al momento de la construcción de las obras civiles necesarias para la Planta de Tratamiento de Agua Potable. La información se obtiene en base a campañas de exploración geotécnica y geofísica, datos cualitativos y cuantitativos, en base a ensayos de campo y de laboratorio de muestras obtenidas de estos terrenos.

Hoy en día en la parroquia San Pedro de Vilcabamba se encuentra funcionando la antigua planta de tratamiento de agua potable construida en 2008, la cual actualmente presenta problemas estructurales en todas sus instalaciones, pero sobre todo en sus dos filtros lentos los cuales se hallan fisurados en algunos sectores, al día de hoy no se conoce las causas exactas de esta problemática, aunque la presencia de grietas en paredes y pisos, más una pendiente desfavorable, y presencia de ciertos materiales metamórficos erosionados y suelos residuales, dan la pauta de la existencia de posibles problemas geológicos-geotécnicos, y bajo la consideración de que la nueva planta de tratamiento será construida a pocos metros de la actual, se vuelve necesaria e imperante la realización del **Estudio Geológico-Geotécnico previo a la construcción de la planta de tratamiento de agua potable para la parroquia San Pedro de Vilcabamba, Cantón y Provincia de Loja.**

Según registros de la Junta Administradora de Agua Potable de San Pedro de Vilcabamba, la planta de tratamiento da servicio a una población total de 2805 habitantes, perteneciendo 1900 habitantes a la parroquia de San Pedro de Vilcabamba, y los restantes 905 a la zona sur de Malacatos, al sector conocido como Cavianga. Al considerarse el agua como el líquido vital, y ser la planta de tratamiento la única fuente de suministro de agua potable, su paralización causaría incontables pérdidas tanto sociales como económicas. Por todo esto para garantizar el normal funcionamiento de la planta de tratamiento es necesario garantizar la estabilidad de las nuevas estructuras respecto a la geología del sector, basados en la ejecución del respectivo estudio geológico-geotécnico.

En función de lo expuesto la presente investigación pretende desarrollar los siguientes objetivos:

3.1. Objetivo General

Realizar el estudio Geológico-Geotécnico de las inmediaciones destinadas a la construcción de la planta de tratamiento de agua potable para la parroquia San Pedro de Vilcabamba, Cantón y Provincia de Loja.

3.2. Objetivos Específicos.

- Realizar una base topográfica y el mapeo geológico del Sector Chalaca de la parroquia San Pedro de Vilcabamba, Cantón y Provincia de Loja.

- Determinar las propiedades físico – mecánicas de los Geomateriales presentes en el área de estudio.

- Zonificar áreas según su grado de idoneidad para la construcción en el área de estudio.

El alcance de la presente investigación permitirá la evaluación geológica y geotécnica de la zona de estudio a través de muestreos, levantamientos de campo y ensayos de laboratorio, además se determinará la idoneidad de las distintas zonas identificadas para la construcción de obras civiles, que servirá para una adecuada planificación territorial por parte de las entidades gubernamentales y no gubernamentales encargadas para

dichos fines; entre ellas: La Junta Administradora de Agua Potable, el GAD parroquial de San Pedro de Vilcabamba y la Secretaria Nacional del Agua. El estudio entregará la zonificación con la descripción correspondiente a las distintas zonas identificadas, pero esto no significa que la presente investigación reemplazará a futuros estudios a detalle que se deberán desarrollar para la ejecución de cada obra por separado considerando los requerimientos especiales de cada una de ellas.

La estrategia de la presente investigación considera un orden lógico y consecuente, es decir el camino recorrido para cumplir los objetivos planteados, que inicia con una recopilación de información, levantamiento topográfico, levantamiento geológico a detalle, muestreo y valoración de ensayos in situ, análisis e interpretación de resultados, planteamiento de una propuesta de zonificación geotécnica en función del uso del terreno.

4. REVISIÓN DE LITERATURA

Dado que la finalidad central de este análisis estará puesta en el Estudio Geológico-Geotécnico, como instrumento para determinación de la idoneidad para la construcción de obras civiles en la zona destinada a la nueva planta de tratamiento de agua potable de la parroquia San Pedro de Vilcabamba, será necesario plantear algunos parámetros que sirvan de ejes conceptuales sobre los que se podrá apoyar la lectura interpretativa del trabajo final. Para empezar, entenderemos el concepto:

4.1. Topografía

En el libro Topografía Básica para Ingenieros (Martín, 1994), enuncia que la topografía "Se ocupa del estudio de los métodos para obtener la representación plana de una parte de la superficie terrestre con todos sus detalles, y de la construcción, del conocimiento y del manejo de los instrumentos necesarios para ello".

Desde el punto de vista etimológico (Garcia Marquez, 2003) dice que la topografía proviene del griego: topos, lugar y graphein, describir. Definiendo así como la ciencia que trata de los principios y métodos empleados para determinar las posiciones relativas de los puntos de la superficie terrestre, por medio de medidas, y usando los tres elementos del espacio. Estos elementos pueden ser: dos distancias y una elevación, o una distancia, o una dirección y una elevación.

El determinar la topografía es uno de los pasos iniciales en el presente trabajo de investigación para tener una idea clara de las condiciones actuales del terreno, sirve de base para el estudio geológico-geotécnico, lo cual servirá para determinar de una manera más eficaz las zonas y sus características de los terrenos para la nueva planta de tratamiento.

4.2. Geología

La Geología es definida por (Oriondo, 2006), como "La rama de las Ciencias Naturales que estudia la historia, la composición, la estructura y los procesos de la Tierra, más específicamente de las rocas que constituyen nuestro planeta desde la superficie hasta 100 o 200 kilómetros de profundidad".

(Font-Altaba & San Miguel, 1976)**,** en una definición más amplia establece a la Geología como: "Una de las ciencias más modernas, y es por definición la ciencia de la tierra y como tal, estudia su composición, su estructura y los fenómenos que se producen y se han producido en ella desde la hora cero de los tiempos geológicos hasta nuestros días,

es una ciencia poco independiente, su desarrollo va estrechamente unido al de la astronomía, la física, la química, la biología y otras ciencias".

La geología como ciencia tiene varias ramas o derivaciones de las cuales hemos considerado definir a la Geología de Campo y para (Maksaev, 2017) es aquella que se desarrolla en terreno (campo) esencialmente para la obtención de datos (información geológica). Las rocas, minerales, sedimentos y suelos están en terreno y es allí donde pueden ser observados.

Entonces, la geología de campo consiste en distintos métodos para observar, describir e interpretar las estructuras y materiales de los afloramientos para luego ser analizados o representados en mapas o cartas geológicas, para una mejor comprensión de quien lo analiza.

En el presente trabajo estas definiciones permitirán reconocer los diferentes tipos de materiales presentes en la zona de estudio para su representación cartográfica y su análisis para la correlación con futuros problemas estructurales de las obras civiles a construirse.

4.3. Geotecnia

Para el Ministerio de Agricultura y Medio Ambiente de España la geotecnia hace alusión al conjunto de reconocimientos y ensayos o pruebas realizadas al terreno y a la interpretación de los datos obtenidos en los mismos, que permiten caracterizar los diversos suelos presentes en la zona de estudio y sus propiedades, en función de los objetivos y características de un proyecto.

Como (Holtz & Kovacs, 1981) establecen la geotecnia, se refiere a la aplicación de la tecnología de la Ingeniería Civil al manejo de los materiales térreos de la corteza del planeta. Usualmente se ocupa de estudiar sólo los materiales naturales que se encuentran en o cerca de la superficie de la tierra.

4.4. Ingeniería Geológica

Según (Lopez Marinas, 2000) la define como, "La ciencia aplicada al estudio y solución de los problemas de la ingeniería y del medio ambiente producidos como consecuencia de la interacción entre las actividades humanas y el medio geológico. El fin del estudio de la geología es asegurar los factores geológicos condicionantes en las obras de ingeniería."

4.5. Estudio Geológico

Un estudio geológico analiza todas las características geológicas del suelo en un lugar en el que se va a realizar una obra civil, (González, 1992) establece que un estudio geológico aporta datos que pueden servir para la infraestructura y utilización posterior en proyectos concretos de planificación y desarrollo, así como para el abastecimiento de rocas industriales, preservación de zonas de interés eco geológico, o canalización de una red hidrológica.

El estudio geológico tiene por objetivo determinar el comportamiento del terreno como material de construcción para obras ingenieriles, ya que es un factor fundamental a tener en cuenta en la ejecución de proyectos porque los condiciona de forma importante por constituir el medio en el que se sustentarán las obras civiles.

4.6. Geología Estructural

La geología estructural es la rama de la Geología que estudia las propiedades físicas de las rocas y sedimentos, sus deformaciones, fracturas y la mecánica de las fuerzas que actúan sobre ellas. Toda la corteza terrestre está sometida a un complejo sistema de tensiones provocado por el movimiento de las placas de la litosfera, que se llegan a traducir localmente en fuerzas que generan tracciones, compresiones y torsiones diversas. (Oriondo, 2006)

Desde otro punto de vista (Belousov, 1979) en su libro Geología Estructural, manifiesta 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 relacionadas con los procesos mecánicos, movimientos y deformaciones que en ella tienen lugar”.

4.7. Mecánica de Suelos

En el libro Mecánica de Suelos y Cimentaciones (Crespo Villalaz, 2004) establece que “Es la rama de la mecánica que trata de la acción de las fuerzas sobre la masa de los suelos. El Dr. Karl Terzaghi definió a la Mecánica de Suelos como la aplicación de las leyes de la Mecánica y la Hidráulica a los problemas de ingeniería que tratan con sedimentos y otras acumulaciones no consolidadas de partículas sólidas, producto de la desintegración química y mecánica de las rocas”.

De forma resumida (Das, 1999) dice que la mecánica de suelos es la rama de la ciencia que trata el estudio de sus propiedades físicas y el comportamiento de masas de suelos sometidas a varios tipos de fuerzas.

4.7.1. Muestreo de Suelos

Según (Das, 1999) la fase de muestreo del sitio consiste en planear, hacer barrenos, calicatas, pocillos y más y recolectar muestras de suelo a intervalos deseados para observaciones y pruebas de laboratorio subsecuente.

4.7.2. Ensayo de penetración estándar (SPT)

Es el método de ensayo in-situ ampliamente usado para determinar las condiciones de compresibilidad y resistencia de los suelos. Este ensayo permite medir la resistencia a la penetración de un muestreador y al mismo tiempo permite obtener muestras para ser ensayadas en el laboratorio. El procedimiento del Ensayo de Penetración Estándar (SPT) está indicado en la norma ASTM D-1586.

Este ensayo consiste en hincar sobre el suelo un muestreador de caña partida cuya parte inferior está unida a un anillo cortante o zapata y la parte superior a una válvula y pieza de conexión a la línea de perforación. El muestreador tiene un diámetro externo de 51 mm y un diámetro interno de 35 mm. Para el hincado se utiliza un martillo de 63.50 Kg. de peso que se deja caer libremente desde una altura de 76 cm. La longitud de hincado es de 450 mm en tres intervalos de 150 mm y se descarta el primer tramo por encontrarse en material disturbado. (ASTM, 2014)

4.7.3. Ensayo de mecánica de suelos

El conocimiento de las principales características físicas de los suelos es de fundamental importancia en el estudio de la Mecánica de Suelos, pues mediante su atinada interpretación se puede predecir el futuro comportamiento de un terreno bajo cargas cuando dicho terreno presentes diferentes características.

4.7.3.1. Contenido de humedad

La determinación del contenido de humedad es un ensayo rutinario de laboratorio para determinar la cantidad de agua presente en una cantidad de suelo en términos de su peso en seco determinando por la norma ASTM D2216- 71. Según la Norma de la Construcción Ecuatoriana: Geotecnia y Cimentaciones, se debe aplicar la norma NTE INEN 0690, la cual establece el siguiente procedimiento:

- Determinar y registrar la masa del recipiente (ml), cuidando que esté seco y limpio.

- Colocar cuidadosamente en el recipiente la porción representativa del suelo a ensayarse, después de desmenuzarla, cuidando que exteriormente no existan partículas de suelo adheridas; determinar y registrar su masa (m^2).

- Colocar el recipiente con la muestra húmeda en el horno de secado, manteniendo una temperatura de 105±5C, hasta obtener masa constante.

- En casos en que haya alguna duda respecto al período de secado, éste debe continuar hasta que la determinación de la masa, después de dos periodos sucesivos de secado, a intervalos de cuatro horas, indiquen que la masa no cambia o que su diferencia no excede de 1%.

- Inmediatamente después de sacar del horno el recipiente con la muestra de suelo seca, determinar y registrar su masa, (m^3). Si esto no es posible hacerlo inmediatamente, el recipiente debe colocarse en el desecador hasta cuando vaya a determinarse su masa.

- Con los resultados obtenidos se aplica la siguiente formula y se obtiene el contenido de humedad.

$$w = \frac{m_2 - m_3}{m_3 - m_1} * 100$$

4.7.3.2. Análisis granulométrico

Su finalidad es obtener la distribución por tamaño de las partículas presentes en una muestra de suelo. Así es posible también su clasificación mediante los procedimientos planteados tanto por AASHTO o SUCS. El ensayo es importante, ya que gran parte de los criterios de aceptación de suelos son utilizados en bases o sub-bases de carreteras, presas de tierra o diques, drenajes, etc. Para obtener la distribución de tamaños, se emplean tamices normalizados y numerados, dispuestos en orden decreciente. La Norma de la Construcción Ecuatoriana: Geotecnia y Cimentaciones, establece que para

el análisis granulométrico se debe aplicar la norma ASTM D 422, donde se cubre la determinación cuantitativa de la distribución de tamaños de las partículas en suelos. La distribución de tamaños de las partículas mayores a 75µm (retenidas en la malla 200) es determinado por tamizado, mientras que la distribución de tamaños de partículas menores a 75µm es determinado por un proceso de sedimentación usando un hidrómetro para obtener los datos necesarios.

4.7.3.3. Límites de Consistencia

Cuando existen minerales de arcilla en un suelo de grano fino, éste puede ser remodelado en presencia de alguna humedad sin desmoronarse. Esta naturaleza cohesiva es debida al agua adsorbida que rodea a las partículas de arcilla. A principios de 1900, un científico sueco, Albert Mauritz Atterberg, desarrolló un método para describir la consistencia de los suelos de grano fino con contenidos de agua variables. A muy bajo contenido de agua, el suelo se comporta más como un sólido frágil. Cuando el contenido de agua es muy alto, el suelo y el agua fluyen como un líquido. Por tanto, dependiendo del contenido de agua, la naturaleza del comportamiento del suelo se clasifica arbitrariamente en cuatro estados básicos, denominados sólido, semisólido, plástico y líquido. (Das, 1999)

El contenido de agua, en porcentaje, en el que la transición de estado sólido a semisólido tiene lugar, se define como el límite de contracción. El contenido de agua en el punto de transición de estado semisólido a plástico es el límite plástico, y de estado plástico a líquido es el límite líquido. Esos límites se conocen también como límites de Atterberg. (Das, 1999)

- Límite líquido (W_L)

La Norma de la Construcción Ecuatoriana: Geotecnia y Cimentaciones, recomienda la aplicación de la Norma INEN NTE 0691, para el cálculo del límite líquido y lo define como, el contenido de agua de un suelo, en el límite entre su comportamiento líquido y plástico, valiéndose de un dispositivo mecánico (Copa de Casagrande) en el que, con un determinado número de golpes, se establece la fluencia del suelo en condiciones normalizadas.

- Límite plástico (W_P)

El suelo pasa de un estado plástico a un estado semisólido y se rompe. La NEC-SE-GM, recomienda el cálculo aplicando la Norma INEN NTE 0692, donde se establece

que este método de ensayo consiste en determinar el contenido de agua de un suelo en el límite entre su comportamiento plástico y sólido, para lo cual se utiliza el proceso de rolado para evaporar gradualmente el agua que comienza a fisurarse o disgregarse. Para (Das, 1999) de forma resumida el límite plástico se define como el contenido de agua, en porcentaje, con el cual el suelo, al ser enrollado en rollitos de 3 mm de diámetro, se desmorona. La prueba es simple y se lleva a cabo enrollando repetidamente a mano sobre una placa de vidrio una masa de suelo de forma elipsoidal

- Índice de Plasticidad

Se denomina Índice de Plasticidad o Índice Plástico (L.P.) a la diferencia numérica entre los límites líquido y plástico, e indica el margen de humedades dentro del cual el suelo se encuentra en estado plástico. (Crespo Villalaz, 2004).

Como apéndice de la Norma INEN NTE 0692, con la cual calculamos el Limite Liquido se encuentra el cálculo del Índice de Plasticidad, estableciendo la siguiente ecuación.

$$L.P. = W_L - W_P$$

4.8. Compactación de Suelos

En la construcción de terraplenes para carreteras, presas de tierra y muchas otras estructuras de la ingeniería, los suelos sueltos deben ser compactados para incrementar sus pesos específicos. La compactación incrementa las características de resistencia de los suelos, aumentando así la capacidad de carga de las cimentaciones construidas sobre ellos. La compactación disminuye también la cantidad de asentamientos indeseables de las estructuras e incrementa la estabilidad de los taludes de los terraplenes. Los rodillos de ruedas lisas, los rodillos patas de cabra, los rodillos con neumáticos de hule y los rodillos vibratorios son usados generalmente en el campo para la compactación del suelo. Los rodillos vibratorios se usan principalmente para la densificación de los suelos granulares. (Das, 1999)

4.9. Prospección Geofísica

(Olmo, 2000) La define como una tecnología que permite investigar la constitución y morfología del subsuelo a través de las propiedades físicas de las rocas y minerales mediante medidas realizadas en superficie o desde el aire. Se trata en todos los casos de estudiar la distribución espacial de un determinado parámetro físico intentando posteriormente explicar dicha distribución en términos de modelos geológicos, hidrogeológicos o geomineros.

Para (González de Vallejo, 2002) son técnicas no destructivas y de investigación con gran cobertura, complementarias de los ensayos in situ y técnicas de investigación directa, como los sondeos mecánicos o las calicatas. Los diferentes métodos geofísicos para el reconocimiento del subsuelo se dividen según el parámetro físico investigado: gravimetría (densidad), magnético (susceptibilidad magnética), eléctricos (resistividad), electromagnéticos (conductividad eléctrica y permeabilidad magnética), sísmicos (velocidad de propagación de Ondas sísmicas), radiactivos (niveles de radiación natural o inducida).

4.9.1. Sísmica de Refracción

Es un método geofísico no destructivo para la interpretación de las propiedades de los suelos, y la detección de la profundidad de la roca, mediante el análisis de las variaciones en las velocidades sísmicas. Este ensayo permite obtener los perfiles de ondas P de una zona de investigación, el principio del método consiste en medir el tiempo de llegada de las ondas de compresión (P) de una fuente artificial (caída de peso, pistolas de aire, martillo, explosivo). A medida que la línea de refracción es más larga, la energía necesaria es mayor, necesitándose en algunos casos explosivos.

Los materiales más compactos muestran velocidades altas de ondas P, en comparación con las velocidades bajas en materiales no consolidados. Las mediciones de refracción sísmica se llevan a cabo a lo largo de los perfiles longitudinales con múltiples sensores alineados (geófonos), con diferentes impactos posicionados en los extremos y parte central del tendido de la línea.

Los resultados correspondientes a la velocidad de propagación de la onda de compresión Vp permiten definir áreas de contraste entre materiales de diferente velocidad y densidad. Conociendo tiempo de recorrido y distancia entre fuente y geófonos, se puede determinar la velocidad de propagación del medio situado entre ambos. La refracción sísmica permite reconstruir un perfil bidimensional de ondas P (Vp) en función de la profundidad a lo largo de la línea de geófonos. Estas velocidades están controladas por los parámetros elásticos que describen el material y pueden correlacionarse con numerosas propiedades geomecánicas. (Georys, 2016)

4.10. Caracterización Geomecánica

Para (González de Vallejo, 2002) la descripción y caracterización de los macizos rocosos en afloramientos es una labor necesaria en todos los estudios de ingeniería

geológica cuyo objetivo sea el conocimiento de las propiedades y características geotécnicas de los materiales rocosos. Estos trabajos se realizan durante las primeras etapas de las investigaciones in situ.

También se dice que la caracterización incluye a los procedimientos y técnicas para evaluar la resistencia de un material bajo condiciones de esfuerzo que pudiesen provocar inestabilidad en un macizo rocoso. Principalmente se tienen dos tipos de investigación: el primero fundamentado en el reconocimiento a detalle “in situ” que describe las características físicas de la roca, y el otro mediante ensayos de laboratorio para muestras tomadas directamente del macizo. (Armas, 2004)

4.10.1. Clasificación de los Macizos Rocosos

Las clasificaciones más útiles en mecánica de rocas son las denominadas clasificaciones geomecánicas de las cuales la RMR de Bieniawski y la Q de Barton son las más utilizadas. Establecen diferentes grados de calidad del macizo en función de las propiedades de la matriz rocosa y de las discontinuidades, y proporcionan valores estimativos de sus propiedades resistentes globales. Existen otras clasificaciones de los macizos rocosos aunque la mayoría están basadas en alguno o varios de los factores que determinan su comportamiento mecánico:

- Propiedades de la matriz rocosa.
- Frecuencia y tipo de las discontinuidades, que definen el grado de fracturación, el tamaño y la forma de los bloques del macizo, sus propiedades hidrogeológicas, etc.
- Grado de meteorización o alteración.
- Estado de tensiones in situ.
- Presencia de agua.

4.10.1.1. Rock Quality Index (RQD)

(Deere & Deere, 1989), propuso un índice cuantitativo de la calidad de la roca basado en la recuperación de los fragmentos con perforación de diamante llamado índice de la calidad de la roca. Estableció al RQD como el porcentaje representado por la sumatoria de longitudes de fragmentos de barrenos de diamante que se recuperan en longitudes enteras mayores o iguales a 100mm, dividida entre la longitud total perforada.

$$RQD(\%) = \frac{\Sigma \text{Longitud de Fragmentos } > 100\text{mm}}{Longitud\ Total\ Perforada} * 100$$

Se acepta normalmente que el RQD se establece en núcleos de cuando menos de 50 mm de diámetro. Deere propuso la siguiente relación entre el valor numérico RQD y la calidad de la roca desde el punto de vista en la ingeniería:

Tabla 1: Índice de calidad de la roca.

RQD (%)	CALIDAD DE LA ROCA
<25	Muy mala
25 – 50	Mala
50 – 75	Regular
75 – 90	Buena
90 – 100	Excelente

Fuente: (Deere & Deere, 1989)

Cuando no se dispone de núcleos de perforación, se podrá estimar el RQD por la cantidad de fisuras contenidas en la unidad de volumen, en la que la cantidad de juntas por metro cúbico, en cada sistema de juntas se suman. Para lo cual se utiliza la siguiente fórmula alternativa:

$$RQD(\%) = 115 - 3.3J_v\ para\ J_v > 4.5$$

$$RQD(\%) = 100\ para\ J_v \leq 4.5$$

4.10.1.2. Rock Mass Rating o RMR

Desarrollada por Bieniawski en 1973, con actualizaciones en 1979 y 1989, constituye un sistema de clasificación de macizos rocosos que permite a su vez relacionar índices de calidad con parámetros geotécnicos del macizo y de excavación y sostenimiento en túneles. Esta clasificación tiene en cuenta los siguientes parámetros geomecánicos:

- Resistencia uniaxial de la matriz rocosa.
- Grado de fracturación en términos del RQD.
- Espaciado de las discontinuidades.
- Condiciones de las discontinuidades.
- Condiciones hidrogeológicas.
- Orientación de las discontinuidades con respecto a la excavación.

La incidencia de estos parámetros en el comportamiento geomecánico de un macizo se expresa por medio del índice de calidad RMR, rock mass rating, que valía de O a 100.

Para aplicar la clasificación RMR se divide el macizo rocoso en zonas o tramos que presenten características geológicas más o menos uniformes de acuerdo con las observaciones hechas en campo, en las que se lleva a cabo la toma de datos y medidas referentes a las propiedades y características de la matriz rocosa y de las discontinuidades. Para calcular el índice RMR correspondiente a cada una de las zonas se sigue el procedimiento señalado en la tabla 2.

Tabla 2: RMR: Parámetros de Clasificación

Parámetros		Escala de Valores						
Resistencia de la matriz rocosa (MPa)	Carga Puntual	>10	10-4	4-2	2-1	Compresión Simple		
	Compresión simple	>250	250-100	100-50	50-25	25-5	5-1	<1
Valor		15	12	7	4	2	1	0
RQD.		90-100%	75-90%	50-75%	25-50%	25%		
Valor		20	17	13	8	3		
Espaciado de Juntas		>2m	0.6-2m	0.2-0.6m	0.006-0.2m	>0.006		
Valor		20	15	10	8	5		
Condición Juntas		Muy rugosas sin discontinuidades cerradas.	Ligeramente rugosa <1mm de separación	Ligeramente rugosa <1mm de separación	Espejo de falla o relleno de espesor <5mm	Relleno blando de espesor <5mm o abiertas <5mm fisuras continuas		
Valor		30	23	13	6	0		
Aguas Subterráneas	Cantidad Infiltración	Nula	<10lit/min	10-25 lit/min	25-125 lit/min	>125 lit/min		
	Presión Agua / Esfuerzo principal	0	0-0.1	0.1-0.2	0.2-0.5	>0.5		
	Situación General	Seco	Ligeramente Húmedo	Húmedo	Goteando	Agua Fluyendo		
Valor		15	10	7	4	0		

Fuente: Modificado de (González de Vallejo, 2002)

Una vez obtenidas las puntuaciones que resultan de aplicar los cinco parámetros de clasificación, se efectúa la corrección por orientación de discontinuidades y se obtiene un valor numérico con el que se clasifica finalmente el macizo rocoso.

Tabla 3: Clasificación RMR

Valor total del RMR	**81-100**	**61-80**	**41-60**	**21-40**	**<20**
Clase por Número	I	II	III	IV	V
Descripción	Muy bueno	Bueno	Medio	Malo	Muy malo

Fuente: Modificado de (González de Vallejo, 2002)

Esta clasificación distingue cinco clases, y a cada clase de macizo se le asigna una calidad y características geotécnicas determinadas.

Tabla 4. Características Geotécnicas

Clase por número	I	II	III	IV	V
Tiempo de mantenimiento	10 años para 5 metros	6 meses para 4 metros	1 semana para 3 metros	5 horas para 1.5 metros	10 min para 0.5 metros
Cohesión	>4 kg/cm^2	3-4 kg/cm^2	2-3 kg/cm^2	1-2 kg/cm^2	<1 kg/cm^2
Ángulo de fricción	>45°	35°-45°	25°-35°	15-25°	<15°

Fuente: Modificado de (González de Vallejo, 2002)

4.11. Zonificación

(Pérez Luna, 1983) Define a la zonificación como el proceso a través del cual se decide un ámbito geográfico en espacios cuyas características son similares para un mismo tipo de espacio y diferentes para los demás tipos. Las características que distinguen los espacios se utilizan como criterios de diferenciación que muestran por qué un área se distingue de otras. Los criterios para establecer desigualdades entre zonas están determinados por distintos tipos de variables. Las variables que usualmente se utilizan para la zonificación corresponden a aspectos biofísicos y socioeconómicos. En nuestro proyecto la variable que se utilizará para la zonificación es la idoneidad del terreno para construcciones civiles.

4.11.1. Zonificación Geotécnica

Para (González de Vallejo, 2002) la zonificación geotécnica se basa en la clasificación de unidades geotécnicamente homogéneas que pueden abarcar diferentes edades geológicas: a su vez, éstas pueden dividirse en subunidades. El detalle y el grado de homogeneidad dependerán de la escala, objetivo del mapa y datos disponibles.

Las unidades geotécnicas y su distribución espacial generalmente se establecen a partir de la litología, origen y características geológicas de los materiales, determinadas a partir de la información y mapas geológicos existentes, fotointerpretación y observaciones y medidas de campo. Según la escala del mapa y los datos disponibles, las unidades se definen con distinto grado de homogeneidad. En los trabajos que así lo requieran, las unidades cartográficas se caracterizan con más detalle a partir de investigaciones in situ, ensayos en laboratorio y análisis de muestras.

4.11.2. Mapas Geotécnicos

Constituyen un método en ingeniería geológica para presentar cartográficamente información geológico-geotécnica con fines de planificación y uso del territorio y para el proyecto, construcción y mantenimiento de obras de ingeniería; aportan datos sobre las características y propiedades del suelo y del subsuelo de una determinada zona para evaluar su comportamiento y prever los problemas geológicos y geotécnicos.

Los datos incluidos en los mapas geológicos (topografía, relieve, litología, estructura, etc.) permiten deducir información valiosa sobre las propiedades de los materiales, pero las descripciones geológicas no son suficientes para su aplicación en ingeniería geológica. Los mapas geotécnicos incluyen información descriptiva sobre materiales y procesos geológicos, datos cuantitativos de los diferentes componentes del medio geológico y de las propiedades físicas y mecánicas de los materiales e información interpretativa para su aplicación geotécnica o ingenieril. (González de Vallejo, 2002)

5. MATERIALES Y MÉTODOS

5.1. Materiales

En consecuencia a los objetivos planteados se utilizó los materiales mostrados en la Tabla 5, la cual los clasifica en función de la etapa en la cual fueron utilizados.

Tabla 5: Materiales y Equipos utilizados

DE CAMPO	**Topografía**	**Geología**
	✓ Estaciones Totales Trimble: S3, S6 y Servo – robótica R4. ✓ Prismas ✓ GPS Garmin ✓ Estacas y Pintura	✓ Fichas de Campo ✓ Martillo Geológico. ✓ Navaja. ✓ HCl diluido al 10%. ✓ Libreta de Campo. ✓ Brújula Azimutal Brunton ✓ Distanciómetro – Cinta Métrica
	Geofísica	**Geotecnia**
	✓ Sismógrafo ✓ Cables y Martillo ✓ Geófonos ✓ Cinta Métrica ✓ Fichas de Campo	✓ Equipo SPT ✓ Barreta y Pala ✓ Cajas para sondeos
DE OFICINA	**Técnicos**	**Suministros generales**
	✓ Fotografías Aéreas ✓ Cartas topográficas y geológicas ✓ Programas especializados: IPI2Win, QGIS, ARCGIS, Cad.	✓ Copiadora ✓ Flash Memory. ✓ Computadora ✓ Impresoras ✓ Esferos ✓ Tableros

Fuente: El Autor, 2018

5.2. Metodología

La presente investigación es de tipo descriptiva definida como el procedimiento usado en ciencia para describir las características del fenómeno, sujeto o población a estudiar. Es así que en la presente investigación detallaremos las características y las propiedades más importantes de los terrenos destinados a la construcción de la nueva planta de tratamiento de agua potable que dotara del líquido vital a un total de 2805 habitantes tanto de San Pedro de Vilcabamba como del sur de la parroquia Malacatos. A más la presente investigación proporcionará información para el planteamiento de nuevas investigaciones.

5.2.1. Bases para la obtención de datos

Para el desarrollo de la presente investigación primeramente se colecto información bibliográfica con referencia la zona de estudio, donde se buscaron, identificaron y analizaron documentos técnico-científicos como libros, tesis de grado, artículos científicos, normas legales, información geográfica como cartas topográficas y geológicas además de fotografías aéreas. Luego de esta revisión previa se efectuó una visita técnica para conocer el área de estudio, para conocer accesos, propietarios de los predios cercanos, y actuales condiciones de terreno.

5.2.2. Metodología utilizada para topografía

Se realizó el levantamiento topográfico considerando toda la extensión de los terrenos destinados para la construcción de la planta de tratamiento más una zona complementaria que se extendía 50 metros en todas las direcciones, obteniendo un área aproximadamente 8 veces mayor es decir 1.96 hectáreas, esto para tener mejor conocimiento de las condiciones locales.

Para el levantamiento se utilizó la estación satelital Trimble S6 para zonas cubiertas con vegetación densa y la estación Trimble R8 para zonas despejadas, estas estaciones fueron ubicadas en lugares estratégicos que facilitan la visualización de vías, quebradas, infraestructuras, además otros elementos de importancia y sobretodo el relieve mismo de la zona. Se levantó datos de Norte (X), Este (Y), y Elevación (Z), tomando la mayor cantidad de puntos por estación para obtener el mínimo error en la información topográfica.

Terminado el levantamiento de campo se procedió a una fase de oficina donde se realizó la descarga de la información obtenida para la generación de curvas de nivel las cuales fueron generadas a un metro de distancia mediante el software Foresight, para luego exportarlo en formato (.dwg) compatible con ArcMap 10.1, en este software se procedió a dibujar los elementos de interés como la red hídrica, vías, infraestructura, terrenos destinados a la construcción de la planta de tratamiento de agua, y así delimitar el área total de estudio.

Finalmente se realizó la representación gráfica en un mapa tamaño A3, con una escala 1:1000, con curvas de nivel principal cada 5 metros y secundarias cada metro, empleando para el efecto el sistema de coordenadas UTM, con Datum WGS84, zona 17 Sur.

5.2.3. Metodología utilizada para geología regional y a detalle

Con base en los datos obtenidos en el levantamiento topográfico, se llevó a cabo el levantamiento geológico-estructural de campo a través de visitas de observación al sector, buscando afloramientos tanto naturales como antrópicos.

- Geología Regional

Para el levantamiento geológico regional, se realizó la corroboración de las formaciones a través del levantamiento de afloramientos en todo el territorio parroquial, usando como instrumento de recolección de datos una ficha de descripción de afloramientos (Ver Anexo 3). Debido a la extensión del territorio se realizó el levantamiento teniendo como referencias bibliográficas respecto a la geología de la parroquia, tanto en la Hoja Geológica CT-NVII-B, 7781 Gonzanama, como en otras fuentes de información como textos, artículos científico, tesis de grado y el plan de ordenamiento de la parroquia.

El levantamiento de campo se basó en la descripción de varios afloramientos con los cuales se buscó corroborar la presencia de las formaciones descritas dentro del territorio, estos afloramientos fueron identificados en los márgenes de vías, orillas del rio así como en terrenos que mostraban cortes o deslizamientos, además se recolecto datos de estructuras como fallas y contactos geológicos que se presentan dentro del territorio parroquial, estos datos fueron georreferenciados con ayuda de equipos como GPS, martillo geológico y brújula. Toda la información se representa en un mapa 1:80.000, con Datum WGS84, zona 17 Sur. (Ver Anexo 1)

- Levantamiento Geológico a Detalle

Este levantamiento se realizó con la descripción de afloramientos dentro del área de estudio utilizando una ficha de descripción de afloramientos (Ver Anexo 3), este levantamiento geológico considero todo afloramiento visible con el objeto de detallar las condiciones geológicas con el mínimo detalle.

Para el levantamiento de estructuras geológicas se utilizó el GPS y la brújula geológica para identificar datos como azimut, buzamiento y dirección de buzamiento. Una vez recolectada toda la información fue procesada e insertada en el software ArcMap, donde sobre la base del levantamiento topográfico se procedió a generar capas de información de geología tanto local como puntual y de estructuras para luego representarlas en un mapa geológico a escala 1:1000, empleando el sistema de coordenadas UTM, con Datum WGS84, zona 17 Sur. (Ver Anexo 2)

5.2.4. Metodología para la exploración geofísica

5.2.4.1. Sísmica de Refracción

Esta técnica se basa en determinar los tiempos de recorrido de las ondas P (primarias), longitudinales o compresionales, desde un punto conocido (fuente sísmica) hasta una serie de sensores (geófonos) situados a lo largo de una línea de adquisición.

Conociendo tiempo de recorrido y distancia entre fuente y geófonos, se puede determinar la velocidad de propagación del medio situado entre ambos. La refracción sísmica permite reconstruir un perfil bidimensional de ondas P (Vp) en función de la profundidad a lo largo de la línea de geófonos. Estas velocidades están controladas por los parámetros elásticos que describen el material y pueden correlacionarse con numerosas propiedades geomecánicas.

Basado en la geología del terreno se planteó la ejecución de dos líneas sísmicas dentro de la zona de construcción de la planta de tratamiento de agua, la primera de ellas en la cabecera del terreno y la segunda al pie del mismo con el objetivo de generar perfiles tridimensionales del terreno. Una vez identificada la ubicación se procedió al tendido de la primera línea sísmica, ubicando los geófonos cada 3 metros, las investigaciones se realizaron utilizando un sismógrafo

Posterior a esto se realizó el primer disparo a través del golpe de un martillo de 20 libras sobre una placa de metal, primero ubicándose al final de la línea, luego se hace un disparo en la mitad, y para terminar se realiza un disparo al inicio junto al sismógrafo, esto genera una recolección acumulada de datos que permite una mejor interpretación.

La segunda línea se llevó a cabo aplicando igual metodología, realizando disparos al inicio, medio y final del tendido sísmico. La interpretación se realizó a través de un laboratorio externo el cual tiene las capacidades y programas necesarios para un adecuado análisis de datos.

5.2.5. Metodología para Mecánica de suelos

Para realizar un estudio integral y complementar la fase previa de la presente investigación es necesario conocer las reales condiciones del terreno, para ello generalmente nos basamos en las propiedades físicas del mismo. Estas propiedades se evalúan según procedimientos estandarizados que se basan en procedimientos tanto

en campo como de laboratorio, por ellos describimos las acciones realizadas durante todo el proceso relacionado a la mecánica de suelos.

5.2.5.1. Muestreo y técnicas específicas

La evaluación de las características geológicas de los suelos y rocas, presentes en la zona del proyecto fue realizada en base a los ensayos de mecánica de suelos aplicados a las muestras alteradas e inalteradas tomadas tanto en las calicatas como en el SPT.

- **Calicatas**

Para la recolección de muestras alteradas se realizó la excavación de calicatas a lo largo del terreno de estudio, donde se obtuvo una muestra por cada capa de terreno encontrada para lo cual se efectuó el siguiente procedimiento:

- Se excavo de forma manual la calicata con paredes rectas de 1 x 1 metro y 1.5 metros de profundidad, hasta alcanzar la roca madre; la parte superior de la calicata deberá ser lo suficientemente amplia como para poder acceder y realizar la recolección de las muestras

- Una vez terminado de excavar, se examinó cuidadosamente una de las paredes bien expuestas de la calicata para determinar los distintos horizontes del suelo, dibujando el perfil estratigráfico relacionando materiales y profundidades.

Para el muestreo de suelo alterado se limpió cuidadosamente todo el perfil vertical y se tomó muestras de cada horizonte de abajo hacia arriba.

- **Ensayo de Penetración Estándar (SPT)**

Se estableció los puntos para la aplicación del SPT, en función de las fases previas de la investigación es decir la topografía, geología, levantamientos de campo y las exploraciones indirectas, con el objetivo de determinar el comportamiento del terreno, especialmente respecto a la capacidad de carga.

En esta prueba, se clava en el fondo de la perforación, mediante golpes con una masa de 63 kg (140 lb) que se deja caer desde una altura de 75 cm, un muestreador de barril hendido, o cuchara, de 5 cm (2 pulg) de diámetro externo. Se registra el número de golpes necesarios para incrustar 30 cm (12 pulg) la cuchara, y esa cifra recibe el nombre de valor N en golpes/pie.

5.2.5.2. Ensayos y resultados

La valoración de las características ingeniero - geológicas de los suelos, presentes en el área del proyecto se realizó en la fase de los ensayos de mecánica de suelos de las muestras alteradas e inalteradas tomadas tanto en las calicatas como en el SPT.

El número de N obtenido se utilizó para correlacionar las características del suelo con diversos aspectos de cálculo y diseño geotécnico.

Según la Norma de la Construcción Ecuatoriana recomienda aplicar una serie de ensayos que toman como referencia a Normas u Organismos Internacionales, en la presente investigación se aplicaron los siguientes ensayos:

- Humedad (Norma ASTM D2216- 71)
- Granulometría (Norma ASTM D422, AASHT0 T 27-88)
- Límites de Consistencia (Norma INEN NTE 0691 – 0692)
- Capacidad de Carga

Los resultados obtenidos a partir de los ensayos realizados, fueron analizados y comparados con referencias bibliográficas desde el punto de vista ingenieril, para encontrar la mayor cantidad de características del suelo presente en la zona de estudio.

5.2.6. Metodología para Valoración de Macizos Rocosos

Las valoraciones más útiles en mecánica de rocas son las denominadas clasificaciones geomecánicas de las cuales la RMR de Bieniawski y la Q de Barton son las más utilizadas.

5.2.6.1. RQD

Normalmente el RQD se aplica en base a la recuperación de fragmentos con perforaciones de diamante, pero cuando no se dispone de núcleos de perforación, se puede estimar el RQD por la cantidad de fisuras contenidas en la unidad de volumen, en la que la cantidad de juntas por metro cúbico, en cada sistema de juntas se suman. Es así que para la presente investigación se usó la siguiente fórmula alternativa para encontrar el RQD.

$$RQD(\%) = 115 - 3.3J_v \; para \; J_v > 4.5$$

$$RQD(\%) = 100 \; para \; J_v \leq 4.5$$

Una vez obtenido el valor del RQD se lo correlaciono con tablas bibliográficas para obtener la calidad de la roca desde el punto de vista ingenieril.

5.2.6.2. Rock Mass Rating o RMR

Este sistema de clasificación de macizos rocosos permite relacionar índices de calidad con parámetros geotécnicos del macizo y de excavación y sostenimiento en túneles. Para la aplicación de esta clasificación se utilizó la tabla 2, donde a partir de un levantamiento de campo se analizaron parámetros relacionados a resistencia de la matriz, espaciado y condición de juntas además de las condiciones hidrogeológicas del macizo.

De los valores entre 0 y 100 obtenidos de la aplicación de la tabla 2, estos resultados se correlacionaron con tablas bibliográficas las cuales establecen la existencia de cinco clases, y a cada clase de macizo se le asignó una calidad y características geotécnicas determinadas.

5.2.7. Metodología para la Zonificación Geotécnica

La finalidad de la zonificación geotécnica es aportar una estimación preliminar sobre las características físico - mecánicas de los materiales estudiados dentro del área del proyecto y establecer una clasificación cualitativa sobre sus problemas constructivos, ya que es de gran interés al momento de adoptar decisiones sobre la asignación de usos a cada porción del territorio.

Para llevar a cabo esta zonificación se sintetizo información concerniente a las características ingenieriles de los suelos, mediante la obtención de parámetros físico-mecánicos. Esto nos permitió determinar unidades geotécnicamente homogéneas que serán agrupadas entre sí.

La elaboración del mapa de zonas o unidades se realizó de acuerdo al análisis de las características geológicas —geotécnicas del área de estudio mediante la correlación entre las unidades litológicas, ensayos de campo y los resultados obtenidos en los ensayos de laboratorio, producto de esto se definió zonas con características comunes tanto en lo geológico como en lo geotécnico. Así el número de zonas está en función de las condiciones encontradas en campo.

Para cumplir con el objetivo fue necesario la elaboración de un mapa de zonas aptas o no para la construcción de obras civiles que fue generado a partir de correlacionar datos obtenidos con anterioridad como: la geología del sitio, los resultados de capacidad

portante de los suelos obtenida de la realización de los ensayos en sitio y de laboratorio, las zonas inestables identificadas, y las condiciones topográficas del terreno. En base a esta correlación se clasifico al terreno en estudio en tres zonas:

- Zonas Construibles
- Zonas Construibles con aplicación de medidas correctoras, y
- Zonas No Construibles.

Las clasificación por zonas se basó en las siguientes características mínimas pudiendo tomar en cuenta parámetros adicionales en función de las condiciones de campo.

Tabla 6: Parámetros básicos para zonificación

Clasificación por Zonas			
	Construibles	**Construibles con aplicación de medidas correctoras**	**Zonas No Construibles**
Carga Admisible	>1.5 kg/cm^2	1.0 – 1.5 km/cm^2	<1.0 kg/cm^2
Litología	Rocas duras, sean ígneas, o metamórficas	Rocas sedimentarias	Rocas y suelos de condiciones especiales
Consistencia (Cohesivos)	Media a Dura	Blanda a Media	Muy Blanda a Blanda
Compacidad Relativa (Arenas)	Firme a Densa	Suelta a Firme	Muy Suelta
Presencia de Deslizamientos	Nula	De baja magnitud	Deslizamientos activos y de media a gran magnitud
Pendiente (º)	<15	15 - 45	>45

Fuente: Elaboración Propia

Definidas las zonas según sus condiciones geológicas – geotécnicas, estas fueron representadas en un mapa temático, a escala 1:1000 con datum WGS 84, zona 17 Sur.

6. RESULTADOS

6.1. Descripción del Área de Estudio

6.1.1. Generalidades

La parroquialización de San Pedro de Vilcabamba se efectuó el 19 de agosto de 1987, mediante Acuerdo Ministerial emitido en Quito el 5 de agosto de 1987, por el Lcdo. Luis Roble Plaza, Ministro de Gobierno y de Municipalidades (Gobierno Constitucional del Ing. León Febres Cordero), y publicado en el Registro Oficial Nro. 752. Actualmente sus barrios son:

Tabla 7: Barrios de la Parroquia San Pedro de Vilcabamba

Central	El Chaupi	Sacapo
El Panecillo	Uchima	Cararango
El Dorado	Amala	Quesera

Fuente: Autor 2018

Hay algunas versiones sobre el nombre de San Pedro de Vilcabamba, considerando la versión que los conquistadores de cuando fundaban las poblaciones eran dedicadas como advocación a algún santo, a la Virgen o a Dios, así este pueblo fue dedicado a San Pedro y para diferenciar de otras Comunidades con el mismo nombre le agregaron “de Vilcabamba”.

Este territorio fue propiedad de don Fernando de la Vega, y en el año de 1756, el abogado de la Real Audiencia de Quito Corregidor y de justicia General Joseph Gabriel de Piedrahita en su sentencia daba que las tierras de “Uchima, Ama y Cararango” sea para los indios que se encontraban ocupándolas, esto es lo que actualmente conocemos como San Pedro de Vilcabamba.

Los límites de la Parroquia San Pedro de Vilcabamba de acuerdo a la Ordenanza Municipal del 1 de julio de 1987, son:

- Al Norte: Malacatos,
- Al Sur: Vilcabamba
- Al Este: Cordillera de los Andes (Provincia de Zamora Chinchipe)
- Al Oeste: Malacatos y Vilcabamba.

6.1.2. Accesos

Desde la ciudad de Quito el acceso se lo puede hacer por vía terrestre y aérea, la primera de ellas partiendo desde la capital se toma la carretera panamericana E35, recorriendo aproximadamente 699 kilómetros atravesando ciudades como Ambato, Riobamba y Cuenca, con un tiempo estimado de 11 horas de viaje.

A la zona de estudio desde la ciudad de Loja, se puede acceder por el llamado cuarto eje vial que llega hasta la frontera con Perú, la parroquia San Pedro de Vilcabamba se encuentra aproximadamente en el kilómetro 36 de la vía antes mencionada, el centro parroquial está a mano izquierda saliendo de Loja a Vilcabamba.

Por la vía aérea se debe tomar un vuelo desde el aeropuerto Mariscal Sucre en la ciudad de hasta la ciudad de Catamayo con un tiempo de vuelo aproximado de 1 hora 15 minutos en este caso la mejor ruta para llegar a la parroquia San Pedro de Vilcabamba es la vía Intervalles con una longitud de 44 kilómetros que conecta al cantón de Catamayo con la parroquia Malacatos, de donde se debe tomar el cuarto eje vial y recorrer aproximadamente 8 kilómetros.

Para llegar a la zona de estudio desde el centro parroquial se debe tomar una vía de segundo orden hasta el barrio Sacado, exactamente 2 km. Después de esto se toma a mano izquierda y aproximadamente se camina 2.3 kilómetros en una vía de tierra y con fuertes pendientes, para arribar hasta la zona de estudio.

Figura 1: Rutas de Acceso a la zona de estudio. **Fuente:** Autor

6.1.3. Ubicación administrativa

El área del proyecto se encuentra en la provincia de Loja, al suroriente del cantón del mismo nombre, en la parroquia rural de San Pedro de Vilcabamba, en el barrio Sacapo, sector Chalaca.

6.1.4. Localización Geográfica

La zona de estudio se encuentra en el cerro Chalaca, formación que rodea el centro urbano de la parroquia San Pedro de Vilcabamba y se encuentra en las coordenadas geográficas 4°13'33.2" Latitud Sur y 79°12'05.4" Longitud Oeste. (Coordenadas UTM: E699620 y N9532673). (Ver Anexo 1).

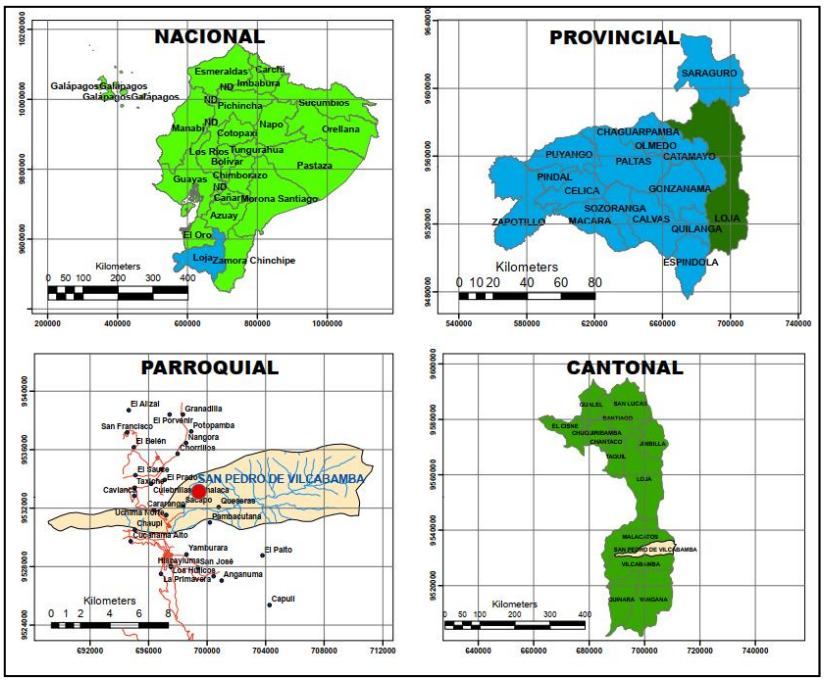


Figura 2: Ubicación de la zona de estudio. **Fuente:** Autor 2018

6.1.5. Topografía

La topografía de la parroquia San pedro de Vilcabamba, está controlada por la presencia de la cordillera oriental de los andes y sus estribaciones. Hacia la parte Este de la parroquia se presenta la zona de mayor altitud, evidenciándose en las elevaciones de 3670 m s.n.m en el cerro Solomaco y 3655 m s.n.m en el cerro El Toronche. Toda esta zona pertenece al parque nacional Podocarpus, además un parte está cubierta por el bosque protector “El Bosque”, es decir es una zona dedicada a la protección forestal, donde no existe actividades antrópicas o relacionados con el hombre.

Es en esta zona de donde nace el principal curso hídrico de la parroquia, en un inicio el Rio Colanuma para luego convertirse en el Río Uchima. Esta zona se caracteriza por presencia de fuertes pendientes con valores superiores a los 45 grados, grandes escarpes de rocas metamórficas en los márgenes de los ríos y quebradas formando valles de tipo V, donde los afluentes hídricos han erosionado estas rocas, además de la presencia de cauces hídricos con grandes saltos de altura.

Figura 3: Zona de Alta Montaña. **Fuente:** Autor 2018

Una segunda zona se puede describir en la parte media del territorio parroquial, donde existen elevaciones con alturas entre los 1800 y 2600 m s.n.m, es decir un relieve montañoso, caracterizado por el uso para ganadería y agricultura. Actualmente está zona es accesible por vehículo gracias a la apertura de vías de tierra que se han realizado en los últimos años.

Esta zona se caracteriza por la presencia de pendientes medias, aunque en algunos sectores aún encontramos fuertes pendientes, además en ciertas fracciones podemos encontrar pequeñas planicies producto de deslizamientos antiguos o fuerte erosión.

Ejemplos característicos de esta zona son las elevaciones que rodean al centro urbano como la loma Ullaguanga con 1872 m s.n.m, loma Laguarango con 1885 msnm, loma Alizal con 2200 m s.n.m, la loma el trigal con 2400 m s.n.m entre otras elevaciones con similares altitudes.

Figura 4: Zona Media. **Fuente:** Autor 2018

Dentro de la parroquia podemos describir una tercera zona la cual netamente es la parte baja del valle, caracterizada por pendientes leves, y grandes extensiones planas, esta zona se extiende hacia el oeste de la parroquia con dirección a Vilcabamba donde el valle se acentúa más. Predominantemente esta zona está destinada a la agricultura especialmente de caña de azúcar, y otros cultivos de ciclo corto. Esta zona puede ser evidenciada en el barrio el Chaupi y la parte baja del barrio amala y sobretodo en el Rio Uchima el cual tiene la altura más baja con 1560 m s.n.m.

Figura 5: Zona Baja. **Fuente:** Autor 2018

De forma general el territorio está delimitado por los filos de montaña que descienden desde la cordillera real, el filo de Yamburara delimita la parroquia por el sur del territorio y por el norte la parroquia está delimitada por el filo campana, quedando en medio de estas formaciones todo el territorio parroquial, mientras que en la parte suroeste el centro urbano irónicamente se encuentra asentado en una zona irregular con presencia de planicies pero también de laderas con cierta pendiente.

6.1.5.1. Pendientes

Según el mapa de pendientes la topografía de la parroquia es muy irregular es así que en base a la clasificación de pendientes propuesta por Demeck (1972), la tabla 8 muestra el tipo de pendiente, el área en la que se presenta cada clase y el porcentaje que ocupa del total del territorio. En el anexo 1 se puede ver el mapa de pendientes de la parroquia San Pedro de Vilcabamba.

En la siguiente tabla podemos evidenciar que aproximadamente el 50% del territorio parroquial tiene pendientes medias es decir entre 15 y 35 grados, lo cual se debería tomar en cuenta para la adecuada planificación territorial de la parroquia. El resto de pendientes suman el otro 50%, resaltando la existencia de un 12.43% de pendientes altas.

Tabla 8: Pendientes en San Pedro de Vilcabamba

N	Categoría en grados °	Descripción	Área km^2	Porcentaje
1	0-5	Muy Baja	1.49885	2.243794
2	5-15	Baja	7.366607	11.027886
3	15-35	Media	49.629269	74.295529
4	35-55	Alta	8.305081	12.432792

Fuente: Elaboración Propia 2018

6.1.6. Geología Regional

La zona de estudio se encuentra al sur-oriente de la ciudad de Loja, en la parroquia rural de San Pedro de Vilcabamba y está emplazada al Este de la cuenca Malacatos-Vilcabamba, cuyo origen y formación ha sido correlacionado con las cuencas de Loja y Zumba.

La geología de esta cuenca ha sido analizada por algunos autores por lo cual ha ido evolucionando y cambiando en función del tiempo y de cada autor, es así que Kennerly (1973) realiza uno de los primeros estudios de geología detallado para la provincia de

Loja, pero el mismo Kennerly en 1975 junto Almeida dentro del programa de Cartografía Geológica, establecen que las formaciones ubicadas dentro de la cuenca de Loja y Malacatos-Vilcabamba estaban correlacionadas entre sí, esto lo podemos evidenciar en las Hojas Geológicas 1:50.000 de Gonzanama y Loja donde se establece que los depósitos del terciario superior están bien preservados en estas dos cuencas, que son depresiones falladas que se hallan casi enteramente dentro de los terreno metamórficos de la serie Zamora. Estos depósitos se encontraban divididos en cuatro unidades litoestratigráficas que son la Formación Loma Blanca (Oligoceno-Mioceno Inferior), Formación Trigal (Mioceno), Formación San Cayetano (Mioceno), y la Formación Quillollaco (Mio-Plioceno).

Con la evolución del tiempo y nuevos estudios geológicos (Hungerbuhler, 1997) define una cronoestratigrafía diferente para esta zona, mediante nuevos datos paleontológicos y dataciones radiométricas con trazas de fisión (ZFT); las series de relleno de la cuenca Malacatos-Vilcabamba van desde el mioceno medio hasta el tardío. Para las nuevas formaciones establecidas para la cuenca se asigna el nombre de formación Quinara a la formación Loma Blanca, San José a la formación Trigal, formación Santo Domingo a la formación San Cayetano y formación Cerro Mandango a la formación conocida como Quillollaco, las cuales son diacrónicas respecto a las formaciones de la cuenca de Loja a pesar de tener similitud de facies. (Solis Alulima, 2015)

- Unidad Chiguinda

Esta unidad fue definida por (Litherland y Otros, 1994) como parte del terreno metamórfico Loja, en la Cordillera Real, que se caracteriza por la asociación de meta sedimentos pelíticos de edad paleozoica y el granitoide tipo S de edad triásica Tres Lagunas.

La unidad está formada por rocas metamórficas de grado bajo a medio, desde filitas y cuarcitas hasta esquistos, el protolito es pelítico. Las filitas son de color negro a gris oscuro, tienen textura lepidoblástica y estructura foliada. Se caracterizan por estar compuestas principalmente por sericita, donde se observa grafito en menores cantidades, materiales arcillosos aciculares y cristales pequeños de cuarzo generalmente recristalizado. Las rocas se asocian a un metamorfismo regional. (Solis Alulima, 2015).

- Formación Quinara

Se caracteriza por presentar piroclastos ácidos que se presentan en capas de 10 cm a 2 m de espesor. Son predominantemente tobas ricas en vidrio blanco o gris, en su mayoría ignimbritas. También hay algunas tobas ricas en clastos líticos (metamórficos) y brechas volcánicas con piroclastos reelaborados.

La Formación Quinara es parte del basamento ígneo de la cuenca Malacatos-Vilcabamba. Respecto a la Unidades Chiguinda y Tres Lagunas tiene contacto discordante. Subyace discordantemente a la Formación Cerro Mandango. Se estima una potencia aproximada de 200 m basados en variaciones de altura.

La unidad se encuentra en un cinturón a lo largo del margen suroeste de la cuenca Malacatos-Vilcabamba, entre el barrio de Tumianuma y la parroquia Quinara. Los piroclastos reaparecen más hacia el sur, entre el Cerro Collona y Loma Yamalacapo en un pequeño arroyo que corre paralelo al margen de la cuenca. (Hungerbuhler, 1997)

- Formación Santo Domingo

La secuencia está dominada por lutitas "chocolate" que alternan cíclicamente con limos blanquecinos y estratos de areniscas de grano fino a grueso; se observan restos vegetales y raíces. Pueden observarse capas de yeso primario, nódulos lutiticos, carbonatados y de yeso, pero estos no alcanzan grandes dimensiones. Los estratos no superan el metro de espesor y es característico una pátina de azufre dando una coloración amarillenta al exterior de las a lo largo de toda la formación. Hay afloramientos fragmentarios al noroeste de San Pedro de Vilcabamba y al sur de la ciudad de Vilcabamba. (Solis Alulima, 2015)

El Santo Domingo Fm. se superpone a la formación de San Jose. Los contactos están marcados por un claro cambio de lechos de arenisca a lutitas predominantes, vetas de carbón u horizontes de yeso. La formación Santo Domingo subyace discordantemente a la formación Cerro Mandango.

- Formación Cerro Mandango

Se caracteriza por el predominio de ortoconglomerados masivos y pobremente clasificados, con intercalaciones de areniscas y lutitas, formando una gran secuencia granocreciente, donde es común la presencia de intercalaciones tobáceas. Los clastos son de origen metamórfico, de tamaño variado, suelen ser de subangulosos a

subredondeados. Las areniscas son de grano grueso y suelen presentar estratificación horizontal.

La localidad tipo se encuentra en el área del Cerro Mandango, al suroeste de Vilcabamba. La formación está expuesta principalmente en la parte Sur de la cuenca, al sur de Vilcabamba. La formación Cerro Mandango se superpone a la formación Santo Domingo y a los terrenos metamórficos del paleozoico con discordancia angular. (Solis Alulima, 2015).

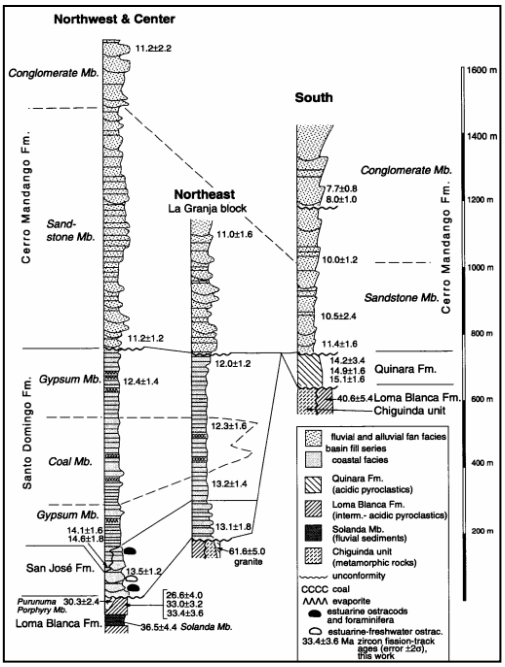


Figura 6: Secciones estratigráficas de la cuenca de Malacatos-Vilcabamba.

Fuente: (Hungerbuhler, 1997)

6.1.7. Geología Local

Como ya se mencionó anteriormente los estudios de geología fueron cambiando en función de los autores y de la escala a la cual se analizaba, el presente apartado contiene la descripción geológica de la parroquia San Pedro de Vilcabamba, basado en levantamientos de campo, la mayoría de ellos realizados para el presente trabajo de investigación pero otros fueron realizados tiempo atrás en situaciones favorables para el levantamiento de información, como apertura de vías, construcción de alcantarillados entre otras varias situaciones.

La parroquia San pedro de Vilcabamba tiene un extensión relativamente pequeña contando solamente con aproximadamente 66 kilómetros cuadrados, siendo una de las de menor tamaño de la provincia de Loja.

6.1.7.1. Unidad Chiguinda

Dentro del territorio parroquial esta formación aflora hacia el Este evidenciando varios afloramientos de gran magnitud en la vía San Pedro-Sacapo, y en las vías que se dirigen a los sitios de Chalaca, Laguaynuma, y Chambalapo, además en la parte alta en los márgenes del Rio Uchima se forman grandes cañones con alturas superiores a los 100 m.

En la vía San Pedro-Sacapo a la altura del cementerio parroquial en el flanco izquierdo se puede evidenciar un afloramiento que muestra el contacto entre la Unidad Chiguinda y la formación Cerro Mandango (Ver Ficha N°3), el cual presenta un azimut de 313°, caracterizado por la presencia filitas grises con intercalaciones de cuarcitas y esquistos los cuales tienen un azimut de 51° y un buzamiento de 65°NE.

En la misma vía a partir de la coordenada X: 697788, Y: 9531467, en una distancia aproximada de 500 m se evidencian varios deslizamientos dentro de terrenos metamórficos, que afectan a la vía depositando suelo residual el cual ha sido formado por la fuerte erosión del lugar. En los afloramientos 1 y 2 que pertenecen a la unidad Chiguinda donde se presentan capas angostas de filitas de hasta 3 cm, de color gris, su granulometría es de grano fino a medio, su foliación es definida y presentan una fuerte pendiente con inclinación favorable hacia la vía con buzamientos hasta de 69 grados. En estas mismas zonas se evidencia presencia de otros materiales metamórficos como esquistos y cuarcitas.

Figura 7: Rx. Metamórficas, filitas y esquistos de la Unidad Chiguinda. **Fuente:** Autor 2018

6.1.7.2. Formación Santo Domingo

Toda la cabecera parroquial y sus alrededores se encuentran asentados sobre esta formación, la cual se caracteriza por la presencia de lutitas de color café oscuro, en capas que varían su espesor desde centímetros hasta metros en ciertos lugares. También se presentan finas capas de limos de colores más claros que están intercalados con lutitas y areniscas de grano fino a grueso, esto se pueden evidenciar en la parte trasera de la casa del Sr. Máximo Lanche, a un costado de APECAEL, y en el camino hacia el barrio Amala.

Hacia el noroeste de la parroquia existen afloramientos en el barrio Cararango, en donde se evidencian lutitas con tonos cafés oscuros, con intercalaciones de limos de color blanquecino, en este sector se observa la posible presencia de arcillas expansivas, evidenciado por la presencia grietas de desecación en el terreno, y por los constantes movimientos que han generado problemas estructurales a viviendas cercanas.

Durante el levantamiento de campo (Ver ficha 7) en la coordenada X:696348; Y: 9531441, sector Tucutucu se observó el posible contacto entre las formaciones Santo Domingo y Cerro Mandango, en el afloramiento existen lutitas de color marrón claro con pequeñas intercalaciones de areniscas, y sobre estas capas aproximadamente a 1.5 m del suelo aparece una primera capa de conglomerado con cantos subredondeados de 1 a 15 cm con una matriz arenosa de color amarillento, y sobre esta capa aparece un coluvial con cantos angulosos de matriz limosa de tonalidad gris.

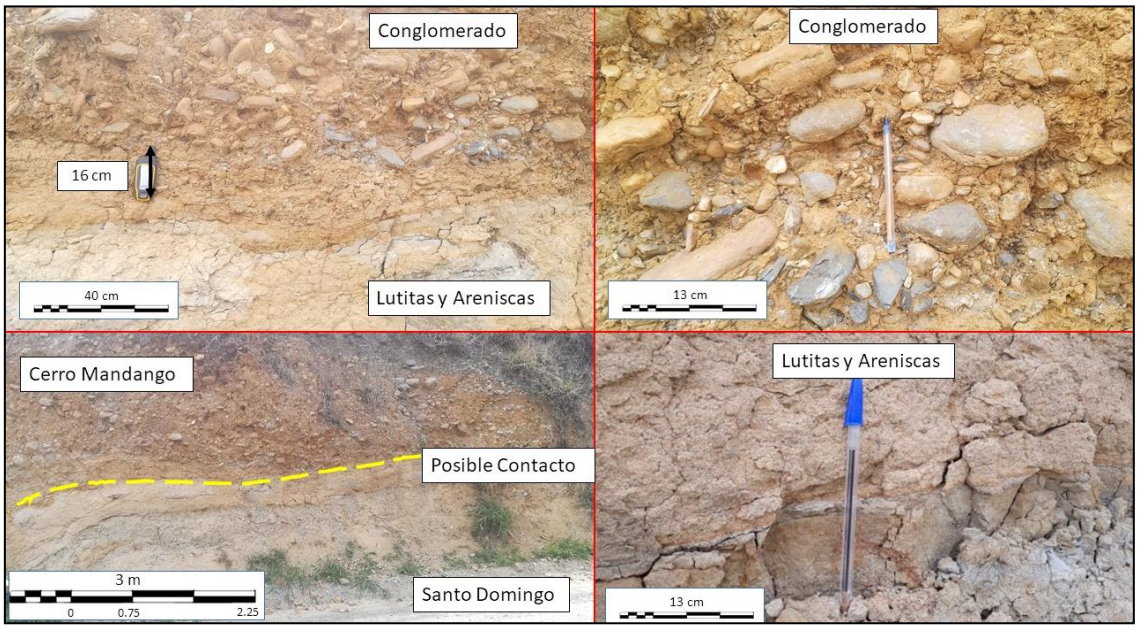


Figura 8: Lutitas cafés, y limos de la Fm. Sto. Domingo. **Fuente:** Autor 2018

6.1.7.3. Formación Cerro Mandango

Al igual que (Hungerbuhler, 1997) esta formación la dividimos en un miembro inferior que consta principalmente de areniscas y el miembro superior que presenta conglomerados.

El miembro superior de esta formación aflora a lo largo de toda la vía Cararango-Amala existiendo grandes afloramientos por la apertura de la vía, además en el barrio el Chaupi se puede ver grandes afloramientos de hasta 12 m de altura que muestran conglomerados poco clasificados que presentan una distribución caótica que contienen clastos metamórficos redondeados, (cuarcita, filita, esquistos) con diámetros de hasta 50 centímetros. Un afloramiento que representa esta formación se da frente a la propiedad del Sr. Gabriel Torres en el barrio amala, donde se evidencia un conglomerado con presencia de clastos mayores a 20 cm subredondeados y una matriz arenosa de tonalidad marrón.

El miembro inferior geográficamente está en terreno opuesto al miembro superior ya que aflora al este de la cabecera parroquial, desde el sector del cementerio donde tiene el contacto con la Unidad Chiguinda, hasta el contacto con la formación Santo Domingo en la quebrada de tunas blancas, está caracterizado por la presencia de areniscas de grano medio a grueso, además se observa pequeños cantos de material metamórfico, también se evidencia oxidación en ciertas capas por la presencia de agua, mostrando buena estabilidad ya que los taludes se mantienen sin presentar deslizamientos.

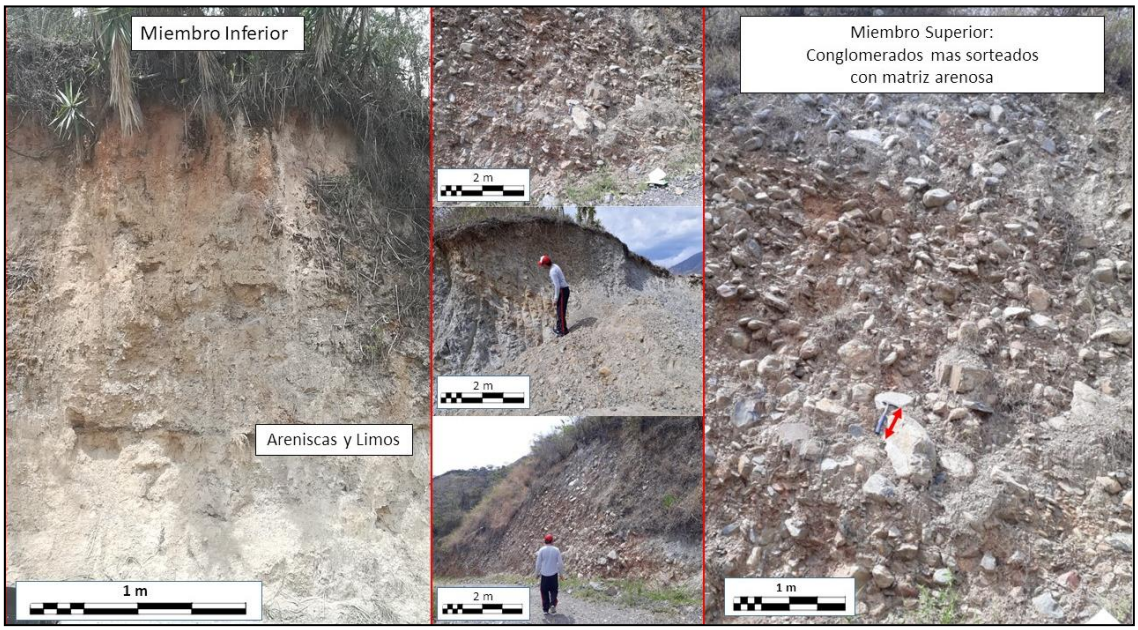


Figura 9: Areniscas y conglomerados de la Formación Cerro Mandango. **Fuente:** Autor 2018

6.1.7.4. Depósitos Aluviales

Dentro de la parroquia encontramos varios depósitos aluviales paralelos al cauce del Rio Uchima, aunque en ciertas zonas como la parte baja del barrio Central y en la zona del Chaupi estos depósitos son de mayor extensión, y siendo prácticamente nulos en la parte alta de la parroquia. Estos depósitos aluviales presentan cantos redondeados de origen metamórfico, en tamaños variados desde pocos centímetros hasta metros como es evidente en el sector Piedra Grande, además como material cementante se evidencian limos y arenas producto de la sedimentación.

Figura 10: Depósitos Aluviales al sur de la parroquia. **Fuente:** Autor 2018

6.1.8. Geomorfología

Según (Cevallos Quezada , 2017) en base al análisis de parámetros morfológicos, geoformas, morfométricos además de la génesis y edad de las distintas formaciones, geomorfología de la parroquia se categoriza en 12 clases las cuales son: Terraza baja ligeramente inclinada ligera a medianamente diseccionada, deposicional (Mioceno Plioceno) con 4.87 Km^2, terraza baja medianamente inclinada diseccionada, deposicional (Mioceno-Plioceno) con 4.41 Km^2, llanura aluvial ligeramente inclinada ligera a medianamente diseccionada, deposicional (Mioceno-Plioceno) con 1.70 Km^2, llanura aluvial medianamente inclinada y diseccionada, deposicional (Mioceno-Plioceno) con 3.06 Km^2, superficie ondulada fuertemente inclinada y medianamente diseccionada, denudativo (Oligoceno) con 7.87 Km^2, relieve ondulado fuertemente inclinado medianamente diseccionado, denudativo (Oligoceno) con 4.65 Km^2, relieve escarpado

fuertemente inclinado medianamente diseccionado, denudativo (Oligoceno) con 9.46 Km^2, colinas bajas fuertemente inclinadas medianamente diseccionadas, tectónico erosivo (Paleozoico) con 4.99 Km^2, colinas medianas fuertemente inclinadas y medianamente diseccionadas, tectónico erosivo (Paleozoico) con 12.89 Km^2, colinas medianas abruptamente inclinadas ligera a medianamente diseccionadas, tectónico erosivo (Paleozoico) con 0.80 Km^2, relieve montañoso fuertemente inclinado medianamente diseccionado, tectónico erosivo (Paleozoico) con 10.73 Km^2, relieve montañoso abruptamente inclinado ligera a medianamente diseccionado, tectónico erosivo (Paleozoico) con 1.26 Km^2.

Tabla 9: Geomorfología de San Pedro de Vilcabamba

Geoforma	Morfometría	Génesis y Edad	Área	(%)
Terraza Baja	Ligeramente inclinada, ligera a medianamente diseccionada	Deposicional (Mioceno-Plioceno)	4.87	7.31
Terraza Baja	Medianamente inclinada, y diseccionada	Deposicional (Mioceno-Plioceno)	4.41	6.61
Llanura aluvial	Ligeramente inclinada, ligera a medianamente diseccionada	Deposicional (Mioceno-Plioceno)	1.70	2.56
Llanura aluvial	Medianamente inclinada, y diseccionada	Deposicional (Mioceno-Plioceno)	3.06	4.59
Superficie ondulada	Fuertemente inclinada, medianamente diseccionada	Denudativo (Oligoceno)	7.87	11.79
Relieve ondulado	Fuertemente inclinado, medianamente diseccionado	Denudativo (Oligoceno)	4.65	6.98
Relieve escarpado	Fuertemente inclinado, medianamente diseccionado	Denudativo (Oligoceno)	9.46	14.18
Colinas bajas	Fuertemente inclinadas, medianamente diseccionadas	Tectónico Erosivo (Paleozoico)	4.99	7.48
Colinas medianas	Fuertemente inclinadas, medianamente diseccionadas	Tectónico Erosivo (Paleozoico)	12.89	19.32
Colinas medianas	Abruptamente inclinadas, ligera a medianamente diseccionadas	Tectónico Erosivo (Paleozoico)	0.80	1.21
Relieve montañoso	Fuertemente inclinado, medianamente diseccionado	Tectónico Erosivo (Paleozoico)	10.73	16.08
Relieve montañoso	Abruptamente inclinado, ligera a medianamente diseccionado	Tectónico Erosivo (Paleozoico)	1.26	1.90

Fuente: (Cevallos Quezada , 2017)

6.1.9. Tectónica

Geográficamente dentro del continente sudamericano el ecuador se encuentra al noroeste bañado por las agua del océano pacifico, atravesado por la cordillera de los andes, y forma parte del llamado cinturón de fuego, características que lo vuelven un país con alta sismicidad y actividad volcánica. Tectónicamente nos encontramos bajo la

influencia de la placa oceánica de Nazca y la placa Sudamérica, en el último ciclo orogénico durante el Meso-Cenozoico se da la subducción de la placa oceánica bajo la placa continental, este fenómeno dio origen a un régimen tectónico globalmente compresivo y a un magmatismo de arco con la formación de la cordillera de los Andes.

Las cuencas sedimentarias intramontañosas del Ecuador ha tenido su efectiva evolución a partir del Oligoceno Superior, donde se produce una reactivación tectónica que dio origen a varias cuencas, de entre las cuales, la cuenca de Loja forma parte de las cuencas intramontañosas de la zona Sur del callejón Interandino.

Las cuencas de Loja, Vilcabamba-Malacatos, Catamayo, han sido llamadas cuencas sedimentarias intramontañosas, las cuales tienen su origen a partir del Oligoceno Superior, época en la que se produce una reactivación tectónica, dando el inicio para la formación de estas cuencas. En primer lugar se produjo una etapa de adelgazamiento de la corteza continental, con fallas regionales que afecto el basamento metamórfico, lo que facilitó la transgresión del Océano Pacífico y el depósito de sedimentos marinos. Posteriormente, una etapa de compresión regional afectó las cuencas formando depresiones con orientaciones N-S y determinando su levantamiento. En una etapa posterior se depositaron sedimentos fluviales y lacustres. (Tamay, y otros, 2015).

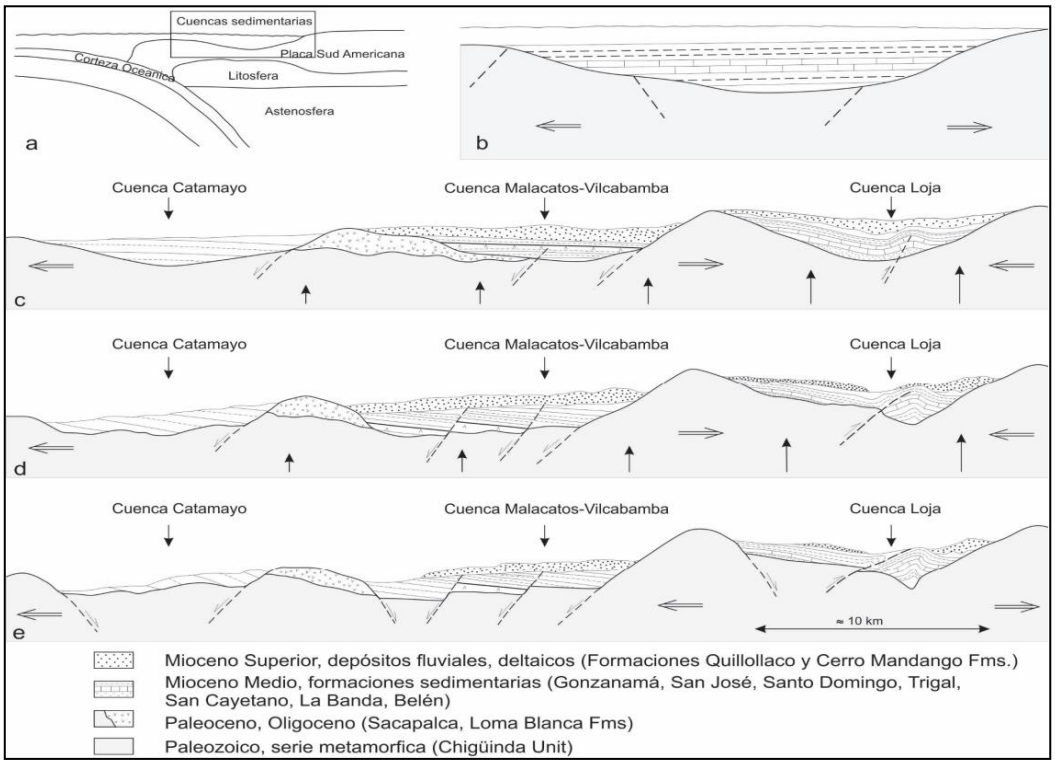


Figura 11: Evolución tectono-sedimentaria de las cuencas Intramontañosas del Sur.

Fuente: (Tamay, y otros, 2015)

Específicamente la evolución de la cuenca de Vilcabamba-Malacatos comienza en el Oligoceno con la formación de una depresión tectónica, orientada NNO-SSE, que entrampa rocas volcánicas y metamórficas. Después, se instala en la depresión una red fluvial que evoluciona rápidamente hacia un lago alimentado desde el sur. Es la fase de abertura de la cuenca.

La llegada de megaturbiditas al lago, la progradación sobre los depósitos lacustres de un sistema fluvial distal, proximal y, por fin de los abanicos aluviales corresponden al cierre de la cuenca en un régimen de compresión N-E y, posteriormente, E-O. (Marocco, Lavenu, & Noblet, 1990)

En la cuenca Vilcabamba-Malacatos, el relleno sedimentario tiene aproximadamente 1100 m de espesor, con algunos pliegues orientados N-S. Sin embargo, la cuenca está esencialmente limitada por fallas normales orientadas en dirección N-S a NO-SE. Estas estructuras muestran una etapa inicial de compresión E-O a partir del Mioceno medio-tardío que desarrolló pliegues orientados NNE-SSO, fallas inversas y elevación del relieve.

6.1.10. Geología Estructural

Dentro del territorio de San Pedro de Vilcabamba se emplazan varias fallas de distintas tipologías, algunas de gran extensión y otras de menor escala, con direcciones predominantes de NO a SE, y de Este a Oeste.

La geología de una cuenca con basamento metamórfico y relleno sedimentario ha generado la presencia de algunas fallas de contacto. La principal falla es de tipo normal y atraviesa de norte a sur todo el territorio parroquial, esta delimita las formaciones Chiguinda y Cerro Mandango, en algunas bibliografías la conocen como Falla Loja, la cual delimita a la cuenca Malacatos-Vilcabamba en su borde oriental. Esta falla en realidad tiene inicio en la parroquia de Malacatos en el sector Chorrillos y se extiende a lo largo de todo el contacto metamórfico, atravesando San Pedro de Vilcabamba y continuando hasta Vilcabamba finalizando a la altura del sector Gramalotes.

Muy cercanas al centro urbano dentro de la geología sedimentaria se presentan dos fallas inversas las cuales delimitan al contacto este las formaciones Cerro Mandango y Santo Domingo. La primera de ellas tiene una dirección predominante de NO-SE, mientras que en la segunda predomina una dirección NE-SO, ambas son fallas inferidas debido al contacto discordante entre las formaciones antes mencionadas.

Estas fallas muestran evidencias de actividad generando movimiento en la vía Loja-Vilcabamba a la altura del sector conocido como el Portete, al costado de la casa del Señor Miguel Hurtado y quizá lo más preocupante a la altura de la Escuela 9 de Octubre lugar en el cual ha causado varios inconvenientes en la calzada asfáltica y en casas circundantes. Otros sectores que muestran evidencia de estas fallas son el llamado callejón hacia el barrio amala donde en obras previas de alcantarillado la infraestructura ha sido dañada considerablemente en poco tiempo, estos movimientos continúan hasta interceptar nuevamente a la vía Loja Vilcabamba y continúan en dirección de la quebrada SN, evidencia de esto se puede ver postes de alumbrado público con una inclinación considerable además de ciertas grietas en la viviendas cercanas.

Figura 12: Evidencias de movimientos en zonas de falla. **Fuente:** Autor 2018

Evidencia de estos movimientos es el artículo científico escrito por (Zárate Torres, 2011) denominado “Monitoreo de movimientos de ladera en el sector de San Pedro de Vilcabamba mediante procedimientos GPS”, donde la velocidad del movimiento de la ladera de Cararango es determinado a partir de la deformación efectiva en cada punto de monitoreo y el tiempo transcurrido desde la primera campaña realizada, obteniendo como resultados relevantes que tres puntos de control presentan un movimiento considerable, llegando a un máximo de 22.74 cm/mes, en las coordenadas 9531769-696511, ubicación que pertenece al barrio Cararango, mientras que en el Sector conocido como Saladillo se presentaron velocidades de 18.89 y 15.6 cm/mes, valores

que son preocupantes sobretodo en Cararango al ser una zona poblada y donde ya se evidencias daños en viviendas e infraestructura como el canal de riego.

Hacia el Oeste de la parroquia se presentan dos fallas con trayectos paralelos y una dirección NO-SE, la primera de la fallas delimita la cuenca en su borde occidental, transcurriendo en el contacto entre las formaciones Quinara y Chiguinda. La segunda falla se encuentra en el contacto entre las formaciones Quinara y Santo Domingo, según la carta geológica esta es una falla normal buzando hacia el este.

Entre el poblado de Pueblo Nuevo en Malacatos y Chaupi en San Pedro de Vilcabamba se presenta el eje de un pliegue sinclinal con dirección NO-SE, el cual sería el responsable de la repetición de la secuencia sedimentaria en esta parte de la cuenca Malacatos-Vilcabamba, presentando el material más joven de la Formación cerro Mandango en el núcleo y en sus flancos los materiales más antiguos de la formación Santo Domingo. Todas estas estructuras descritas pueden ser observadas en el mapa de geología estructural en el anexo 1.

6.1.11. Clima e Hidrología

6.1.11.1. Clima

Basados en los datos obtenidos de la estación meteorológica de Malacatos de código MO-143 perteneciente al Inamhi, la cual es la más cercana a la parroquia, establece para el año 2017 los siguientes datos.

Tabla 10: Datos Climáticos Año 2017

Mes	Temperatura Media (°C)	Humedad Relativa (%)	Punto de Rocío (°C)	Tensión de Vapor (hPa)	Precipitación (mm)	Nubosidad Media (Octas)	Velocidad Viento (m/s)
Enero	19.7	82	16.5	20.1	43.7	6	8 E
Febrero	19.4	81	16.1	19.7	116.3	7	
Marzo	19.8	81	16.5	20.3	106.8	6	
Abril	20.5	80	16.9	20.9	4.1	4	12 E
Mayo	19.7	80	16.2	19.9	83.7	5	8 N
Junio	19.8	80	16.3	19.9	3.7	5	10 E
Julio	19.3	80	15.7	19.1	11.2	5	14 S
Agosto	19.6	79	16	19.5	5	4	10 N
Septiembre	20.6	79	16.8	20.8	11.3	4	
Octubre	20.1	78	16.1	19.9	170.3	5	6 N

Noviembre	21.1	80	17.5	22.1	32.1	4	4 S
Diciembre	20.7	80	17	21	93	5	6 N
Media Anual	20	80	16.5	20.3	681.2	5	

Fuente: Inamhi Anuario Meteorológico 2017

Respecto al parámetro de temperatura se elaboró el mapa de isotermas basado en el historial desde 1981 hasta 2010, información obtenida de la página oficial del Inamhi, tomando como referencia las estaciones de Vilcabamba, Malacatos, Nambacola, Loja, Zamora, y Quinara, obteniendo como resultado el mapa de isotermas que muestra que la temperatura media anual de San Pedro de Vilcabamba está entre los 18 a 20 °C.

En referencia a las precipitaciones anuales, se elaboró el mapa de isoyetas basado en el historial desde 1981 hasta 2010, información obtenida de la página oficial del Inamhi, tomando como referencia las estaciones de Vilcabamba, Malacatos, Nambacola, Loja, Zamora, y Quinara, dando como resultado valores desde 979 a 1468 mm por año, el periodo invernal está bien definido y se presenta a partir del mes de octubre hasta mayo del año siguiente. Ver anexo 1, mapa de isoyetas e isotermas.

Según información del Inamhi publicada en julio de 2018, la parroquia San Pedro de Vilcabamba presenta dos tipos de climas a lo largo de su territorio, el primero hacia la parte alta denominado Clima Subhúmedo, Mesotérmico templado frío. El segundo clima se relaciona con la parte céntrica y baja de la parroquia denominado Clima seco sin exceso de agua, Mesotérmico templado cálido.

6.1.11.2. Hidrología

El territorio parroquial se desarrolla desde la parte alta de la cordillera, presentando un drenaje de tipo radial cuyo principal afluente hídrico es el Río Colanuma, al cual se insertan de forma ortogonal otros afluentes menores como las quebradas Chinchal Verde, Culebrillas Toronche, y Solomaco. En la parte baja de la parroquia se presenta un una red de drenaje paralelo, característica de terrenos con pendientes bajas; ligada a depósitos aluviales ubicados hacia el centro y este de la parroquia.

El Rio Colanuma cambia de nombre a Río Uchima en la unión con la quebrada la Banderilla. El río Uchima avanza por gran parte del territorio parroquial hasta el puente de Vilcabamba donde se une al Río Chamba procedente de esta parroquia para formar el Río Solanda el cual continúa su recorrido por el límite parroquial hasta encontrarse con el río Malacatos, donde termina la parroquia San pedro de Vilcabamba que

pertenece al sistema hídrico de la subcuenca del rio Catamayo y a su vez forma parte de la cuenca binacional Catamayo-Chira que desemboca en el Océano Pacífico

Tabla 11: Afluentes Hídricos de la parroquia San Pedro de Vilcabamba

Referencia	Nombre	Longitud (km)	Porcentaje (%)
Quebradas	Quebrada Capulihuaycu	1.522258	1.875394
	Quebrada Colanuma	1.965737	2.421753
	Quebrada Culebrilla	1.453634	1.790852
	Quebrada Currucungo	0.692334	0.852943
	Quebrada del Alizal	2.777347	3.421642
	Quebrada Dudal	0.696	0.857459
	Quebrada El Trigal	1.74293	2.147258
	Quebrada Guarango	1.872284	2.30662
	Quebrada Guayachinuma	2.203369	2.714512
	Quebrada Ituro	3.103305	3.823217
	Quebrada Romerillos	1.578634	1.944849
	Quebrada Toronche	3.482665	4.290581
	Quebrada Verde	2.057504	2.534809
Ríos	Río Banderillas	6.848704	8.437482
	Río Colanuma	9.016595	11.108285
	Río Uchima	5.045144	6.215528
	Río Vilcabamba	11.148373	13.734598
SN	Desconocido	29.963307	36.914263

Fuente: Carta Topográfica Vilcabamba 1:50.000 modificado por el Autor 2018

Como dato adicional se puede mencionar que a partir del Río Uchima, nace el llamado Canal Alto de San Pedro de Vilcabamba, el cual cubre una superficie de riego aproximada de 243 hectáreas, llegando a entregar agua de riego a poblados de la parroquia Malacatos como son Santana, Cavianga, y El Prado. Además de este canal existen 7 acequias bajas que también toman el agua del río Uchima, las cuales entregan riego a la parte baja de la parroquia. La distribución de estos afluentes se puede observar en el mapa de hidrología dentro del anexo 1 del presente documento.

6.2. Estudio Geológico Geotécnico

6.2.1. Antecedentes Generales

La parroquia San Pedro de Vilcabamba desde su creación en 1987 hasta el año 2006 mantenía un sistema de dotación de agua no tratada, la cual era captada directamente en la parte alta del río Uchima, y conducida por medio de mangueras hacia las viviendas del centro parroquial.

En el año 2007 inicia la construcción de una planta de agua potable en el sector Chalaca, la cual cuenta con dos filtros lentos de 120 m^3 cada uno, una cámara húmeda, caseta de cloración, filtro grueso y una bandeja para lavado de arena, es así que para el año 2008 se conforma la Junta Administradora de Agua Potable de San Pedro de Vilcabamba.

Para el año 2014, según informe técnico del 25 de agosto por parte de la prefectura de Loja, está planta de agua presenta problemas en su infraestructura, como fisuras en paredes y pisos de los filtros lentos, suelo de fundación saturado, y sobretodo un desnivel en el sentido E-O de 6.4 cm en el filtro N°1, mientras que en el filtro N°2 se presenta un desnivel de 4.2 cm en sentido E-O.

Figura 13: Estado de la Planta en 2014. **Fuente:** Autor 2018

En base a este informe y otros documentos técnicos, con el objetivo de determinar con exactitud las deficiencias del sistema de agua la junta administradora realiza la contratación de una consultoría para la construcción de una nueva planta de tratamiento.

Está consultoría abarcó temas como cálculo de caudales, diseño de infraestructura, detalle de costos y según el documento entregado un estudio de suelos. Esta consultoría entrega la viabilidad técnica y aprobación para la construcción de la nueva planta de agua potable.

Figura 14: Estado de la Planta en 2018. **Fuente:** Autor 2018

Después de analizar los resultados obtenidos por esta consultoría se decide plantear el tema de tesis Estudio Geológico Geotécnico para la construcción de la nueva planta de tratamiento de agua potable de San Pedro de Vilcabamba, cantón y provincia de Loja, buscando realizar un estudio con mayor detalle para proteger una futura inversión por parte de la junta administradora y garantizar la dotación de este servicio básico, a los 2805 habitantes que serán los beneficiados de esta infraestructura.

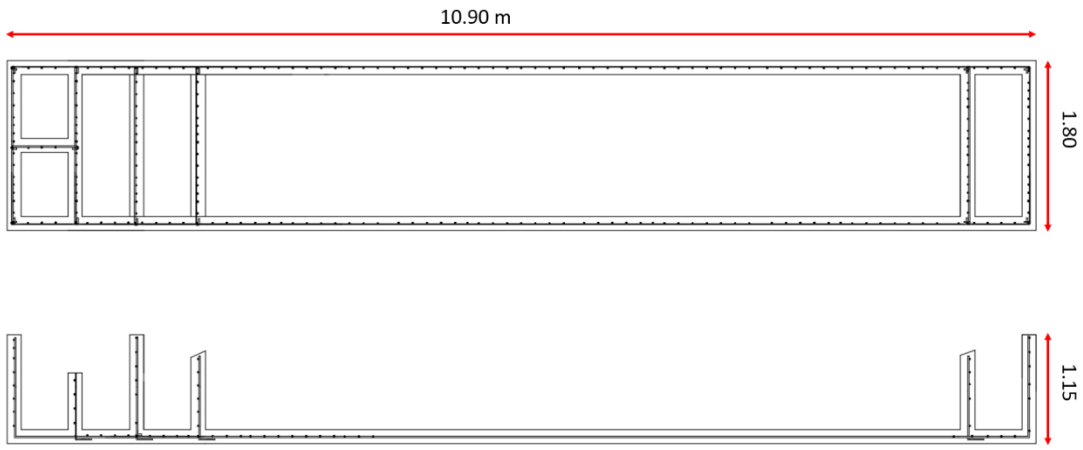
6.2.2. Parámetros de Diseño de la Nueva Planta de Tratamiento de Agua Potable

La consultoría contratada realizo el diseño de las estructuras necesarias para el correcto funcionamiento de la nueva planta de tratamiento además de realizar el cálculo del costo general de la obra. En la siguiente tabla se muestran los datos generales y el detalle de los diseños de cada una de las infraestructuras.

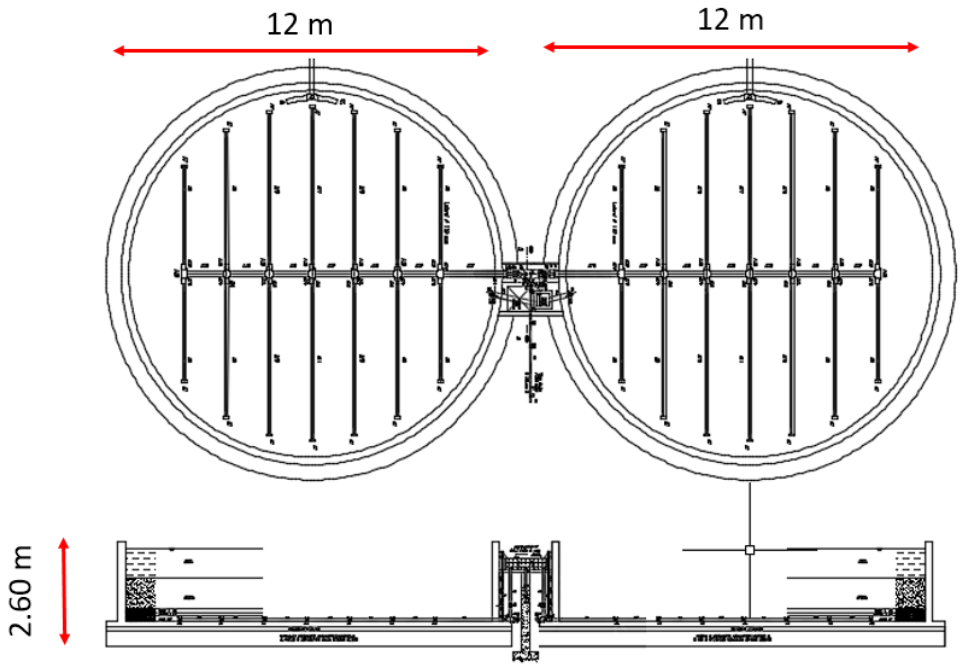
Tabla 12: Datos de diseño de la nueva planta de tratamiento.

Datos Generales			
Caudal	9.762 lit/seg	**Población Actual**	2805
Dotación Media Futura	130 l/hab/día	**Población Futura (2045)**	3781

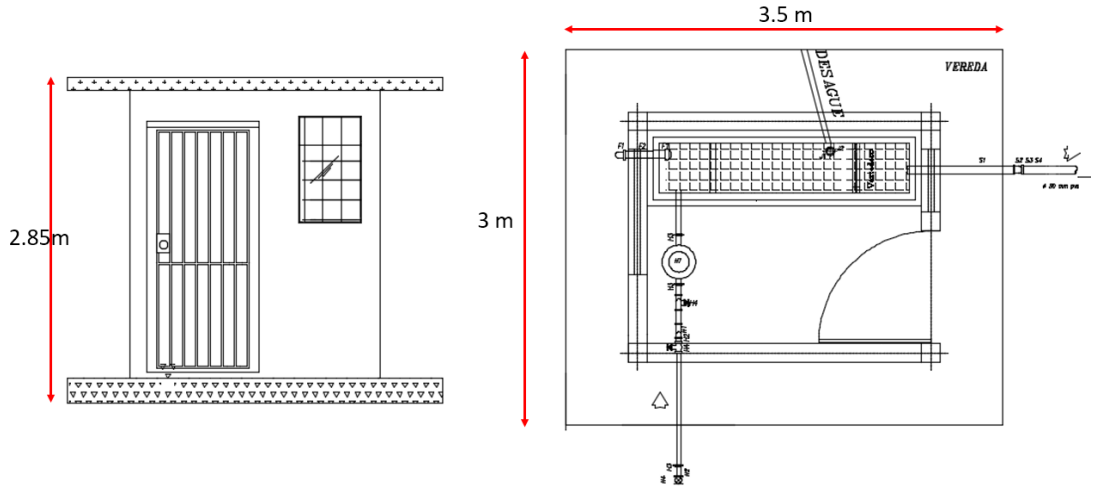
Filtro Grueso Dinámico		
Ancho	**Altura**	**Largo**
1.80 m	1.15 m	10.90 m



Filtros Lentos de Arena	
Diametro Interno	**Altura total**
12 m	2.60 m



Caseta de Cloracion		
Ancho	**Alto**	**Largo**
3.5 m	2.85 m	3.0 m



Fuente: Junta Administradora de agua Potable SPV- Modificado por el Autor 2018

La consultoría realizada en 2015 entrego a la junta administradora de agua potable de San Pedro de Vilcabamba, los planos y diseños de las infraestructuras de la nueva planta, pero no se presentó un modelo tridimensional, razón por la cual en la presente investigación se generó este modelo para tener una idea del resultado final.

Figura 15: Modelo tridimensional de la nueva planta de tratamiento. **Fuente:** Autor 2018

6.2.3. Topografía

El terreno destinado a la construcción de la planta de tratamiento de agua potable tiene un área de 2400 m^2, pero el área de estudio considerada para la presente investigación tiene una extensión aproximada de 2 ha, que fueron el resultado de extender 50 m a todos los lados el terreno central de la planta. Como resultado final se generó un mapa topográfico a escala 1:1000, con curvas de nivel secundarias a 1 m y principales a 5 m. El área de estudio se emplaza en el flanco sur del cerro Chalaca, el cual pertenece a las estribaciones de la cordillera oriental, ubicado al margen izquierdo de la vía San Pedro-Chalaca, en la propiedad del Sr Oliver Haliar. La zona es de topografía irregular con una cota inferior de 1900 msnm hasta llegar a los 1977 msnm.

El área se puede dividir en tres zonas con características similares, la primera se ubica hacia el suroeste la cual presenta un fuerte desnivel en un área reducida, una segunda zona más pequeña esta hacia el oeste que muestra una relativa planicie cercana a la vivienda, la tercera zona es la que mayor área abarca y de ubica de la vía hacia arriba la cual presenta un desnivel medio y progresivo y es en esta zona donde se construirá la planta de agua potable, esta se ubica entre la cota 1930 y la 1958. El terreno presenta una forma convexa en el centro justo en la zona de construcción, pero luego presenta una forma cóncava en el límite Este de la zona. En el Anexo 2 se puede encontrar el mapa correspondiente a escala 1:1000, en tamaño A3.

6.2.4. Pendientes

En base al levantamiento topográfico el cual conto con 820 puntos levantados, se generó el mapa topográfico con curvas de nivel a 1 metro, datos a partir del cual se generó el mapa de pendientes según la clasificación propuesta por (Demeck, 1972). (Ver Anexo 2).

Del área total de la zona de estudio tenemos que la pendiente categorizada como MEDIA, es decir entre 15 y 35 grados ocupa la mayor parte del terreno con un área de 14.081 m^2 que representan un 71.50% del total.

La categoría clasificada como pendiente BAJA es la segunda en área con 2879,95 m^2, representando el 14.62% del total de la zona de estudio, muy cerca encontramos la categoría de pendiente ALTA que ocupa el 13.17%. Las categorías menos representativas son las extremas es decir la MUY BAJA con apenas un 0.061%, y la MUY ALTA con un 0.643%.

Tabla 13: Pendientes de la Zona de Estudio

Cód.	Categoría (°)	Pendiente	Área	Porcentaje
1	0-5	Muy Baja	11.926	0.061
2	>5-15	Baja	2879.953	14.623
3	>15-35	Media	14081.404	71.501
4	>35-55	Alta	2594.035	13.172
5	>55	Muy Alta	126.710	0.643

Fuente: El Autor 2018

Los resultados obtenidos de pendientes de la zona de estudio se correlacionan con las pendientes de toda la parroquia recordando que la categoría de pendiente MEDIA a nivel parroquial ocupa un 74.29% de todo el territorio, valor muy cercano al porcentaje encontrado en la zona de estudio que representa un 71.50%. El mapa de pendientes se lo puede encontrar en el Anexo 2.

6.2.5. Fotointerpretación

La fotointerpretación se realizó en base a imágenes satelitales obtenidas del Google Earth del año 2018, un hecho relevante que se halló en este apartado fue que la zona de estudio se encuentra posiblemente en un paleodeslizamiento, ya que en la imagen se evidencia rasgos morfológicos que sugieren la presencia de este deslizamiento, en la parte superior se hace evidente un escarpe de donde nace este movimiento de masa con dirección Noreste-Suroeste, cuya parte baja se ubica en el margen del Rio Uchima. Se consideró como paleodeslizamiento debido a que no se muestra evidencia de actividad durante mucho tiempo, ni se tienen registros históricos de actividad en el sitio, geológicamente pertenece a la Unidad Chiguinda de edad paleozoica.

Algunos de los materiales identificados en el sitio son de tipo coluvial, con una matriz areno-arcillosa con presencia de clastos angulosos procedentes de materiales metamórficos como filitas, esquistos y cuarcitas, en la fotointerpretación se evidencia rasgos de este tipo de materiales como crestas y cumbres afiladas, además de afluentes hídricos claramente diferenciados por el tipo de vegetación cercana a ellos.

En la fotointerpretación también se evidencio dos deslizamientos más aunque los dos se encuentran fuera del área de estudio, ambos son de menor tamaño uno en la parte sureste y otro hacia el suroeste, ambos han sido considerados como relictos ya que no presentan actividad en los últimos años.

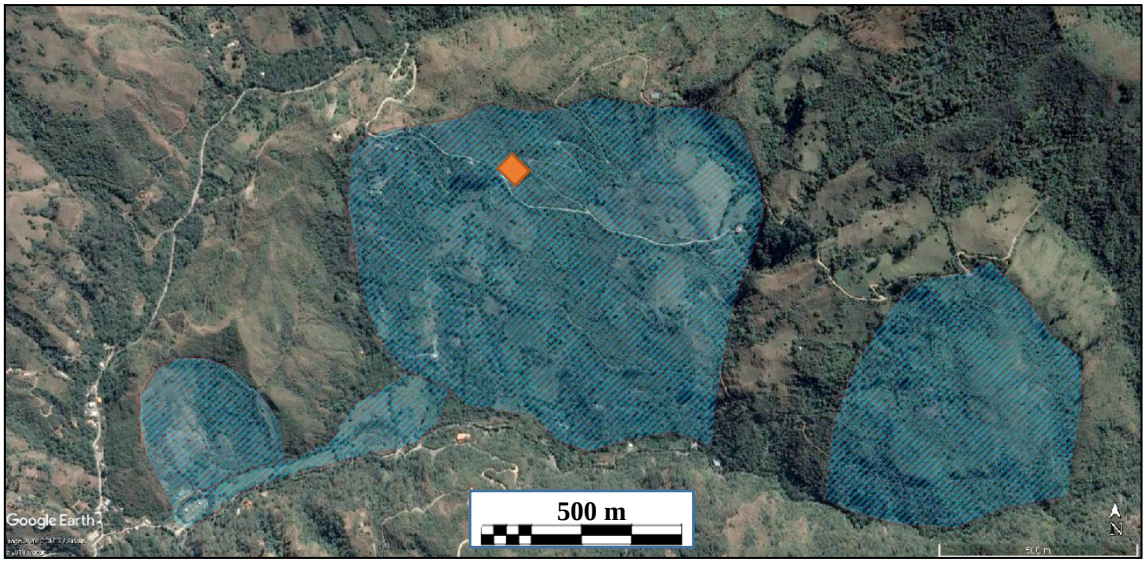


Figura 16: Fotointerpretación de la zona de estudio. **Fuente:** Google Earth modificado por el Autor 2018

6.2.6. Geología a Detalle

Geológicamente el área de estudio se emplaza sobre la Unidad Chiguinda de origen paleozoico y caracterizada por presentar rocas metamórficas, en el levantamiento de campo se evidenciaron dos unidades geológicas, la primera caracterizada por la presencia de rocas metamórficas y la segunda por presentar materiales residuales de origen coluvial. A continuación se detalla la litología presente en la zona de estudio la cual fue representada en un mapa geológico posterior al análisis e interpretación de los datos recolectados. (Ver Anexo 2)

6.2.6.1. Unidad de Rocas Metamórficas

Hay presencia de rocas metamórficas en toda la parte norte del polígono de estudio, existen afloramientos tanto naturales como antrópicos principalmente por la apertura de vías. Esta unidad tiene su origen en un metamorfismo regional de bajo grado, y está constituida localmente por intercalaciones de filitas, esquistos micáceos y sericíticos, además de incrustaciones específicas de cuarcita.

Globalmente el paquete metamórfico presentan orientaciones N-S con azimut que van desde los 352 hasta los 45 grados, además se observó buzamientos desde los 22 grados hasta los 45 grados hacia el SE. En sectores se presentan de 2 hasta tres familias de discontinuidades, con espaciados desde 1 hasta 20 cm, de persistencia media, que forman zonas inestables, originando desprendimientos de rocas hacia la vía.

Figura 17: Afloramientos de filitas y esquistos sericíticos. **Fuente:** Autor 2018

- Esquistos

Estas rocas afloran ampliamente en la zona de estudio, presentan una fuerte esquistosidad formando capas hasta de 0.5 cm, tienen tonalidades que van desde el gris claro hasta oscuro. Los esquistos micáceos se forman por metamorfismo regional de grado bajo a medio, son rocas que contienen moscovita como mineral principal. Estos esquistos presentan una clara foliación, presentándose en forma de finas capas.

Los esquistos sericíticos son identificados principalmente por su brillo y sobre todo por su textura sedosa al tacto, lo que los hacen diferentes a otros esquistos, estos presentan tonalidades grises y localmente están intercalados con esquistos micáceos.

Figura 18: Esquisto sericítico de la zona de estudio. **Fuente:** Autor 2018

- Filitas

Estas rocas las encontramos en parte norte del polígono pero siempre están intercaladas con capas de potencias centimétricas y direcciones variadas de cuarcitas y esquistos. Son de color gris oscuro, su granulometría es de grano fino a medio, la foliación es definida pero presenta pequeñas ondulaciones, y un brillo satinado característico de esta roca.

Figura 19: Filitas de la zona de estudio. **Fuente:** Autor 2018

- Cuarcitas

Las cuarcitas se presentan como incrustaciones locales y de poco tamaño, en algunos sectores afloran en capas que se intercalan con las filitas y los esquistos, y en otros lugares afloran como lentejones. Su coloración varia en tonos que van desde el blanco claro, hasta amarillo por la presencia de oxidación. Se encuentran muy fracturadas debido a presiones laterales y su espesor puede variar hasta máximo los 40 cm.

Figura 20: Cuarcitas de la zona de estudio. **Fuente:** Autor 2018

6.2.6.2. Coluvios

El origen de este tipo de material sobre la Unidad Chiguinda es debido a que la zona de estudio se emplaza sobre un paleodeslizamiento de gran magnitud, además de la acción de procesos erosivos que se han dado a lo largo del tiempo, generando la presencia de estos materiales diferentes de la unidad Chiguinda.

- Coluvio de matriz arcillosa

En gran parte de la zona de estudio se presenta material coluvial, el cual está formado por una matriz arcillo-arenosa de color amarillento, pero existe una zona en la parte más cóncava del terreno que localmente está afectada por oxidación resultado de una posible acumulación de agua, por lo que presenta tonalidades rojizas e incluso tonos morados, en su matriz predomina la presencia de arcilla de baja plasticidad. Los clastos son de origen metamórfico subangulosos y subredondeados con distintos diámetros variando desde 1 hasta 10 cm. Es un área relativamente pequeña que abarca aproximadamente un 30% del total y está ubicada justo en la zona donde se construirá la parte baja de la planta de tratamiento de agua.

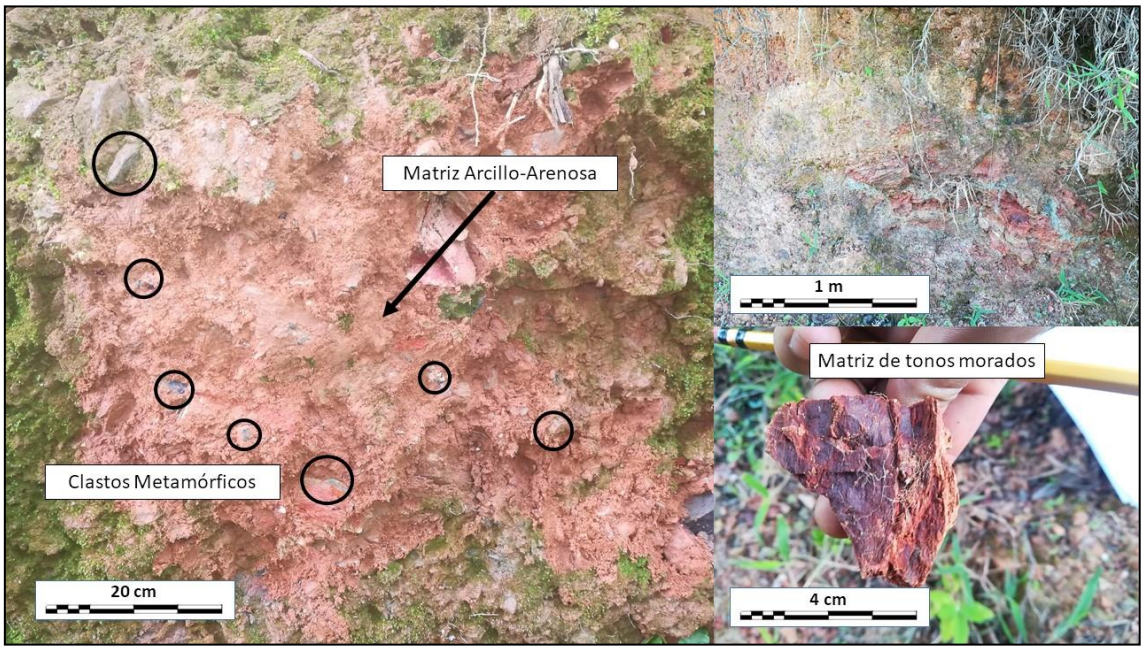


Figura 21: Coluvial rojizo con matriz arcillosa. **Fuente:** Autor 2018

- Coluvio de matriz arcillo-arenosa

Los clastos son de origen metamórfico de forma angulosa y sub-angulosa llegando hasta los 20 cm de diámetro, se presentan en tipo hojuelas principalmente de filitas,

esquistos y cuarcitas, resultado de la meteorización de las rocas metamórficas. La matriz en este caso es arcillo-arenosa, y presenta tonos que van desde el amarillo hasta el café, y abarca gran parte de la zona de estudio, es este tipo de coluvial el que se recubre a las rocas metamórficas.

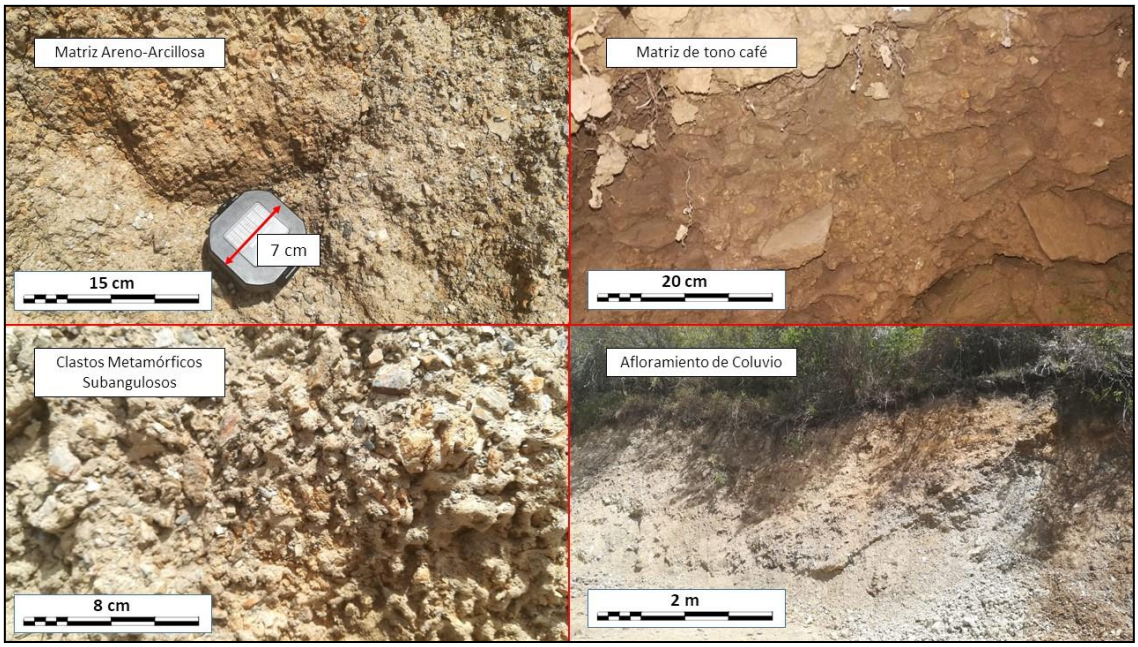


Figura 22: Coluvial de color café con matriz arcillo-arenosa. **Fuente:** Autor 2018

6.2.6.3. Estructuras

Dentro del polígono de estudio se pudo evidenciar algunas estructuras como, micro pliegues y diaclasas, pero muy cercana al área de estudio se identificó la presencia de una falla, la cual es descrita en el presente trabajo debido a su cercanía y posible influencia en las futuras construcciones. Todas estas estructuras están afectando directamente a las rocas metamórficas del sector.

- Fallas

Dentro del área de estudio no se existe este tipo de estructuras pero muy cercano a escasos 50 m del límite encontramos una falla dentro del material metamórfico, la cual se hace evidente por el desplazamiento de una capa de cuarcita, lo que también permite medir el desplazamiento de la falla catalogándola como una falla inversa ya que el bloque de techo se mueve hacia arriba con respecto al bloque de muro, resultado de fuerzas de compresión. El eje de falla tiene un azimut de 290° y un buzamiento de 36° NO. Las capas de los flancos de la falla tienen un azimut de 52 grados y un buzamiento de 29 grados hacia el SE.

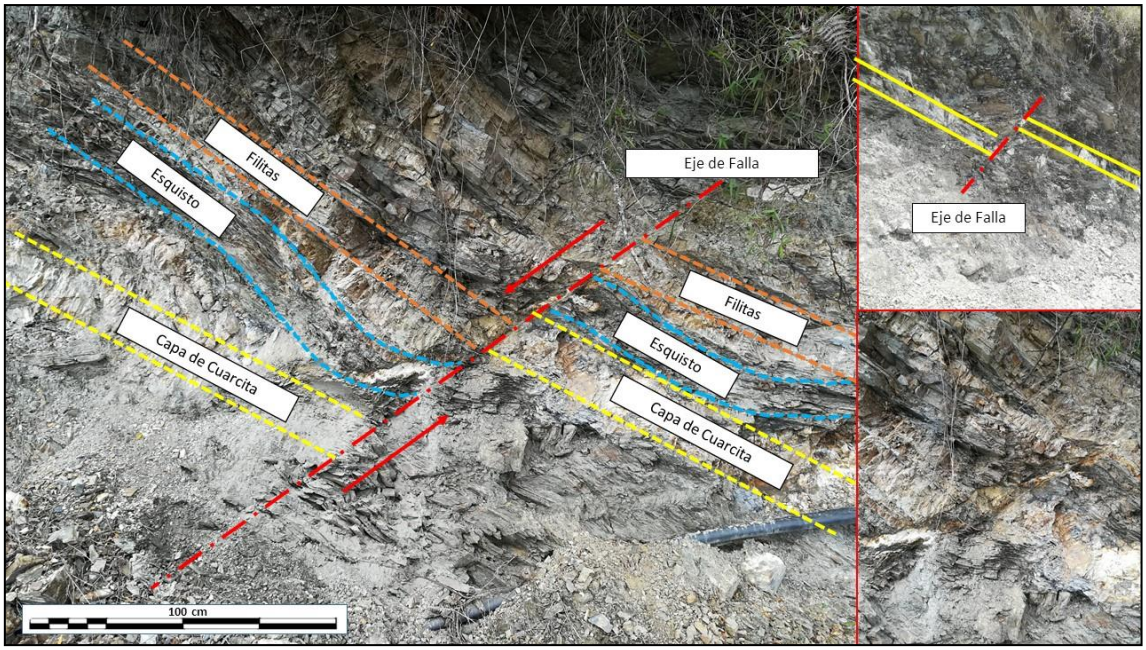


Figura 23: Falla cercana a la zona de estudio. **Fuente:** Autor 2018

- Diaclasas

Se identificaron como fracturas en las rocas metamórficas que no van acompañadas de desplazamientos de los bloques, y son resultado de plegamientos, por fuerzas de compresión. En los afloramientos rocosos se identificaron hasta dos sistemas de diaclasas, el primero en paralelo a la estratificación con azimut de 35° y buzamiento de 36°y el segundo con un azimut de 62° y un buzamiento de 70°.

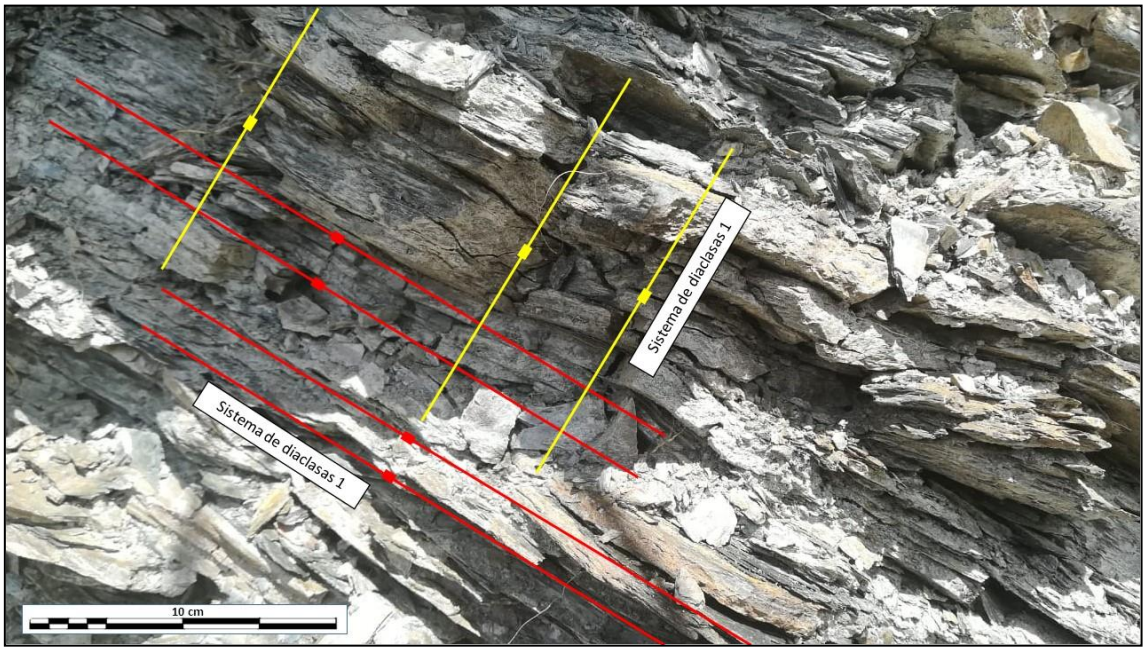


Figura 24: Sistemas de diaclasas de la zona de estudio. **Fuente:** Autor 2018

- Micropliegues

Tienen su origen cuando las fuerzas de compresión afectan a rocas metamórficas de grado bajo pero no llegan a romperlas simplemente crean ondulaciones, dentro del polígono de estudio no se identificaron pliegues de gran tamaño, solamente micropliegues de tamaño reducido que no superan los 50 cm entre flanco y flanco. Estas estructuras se presentan tanto es esquistos, filitas como en cuarcitas.

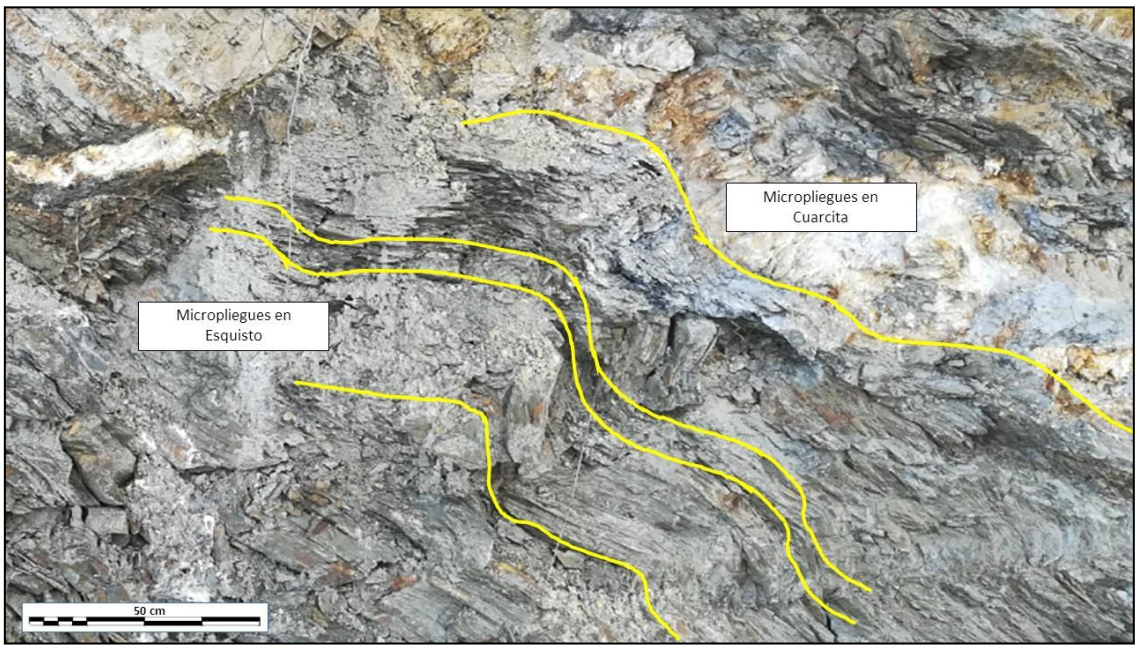


Figura 25: Micropliegues de la zona de estudio. **Fuente:** Autor 2018

La geología antes descrita se resume con la elaboración de un mapa geológico (ver Anexo 2), donde se utilizó como base el mapa topográfico a escala 1:1000, aquí se describe la ubicación de afloramientos y la distribución de los diferentes tipos de materiales geológicos, además de otras estructuras evidenciadas en campo.

6.2.7. Corroboración de zonas de inestabilidad (geología – fotointerpretación)

Para identificar posibles zonas de inestabilidad se realizó un inventario de deslizamientos, dentro y en zonas cercanas al polígono de estudio, para luego realizar un análisis cruzado entre la geología a detalle, el inventario de deslizamientos y la fotointerpretación, resultado de lo cual se identificaron 2 zonas de inestabilidad dentro del polígono de estudio. Mientras que por fuera de estos terrenos se encontró una zona de inestabilidad provocada por la apertura de una nueva vía que en función de la escala puede afectar a futuras infraestructuras construidas dentro del polígono.

6.2.7.1. Inventario de deslizamientos

Basados en una salida de campo, se recolectaron datos de dos deslizamientos utilizando como base la ficha de inventario de movimientos en masa propuesta por la Universidad Industrial de Santander en su Boletín de Geología, volumen 22, el cual lo podemos encontrar en el anexo 3 del presente documento.

- **Deslizamiento 1**

Como descripción general podemos decir que este deslizamiento se ubica en las coordenadas X: 699380, Y: 9532833, Y: 1956, se ubica sobre la Unidad Chiguinda, por ello presenta una litología circundante rocas metamórficas, aunque la masa desplazada tiene la característica de un coluvial con una matriz arenosa en tonos amarillentos con clastos de 5 a 20 cm de lutitas, esquistos y cuarcitas. En la zona se evidencia una fuerte meteorización y un macizo rocoso muy fracturado, geomorfológicamente presenta un ambiente denudacional, con una forma de pendiente convexa, una pendiente escarpada con 36° de inclinación. La cobertura de suelo es de tipo arbustiva y el uso actual del suelo es para fines forestales.

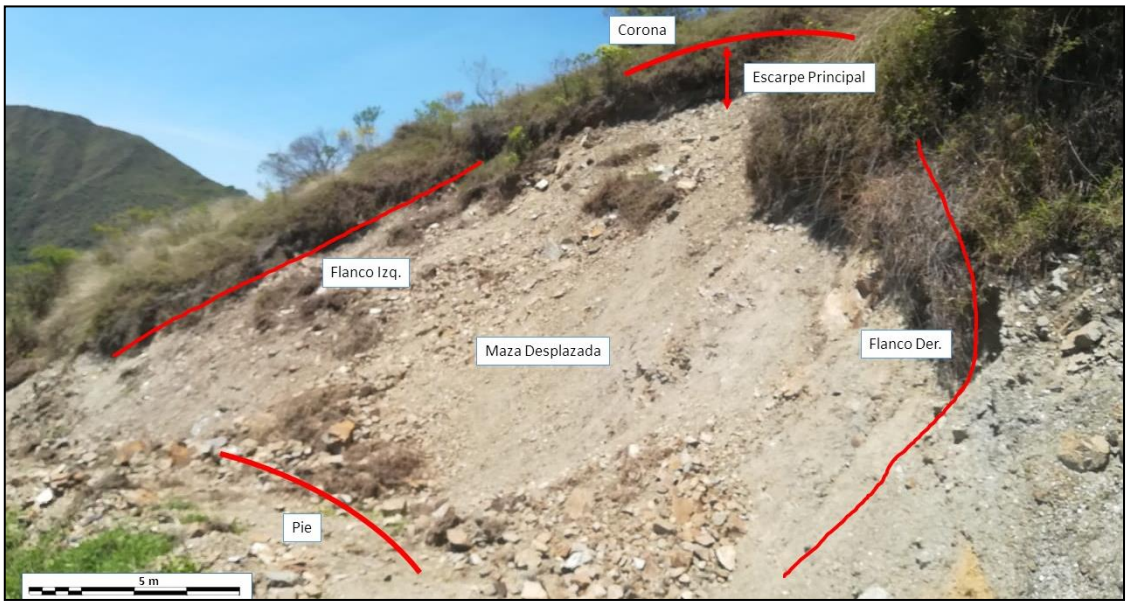


Figura 26: Deslizamiento número 1 de tipo traslacional. **Fuente:** Autor 2018

Ya dentro de la descripción del movimiento de masa se lo cataloga como un deslizamiento traslacional con una velocidad rápida, el material desplazado contiene suelo residual y fragmentos de roca, perteneciendo el 60% a una matriz que contiene arenas y gravas, mientras que el restante 40% presenta cantos, guijarros y bloques hasta de 60 cm. Se lo cataloga como un deslizamiento activo intermitente ya que

presenta etapas de quietud y de movimiento intermitente asociado con las estaciones climáticas: durante los periodos de invierno inicia desplazamientos de la masa deslizada y en épocas de verano, permanece en quietud.

Presenta un avance progresivo, constituye un movimiento único y el mecanismo de ruptura es de tipo traslacional estructural, siguiendo los planos de foliación de las rocas metamórficas. Su morfometría presenta un ancho de 20 m, una longitud de 15 m y un espesor de 1.5 m, generando un volumen de 450m^3. Los elementos visibles son la corona, escarpe principal, flancos laterales y pie del deslizamiento.

Como factores intrínsecos se identificó la litología, meteorización y la pendiente, aunque el principal factor detonante es de origen antrópico por la apertura de una vía con cortes inadecuados. El movimiento es de intensidad baja pero de una magnitud moderada.

- **Deslizamiento 2**

Este deslizamiento se ubica en las coordenadas X: 699534, Y: 9532816, Y: 1971, se ubica sobre la Unidad Chiguinda, presenta una litología circundante rocas metamórficas, aunque la masa desplazada tiene la característica de un coluvial con una matriz arenosa en tonos grises con clastos de diámetros entre 5 y 25 cm, principalmente de esquisto sericítico. En la zona se evidencia una fuerte meteorización y un macizo rocoso moderadamente fracturado, geomorfológicamente presenta un ambiente denudacional, con una forma de pendiente cóncava, una pendiente abrupta con 26° de inclinación. La cobertura de suelo es te tipo arbustiva y el uso actual del suelo es para fines forestales.

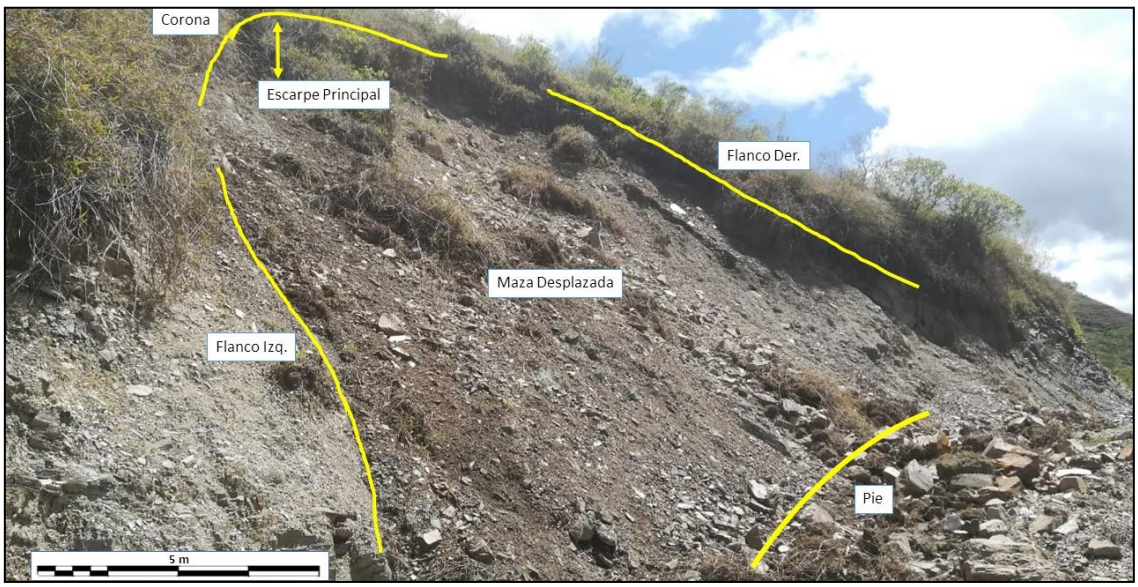


Figura 27: Deslizamiento número 2 de tipo traslacional. **Fuente:** Autor 2018

Al movimiento se lo ha catalogado como un deslizamiento traslacional con una velocidad rápida, el material desplazado contiene suelo residual y fragmentos de roca, perteneciendo el 70% a una matriz que contiene arenas y gravas, mientras que el restante 30% presenta cantos, guijarros y bloques hasta de 30 cm. Es un deslizamiento activo intermitente ya que presenta etapas de quietud y de movimiento intermitente asociado con las estaciones climáticas.

Presenta un avance progresivo, constituye un movimiento único y el mecanismo de ruptura es de tipo traslacional estructural siguiendo los planos de foliación de las rocas metamórficas. Su morfometría presenta un ancho de 25 m, una longitud de 12 m y un espesor de 1.25 m, generando un volumen de 225 m^3. Los elementos visibles son la corona, escarpe principal, flancos laterales y pie del deslizamiento. Como factores intrínsecos se identificó la litología, meteorización y la pendiente, aunque el principal factor detonante es de origen antrópico por la apertura de una vía con cortes inadecuados. El movimiento es de intensidad baja y una magnitud baja.

6.2.7.2. Zonas de Inestabilidad

La primera zona se ubicó en la parte suroeste del polígono y la inestabilidad esencialmente está causada por una fuerte pendiente que supera los 55 grados de inclinación, sumado a la presencia de evidencia de un cauce hibrido temporal.

Figura 28: Zonas de Inestabilidad 1. **Fuente:** Autor 2018

La segunda zona de inestabilidad identificada se encuentra al noreste del polígono y esta generada por la apertura de la vía de ingreso del Sr. Oliver Haliar, algunos afloramientos en esta vía muestran una litología de coluvio caracterizada por una matriz areno-arcillosa con clastos angulosos de origen metamórficos. La apertura de la vía se

ha realizado sin estudios técnicos o referencias de profesionales por lo cual se han generado cortes de gran altura, los cuales son potenciales zonas de inestabilidad.

Figura 29: Zonas de Inestabilidad 2. **Fuente:** Autor 2018

Es importante mencionar la presencia de otra zona de inestabilidad por fuera del polígono de estudio, la cual también ha sido generada por la apertura de una nueva vía sin estudios técnicos, con una pendiente que supera el 10%, actualmente a lo largo de todo el trayecto se presentan deslizamientos de coluvios y caídas de rocas, litológicamente se presentan filitas de grano fino localmente fracturadas de tonalidades grises, intercaladas con finas capas de esquisto con fuerte foliación, que en algunas zonas están con inclinación a favor de la pendiente, lo que ha provocado deslizamientos traslacionales ya que los macizos fallan por los planos de foliación.

Figura 30: Zonas de Inestabilidad 3. **Fuente:** Autor 2018

6.2.8. Mecánica de suelos

Esta fase reúne la recolección de las muestras para luego ser analizadas en laboratorio para determinar las propiedades y los parámetros que permitan definir la condición actual del suelo, para luego definir el tipo de cimentación y su profundidad en base a la capacidad portante. 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 algunas técnicas entre las cuales encontramos calicatas o el ensayo de penetración estándar SPT.

6.2.8.1. Muestreo y técnicas específicas

Basados en el análisis de la geología a detalle, más las pendientes de la zona, y en función de conocer de forma general la estructura del suelo y sus propiedades se decidió realizar una calicata en el centro del polígono de estudio, lugar que pertenece a la geología de mayor área es decir los coluvios de tonos amarillos, la segunda geología en importancia son las rocas metamórficas las cuales no permiten la apertura de calicatas pero que serán analizadas más adelante. Para la descripción de calicatas se utilizó la tabla 7 del presente documento denominada Registro de Calicatas.

- **Calicata N° 1**

Esta calicata está ubicada en el centro del área de estudio en las coordenadas X: 9532739, Y: 699544 y Z: 1935, donde se realizó una excavación manual hasta una profundidad de 1.5 m a partir del nivel natural del terreno, con un ancho de 1.5 m. La excavación fue manual debido a la negativa del propietario del terreno para el ingreso de maquinaria pesada.

La descripción de la calicata se realiza tomando como referencia la pared oeste de la misma, donde la primera capa de aproximadamente 15 cm es suelo vegetal cubierta por vegetación tipo pastos específicamente por yaragua, cuyas raíces aún se evidencian hasta los 30 cm de profundidad.

Después de la capa vegetal vemos una capa uniforme en toda la profundidad de la calicata, presentando una litología de coluvio con una matriz arcillo arenosa de tonalidades café claras con clastos subangulosos de diámetros que van desde 1 cm hasta máximo los 15 cm, la distribución de estos clastos es de forma caótica y no presenta un patrón definido. Aunque esta litología se repite en toda la calicata aproximadamente a 1 metro de profundidad existe una varían de tono en la matriz que

se vuelve un poco más amarillenta esto debido a la no presencia de agua a esta profundidad.

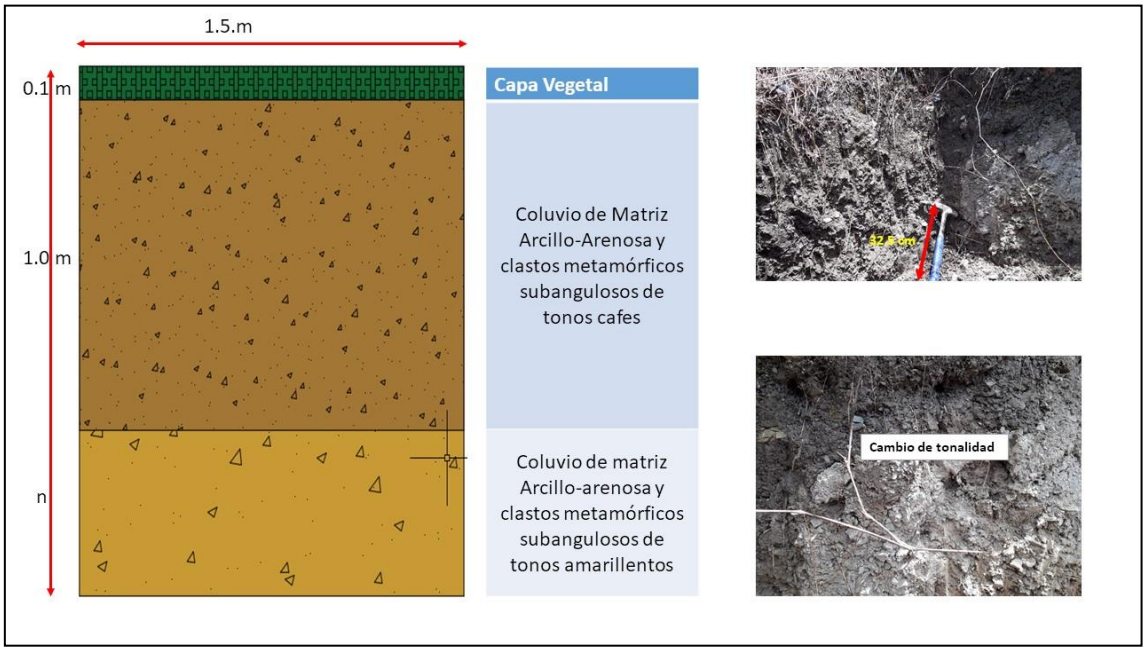


Figura 31: Descripción de calicata. **Fuente:** Autor 2018

6.2.8.2. Ensayos y resultados

Los ensayos de Laboratorio, fueron realizados bajo las normas de la American Society For Testing and Materials (A.S.T.M). Cabe recalcar que el pago de los ensayos para esta calicata fue auspiciado por la junta administradora de agua potable de San Pedro de Vilcabamba.

Se realizaron los siguientes ensayos:

- Contenido de Humedad (ASTM D – 2216)
- Límite Líquido
- Límite Plástico.
- Índice de Plasticidad.
- Clasificación de Suelos SUCS y AASTHO

Los resultados se presentan de forma resumida en la siguiente tabla y de forma extendida en el Anexo 5. Se realizaron todos los ensayos mencionados para dos profundidades de la calicata, la primera desde cero hasta 1 metro y la segunda desde 1 metro hasta el final de la calicata.

Tabla 14: Resultados de Ensayos para calicata 1

Profundidad	**0.0 – 1.0 m**	**1.0 – n m**
Descripción	Grava Arcillosa y limosa con arena de color café	Grava limosa con arena de amarillento
Grava	42	43
Arena	58	57
Finos	32.1	15.8
%H	5.72	9.34
L.L.	20.8	26.8
L.P.	15.1	22.3
I.P.	5.7	4.5
Sucs	GC-GM	GM
AASTHO	A-2-4	A-1-b

Fuente: Ensayos de Laboratorios.

De la anterior tabla podemos mencionar que ambos estratos son muy similares y en base a la clasificación SUCS los determinan como una Grava Limosa mal graduada con arena de coloración amarillenta tipo GM, que presenta un índice de plasticidad bajo lo que indica que un pequeño incremento en el contenido de humedad del suelo, lo transforma de semisólido a la condición de líquido, es decir resulta muy sensible a los cambios de humedad, razón por la cual no es recomendable realizar la implantación de la estructura en estado natural hasta la profundidad de 1.5 m. Ambos estratos son muy similares solamente variando el estrato superior en el porcentaje de contenido de finos por lo que se cataloga como GC es decir una grava arcillosa mal graduada arena de coloración café.

6.2.9. Sísmica

Para la determinación de la estratigrafía a profundidades mayores a 8 m, se realizó ensayos de Sísmica de Refracción, por lo cual se ejecutó dos perfiles sísmicos con una longitud de 30,00 m, los cuales fueron ubicados en la parte alta y baja del terreno, con el objetivo de poder obtener una perfil tridimensional donde se reflejen las diferentes litologías encontradas. Para un mejor detalle en el sismograma final se fijaron tres puntos de disparo, al inicio, al medio y al final del tendido sísmico.

Las investigaciones se realizaron utilizando un sismógrafo de refracción Pasi Anteo De 48 Canales, como también se emplearon sus accesorios como cables de geófonos y de extensión, geófonos, batería y detonador. Este equipo tiene la particularidad de registrar tanto las Ondas Longitudinales y como las Transversales. Además, facilita la

visualización del sismograma directamente mediante la pantalla táctil y realizar la verificación automáticamente.

La ejecución de la sísmica de refracción permitió determinar las potencias de las distintas litologías del terreno mediante la obtención del cambio de velocidades sísmicas del subsuelo, además mediante relaciones empíricas se obtuvo algunos parámetros dinámicos-elásticos como módulo de Poisson, módulo dinámico de Young, módulo de deformación.

6.2.9.1. Línea Sísmica 1

Esta línea fue realizada en la parte alta del terreno destinado a la construcción de la planta de agua potable, encontrando la presencia de 3 capas cuyos detalles se especifican a continuación:

Tabla 15: Resultados Línea Sísmica 1

Longitud	30 m	**Inicio**		**Fin**	
		X: 9532759	Y: 699536	X: 9532733	Y: 699551

Capa	**Velocidad Sísmica (m/s)**	**Espesores (m)**	**Q Admisible (Kg/cm^2)**	**Tipo De Material Estimado**
1	510	0.00-1.50	0.82	Arcilla dura con grava y arena
2	650	1.50-6.70	1.02	Arena arcillosa
3	1010	6.70-20.00	2.14	Grava arcillosa

Fuente: Geocons 2018

Algunas relaciones empíricas fueron obtenidas a partir de los valores de la velocidad de ondas P y S dando como resultado lo expresado en la tabla 17.

Tabla 16: Parámetros dinámicos Línea Sísmica 1

Capa	**Vp m/s**	**Vs m/s**	**Vp/Vs**	**Relación Poisson**	**Φ °**	**Módulo Elástico kg/cm^2**	**Módulo Rígido kg/cm^2**	**Módulo Volumétrico kg/cm^2**
1	510	238.3	2.14	0.36	26	22279.45	8190.97	13875.51
2	650	286.3	2.27	0.38	30	33461.87	12123.87	20537.83
3	1010	540.1	1.87	0.3	36	125092.4	48112.49	81502.56

Fuente: Geocons 2018

Resultado de esta línea sísmica se muestra el perfil sísmico con las velocidades y profundidades determinadas para cada capa.

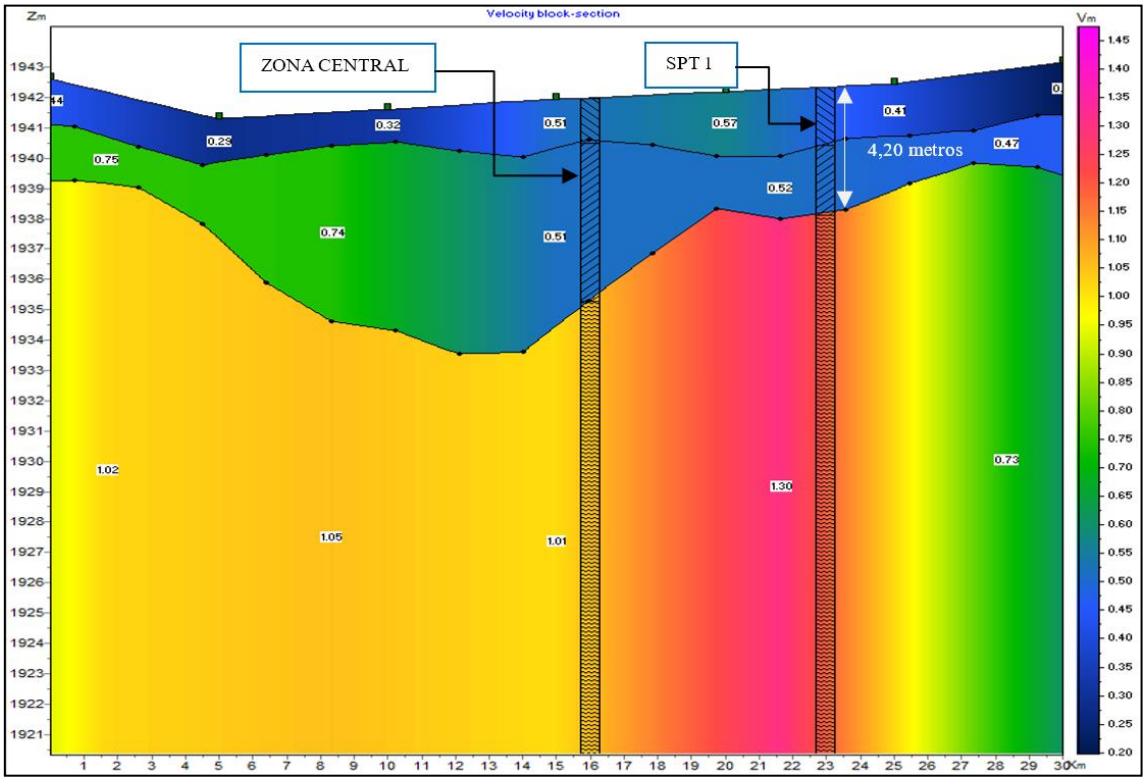


Figura 32: Perfil sísmico con velocidades y profundidades calculadas LS1. **Fuente:** Geocons 2018

6.2.9.2. Línea Sísmica 2

Esta línea fue realizada en la parte baja del terreno destinado a la construcción de la planta de agua potable, encontrando la presencia de 3 capas cuyos detalles se especifican a continuación:

Tabla 17: Resultados Línea Sísmica 2

Longitud	30 m	**Inicio**		**Fin**	
		X: 9532752	Y: 699522	X: 9532725	Y: 699535
Capa	**Velocidad Sísmica (m/s)**	**Espesores (m)**	**Q Admisible (Kg/cm^2)**	**Tipo de Material Estimado**	
1	430	0.00-3.00	0.81	Arcilla de media plasticidad con grava	
2	620	3.00-5.20	0.97	Arena arcillosa	
3	750	5.20-20.00	1.35	Arena de media plasticidad con gravas	

Fuente: Geocons 2018

Algunas relaciones empíricas fueron obtenidas a partir de los valores de la velocidad de ondas P y S dando como resultado lo expresado en la tabla 19.

Tabla 18: Parámetros dinámicos Línea Sísmica 2

Capa	Vp m/s	Vs m/s	Vp/Vs	Relación Poisson	Φ °	Módulo Elástico kg/cm²	Módulo Rígido kg/cm²	Módulo Volumétrico kg/cm²
1	430	248.6	1.73	0.25	12	20915.65	8366.26	14172.44
2	620	273.1	2.27	0.38	30	30447.45	11031.68	18687.67
3	750	376.9	1.99	0.33	32	56583.10	21271.84	36034.50

Fuente: Geocons 2018

Resultado de esta línea se muestra el perfil sísmico con las velocidades y profundidades determinadas para cada capa.

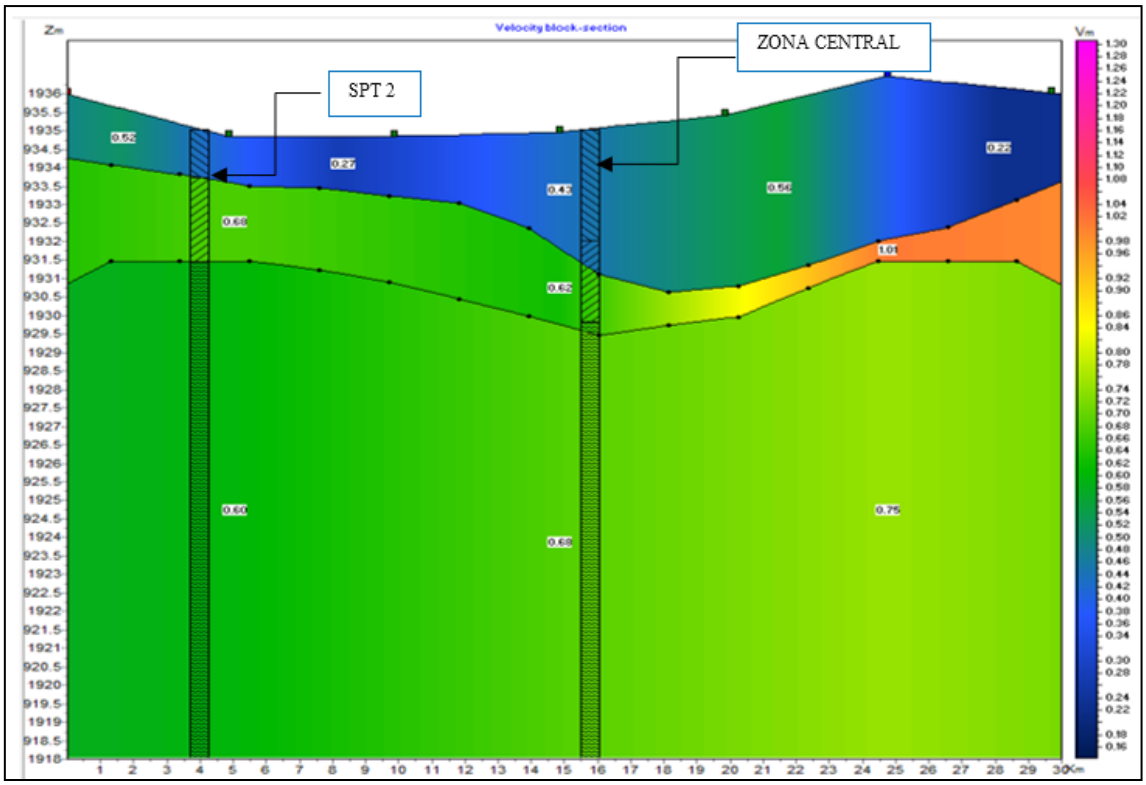


Figura 33: Perfil sísmico con velocidades y profundidades calculadas LS2. **Fuente:** Geocons 2018

Mediante los ensayos realizados correspondientes a las 2 líneas de sísmica con una longitud de 30 m (LS1 – LS2) se determina la presencia de estratos arcilloso de media plasticidad, un estrato arenoso gravoso con una profundidad máxima de 6,50 m en la zona más crítica, seguido de un estrato arenoso arcilloso en donde se propone cimentar

las estructuras y como último estrato tenemos arena de media plasticidad con gravas hasta la profundidad de 20,00 m que es la profundidad de estudio. A continuación se detalla el esquema de estratigrafía en 3D y sus capacidades de soporte del terreno en estudio.

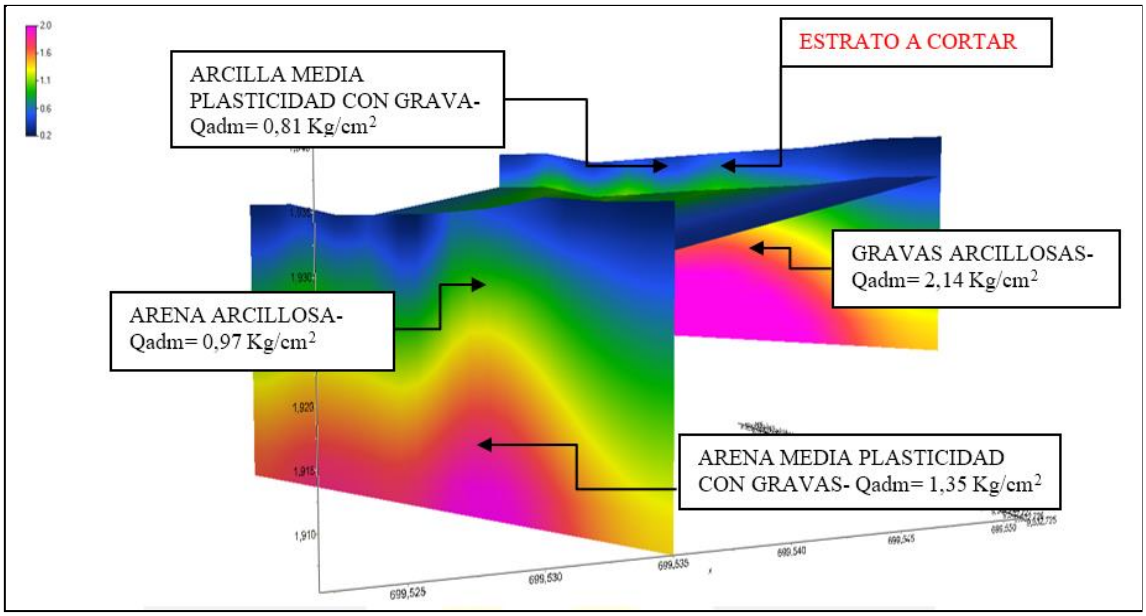


Figura 34: Estratigrafía y cargas admisibles del terreno. **Fuente:** Geocons 2018

Los resultados de las cargas admisibles obtenidos con la sísmica de refracción muestran valores bajos en los primeros estratos, pero el diseño de la planta de tratamiento considera el corte del perfil original realizando dos plataformas con cotas de 1933 y 1936 msnm. Por esta razón se realizó el cálculo de las cargas admisibles en los estratos que están a profundidades por debajo de los 3 m, obteniendo como resultado que la carga admisible para la cota 1933 es de 0.97 kg/cm^2, y para la cota 1936 es de 1.02 kg/cm^2, estos valores muestran una capacidad de soporte media, razón por la cual se recomienda realizar correcciones ya sea en la cimentación de la obra o realizar un mejoramiento del suelo.

Los datos obtenidos a partir de la sísmica de refracción fueron procesados a través del software GEO5, el cual permite la visualización del terreno en imágenes en tres dimensiones creando un modelo digital con sus respectivas capas, espesores, y descripción litológica de cada una de ellas. Además este software genera columnas estratigráficas de distintos puntos a lo largo de todo el terreno en estudio, esto basado en las dos líneas sísmicas y sus resultados antes descritos.

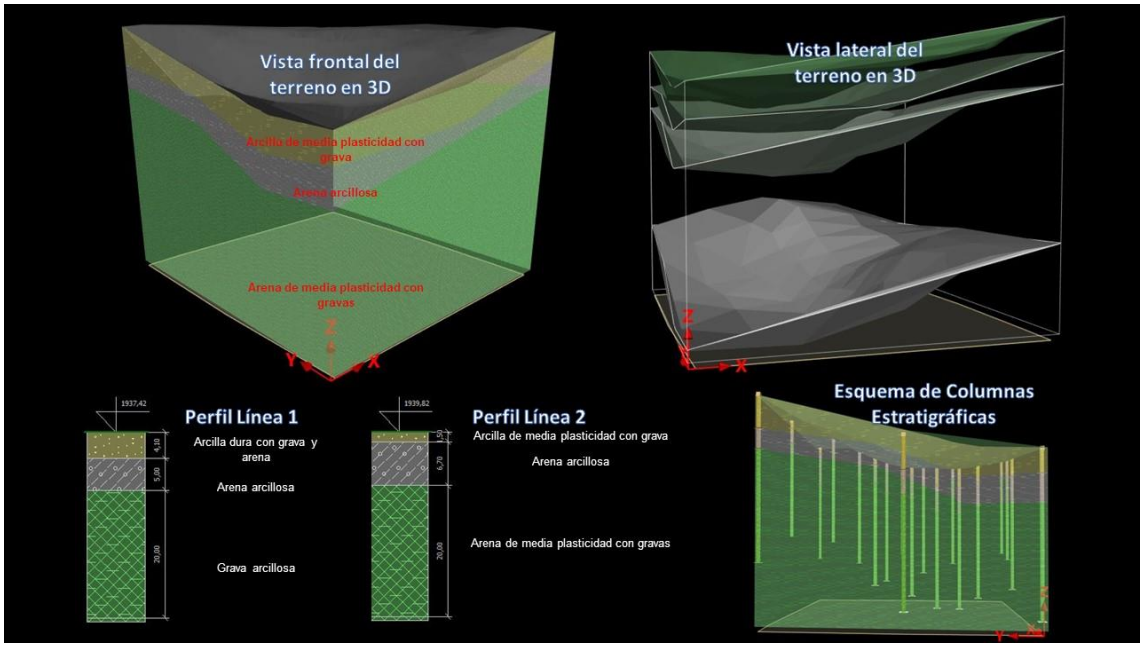


Figura 35: Modelo tridimensional del terreno en base a la sísmica. **Fuente:** Geocons 2018

6.2.10. Sondeos mecánicos

Se trata de perforaciones de pequeño diámetro que, aunque no permitieron la visión "in situ" del terreno, se pudo obtener testigos del terreno, y realizar algunos ensayos de laboratorio en estas muestras

El objetivo de realizar estos sondeos es alcanzar profundidades superiores a las que se consiguen con calicatas además de realizar un ensayo un una zona específica donde se construirán las infraestructuras de la nueva planta de tratamiento.

6.2.10.1. Ensayos in situ

Los ensayos in situ tienen gran relevancia para la determinación de las propiedades geotécnicas de los materiales. Una importante ventaja de los ensayos in situ es que son más representativos que los ensayos de laboratorio con respecto a las condiciones del terreno en el que se va a construir la obra, al estar éste en condiciones naturales. Sin embargo no se logra representar las condiciones absolutas del suelo debido a la localización específica del ensayo.

- **S.P.T.**

La prueba de penetración estándar (SPT) nos permitió determinar la resistencia al esfuerzo de corte del suelo mediante el número de golpes necesarios para hincar el penetrómetro estándar y así obtener muestras alteradas para identificar los suelos en

estudio. Con estas muestras pudimos conocer las condiciones estratigráficas del sitio además se determinó los límites de consistencia y granulometrías, así como también a través de correlaciones empíricas del número de golpes obtener la resistencia a corte del suelo. Como el objetivo principal del estudio, es determinar estas propiedades geotécnicas del suelo, se realizó 2 ensayos SPTs (SPT 1- SPT 2). Las pruebas de penetración estándar fueron realizadas de acuerdo a los procedimientos establecidos en el ASTM.

Figura 36: Ensayo SPT 1 y 2. **Fuente:** Autor 2018

SPT #1

Este primer ensayo fue realizado a la altura donde se construirá la primera estructura de la nueva planta de tratamiento es decir el filtro grueso. Los resultados obtenidos se muestran en la siguiente figura.

En la calicata Nº1 se determinaron dos estratos, el primer de ellos correspondiente a una arcilla de baja plasticidad arenosa, del tipo “CL”, de color café, desde 0,00 m hasta 4,00 m de profundidad, con un porcentaje de humedad de 27.42%, un índice de plasticidad de 12.1, una compacidad entre muy firme y una carga admisible de 1.3 kg/cm^2.

El segundo estrato que se encontró está formado por arena arcillosa con grava del tipo “SC”, de color café, desde 4,00 m hasta 6,00 m de profundidad, con un porcentaje de humedad de 11.31%, un índice de plasticidad de 17.12, una compacidad dura. Es

importante mencionar que durante la exploración de esta calicata no se encuentra filtraciones subterráneas.

SPT #2

Este ensayo fue realizado donde serán implantada la principal estructura de la planta de agua es decir los dos filtros lentos cada uno con un diámetro de 12 m. Los resultados obtenidos se muestran en la siguiente figura.

En este SPT se determinó un solo tipo de estrato correspondiente a una arena arcillosa con grava, del tipo “SC”, de color café, desde 0,00 m hasta 6,00 m de profundidad, aunque se analizaron dos muestras una hasta los 3 m y la otra hasta los 6 m de profundidad, los resultados obtenidos fueron muy similares con un porcentaje de humedad en promedio de 10%, un índice de plasticidad de 17.18 con una compacidad dura y una carga admisible de 1.432 Kg/cm^2. Es importante mencionar que durante la exploración de esta calicata no se encontraron filtraciones subterráneas.

Interpretación

Aproximadamente 2805 habitantes serán beneficiados por la construcción de esta planta de agua es así que la construcción considera realizar dos cortes al perfil natural del terreno, creando dos plataformas la primera destinada a la construcción del filtro dinámico grueso y la segunda a la construcción de los filtros lentos y la caseta de cloración, la profundidad de ambos cortes es de 3 m a partir del perfil original, razón por la cual se realizó el cálculo de la carga admisible de los dos SPTs para la cota 1936 y la cota 1933 alturas finales respectivas de cada plataforma.

Los resultados del SPT fueron de 1.3 kg/cm^2, para la cota de 1933 y de 1.42 kg/cm^2 para la cota de 1969, estos resultados al igual que los obtenidos en la sísmica de refracción muestran capacidades de carga media, por lo cual se recomienda medidas de corrección que pueden ser en la cimentaciones o realizar un mejoramiento del suelo, cuyo material deberá ser colocado en dos capas de 25 cm de espesor cada una y compactadas al 95% de su densidad seca.

Analizando las gráficas de los SPTs que se pueden ver en el anexo 5, en el primer ensayo se nota una relación inversamente proporcional entre las variables de la humedad del terreno y el número de golpes obtenido, así se evidencia que con una humedad de 27.42% el número de golpes promedio obtenido fue de 10 lo que muestra una baja carga admisible. En cambio con una humedad de 11% el número de golpes se

incrementa notablemente hasta llegar a los 49 lo que significa una buena carga admisible, este análisis es muy importante porque nos advierte de futuros problemas de la infraestructura sino se controla la humedad del terreno, considerando que este ensayo muestra la presencia de arcillas de baja plasticidad las cuales al incrementar la presencia de agua en el suelo, lo transforman de semisólido a la condición de líquido, es decir resulta muy sensible a los cambios de humedad, razón por la cual no es recomendable realizar la implantación de la estructura en estado natural hasta la profundidad de 1.5 m.

El segundo ensayo SPT muestra resultados muy distintos al primero es así que el porcentaje de humedad se mantiene prácticamente constante al 10%, mientras que el número de golpes aumenta de forma constante pasando de 15 golpes a un metro hasta los 51 golpes a los 6 m, mostrando así un terreno de mejores condiciones al anterior ya que se lo cataloga como una arena arcillosa con grava.

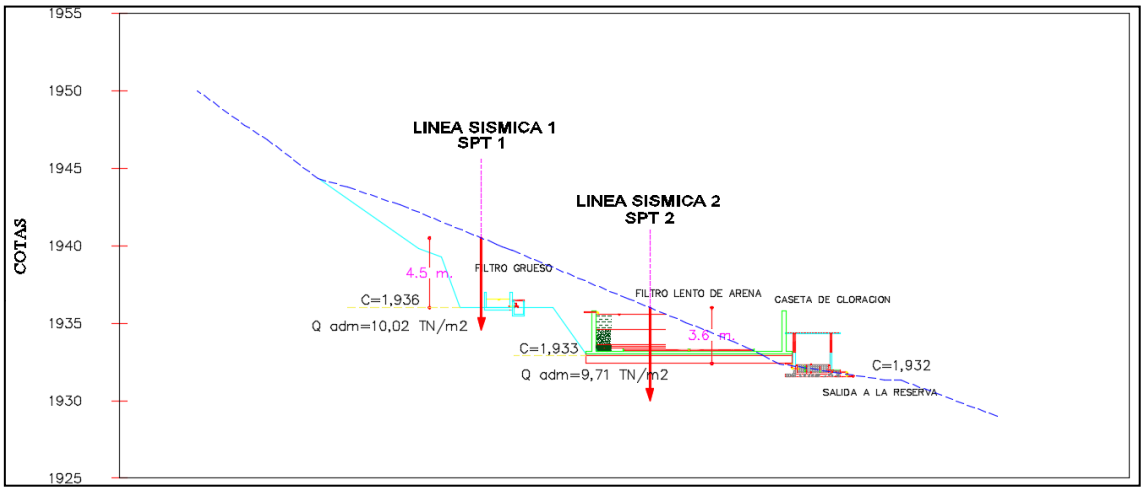


Figura 37: Vista de perfil de la ubicación de SPTs y líneas sísmicas. **Fuente:** Geocons 2018

6.2.11. Mecánica de Rocas.

Este apartado involucra lo referente a la descripción de macizos rocosos, buscando cuantificar su calidad, establecer sus propiedades para la construcción de obras, y también facilitar las bases para el diseño adecuado con las condiciones ideales que deben tener las estructuras.

6.2.11.1. Caracterización del Macizo Rocoso

Uno de los métodos más accesible dentro de la mecánica de rocas es la caracterización de macizos rocosos, existiendo varias propuestas de diversos autores. El presente

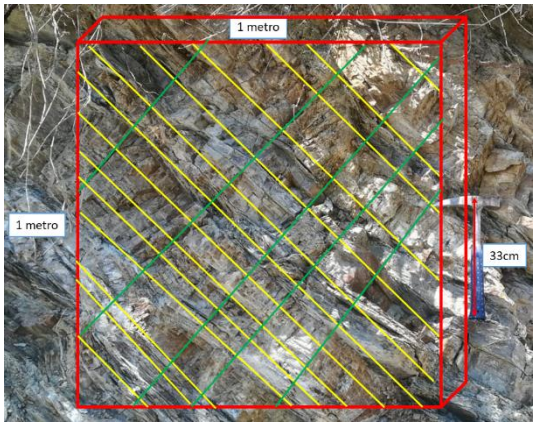
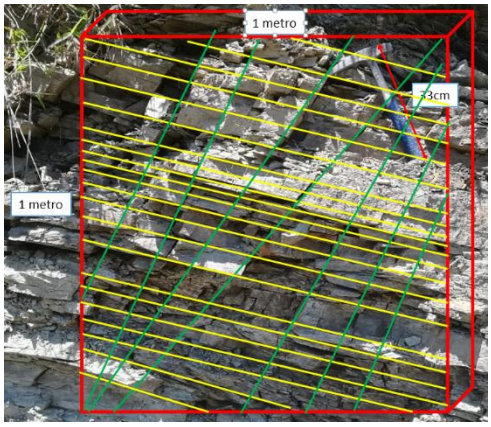
documento realiza la valoración a través de dos metodologías, el RQD de Barton y el RMR de Bieniawski.

El análisis se basa en caracterizar la estructura del macizo, de su red de fracturación y de la naturaleza de los materiales y de las discontinuidades, pues la resistencia viene controlada por las propiedades de las discontinuidades y por las propiedades de la matriz rocosa.

- **RQD**

Este método está basado en la recuperación de los fragmentos con perforación de diamante pero cuando no se dispone de núcleos de perforación, se podrá estimar el RQD por la cantidad de fisuras contenidas en la unidad de volumen, en la que la cantidad de juntas por metro cúbico, en cada sistema de juntas se suman.

Tabla 19: Resultados del RQD

Macizo Rocoso N°1			**Macizo Rocoso N°1**		
X: 699534	Y: 9532825	Z:1971	X: 699382	Y: 9532818	Z:1947
Jv= 19			Jv= 29		
					
RQD(%)=115-3.3 Jv RQD(%)=115-3.3 (19) RQD(%)= 52.3			RQD(%)=115-3.3 Jv RQD(%)=115-3.3 (29) RQD(%)= 19.3		
Calidad de la Roca REGULAR			**Calidad de la Roca MUY MALA**		

Fuente: Autor 2018

Los dos macizos rocosos descritos representan las características evidenciadas en la zona el primero con una litología principalmente de filitas, y el segundo con una litología de esquistos. Ninguno de los dos resultados es bueno, por ello para una futura construcción se debe de analizar la estabilización o control de estos macizos que se encuentran muy cercano a la zona de estudio.

- **RMR**

Constituye un sistema de clasificación de macizos rocosos que permite a su vez relacionar índices de calidad con parámetros geotécnicos del macizo y de excavación y sostenimiento en túneles.

Los resultados del RMR muestran un primer macizo rocoso de calidad MEDIA y un segundo de calidad MALA, resultados que concuerdan con los obtenidos por el RQD.

El primer macizo obtuvo un valor total de 60 lo que lo cataloga con una calidad MEDIA, de clase III, y con detalles de un tiempo de mantenimiento de 1 semana para 3 m, una cohesión de 2-3 kg/cm^2 y un ángulo de fricción interna de entre 25 y 35°, por lo que muestra buenas características geotécnicas y aplicando algunas pequeñas medidas de control como cunetas de coronación y desagües para evitar el ingreso del agua, obtendríamos como resultado un macizo estable.

El segundo macizo en análisis es el que mayores problemas presenta, obteniendo un valor total de 36, siendo de una calidad MALA, de clase IV, con detales de un tiempo de mantenimiento de 5 horas para 1.5 m, cohesión de 1-2 kg/cm^2 y un ángulo de fricción interna de entre 15 y 25 grados. El macizo presenta una fuerte fracturación y una estabilidad muy baja, por lo cual los sectores que presenten este tipo de macizos deberán ser considerados para un trabajo de estabilización y control pudiendo realizar terraza a lo largo del terreno o una estabilización a través de un muro de contención.

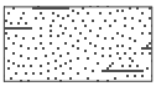
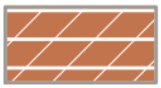
6.3. Valoración del Sector

La finalidad de la zonificación geotécnica es aportar una estimación preliminar sobre las características físico - mecánicas de los materiales estudiados dentro del área del proyecto y establecer una clasificación cualitativa sobre sus problemas constructivos.

Para el mapa se correlaciono datos como: la geología del sitio, los resultados de capacidad portante de los suelos obtenida de la realización de los ensayos en sitio y de laboratorio, las zonas inestables identificadas, y las condiciones topográficas del terreno, especialmente las pendientes del terreno.

La relación entre los datos mencionados nos permitió determinar unidades geotécnicamente homogéneas obteniendo 4 unidades distintas pero que solo pertenecen a dos zonas de construcción (Ver Anexo 2). En la siguiente tabla mostramos las distintas unidades identificadas y las características respectivas de cada una.

Tabla 20: Unidades geotécnicas de la zona de estudio

Zonas	Símbolo	Descripción
Construibles con aplicación de medidas correctoras		Litología de rocas metamórficas Cargas admisibles >1.5 kg/cm^2 Consistencia Dura Presencia de Deslizamientos Pendiente >15°
Construibles con aplicación de medidas correctoras		Litología de rocas metamórficas Cargas admisibles >1.5 kg/cm^2 Consistencia Dura Sin Presencia de Deslizamientos Pendiente >15°
No Construibles		Litología de Arcillas con Grava Cargas admisibles menores a 1.5 kg/cm^2 Consistencia Media Con Presencia de Deslizamientos Pendientes >45°
Construibles con aplicación de medidas correctoras		Litología de Arcillas con Grava Cargas admisibles <1.5 kg/cm^2 Consistencia Media Sin presencia de Deslizamientos Pendientes entre 15 y 35°

Fuente: Autor 2018

7. DISCUSIÓN DE RESULTADOS

El objetivo principal de la presente investigación fue el de conocer las condiciones geológicas geotécnicas de los terrenos para la construcción de la nueva planta de tratamiento de agua potable de la parroquia San Pedro de Vilcabamba la cual dará servicio aproximadamente a 2805 habitantes, en inicio se delimito una zona de estudio que abarca un área total de 1.96 hectáreas, esto con el objetivo de no perder el nivel de escala necesario para el análisis de litologías, estructuras y características geotécnicas.

En el año 2015 se entrega la consultoría para el diseño de la planta de tratamiento, la cual establece las diferentes estructuras necesarias para el correcto funcionamiento de esta obra, específicamente diseña la construcción de un filtro dinámico grueso, dos filtros lentos, una caseta de cloración y la tubería de conexión entre estas estructuras, datos que son necesarios para análisis posteriores como para el cálculo de la capacidad de carga del terreno. Esta consultoría muestra como resultado una carga admisible de 3.07 kg/cm^2, con una densidad del material de 1.82 g/cm^3, por lo cual establece una buena capacidad de soporte de cargas, determinando que los terrenos destinados a la construcción de la planta de tratamiento son aptos sin mayores modificaciones.

Para 2018 el GAD parroquial contrata una consultoría para la readecuación de la conducción principal y redes del canal alto de San Pedro de Vilcabamba donde se realizan un ensayo SPT, en terrenos similares a la zona de estudio y que se emplazan en la misma Unidad Chiguinda, los resultados obtenidos de este ensayo establecen una capacidad de carga admisible de 2.2 kg/cm^2, a los 2 m de profundidad. Concluyendo que el suelo es de tipo SC identificado como arena arcillosa con grava, este material es de composición granular y de buena capacidad para el soporte de cargas con características estables un suelo natural consolidado, y no existe presencia de asentamientos, deslizamientos e inestabilidad en la estructura natural del suelo.

Analizando estos resultados obtenidos en otras investigaciones, y debido a que la implantación de la planta de agua considera un corte de terreno de aproximadamente 3 m de profundidad la apertura de calicatas no aportó datos necesarios para un correcto análisis. Datos valederos se obtuvieron a partir de la sísmica de refracción donde la primera línea de la sísmica de refracción mostro tres capas, describiendo la primera como una arcilla dura con grava y arena, seguida de una capa de arena arcillosa y al final encontrar una capa de grava arcillosa, respectivamente estas capas muestran capacidades de carga de 0.82 kg/cm^2, de 1.02 kg/cm^2 y de 2.14 kg/cm^2 la última capa.

La segunda línea sísmica igualmente mostro 3 capas, descrita la primera como una arcilla de media plasticidad con grava, seguido de una capa de arena arcillosa y de una capa de arena de media plasticidad con gravas, las cargas admisibles determinadas para cada capa son de 0.81 kg/cm^2 para la primera capa, de 0.97 kg/cm^2 para la segunda capa y de 1.35 kg/cm^2 para la capa final.

El primer ensayo SPT, mostro una compacidad muy firme y una carga admisible de 1.3 kg/cm^2, mientras que el segundo SPT muestra una compacidad dura y una carga admisible de 1.432 kg/cm^2.

Comparando los resultados de las investigaciones externas con los resultados obtenidos en esta investigación se evidencia que con respecto a la consultoría para la construcción de la planta existe una fuerte discrepancia respecto a las cargas admisibles obtenidas, variando de 1.3 kg/cm^2, y 1.432 kg/cm^2, en nuestra investigación, mientras que la consultoría obtiene una carga admisible de 3.07 kg/cm^2, valor que muestra buenas condiciones del terreno, pero que no tiene suficiente sustento técnico al ser obtenido de una muestra de una calicata de apenas 1.5 m de profundidad, mientras que nuestros valores fueron obtenidos a través de ensayos in situ y respaldados por la aplicación de dos líneas sísmica de refracción. Respecto a los resultados de la consultoría para la readecuación de la conducción principal y redes del canal alto de San Pedro de Vilcabamba, se evidencia una similitud y concordancia al mostrar valores de 2.2 Kg/cm^2, para 2 m de profundidad, además de ser un valor obtenido con un ensayo SPT.

Algo preocupante es el resultado obtenido en el primer SPT, ya que muestra la presencia de arcillas de baja plasticidad, con una humedad de 27%, creando un escenario negativo ante la construcción de tan importante obra, pero también nos muestra el cuidado que se debe de tener en un futuro con respecto al agua que pueda ingresar al subsuelo por debajo de la planta de tratamiento.

La presente investigación en concordancia con la norma de la construcción ecuatoriana (NEC) recolecto el mayor número de datos geotécnicos a través de calicatas, sísmica de refracción y SPTs los cuales servirán para examinar, correlacionar y describir las propiedades de los materiales geológicos presentes en la zona de estudio. Esta investigación busca poner en manos de la junta administradora de agua potable un estudio confiable en el cual se puedan basar para una futura toma de decisiones.

8. CONCLUSIONES

Una vez finalizada las fases de recolección de datos y su posterior análisis, y en correspondencia a los objetivos planteados se presentan las siguientes conclusiones:

- Geográficamente el centroide la zona de estudio se ubica en la Coordenada X: 699552, Y: 9532724, presentando alturas que van desde los 1900 msnm hasta llegar a los 1977 msnm. Políticamente se ubica en el sector Chalaca, del barrio Sacapo de la parroquia San Pedro de Vilcabamba, del Cantón y provincia de Loja. El área total de estudio abarca exactamente 1.96 hectáreas resultado de la extensión de 50 m alrededor de los terrenos destinados a la construcción de la nueva planta de tratamiento de agua potable.

- En base al levantamiento topográfico se generó el mapa de pendientes según la clasificación propuesta por (Demeck, 1972). Donde se determinó que del área total de la zona de estudio la pendiente categorizada como MEDIA, es decir entre 15 y 35 grados ocupa la mayor parte del terreno con un área de 14,081 m^2 representando el 71.50% del total. La categoría de pendiente BAJA es la segunda en área con 2,879.95 m^2, representando el 14.62% del total de la zona de estudio, muy cerca está la categoría de pendiente ALTA que ocupa el 13.17%. Las categorías menos representativas son las extremas es decir la MUY BAJA con apenas un 0.061%, y la MUY ALTA con un 0.643%.

- Durante la fotointerpretación se identificó un posible paleodeslizamiento, ya que en la imagen muestra ciertos rasgos morfológicos, así en la parte superior se hace evidente un escarpe de donde nace este movimiento de masa con dirección Noreste-Suroeste, cuyo parte baja se ubica en el margen del Rio Uchima. Se consideró como paleodeslizamiento debido a que no se muestra evidencia de actividad durante mucho, ni se tienen registros históricos de actividad en el sitio, geológicamente pertenece a la Unidad Chiguinda de edad paleozoica.

- En toda la extensión de la parroquia afloran exactamente 4 formaciones las cuales son definidas por (Corrochano, 2014) como, formación Cerro Mandango caracterizada por conglomerados y areniscas, formación San Francisco que presenta lutitas de color café, mientras que la formación San Jose incluye lutitas, conglomerados y limos, finalmente en el basamento encontramos la Unidad Chiguinda.

- Geológicamente la zona de estudio se asienta sobre la Unidad Chiguinda pero en la geología a detalle se identificaron 3 tipos de litologías diferentes. Existe presencia de rocas metamórficas en toda la parte norte del polígono de estudio, presentando afloramientos con intercalaciones de filitas, esquistos micáceos y sericíticos, además de incrustaciones específicas de cuarcita. Las dos litologías restantes son de origen coluvial aunque diferenciadas por su contenido de arcillas y su tonalidad. En el centro del polígono se describen arcillas de tonos rojizos con cantos angulosos. La tercera litología encontrada presenta arcillas arenosas con cantos subangulosos y con una coloración que va desde el amarillo al café.

- Dentro de la geología estructural no existen estructuras de relevancia dentro del polígono de estudio pero si se encontró una falla inversa a pocos metros la cual deberá ser considerada realizar un diseño dinámico para la nueva planta de tratamiento.

- En la apertura de la calicata muestra que la primera capa de aproximadamente 15 cm es suelo vegetal cubierta por vegetación tipo pastos, después vemos una capa uniforme en toda la profundidad de la calicata, presentando una litología de coluvio con una matriz arcillo arenosa de tonalidades café claras con clastos subangulosos de diámetros que van desde 1 cm hasta máximo los 15 cm, los ensayos de laboratorio clasifican este material como una Grava Limosa mal graduada con arena de coloración amarillenta tipo GM, que presenta un índice de plasticidad bajo.

- La primera línea de sísmica de refracción mostro 3 capas con profundidades de 0 a 1.50 la primera, de 1.50 a 6.70 la segunda y la tercera va de 6.70 a 20.00 m, estas capa tienen velocidades de 510 m/s, 650m/s y 1010 m/s, obteniendo una capacidad de carga de 0.82 kg/cm^2, de 1.02 kg/cm^2 y de 2.14 kg/cm^2, respectivamente iniciando en la capa superior hasta la inferior. La segunda línea sísmica muestra igualmente 3 capas, con profundidades para la primera capa de 0 a 3 m, la segunda de 3 a 5.20 m y la última a profundidades de 5.20 hasta 20 m, con velocidades sísmicas de 430 m/s, 620 m/s y de 750 m/s respectivamente para cada capa, obteniendo cargas admisibles que van de 0.81 kg/cm^2 en la primera capa, de 0.97 kg/cm^2 en la segunda capa y de 1.35 kg/cm^2 en la tercera

capa. Los resultados de las cargas admisibles obtenidos con la sísmica de refracción muestran valores bajos en los primeros estratos, pero el diseño de la planta de tratamiento considera el corte del perfil original realizando dos plataformas con cotas de 1933 y 1936 msnm. Por esta razón es necesario analizar el resultado de las cargas admisibles a parir de la segunda capa.

- Se realizaron dos ensayos de SPT, obteniendo en el primero de ellos materiales catalogados como arcillas de baja plasticidad arenosa, del tipo “CL”, además de arenas arcillosas con grava del tipo “SC”. El Segundo SPT mostro arena arcillosa con grava, del tipo “SC”, de color café. La construcción de la planta contempla una excavación de 3 m de profundidad razón por la cual se realizó el cálculo de la carga admisible de los dos SPTs para la cota 1936 y la cota 1933 alturas finales respectivas de cada plataforma. Los resultados del SPT fueron de 1.3 kg/cm^2, para la cota de 1933 y de 1.42 kg/cm^2 para la cota de 1969, estos resultados al igual que los obtenidos en la sísmica de refracción muestran capacidades de carga media.

- Los dos macizos rocosos descritos representan las características evidenciadas en la zona el primero con una litología principalmente de filitas, y el segundo con una litología de esquistos. Según el RQD los macizos fueron catalogados con una calidad REGULAR y MALA. En cambio los resultados del RMR muestran un macizo rocoso de calidad MEDIA y uno de calidad MALA, resultados que concuerdan con los obtenidos por el RQD. El primer macizo muestra entre regulares y buenas características geotécnicas por lo que aplicando algunas medidas de control pequeñas como cunetas de coronación para evitar el ingreso del agua daría como resultado un macizo estable. El segundo macizo en análisis es el que mayores problemas presenta, siendo de una calidad mala, con una fuerte fracturación y una estabilidad muy baja, por lo cual los sectores que presenten este tipo de macizos deberán ser considerados para un trabajo de estabilización y control pudiendo realizar un terrazamiento del terreno o una estabilización a través de un muro de contención.

- La relación entre los datos de geología, pendientes, capacidad de carga, presencia de deslizamientos entre otros nos permitió determinar 4 unidades geotécnicamente homogéneas, la primera mostrando una litología de rocas

metamórficas, cargas admisibles >1.5 kg/cm^2, de consistencia dura, con presencia de deslizamientos y una pendiente >15°. La segunda unidad geotécnica es muy similar solamente diferenciada por la ausencia de deslizamientos. La tercera unidad presenta una litología de arcillas con grava, cargas admisibles menores a 1.5 kg/cm^2, de consistencia media, con presencia de deslizamientos y pendientes >45°. La zona de estudio se ubica en la cuarta unidad geotécnica la cual presenta una litología de arcillas con grava, cargas admisibles <1.5 kg/cm^2, de consistencia media, sin presencia de deslizamientos y con pendientes entre 15° y 35°. Estas 4 unidades geotécnicas se clasificaron en dos zonas de construcción, la unidad 1, 2,4 se definen como zona aptas para la construcción pero con aplicación de medidas correctoras, y la unidad 3 se definió como una zona no construible.

9. RECOMENDACIONES

Realizado el análisis de la información recolectada por la presente investigación, y planteadas las conclusiones respectivas, es necesario exponer las siguientes recomendaciones:

- Basados en el análisis de la información bibliográfica realizada y específicamente al resultado de la consultoría contratada por la junta administradora de agua potable, se deberá realizar una actualización completa de este documento debido a que los costos no están actualizados, existen errores en el levantamiento topográfico realizado, y el nuevo documento deberá considerar los resultados de esta investigación. Además es recomendable que la actualización contemple el diseño y costo de obras complementarias como la protección de taludes, y la construcción de cunetas de desagüe alrededor de la planta para evitar saturar el terreno y perder capacidad portante del mismo.

- Debido a la importancia de la obra el análisis de su construcción no debe realizarse solo en el sitio destinado, y se debería consignar presupuesto al análisis y a la posterior construcción de obras que protejan la infraestructuras, se debe tomar en cuenta la presencia de una falla inversa muy cercana al terreno de construcción, además de que los terrenos posiblemente se ubiquen sobre un paleodeslizamiento. También el diseño debería considerar el análisis de factores dinámicos como el comportamiento de la estructura ante un evento sísmico.

- Como se piensa realizar un escalonamiento del perfil natural es necesario realizar una compactación o un recubrimiento de los terrenos recién expuestos para evitar la acción de factores erosivos, que puedan afectar la estabilidad de los terrenos.

- Los resultados del SPT fueron de 1.3 kg/cm^2, para la cota de 1933 y de 1.42 kg/cm^2 para la cota de 1969, estos resultados al igual que los obtenidos en la sísmica de refracción muestran capacidades de carga media, por lo cual se recomienda medidas de corrección que pueden ser en la cimentación o realizar un mejoramiento del suelo de 50 cm de espesor, cuyo material deberá ser colocado en dos capas de 25 cm cada una y compactadas al 95% de su densidad seca.

10. BIBLIOGRAFÍA

Armas, J. (2004). Cartografía Geológica Estructural del Valle Huaizichal. Nuevo León: Universidad ed Nuevo León.

ASTM, I. (27 de Marzo de 2014). ASTM D1586-11 Standard Test Method for Standard Penetration Test (SPT) and Split-Barrel Sampling of Soils. West Conshohocken, Pensilvania, EEUU: ASTM.

Belousov, V. (1979). Geología Estructural. MIR.

Cevallos Quezada , L. J. (2017). Aplicación de Sistemas de Información Geográfica para la elaboración del Mapa Geomorfológico de la Parroquia San Pedro de Vilcabamba, Escala 1:20.000. Loja: Universidad Nacional de Loja.

Corrochano, D. (2014). Geologia Sedimentaria y Sedimentologia dentro del proyecto del Mapeo Geologico a Nivel Nacional a escala 1:50.000. Quito: INIGEMM.

Crespo Villalaz, C. (2004). Mecánica de Suelos y Cimentaciones. Mexico: Limusa.

Das, B. (1999). Fundamentos de Ingeniería Geotecnica. Sacramento: Thomson Learning.

Deere, D. U., & Deere, D. W. (1989). Rock Quality Designation (RQD) After Twenty Years. Gainesville, Florida: US Army Engineer Waterways.

Demeck, J. (1972). Manual of detailed geomorphological mapping. Praga: Union Geografica Internacional.

Font-Altaba, M., & San Miguel, A. (1976). Atlas de Geología. Barcelona, España: Idea Books S.A.

Garcia Marquez, F. (2003). Curso básico de topografía: planimetría, agrimensura, altimetría. Mexico: Pax Mexico.

Georys, I. (2016). Refracción Sísmica. Lima: Georys Ingenieros SAC.

González de Vallejo, L. (2002). Ingeniería Geológica. Madrid: Pearson Educación.

González, M. I. (1992). Estudio Geológico en el Municipio de Alcala. Sevila: Universidad de Sevilla.

Holtz, R. D., & Kovacs, W. D. (1981). An Introduction to Geotechnical Engineering (Vol. 1). New Jersey, EEUU: Prentice-Hall.

Hungerbuhler, D. (1997). Neogene basins in the Andes of southern Ecuador: evolution, deformation and regional tectonic implications. Zurich: Swiss Federal Lnstttute Of Technology Zurich.

Lopez Marinas, J. M. (2000). Geología Aplicada a la Ingenieria Civil. Madrid: Ciedossat.

Maksaev, V. (2017). Geología de Campo II. Santiago: Universidad de Chile.

Marocco, R., Lavenu, A., & Noblet, C. (1990). La cuenca intramontaña en compresión de Vilcabamba. Analisis tectosedimentario. En I. F. Developpement, Symposium International Geodinamique Andine (Pág. 403). Grenoble: Orstom 1990.

Martín, A. G. (1994). Topografía básica para ingenieros. Murcia: Universidad de Murcia.

Olmo, M. (2000). Ciento Cincuenta Años: Estudio e Investigacion en Ciencias de la Tierra. Madrid: Instituto Tecnológico Geominero de España.

Oriondo, M. H. (2006). Introducción a la Geología (Tercera Edicion ed.). Cordoba, Argentina: Editorial Brujas.

Pérez Luna, A. (1983). Marco de referencia para un proyecto de Zonificación para el desarrollo agropecuario y rural. Santo Domingo: Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura.

Solis Alulima, B. E. (2015). Sedimentología y Estratigrafia del Norte de la Cuenca Malacatos-Vilcabamba. Quito: Universodad Politecnica Nacional.

Tamay, J., Galindo-Zaldivar, J., Ruano, P., Soto, J., Lamas, F., & Azañon, J. (2015). Estructura De Las Cuencas Sedimentarias Neogenas Cuaternarias Del Sur De Ecuador Mediante Datos De Gravimetria. XIV Reunión Nacional del Cuaternario.

Universidad Nacional de la Plata. (Marzo de 2017). Universidad Nacional de la Plata. Obtenido de http://catedras.fcaglp.unlp.edu.ar/geofisica/metodos-electricos-de-prospeccion/teoria-1

11. ANEXOS

ANEXOS

ANEXO 1

MAPAS DE LA DESCRIPCIÓN GENERAL DE LA PARROQUIA SAN PEDRO DE VILCABAMBA

ANEXO 1.1. Mapa de Ubicación

ANEXO 1.2. Mapa Topográfico

ANEXO 1.3. Mapa de Pendientes

ANEXO 1.4. Mapa de Geología Regional

ANEXO 1.5. Mapa de Geología Estructural

ANEXO 1.6. Mapa de Hidrología

ANEXO 1.7. Mapa de Isoyetas e Isotermas

ANEXO 2

MAPAS DEL ÁREA DE ESTUDIO

ANEXO 2.1. Mapa Topográfico

ANEXO 2.2. Mapa de Pendientes

ANEXO 2.3. Mapa Geológico

ANEXO 2.4. Mapa de Ubicación en campo de Afloramientos, Calicatas, SPT, y Líneas Sísmicas.

ANEXO 2.5. Mapa de Zonificación Geotécnica

ANEXO 3

FICHAS DE DESCRIPCIÓN DE AFLORAMIENTOS Y CALICATAS

FICHAS PARA GEOLOGÍA REGIONAL

UNIVERSIDAD NACIONAL DE LOJA FACULTAD DE ENERGÍA, LAS INDUSTRIAS Y LOS RECURSOS NATURALES NO RENOVABLES CARRERA DE INGENIERÍA EN GEOLOGÍA AMBIENTAL Y ORDENAMIENTO TERRITORIAL	**FICHA DE DESCRIPCIÓN DE AFLORAMIENTOS**

ESTUDIO GEOLÓGICO-GEOTÉCNICO PREVIO A LA CONSTRUCCIÓN DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUA POTABLE PARA LA PARROQUIA SAN PEDRO DE VILCABAMBA, CANTÓN Y PROVINCIA DE LOJA.

RESPONSABLE: Jose Miguel Mosquera Romo			**FOTOGRAFÍA**
FECHA:25-10-2018		N°: 1GR	
COORDENADAS: Sacapo			
X:698295	Y: 9531641	Z: 1575	
CONTEXTO GENERAL			
VEGETACIÓN	Exuberante ( ) Escasa (x)		
	Arbustiva (x) Arbórea ( ) Herbácea ( )		
USO DE SUELO	Agricultura( ) Ganadería ( ) Bosque ( )		
	Vías (X) Otro:_____		
RELIEVE	Llano ( ) Bajo ( )		
	Colinas (X) Montañoso ( )		
TIPO DE AFLORAMIENTO	Natural ( ) Antrópico (X)		**DATOS ESTRUCTURALES**
METEORIZACIÓN	Baja ( ) Media (X) Alta ( )		R: 101 / B:69°NE

CONTEXTO GEOLÓGICO

Nro. DE CAPAS	POTENCIA (m)	TIPO DE ROCA	COLOR	TEXTURA	DESCRIPCIÓN	ESQUEMA
1	15	Metamórfica Filitas y Esquisto Sericíticos	Gris - Azulada	Sedosa	Afloramiento que muestra rocas metamórficas que han fallada por los planos de foliación, filitas de grano media y esquistos de grano fino	15 m

OBSERVACIONES

Afloramiento ubicado en el flanco izquierdo de la vía San Pedro Sacapo, cercano a la escuela de Sacapo. Presenta movimiento de masa debido a la explotación de material sin condiciones técnicas.

UNIVERSIDAD NACIONAL DE LOJA FACULTAD DE ENERGÍA, LAS INDUSTRIAS Y LOS RECURSOS NATURALES NO RENOVABLES CARRERA DE INGENIERÍA EN GEOLOGÍA AMBIENTAL Y ORDENAMIENTO TERRITORIAL	**FICHA DE DESCRIPCIÓN DE AFLORAMIENTOS**

ESTUDIO GEOLÓGICO-GEOTÉCNICO PREVIO A LA CONSTRUCCIÓN DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUA POTABLE PARA LA PARROQUIA SAN PEDRO DE VILCABAMBA, CANTÓN Y PROVINCIA DE LOJA.

RESPONSABLE: Jose Miguel Mosquera Romo

FECHA:25-10-2018 | N°: 2GR

COORDENADAS: La Peña

X:697871 | Y: 9531524 | Z: 1572

FOTOGRAFÍA

CONTEXTO GENERAL

VEGETACIÓN	Exuberante ( ) Escasa (x)
	Arbustiva (x) Arbórea ( ) Herbácea ( )
USO DE SUELO	Agricultura( ) Ganadería ( ) Bosque ( )
	Vías (X) Otro:_____
RELIEVE	Llano ( ) Bajo ( )
	Colinas ( ) Montañoso (X)
TIPO DE AFLORAMIENTO	Natural ( ) Antrópico (X)
METEORIZACIÓN	Baja ( ) Media () Alta (X)

DATOS ESTRUCTURALES

R: 220 | B:61°NE

CONTEXTO GEOLÓGICO

Nro. DE CAPAS	POTENCIA (m)	TIPO DE ROCA	COLOR	TEXTURA	DESCRIPCIÓN	ESQUEMA
1	10	Esquisto Sericíticos	Gris – Azulado	Sedosa	Afloramiento que muestra dos capas de rocas metamórficas en la base lutitas con una coloración más opaca y sobre ellas esquistos sericíticos con brillo y de color azulado	15 m
2	6	Filitas	Marrón - Gris	Áspera		6m

OBSERVACIONES

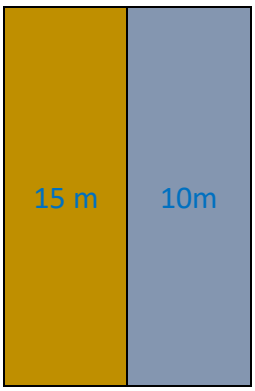
Afloramiento ubicado en el flanco izquierdo de la vía San Pedro Sacapo, cercano al colegio de San Pedro.

UNIVERSIDAD NACIONAL DE LOJA FACULTAD DE ENERGÍA, LAS INDUSTRIAS Y LOS RECURSOS NATURALES NO RENOVABLES CARRERA DE INGENIERÍA EN GEOLOGÍA AMBIENTAL Y ORDENAMIENTO TERRITORIAL	**FICHA DE DESCRIPCIÓN DE AFLORAMIENTOS**

ESTUDIO GEOLÓGICO-GEOTÉCNICO PREVIO A LA CONSTRUCCIÓN DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUA POTABLE PARA LA PARROQUIA SAN PEDRO DE VILCABAMBA, CANTÓN Y PROVINCIA DE LOJA.

RESPONSABLE: Jose Miguel Mosquera Romo			**FOTOGRAFÍA**
FECHA:25-10-2018		N°: 3 GR	
COORDENADAS: Cementerio			
X:697796	Y: 9531451	Z: 1577	
CONTEXTO GENERAL			
VEGETACIÓN	Exuberante ( ) Escasa (x)		
	Arbustiva (x) Arbórea ( ) Herbácea ( )		
USO DE SUELO	Agricultura( ) Ganadería ( ) Bosque ( )		
	Vías (X) Otro:_____		
RELIEVE	Llano ( ) Bajo ( )		
	Colinas (X) Montañoso ( )		
TIPO DE AFLORAMIENTO	Natural ( ) Antrópico (X)		**DATOS ESTRUCTURALES**
METEORIZACIÓN	Baja ( ) Media () Alta (X)		R: 51 B:65°NE

CONTEXTO GEOLÓGICO

Nro. DE CAPAS	POTENCIA (m)	TIPO DE ROCA	COLOR	TEXTURA	DESCRIPCIÓN	ESQUEMA
1	10	Esquisto Sericíticos	Gris – Azulado	Sedosa	Posible contacto geológico entre la unidad Chiguinda y la Cerro Mandango, de la izquierdo se observa un micro conglomerado bien sorteado con cantos angulosos de hasta 5 cm con una matriz arenosa de tonos amarillos, del lado derecho se muestra rocas metamórficas como esquistos y filitas	
2	15	Conglomerado con cantos angulosos y matriz arenosa	Café Amarillo	Áspera		

OBSERVACIONES
Afloramiento ubicado en el flanco izquierdo de la vía San Pedro Sacapo, cercano al cementerio parroquial.

UNIVERSIDAD NACIONAL DE LOJA FACULTAD DE ENERGÍA, LAS INDUSTRIAS Y LOS RECURSOS NATURALES NO RENOVABLES CARRERA DE INGENIERÍA EN GEOLOGÍA AMBIENTAL Y ORDENAMIENTO TERRITORIAL	**FICHA DE DESCRIPCIÓN DE AFLORAMIENTOS**

ESTUDIO GEOLÓGICO-GEOTÉCNICO PREVIO A LA CONSTRUCCIÓN DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUA POTABLE PARA LA PARROQUIA SAN PEDRO DE VILCABAMBA, CANTÓN Y PROVINCIA DE LOJA.

RESPONSABLE: Jose Miguel Mosquera Romo

FECHA: 25-10-2018 | N°: 4 GR

COORDENADAS: Cruz de Chivoloma

X:697732 | Y: 9531306 | Z: 1574

FOTOGRAFÍA

CONTEXTO GENERAL

VEGETACIÓN	Exuberante ( ) Escasa (x) Arbustiva (x) Arbórea ( ) Herbácea ( )
USO DE SUELO	Agricultura( ) Ganadería ( ) Bosque ( ) Vías (X) Otro:_____
RELIEVE	Llano ( ) Bajo ( ) Colinas (X) Montañoso ( )
TIPO DE AFLORAMIENTO	Natural ( ) Antrópico (X)
METEORIZACIÓN	Baja ( ) Media (X) Alta ( )

DATOS ESTRUCTURALES

R: No presenta dirección afloramiento masivo | B:

CONTEXTO GEOLÓGICO

Nro. DE CAPAS	POTENCIA (m)	TIPO DE ROCA	COLOR	TEXTURA	DESCRIPCIÓN	ESQUEMA
1	6 m	Sedimentaria Micro-conglomerado	Café Amarillo	Áspera	Una sola capa de conglomerado bien distribuido con cantos angulosos de 0.5 a 5 cm con una matriz areno – limosa con evidencia de oxidación por agua.	6

OBSERVACIONES
Afloramiento ubicado en el flanco izquierdo de la vía San Pedro Sacapo, cercano a la llamada cruz de chivoloma

UNIVERSIDAD NACIONAL DE LOJA FACULTAD DE ENERGÍA, LAS INDUSTRIAS Y LOS RECURSOS NATURALES NO RENOVABLES CARRERA DE INGENIERÍA EN GEOLOGÍA AMBIENTAL Y ORDENAMIENTO TERRITORIAL	**FICHA DE DESCRIPCIÓN DE AFLORAMIENTOS**

ESTUDIO GEOLÓGICO-GEOTÉCNICO PREVIO A LA CONSTRUCCIÓN DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUA POTABLE PARA LA PARROQUIA SAN PEDRO DE VILCABAMBA, CANTÓN Y PROVINCIA DE LOJA.

RESPONSABLE: Jose Miguel Mosquera Romo			**FOTOGRAFÍA**
FECHA: 25-10-2018		N°: 5GR	
COORDENADAS: Vivienda del Sr. Máximo Lanche			
X:697286	Y: 9531005	Z: 1575	
CONTEXTO GENERAL			
VEGETACIÓN	Exuberante ( ) Escasa (x)		
	Arbustiva (x) Arbórea ( ) Herbácea ( )		
USO DE SUELO	Agricultura( ) Ganadería ( ) Bosque ( )		
	Vías (X) Otro: Vivienda		
RELIEVE	Llano ( ) Bajo (X)		
	Colinas ( ) Montañoso ( )		
TIPO DE AFLORAMIENTO	Natural ( ) Antrópico (X)		**DATOS ESTRUCTURALES**
METEORIZACIÓN	Baja ( ) Media (X) Alta ( )		R: No presenta dirección afloramiento masivo / B:

CONTEXTO GEOLÓGICO

Nro. DE CAPAS	POTENCIA (m)	TIPO DE ROCA	COLOR	TEXTURA	DESCRIPCIÓN	ESQUEMA
1	3m	Sedimentaria	Café Amarillo	Áspera	Lutitas de color café oscuro con intercalaciones de limos de tonos mas claros	3m

OBSERVACIONES
Afloramiento tras la vivienda del Sr. Máximo Lanche, a 1.5 metros de la pared posterior de la vivienda.

UNIVERSIDAD NACIONAL DE LOJA FACULTAD DE ENERGÍA, LAS INDUSTRIAS Y LOS RECURSOS NATURALES NO RENOVABLES CARRERA DE INGENIERÍA EN GEOLOGÍA AMBIENTAL Y ORDENAMIENTO TERRITORIAL	**FICHA DE DESCRIPCIÓN DE AFLORAMIENTOS**

ESTUDIO GEOLÓGICO-GEOTÉCNICO PREVIO A LA CONSTRUCCIÓN DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUA POTABLE PARA LA PARROQUIA SAN PEDRO DE VILCABAMBA, CANTÓN Y PROVINCIA DE LOJA.

RESPONSABLE: Jose Miguel Mosquera Romo

FECHA: 25-10-2018 | N°: 6 GR

COORDENADAS: Cararango

X: 696238 | Y: 9531915 | Z: 1749

FOTOGRAFÍA

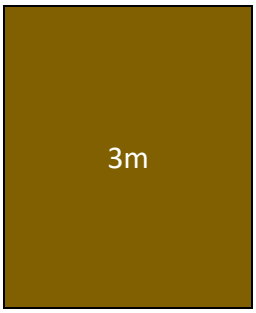
CONTEXTO GENERAL

VEGETACIÓN	Exuberante (**X**) Escasa ( )
	Arbustiva ( ) Arbórea ( ) Herbácea ( )
USO DE SUELO	Agricultura(X) Ganadería ( ) Bosque ( )
	Vías ( ) Otro: _____
RELIEVE	Llano ( ) Bajo (**X**)
	Colinas ( ) Montañoso ( )
TIPO DE AFLORAMIENTO	Natural ( ) Antrópico (**X**)
METEORIZACIÓN	Baja ( ) Media (**X**) Alta ( )

DATOS ESTRUCTURALES

R: Afloramiento masivo | B:

CONTEXTO GEOLÓGICO

Nro. DE CAPAS	POTENCIA (m)	TIPO DE ROCA	COLOR	TEXTURA	DESCRIPCIÓN	ESQUEMA
1	3m	Sedimentaria	Marrón oscuro	Áspera	Lutitas marrón oscuro con posible presencia de arcillas expansivas, se observa grietas de desecación en el suelo.	

OBSERVACIONES

Se observa evidencia de movimientos de ladera de forma lenta, tipo reptación con evidencia de problemas estructurales en casas cercanas, además de tubería dañada. Se observa grietas de desecación en el suelo lo que indica la probable presencia de arcillas de tipo expansivas.

UNIVERSIDAD NACIONAL DE LOJA
FACULTAD DE ENERGÍA, LAS INDUSTRIAS Y LOS RECURSOS NATURALES NO RENOVABLES
CARRERA DE INGENIERÍA EN GEOLOGÍA AMBIENTAL Y ORDENAMIENTO TERRITORIAL

FICHA DE DESCRIPCIÓN DE AFLORAMIENTOS

ESTUDIO GEOLÓGICO-GEOTÉCNICO PREVIO A LA CONSTRUCCIÓN DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUA POTABLE PARA LA PARROQUIA SAN PEDRO DE VILCABAMBA, CANTÓN Y PROVINCIA DE LOJA.

RESPONSABLE: Jose Miguel Mosquera Romo

FECHA: 25-10-2018 | N°: 7 GR

COORDENADAS: Tucu-Tucu

X: 696348 | Y: 9531441 | Z: 1737

FOTOGRAFÍA

CONTEXTO GENERAL

VEGETACIÓN	Exuberante ( ) Escasa (X)
	Arbustiva ( ) Arbórea ( ) Herbácea (X)
USO DE SUELO	Agricultura( ) Ganadería ( ) Bosque ( )
	Vías (X) Otro: _____
RELIEVE	Llano ( ) Bajo ( )
	Colinas (X) Montañoso ( )
TIPO DE AFLORAMIENTO	Natural ( ) Antrópico (X)
METEORIZACIÓN	Baja ( ) Media (X) Alta ( )

DATOS ESTRUCTURALES

R: 344° | B: 8° NO

CONTEXTO GEOLÓGICO

Nro. DE CAPAS	POTENCIA (m)	TIPO DE ROCA	COLOR	TEXTURA	DESCRIPCIÓN	ESQUEMA
1	1.5 m	Sedimentaria Conglomerado	Gris	Áspera	Conglomerado con cantos angulosos de hasta 10 cm con matriz arenosa	1.5 m
2	2 m	Sedimentaria Conglomerado	Amarillo Rojizo	Áspera	Conglomerado con clastos de hasta 20 cm redondeados con matriz arcillosa	2 m
					Posible contacto	
3	0.5 m	Sedimentaria Arenisca	Amarillo		Areniscas de tonos amarillos a blancos con presencia de pequeños cantos de diferentes tonalidades	0.5 m
4	Desconocido	Sedimentaria	Crema		Arenisca	Desconocido

OBSERVACIONES
Posible contacto entre las formaciones Cerro Mandango y Sto. Domingo con estructura granocreciente.

UNIVERSIDAD NACIONAL DE LOJA FACULTAD DE ENERGÍA, LAS INDUSTRIAS Y LOS RECURSOS NATURALES NO RENOVABLES CARRERA DE INGENIERÍA EN GEOLOGÍA AMBIENTAL Y ORDENAMIENTO TERRITORIAL	**FICHA DE DESCRIPCIÓN DE AFLORAMIENTOS**

ESTUDIO GEOLÓGICO-GEOTÉCNICO PREVIO A LA CONSTRUCCIÓN DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUA POTABLE PARA LA PARROQUIA SAN PEDRO DE VILCABAMBA, CANTÓN Y PROVINCIA DE LOJA.

RESPONSABLE: Jose Miguel Mosquera Romo			**FOTOGRAFÍA**
FECHA: 25-10-2018		N°: 8 GR	
COORDENADAS: División de Amala y Chaupi			
X: 696812	Y: 9530842	Z: 1646	
CONTEXTO GENERAL			
VEGETACIÓN	Exuberante ( ) Escasa (X)		
	Arbustiva ( ) Arbórea ( ) Herbácea (**X**)		
USO DE SUELO	Agricultura( ) Ganadería ( ) Bosque ( )		
	Vías (X) Otro: _____		
RELIEVE	Llano ( ) Bajo ( )		
	Colinas (X) Montañoso ( )		
TIPO DE AFLORAMIENTO	Natural ( ) Antrópico (**X**)		**DATOS ESTRUCTURALES**
METEORIZACIÓN	Baja ( ) Media (**X**) Alta ( )		R: Afloramiento masivo / B:

CONTEXTO GEOLÓGICO

Nro. DE CAPAS	POTENCIA (m)	TIPO DE ROCA	COLOR	TEXTURA	DESCRIPCIÓN	ESQUEMA
1	7 m	Sedimentaria	Amarillo	Áspera	Afloramiento de conglomerados masivos con cantos redondeados mal sorteados con tamaños que van desde 1 a 50 cm.	7 m

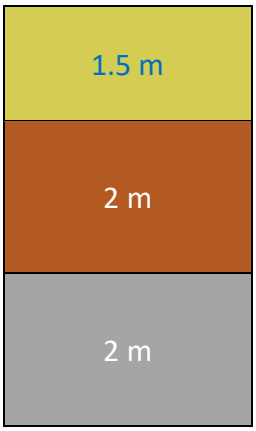
OBSERVACIONES
Afloramiento generado por l apertura de la vía hacia el Chaupi muestra una gran pared de conglomerados

UNIVERSIDAD NACIONAL DE LOJA FACULTAD DE ENERGÍA, LAS INDUSTRIAS Y LOS RECURSOS NATURALES NO RENOVABLES CARRERA DE INGENIERÍA EN GEOLOGÍA AMBIENTAL Y ORDENAMIENTO TERRITORIAL	**FICHA DE DESCRIPCIÓN DE AFLORAMIENTOS**

ESTUDIO GEOLÓGICO-GEOTÉCNICO PREVIO A LA CONSTRUCCIÓN DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUA POTABLE PARA LA PARROQUIA SAN PEDRO DE VILCABAMBA, CANTÓN Y PROVINCIA DE LOJA.

RESPONSABLE: Jose Miguel Mosquera Romo			**FOTOGRAFÍA**
FECHA: 25-10-2018		N°: 9 GR	
COORDENADAS: Cercana a la vivienda del Sr. Gabriel Torres			
X: 697041	Y: 9530649	Z: 1637	
CONTEXTO GENERAL			
VEGETACIÓN	Exuberante ( ) Escasa (**X**)		
	Arbustiva (**X**) Arbórea ( ) Herbácea ( )		
USO DE SUELO	Agricultura(X) Ganadería ( ) Bosque ( )		
	Vías (**X**) Otro: _____		
RELIEVE	Llano ( ) Bajo ( )		
	Colinas (**X**) Montañoso ( )		
TIPO DE AFLORAMIENTO	Natural ( ) Antrópico (**X**)		**DATOS ESTRUCTURALES**
METEORIZACIÓN	Baja ( ) Media (**X**) Alta ( )		R: Afloramiento masivo / B:

CONTEXTO GEOLÓGICO

Nro. DE CAPAS	POTENCIA (m)	TIPO DE ROCA	COLOR	TEXTURA	DESCRIPCIÓN	ESQUEMA
1	1.5 m	Sedimentaria	Amarillo	Áspera	Conglomerado bien sorteado con cantos redondeados de hasta 10 cm de diámetro con matriz arenosa.	
2	2	Sedimentaria	Amarillo	Áspera	Arenisca de color amarillo y tonos rojos	
3	2	Sedimentaria	Gris	Áspera	Lutitas grises	

OBSERVACIONES

UNIVERSIDAD NACIONAL DE LOJA FACULTAD DE ENERGÍA, LAS INDUSTRIAS Y LOS RECURSOS NATURALES NO RENOVABLES CARRERA DE INGENIERÍA EN GEOLOGÍA AMBIENTAL Y ORDENAMIENTO TERRITORIAL	**FICHA DE DESCRIPCIÓN DE AFLORAMIENTOS**

ESTUDIO GEOLÓGICO-GEOTÉCNICO PREVIO A LA CONSTRUCCIÓN DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUA POTABLE PARA LA PARROQUIA SAN PEDRO DE VILCABAMBA, CANTÓN Y PROVINCIA DE LOJA.

RESPONSABLE: Jose Miguel Mosquera Romo

FECHA: 25-10-2018 | N°: 10 GR

COORDENADAS: Vía de ingreso al barrio el Chaupi

X: 695580 | Y: 9530281 | Z: 1531

FOTOGRAFÍA

CONTEXTO GENERAL

VEGETACIÓN	Exuberante ( ) Escasa (**X**)
	Arbustiva ( ) Arbórea ( ) Herbácea (**X**)
USO DE SUELO	Agricultura(X) Ganadería ( ) Bosque ( )
	Vías (**X**) Otro: _____
RELIEVE	Llano ( ) Bajo ( )
	Colinas (**X**) Montañoso ( )
TIPO DE AFLORAMIENTO	Natural ( ) Antrópico (**X**)
METEORIZACIÓN	Baja ( ) Media (**X**) Alta ( )

DATOS ESTRUCTURALES

R: 221° | B: 13 SE

CONTEXTO GEOLÓGICO

Nro. DE CAPAS	POTENCIA (m)	TIPO DE ROCA	COLOR	TEXTURA	DESCRIPCIÓN	ESQUEMA
1	8 m	Sedimentaria	Amarillo	Áspera	Conglomerado masivo bien sorteado con cantos redondeados de hasta 50 cm de diámetro con matriz arenosa.	8 m
2	2	Sedimentaria	Amarillo	Áspera	Lutitas color café	2 m

OBSERVACIONES
Afloramiento al margen derecho de la vía de ingreso al barrio el Chaupi.

UNIVERSIDAD NACIONAL DE LOJA FACULTAD DE ENERGÍA, LAS INDUSTRIAS Y LOS RECURSOS NATURALES NO RENOVABLES CARRERA DE INGENIERÍA EN GEOLOGÍA AMBIENTAL Y ORDENAMIENTO TERRITORIAL	**FICHA DE DESCRIPCIÓN DE AFLORAMIENTOS**

ESTUDIO GEOLÓGICO-GEOTÉCNICO PREVIO A LA CONSTRUCCIÓN DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUA POTABLE PARA LA PARROQUIA SAN PEDRO DE VILCABAMBA, CANTÓN Y PROVINCIA DE LOJA.

RESPONSABLE: Jose Miguel Mosquera Romo			**FOTOGRAFÍA**
FECHA: 25-10-2018		N°: 11 GR	
COORDENADAS: Riveras del rio Uchima en el barrio el Chaupi			
X: 694823	Y: 9530184	Z: 1499	
CONTEXTO GENERAL			
VEGETACIÓN	Exuberante (**X**) Escasa ( )		
	Arbustiva ( ) Arbórea (**X**) Herbácea ( )		
USO DE SUELO	Agricultura(X) Ganadería ( ) Bosque ( )		
	Vías ( ) Otro: _____		
RELIEVE	Llano (**X**) Bajo ( )		
	Colinas ( ) Montañoso ( )		
TIPO DE AFLORAMIENTO	Natural (**X**) Antrópico ( )		**DATOS ESTRUCTURALES**
METEORIZACIÓN	Baja ( ) Media (**X**) Alta ( )		R: 221° / B: 13 SE

CONTEXTO GEOLÓGICO

Nro. DE CAPAS	POTENCIA (m)	TIPO DE ROCA	COLOR	TEXTURA	DESCRIPCIÓN	ESQUEMA
1		Sedimentaria	Gris		Deposito aluvial en los márgenes del rio Uchima, rocas redondeadas en diferentes tamaños, sin cementante, formando depósitos de distintos tamaños a lo largo del rio	

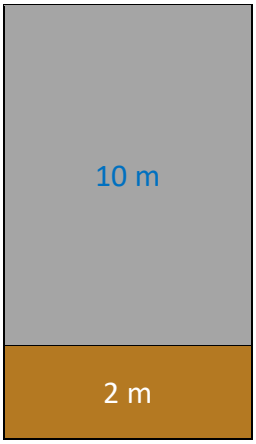
OBSERVACIONES

UNIVERSIDAD NACIONAL DE LOJA FACULTAD DE ENERGÍA, LAS INDUSTRIAS Y LOS RECURSOS NATURALES NO RENOVABLES CARRERA DE INGENIERÍA EN GEOLOGÍA AMBIENTAL Y ORDENAMIENTO TERRITORIAL	**FICHA DE DESCRIPCIÓN DE AFLORAMIENTOS**

ESTUDIO GEOLÓGICO-GEOTÉCNICO PREVIO A LA CONSTRUCCIÓN DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUA POTABLE PARA LA PARROQUIA SAN PEDRO DE VILCABAMBA, CANTÓN Y PROVINCIA DE LOJA.

RESPONSABLE: Jose Miguel Mosquera Romo			**FOTOGRAFÍA**
FECHA: 25-10-2018		N°: 12 GR	
COORDENADAS: Sector de la Piedra Grande			
X: 698037	Y: 9531374	Z: 1556	
CONTEXTO GENERAL			
VEGETACIÓN	Exuberante ( ) Escasa (**X**)		
	Arbustiva (**X**) Arbórea ( ) Herbácea (**X**)		
USO DE SUELO	Agricultura(X) Ganadería ( ) Bosque ( )		
	Vías (**X**) Otro: _____		
RELIEVE	Llano ( ) Bajo ( )		
	Colinas (**X**) Montañoso ( )		
TIPO DE AFLORAMIENTO	Natural (**X**) Antrópico ( )		**DATOS ESTRUCTURALES**
METEORIZACIÓN	Baja ( ) Media (**X**) Alta ( )		R: 84° / B: **60 SE**

CONTEXTO GEOLÓGICO

Nro. DE CAPAS	POTENCIA (m)	TIPO DE ROCA	COLOR	TEXTURA	DESCRIPCIÓN	ESQUEMA
1	10 m	Metamórfica	Gris	Sedosa	Filitas grises con meteorización media, se supone la presencia del contacto entre la Unidad Chiguinda y la formación Sto. Domingo.	
2	2 m	Sedimentaria	Cafés	Áspera	Conglomerado pequeño con cantos angulosos de hasta 2 cm de diámetro y con matriz arenosa	

OBSERVACIONES

FICHAS PARA GEOLOGÍA A DETALLE

UNIVERSIDAD NACIONAL DE LOJA FACULTAD DE ENERGÍA LAS INDUSTRIAS Y LOS RECURSOS NATURALES NO RENOVABLES CARRERA DE INGENIERÍA EN GEOLOGÍA AMBIENTAL Y ORDENAMIENTO TERRITORIAL	**FICHA DE DESCRIPCIÓN DE AFLORAMIENTOS**

ESTUDIO GEOLÓGICO-GEOTÉCNICO PREVIO A LA CONSTRUCCIÓN DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUA POTABLE PARA LA PARROQUIA SAN PEDRO DE VILCABAMBA, CANTÓN Y PROVINCIA DE LOJA.

RESPONSABLE: Jose Miguel Mosquera Romo

FECHA:0 5-06-2018 | N°: 1 GD

COORDENADAS: Punto GPS 60

X: 699765 | Y: 9532605 | Z: 1940

FOTOGRAFÍA

CONTEXTO GENERAL

VEGETACIÓN	Exuberante ( ) Escasa (**X**)
	Arbustiva (**X**) Arbórea ( ) Herbácea (**X**)
USO DE SUELO	Agricultura( ) Ganadería (X) Bosque ( )
	Vías (**X**) Otro: _____
RELIEVE	Llano ( ) Bajo ( )
	Colinas (**X**) Montañoso ( )
TIPO DE AFLORAMIENTO	Natural ( ) Antrópico (**X**)
METEORIZACIÓN	Baja ( ) Media (**X**) Alta ( )

DATOS ESTRUCTURALES

R: 43° | B: **12° SE**

CONTEXTO GEOLÓGICO

Nro. DE CAPAS	POTENCIA (m)	TIPO DE ROCA	COLOR	TEXTURA	DESCRIPCIÓN	ESQUEMA
1	0.90m	Suelo Agrícola	Negro		Capa de suelo agrícola	0.90 m
2	0.5 m	Metamórfica	Marrón		Coluvial de cantos angulosos de hasta 8 cm de diámetro.	0.5 cm
3	Desconocida	Metamórfica	Gris	Sedosa	Filitas y esquistos levemente fracturados.	?

OBSERVACIONES

UNIVERSIDAD NACIONAL DE LOJA FACULTAD DE ENERGÍA LAS INDUSTRIAS Y LOS RECURSOS NATURALES NO RENOVABLES CARRERA DE INGENIERÍA EN GEOLOGÍA AMBIENTAL Y ORDENAMIENTO TERRITORIAL	**FICHA DE DESCRIPCIÓN DE AFLORAMIENTOS**

ESTUDIO GEOLÓGICO-GEOTÉCNICO PREVIO A LA CONSTRUCCIÓN DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUA POTABLE PARA LA PARROQUIA SAN PEDRO DE VILCABAMBA, CANTÓN Y PROVINCIA DE LOJA.

RESPONSABLE: Jose Miguel Mosquera Romo

FECHA:0 5-06-2018 | N°: 2 GD

COORDENADAS: Punto GPS 61

X: 699498 | Y: 9532746 | Z: 1913

FOTOGRAFÍA

CONTEXTO GENERAL

VEGETACIÓN	Exuberante (**X**) Escasa ( )
	Arbustiva (**X**) Arbórea ( ) Herbácea ( )
USO DE SUELO	Agricultura( ) Ganadería (X) Bosque ( )
	Vías ( ) Otro: _____
RELIEVE	Llano ( ) Bajo (**X**)
	Colinas (**X**) Montañoso ( )
TIPO DE AFLORAMIENTO	Natural ( ) Antrópico (**X**)
METEORIZACIÓN	Baja ( ) Media (**X**) Alta ( )

DATOS ESTRUCTURALES

R: 49° | B: **6°**

CONTEXTO GEOLÓGICO

Nro. DE CAPAS	POTENCIA (m)	TIPO DE ROCA	COLOR	TEXTURA	DESCRIPCIÓN	ESQUEMA
1	0.30 m	Suelo Agrícola	Negro		Capa de suelo agrícola, pero con presencia de cantos angulosos	0.3 m
2	1.5	Metamórfica Coluvial	Café	Sedosa	Coluvial de cantos angulosos de hasta 6 cm con una matriz limosa de coloración rojiza	1.5 m

OBSERVACIONES

UNIVERSIDAD NACIONAL DE LOJA FACULTAD DE ENERGÍA LAS INDUSTRIAS Y LOS RECURSOS NATURALES NO RENOVABLES CARRERA DE INGENIERÍA EN GEOLOGÍA AMBIENTAL Y ORDENAMIENTO TERRITORIAL	**FICHA DE DESCRIPCIÓN DE AFLORAMIENTOS**

ESTUDIO GEOLÓGICO-GEOTÉCNICO PREVIO A LA CONSTRUCCIÓN DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUA POTABLE PARA LA PARROQUIA SAN PEDRO DE VILCABAMBA, CANTÓN Y PROVINCIA DE LOJA.

RESPONSABLE: Jose Miguel Mosquera Romo

FECHA: 15-06-2018 | N°: 3 GD

COORDENADAS: Punto GPS 79

X: 699613 | Y: 9532761 | Z: 1948

FOTOGRAFÍA

CONTEXTO GENERAL

VEGETACIÓN	Exuberante (**X**) Escasa ( )
	Arbustiva ( ) Arbórea ( ) Herbácea (**X**)
USO DE SUELO	Agricultura( ) Ganadería (X) Bosque ( )
	Vías ( ) Otro: Sin uso de suelo, ex potrero
RELIEVE	Llano ( ) Bajo ( )
	Colinas (**X**) Montañoso ( )
TIPO DE AFLORAMIENTO	Natural ( ) Antrópico (**X**)
METEORIZACIÓN	Baja ( ) Media (**X**) Alta ( )

DATOS ESTRUCTURALES

R: 52° | B: **3 NE°**

CONTEXTO GEOLÓGICO

Nro. DE CAPAS	POTENCIA (m)	TIPO DE ROCA	COLOR	TEXTURA	DESCRIPCIÓN	ESQUEMA
1	0.30 m	Suelo Agrícola	Negro		Capa de suelo agrícola, pero con presencia de cantos pequeños y raíces	0.3 m
2	0.5 cm	Metamórfica Coluvial	Café	Sedosa	Coluvio con matriz limosa y clastos angulosos <5cm.	0.5 m
3	1 m				Coluvio de matriz arenosa con clastos angulosos <10cm	1 m

OBSERVACIONES
Presencia de clastos de color blanco posiblemente sean cuarcitas.

UNIVERSIDAD NACIONAL DE LOJA FACULTAD DE ENERGÍA LAS INDUSTRIAS Y LOS RECURSOS NATURALES NO RENOVABLES CARRERA DE INGENIERÍA EN GEOLOGÍA AMBIENTAL Y ORDENAMIENTO TERRITORIAL	**FICHA DE DESCRIPCIÓN DE AFLORAMIENTOS**

ESTUDIO GEOLÓGICO-GEOTÉCNICO PREVIO A LA CONSTRUCCIÓN DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUA POTABLE PARA LA PARROQUIA SAN PEDRO DE VILCABAMBA, CANTÓN Y PROVINCIA DE LOJA.

RESPONSABLE: Jose Miguel Mosquera Romo

FECHA: 15-06-2018 | N°: 4 GD

COORDENADAS: Punto GPS 80

X: 699684 | Y: 95327807 | Z: 1978

FOTOGRAFÍA

CONTEXTO GENERAL

VEGETACIÓN	Exuberante ( ) Escasa (**X**)
	Arbustiva ( ) Arbórea ( ) Herbácea (**X**)
USO DE SUELO	Agricultura( ) Ganadería (X) Bosque ( )
	Vías ( ) Otro: Sin uso de suelo, ex potrero
RELIEVE	Llano ( ) Bajo ( )
	Colinas ( ) Montañoso (**X**)
TIPO DE AFLORAMIENTO	Natural ( ) Antrópico (**X**)
METEORIZACIÓN	Baja ( ) Media (**X**) Alta ( )

DATOS ESTRUCTURALES

R: 74° | B: **36 SE°**

CONTEXTO GEOLÓGICO

Nro. DE CAPAS	POTENCIA (m)	TIPO DE ROCA	COLOR	TEXTURA	DESCRIPCIÓN	ESQUEMA
1	0.20 m	Suelo Agrícola	Negro		Capa de suelo agrícola.	0.2 m
2	1.5 m	Metamórfica	Gris	Sedosa	Capas de esquisto con fuerte foliación con espesores promedio de 1 cm con una fuerte inclinación	1.5 m

OBSERVACIONES

Afloramiento de gran magnitud, con mucha foliación y presencia de algunas cuarcitas.

UNIVERSIDAD NACIONAL DE LOJA FACULTAD DE ENERGÍA LAS INDUSTRIAS Y LOS RECURSOS NATURALES NO RENOVABLES CARRERA DE INGENIERÍA EN GEOLOGÍA AMBIENTAL Y ORDENAMIENTO TERRITORIAL	**FICHA DE DESCRIPCIÓN DE AFLORAMIENTOS**

ESTUDIO GEOLÓGICO-GEOTÉCNICO PREVIO A LA CONSTRUCCIÓN DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUA POTABLE PARA LA PARROQUIA SAN PEDRO DE VILCABAMBA, CANTÓN Y PROVINCIA DE LOJA.

RESPONSABLE: Jose Miguel Mosquera Romo			**FOTOGRAFÍA**
FECHA: 15-06-2018		N°: 5 GD	
COORDENADAS:			
X: 699775	Y: 9532751	Z: 1989	
CONTEXTO GENERAL			
VEGETACIÓN	Exuberante (**X**) Escasa ( )		
	Arbustiva (**X**) Arbórea (**X**) Herbácea ( )		
USO DE SUELO	Agricultura( ) Ganadería (X) Bosque ( )		
	Vías ( ) Otro: Sin uso de suelo, ex potrero		
RELIEVE	Llano ( ) Bajo (**X**)		
	Colinas ( ) Montañoso ( )		
TIPO DE AFLORAMIENTO	Natural ( ) Antrópico (**X**)		**DATOS ESTRUCTURALES**
METEORIZACIÓN	Baja ( ) Media (**X**) Alta ( )		R: 45° B: **11° NO**

CONTEXTO GEOLÓGICO

Nro. DE CAPAS	POTENCIA (m)	TIPO DE ROCA	COLOR	TEXTURA	DESCRIPCIÓN	ESQUEMA
1	0.20 m	Suelo Agrícola	Negro		Capa de suelo agrícola, con cantos angulosos	0.2 m
2	1.5m	Metamórfica	Gris	Sedosa	Coluvio de matriz limosa y clastos angulares < 3 cm de origen metamórfico como filitas y esquistos.	1.5 m

OBSERVACIONES

UNIVERSIDAD NACIONAL DE LOJA FACULTAD DE ENERGÍA LAS INDUSTRIAS Y LOS RECURSOS NATURALES NO RENOVABLES CARRERA DE INGENIERÍA EN GEOLOGÍA AMBIENTAL Y ORDENAMIENTO TERRITORIAL	**FICHA DE DESCRIPCIÓN DE AFLORAMIENTOS**

ESTUDIO GEOLÓGICO-GEOTÉCNICO PREVIO A LA CONSTRUCCIÓN DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUA POTABLE PARA LA PARROQUIA SAN PEDRO DE VILCABAMBA, CANTÓN Y PROVINCIA DE LOJA.

RESPONSABLE: Jose Miguel Mosquera Romo			**FOTOGRAFÍA**
FECHA: 15-06-2018		N°: 6 GD	
COORDENADAS:			
X: 699680	Y: 9532875	Z: 2033	
CONTEXTO GENERAL			
VEGETACIÓN	Exuberante (**X**) Escasa ( )		
	Arbustiva (**X**) Arbórea (**X**) Herbácea ( )		
USO DE SUELO	Agricultura( ) Ganadería (X) Bosque ( )		
	Vías ( ) Otro: Sin uso de suelo, ex potrero		
RELIEVE	Llano ( ) Bajo (**X**)		
	Colinas ( ) Montañoso ( )		
TIPO DE AFLORAMIENTO	Natural ( ) Antrópico (**X**)		**DATOS ESTRUCTURALES**
METEORIZACIÓN	Baja ( ) Media (**X**) Alta ( )		R: 352° B: **18° NO**

CONTEXTO GEOLÓGICO

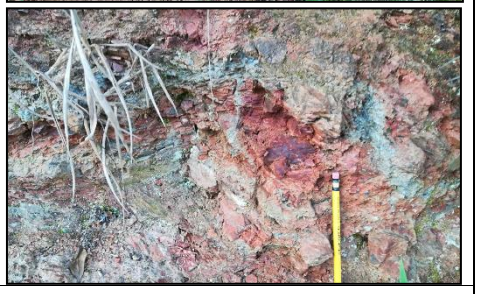
Nro. DE CAPAS	POTENCIA (m)	TIPO DE ROCA	COLOR	TEXTURA	DESCRIPCIÓN	ESQUEMA
1	0.20 m	Suelo Agrícola	Negro		Capa de suelo agrícola.	0.2 m
2	1 m	Metamórfica	Marrón	Sedosa	Coluvio rojizo de matriz limosa y cantos angulosos con diámetros menores a 2 cm	1 m
3	0.5 m	Metamórfica	Gris	Sedosa	Finas capas de esquisto con espesores de 1 cm color gris	0.5 m

OBSERVACIONES
Posible presencia de un pliegue con su eje central con dirección de 20°

UNIVERSIDAD NACIONAL DE LOJA FACULTAD DE ENERGÍA LAS INDUSTRIAS Y LOS RECURSOS NATURALES NO RENOVABLES CARRERA DE INGENIERÍA EN GEOLOGÍA AMBIENTAL Y ORDENAMIENTO TERRITORIAL	**FICHA DE DESCRIPCIÓN DE AFLORAMIENTOS**

ESTUDIO GEOLÓGICO-GEOTÉCNICO PREVIO A LA CONSTRUCCIÓN DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUA POTABLE PARA LA PARROQUIA SAN PEDRO DE VILCABAMBA, CANTÓN Y PROVINCIA DE LOJA.

RESPONSABLE: Jose Miguel Mosquera Romo			**FOTOGRAFÍA**
FECHA: 15-06-2018		N°: 6 GD	
COORDENADAS: Punto GPS 85			
X: 699455	Y: 9532881	Z: 1984	
CONTEXTO GENERAL			
VEGETACIÓN	Exuberante (**X**) Escasa ( )		
	Arbustiva (**X**) Arbórea ( ) Herbácea (**X**)		
USO DE SUELO	Agricultura( ) Ganadería (X) Bosque ( )		
	Vías ( ) Otro: Sin uso de suelo, ex potrero		
RELIEVE	Llano ( ) Bajo (**X**)		
	Colinas ( ) Montañoso ( )		
TIPO DE AFLORAMIENTO	Natural ( ) Antrópico (**X**)		**DATOS ESTRUCTURALES**
METEORIZACIÓN	Baja ( ) Media (**X**) Alta ( )		R: 22° B: **20° SE**



CONTEXTO GEOLÓGICO

Nro. DE CAPAS	POTENCIA (m)	TIPO DE ROCA	COLOR	TEXTURA	DESCRIPCIÓN	ESQUEMA
1	0.20 m	Suelo Agrícola	Negro		Capa de suelo agrícola.	0.2 m
2	0.40 m	Metamórfica	Marrón	Sedosa	Coluvio de matriz arenosa y cantos angulosos de tonos grises y diámetros menores a 5cm	0.40 m
3	1.5 m	Metamórfica	Gris	Sedosa	Capas de esquisto en promedio de 1.5 cm, con algunas intrusiones de cuarcitas.	1.5 m

OBSERVACIONES

UNIVERSIDAD NACIONAL DE LOJA FACULTAD DE ENERGÍA LAS INDUSTRIAS Y LOS RECURSOS NATURALES NO RENOVABLES CARRERA DE INGENIERÍA EN GEOLOGÍA AMBIENTAL Y ORDENAMIENTO TERRITORIAL	**FICHA DE DESCRIPCIÓN DE AFLORAMIENTOS**

ESTUDIO GEOLÓGICO-GEOTÉCNICO PREVIO A LA CONSTRUCCIÓN DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUA POTABLE PARA LA PARROQUIA SAN PEDRO DE VILCABAMBA, CANTÓN Y PROVINCIA DE LOJA.

RESPONSABLE: Jose Miguel Mosquera Romo

FECHA: 15-06-2018 | N°: 7 GD

COORDENADAS: Punto GPS 89

X: 699506 | Y: 9532853 | Z: 1961

FOTOGRAFÍA

CONTEXTO GENERAL

VEGETACIÓN	Exuberante ( ) Escasa (**X**)
	Arbustiva ( ) Arbórea (**X**) Herbácea (**X**)
USO DE SUELO	Agricultura( ) Ganadería (X) Bosque ( )
	Vías ( ) Otro: Sin uso de suelo, ex potrero
RELIEVE	Llano ( ) Bajo ( )
	Colinas ( ) Montañoso (**X**)
TIPO DE AFLORAMIENTO	Natural ( ) Antrópico (**X**)
METEORIZACIÓN	Baja ( ) Media ( ) Alta (**X**)

DATOS ESTRUCTURALES

R: **52°** | B: **29° SE**

CONTEXTO GEOLÓGICO

Nro. DE CAPAS	POTENCIA (m)	TIPO DE ROCA	COLOR	TEXTURA	DESCRIPCIÓN	ESQUEMA
1	0.20 m	Suelo Agrícola	Negro		Capa de suelo agrícola.	0.2 m
2	4 m	Metamórfica	Marrón Gris	Sedosa	Afloramiento que muestra intercalaciones de rocas metamórficas como lutitas, esquistos y algunas intrusiones de cuarcitas.	4 m

OBSERVACIONES

Posible existencia de una falla inversa el eje de falla tiene un azimut de 290° y un buzamiento de 36° NO. Las capas de los flancos de la falla tienen un azimut de 52 grados y un buzamiento de 29 grados hacia el SE.

ANEXO 4

FICHAS DE INVENTARIO

DE MOVIMIENTOS EN MASA

INVENTARIO DE MOVIMIENTOS EN MASA
FORMATO DE CAPTURA

I. INFORMACION GENERAL

No IDENTIFICADOR	ORGANISMO	FECHA	RESPONSABLE
1	UNL	05-12-2018	Jose Miguel Mosquera

II. LOCALIZACION

Loja, Loja, San Pedro de Vilcabamba, Séctor Chalaca

REFERENCIA GEOGRAFICA

- [X] ZONA RURAL SIN INFRAESTRUCTURA
- [ ] ZONA RURAL CON INFRAESTRATURA
- [ ] ZONA SUBURBANA
- [ ] ZONA URBANA

METODO

- [X] GPS
- [ ] PLANCHA
- [ ] OTRO

GEOREFERENCIACION

	COORDENADAS GEOGRAFICAS		COORDENADAS PLANAS		
	LATITUD	LONGITUD	NORTE (Y)	ESTE (X>)	ALTITUD
CORONA			9532833	699380	1956
CENTRO					
PATA			9532816	699379	1944

Carta Topográfica Vilcabamba
PLANCHA (No, Fuente y Escala)

III. DESCRIPCION GENERAL DEL ENTORNO DEL MOVIMIENTO EN MASA

LITOLOGIA PREDOMINANTE

- [ ] ROCA
  - [ ] IGNEA — TIPO
  - [ ] SEDIMENTARIA — TPO
  - [X] METAMORFICA — TIPO: Lutitas, esquistos y cuarcitas
- [X] FM. SUPERF. DEPÓSITO
  - [ ] SUELO RESIDUAL
  - [ ] ALUVIAL
  - [X] COLUVIAL — Matriz Arenosa tonos amarillos
  - [ ] FLUVIOGLACIAR
  - [ ] TORRENCIAL
  - [ ] GLACIAR
  - [ ] VOLCANICO
  - [ ] ANTIGUO DESLIZAMIENTO
  - [ ] OTRO
- [ ] SUELO
  - [ ] ORGANICO
  - [ ] HORIZONTE (S)

UNIDAD(ES) GEOLOGICA(S): Chiguinda
NOMBRE

ESTRUCTURA LOCAL

- [ ] ESTRATIFICACION
- [ ] FOLIACION
- [ ] ESQUISTOCIDAD
- [ ] DIACLASA
- [ ] CIZALLA
- [ ] DIQUE
- [ ] SIN ESTRUCTURA APARENTE

ORIENTACION PREFERENCIAL

ESTRUCTURA REGIONAL

- [ ] FALLA
- [ ] PLIEGUE
- [ ] FRACTURA
- [ ] SIN RELACIÓN ESTRUCTURAL
- [ ] OTRA

METEORIZACION

- [ ] FRESCA
- [ ] POCO METEORIZADA
- [ ] MODERADAMENTE METEORIZADA
- [X] MUY METEORIZADA
- [ ] COMPLETAMENTE METEORIZADA

FRACTURAMIENTO DEL MACIZO ROCOSO

- [ ] MACIZO
- [ ] POCO FRACTURADO
- [ ] LIGERAMENTE FRACTURAO
- [ ] MODERADAMENTE FRACTURADO
- [X] MUY FRACTURADO
- [ ] TRITURADO

GEOMORFOLOGIA

AMBIENTE MOFOGENETICO

- [X] DENUDACIONAL
- [ ] DENUDACIONAL ESTRUCTURAL
- [ ] FLUVIAL - ALUVIAL
- [ ] GLACIAR
- [ ] PERIGLACIAR
- [ ] EOLICO
- [ ] VOLCANICO
- [ ] COSTERO
- [ ] MARINO
- [ ] ANTROPICO
- [ ] OTRO

GEOFORMA

- [ ] COLINA
- [X] MONTAÑA
- [ ] PIEDEMONTE
- [ ] ESCARPE
- [ ] VALLE
- [ ] CAÑON
- [ ] ABANICO
- [ ] VOLCAN
- [ ] OTRO

FORMA DE LA PENDIENTE

- [ ] RECTA
- [X] CONVEXA
- [ ] CONCAVA
- [ ] ONDULADA
- [ ] IREGULAR

LONGITUD DE LA PENDIENTE

- [X] MUY CORTA (< 50M)
- [ ] CORTA (50-250 M)
- [ ] MODER. LARGA (250 - 500 M)
- [ ] LARGA 500 - 1000 M)
- [ ] MUY LARGA (1000-2500 M)
- [ ] EXTREM. LARGA (>25000 M)

INCLINACION DE LA PENDIENTE

- [ ] < 5º plana a suavemente inclinada
- [ ] 6-10º moderadamente inclinada
- [ ] 11-15º inclinada
- [ ] 16º-30º abrupta
- [X] 31-45 escarpada
- [ ] >45º muy escarpada

EROSION

TIPO

- [X] LAMINAR
- [ ] SURCOS
- [ ] CARCAVAS
- [ ] HONDONADAS
- [ ] TIERRAS MALA
- [ ] SIN EROSION

INTENSIDAD

- [ ] BAJA
- [X] MODERADA
- [ ] ALTA

COBERTURA DEL SUELO

- [ ] BOSQUES
- [X] ARBUSTOS
- [ ] PASTOS
- [ ] SUELOS DESNUDOS
- [ ] AFLORAMIENTOS ROCOSOS
- [ ] URBANO

USO DEL SUELO

- [ ] INFRAESTRUCTURA
- [ ] AGRICULTURA
- [ ] GANADERIA
- [X] FORESTAL
- [ ] INDUSTRIAL
- [ ] URBANO
- [ ] MINERO ACTIVO
- [ ] MINERO INACTIVO
- [ ] OTRO

CUERPOS DE AGUA

- [ ] RÍOS
- [ ] QUEBRADAS
- [ ] LAGUNAS LAGOS
- [ ] ESTANQUES
- [ ] REPRESAS
- [ ] OTRO

HUMEDAD

- [X] SECO
- [ ] HUMEDO
- [ ] SATURADO
- [ ] ENCHARCADO
- [ ] INUNDADO
- [ ] OTROS

INFILTRACION

TERRENO	MASA DESLIZADA
VELOCIDAD	
INFILTRACION BASICA	

IV. DESCRIPCION DEL MOVIMIENTO EN MASA

ANTECEDENTES

Enero 2016
FECHA INICIAL DETONANTE

Septiembre 2018
FECHA ULTIMA REACTIVACION

NUMERO DE REACTIVACIONES IMPORTANTES _____

NOMBRE DEL MOVIMIENTO _____

TIPO DE MOVIMIENTO

- [ ] CAIDA
- [ ] FLUJO
- [X] DESLIZAMIENTO
- [ ] VOLCAMIENTO
- [ ] PROPAGACION LATERAL
- [ ] HUNDIMIENTO
- [ ] REPTACION
- [ ] MOVIMIENTO COMPLEJO
- [ ] AVENIDA TORRENCIAL
- [ ] AVALANCHA

DESPLAZAMIENTO RELATIVO

- [ ] LENTO
- [ ] MODERADO
- [X] RAPIDO

VELOCIDAD DE MOVIMIENTO

- [ ] EXTREMADAMENTE LENTO (< 0.06 m/año)
- [ ] MUY LENTO (0.06 m/año - 1.5 m/año)
- [ ] LENTO (1.5 m/año - 1.5 m/mes)
- [ ] MODERADO (1.5 m/mes - 1.5 m/dia)
- [X] RAPIDO (1.5 m/dia - 0.3 m/min)
- [ ] MUY RAPIDO (0.3 m/min. - 3 m/s)
- [ ] EXTREMADAMENTE RAPIDO (>3 m/s)

MATERIAL DESPLAZADO

- [ ] SUELO ORGANICO
- [X] SUELO RESIDUAL
- [X] FRAGMENTOS DE ROCA
- [ ] RESTOS VEGETALES (TRONCOS Y ARBUSTOS)
- [ ] ESCOMBROS DE CONSTRUCIONES
- [ ] OTROS _____

TAMAÑO PREDOMINANTE DEL MATERIAL DESPLAZADO

MATRIZ 60 %

- [ ] ARCILLAS
- [ ] LIMOS
- [X] ARENAS
- [X] GRAVAS

FRAGMENTOS 40 %

- [X] CANTOS
- [X] GUIJOS
- [X] BLOQUES

ACTIVIDAD RELATIVA

- [ ] ACTIVO
- [ ] ACTIVO CONTINUO
- [X] ACTIVO INTERMITENTE
- [ ] ACTIVO PROGRESIVO
- [ ] ACTIVO DECRECIENTE
- [ ] DURMIENTE
- [ ] ESTABILIZADO
- [ ] INACTIVO

EDAD RELATIVA

- [X] RECIENTE
- [ ] ANTIGUO
- [ ] FOSIL

GRADO DE DESARROLLO

- [ ] IMPERCEPTIBLE
- [X] DESARROLLADO
- [ ] TRANSFORMADO

AVANCE

- [ ] GRAVITATORIO
- [ ] EN GRABEN
- [ ] LATERAL
- [X] PROGRESIVO
- [ ] RETROGRESIVO
- [ ] ALEATORIO
- [ ] NO EVIDENTE

FORMA DE OCURRENCIA

- [X] UNICO
- [ ] COMPUESTO
- [ ] SATÉLITE
- [ ] ENJAMBRE

MECANISMO DE RUPTURA

- [ ] ROTACIONAL
- [ ] ROTACIONAL SIMPLE
- [ ] ROTACIONAL SUCESIVO
- [ ] ROTACIONAL MULTIPLE
- [ ] PLANAR
- [X] TRANSLACIONAL ESTRUCTURAL
- [ ] COMPLEJO O MIXTO
- [ ] NO EVIDENTE

13. POSICION DEL PLANO DE FALLA

- [ ] SUELO ORGANICO -SUELO RESIDUAL
- [ ] SUELO RESIDUAL
- [ ] SUELO RESIDUAL - ROCA
- [ ] ROCA METEORIZADA
- [X] ROCA METEORIZADA ROCA FRESCA
- [ ] ROCA FRACTURADA
- [ ] FORMACION SUPERFICIAL
- [ ] FORMACION SUPERFICIAL - ROCA
- [ ] NO EVIDENTE

GEOMETRIA DEL DEPOSITO

- [ ] ELONGADO
- [X] EQUIDIMENSIONAL
- [ ] IRREGULAR

PENDIENTE INICIAL 30

PENDIENTE FINAL 35

FORMA DEL DEPOSITO

- [X] ABANICO
- [ ] CONO
- [ ] LENGUA
- [ ] COLADAS
- [ ] LUPAS
- [ ] LAMINAS
- [ ] LOBULOS
- [ ] OTRA

DIMENSIONES

DESPLAZAMIENTO MAXI. _____
ANCHO 20m
ALTITUD RELATIVA 15m
ÁREA 300m2
ESPESOR MAX. 1.5
volumen 450m3

ELEMENTOS GEOMORFOLOGICOS VISIBLES

- [X] CABEZA
  - [X] CORONA
  - [ ] FISURAS DE CORONACION
  - [X] ESCARPE PRINCIPAL
  - [ ] ESCARPES SECUNDARIOS
  - [ ] GRADINES
- [X] CUERPO
  - [ ] FISURAS LONGITUDINALES
  - [X] FLANCO DERECHO
  - [X] FLANCO IZQUIERDO
  - [ ] DEPRESION
- [X] PIE
  - [ ] PROTUBERANCIA
  - [ ] FISURAS RADIALES
- [ ] FRENTE
  - [ ] ABOMBAMIENTO
- [ ] PATA
  - [ ] LOBULOS

FACTORES INTRINSECOS CONTRIBUYENTES

- [X] LITOLOGIA
- [X] METEORIZACION
- [X] FRACTURAMIENTO
- [ ] MORFOLOGIA
- [X] PENDIENTE
- [ ] EROSION

FACTORES DETONANTES

- [ ] SISMO
- [ ] LLUVIA
- [ ] CRECIENTE
- [X] ANTROPICO
- [ ] ERUPCION VOLCANICA
- [ ] OTRO MOVIMIENTO EN MASA
- [ ] INFILTRACION AGUAS
- [ ] OTRO

CAUSAS

- [ ] SOBRECARGA
- [ ] DETONACIONES
- [ ] DEFORESTACION
- [ ] MINERIA
- [X] CORTES INADECUADOS
- [ ] SATURACION
- [ ] SOBRE PASTOREO
- [ ] URBANISMO
- [ ] RUPTURA DE TUBERIAS
- [ ] VERTIMIENTO DE AGUAS HERVIDAS

POSICION

- [ ] TALUD
- [ ] LADERA BAJA
- [ ] LADERA MEDIA
- [ ] LADERA SUPERIOR
- [ ] CIMA

V DAÑOS Y EFECTOS

CORPORALES

	CUANTIFIQUE
[ ] PERDIDAS HUMANAS	
[ ] HERIDOS	
[ ] FAMI. DANMIFICADAS	
[ ] PERDIDAS DE ANIMALES	

ESTRUCTURALES

	CUANTIFIQUE
[ ] VIVIENDAS DESTRUIDAS	
[ ] VIVIENDAS AVERIADAS	
[ ] PUENTE (S)	
[ ] POSTES	
[X] VIAS	0.2 Km
[ ] TUBERIAS	
[ ] OTROS	

FUNCIONAL

- [ ] RECREACIONAL
- [ ] COMERCIAL
- [ ] HABITACIONAL
- [X] SERVICIOS PUBLICOS
- [ ] SERVICIOS ADMINISTRATIVOS
- [ ] SOCIAL
- [ ] PATRIMONIAL
- [ ] OTROS

MEDIDAS DE CONTROL

- [X] DISEÑOS DE TALUDES
- [ ] CONTROL DE DRENAJE
- [ ] DISTRIBUCION DE MASAS
- [ ] REFORESTACION
- [X] MUROS DE CONTENCION
- [ ] INSTRUMENTACION
- [ ] OTRAS

EFECTOS AMBIENTALES

- [ ] DESTRUCCION DE BOSQUES
- [ ] OBSTRUCCION DE CAUCE
- [ ] CONTAMINACION
- [ ] OTRO

VI. INFORMACIÓN COMPLEMENTARIA

INFORMACION DE LLUVIAS

LLUVIA ULTIMO DIA	0	mm
LLUVIA 3 DIAS	0	mm
LLUVIA 10 DIAS	3	mm
PERSISTENCIA		dias
P. DE RETORNO	1	AÑOS

SISMO DETONANTE

DISTANCIA AL EPICERNTRO _____
PROFUNDIDAD DEL SISMO _____
MAGNITUD RICHTER _____
INTENSIDAD MERCALI _____

CALIFICACION MOVIMIENTO

INTENSIDAD[1] 1

MAGNITUD[2] Moderada

REGISTROS DE ARCHIVO

- [ ] VIDEO _____
- [ ] REGISTRO FOTOGRAFICO X
- [ ] OTRO _____

INVENTARIO DE MOVIMIENTOS EN MASA
FORMATO DE CAPTURA

I. INFORMACION GENERAL

No IDENTIFICADOR	ORGANISMO	FECHA	RESPONSABLE
2	UNL	05-12-2018	Jose Miguel Mosquera

II. LOCALIZACION

Loja, Loja, San Pedro de Vilcabamba, Séctor Chalaca

REFERENCIA GEOGRAFICA

- [X] ZONA RURAL SIN INFRAESTRUCTURA
- [ ] ZONA RURAL CON INFRAESTRATURA
- [ ] ZONA SUBURBANA
- [ ] ZONA URBANA

METODO
- [X] GPS
- [ ] PLANCHA
- [ ] OTRO

GEOREFERENCIACION

	COORDENADAS GEOGRAFICAS LATITUD	LONGITUD	COORDENADAS PLANAS NORTE (Y)	ESTE (X>)	ALTITUD
CORONA			9532817	699546	1980
CENTRO					
PATA			9532816	699534	1971

Carta Topográfica Vilcabamba
PLANCHA (No, Fuente y Escala)

III. DESCRIPCION GENERAL DEL ENTORNO DEL MOVIMIENTO EN MASA

LITOLOGIA PREDOMINANTE

- [X] ROCA
  - [ ] IGNEA — TIPO
  - [ ] SEDIMENTARIA — TPO
  - [X] METAMORFICA — Esquisto sericitico, filitas — TIPO
- [X] FM. SUPERF. DEPÓSITO
  - [ ] SUELO RESIDUAL
  - [ ] ALUVIAL
  - [X] COLUVIAL — Matriz Arenosa de tono grises
  - [ ] FLUVIOGLACIAR
  - [ ] TORRENCIAL
  - [ ] GLACIAR
  - [ ] VOLCANICO
  - [ ] ANTIGUO DESLIZAMIENTO
  - [ ] OTRO
- [ ] SUELO
  - [ ] ORGANICO
  - [ ] HORIZONTE (S)

UNIDAD(ES) GEOLOGICA(S) Chiguinda
NOMBRE

ESTRUCTURA LOCAL

- [ ] ESTRATIFICACION
- [X] FOLIACION
- [ ] ESQUISTOCIDAD
- [X] DIACLASA
- [ ] CIZALLA
- [ ] DIQUE
- [ ] SIN ESTRUCTURA APARENTE

S55°O
ORIENTACION PREFERENCIAL

ESTRUCTURA REGIONAL

- [ ] FALLA
- [ ] PLIEGUE
- [ ] FRACTURA
- [ ] SIN RELACIÓN ESTRUCTURAL
- [ ] OTRA

METEORIZACION

- [ ] FRESCA
- [ ] POCO METEORIZADA
- [ ] MODERADAMENTE METEORIZADA
- [X] MUY METEORIZADA
- [ ] COMPLETAMENTE METEORIZADA

FRACTURAMIENTO DEL MACIZO ROCOSO

- [ ] MACIZO
- [ ] POCO FRACTURADO
- [ ] LIGERAMENTE FRACTURAO
- [X] MODERADAMENTE FRACTURADO
- [ ] MUY FRACTURADO
- [ ] TRITURADO

GEOMORFOLOGIA

AMBIENTE MOFOGENETICO
- [X] DENUDACIONAL
- [ ] DENUDACIONAL ESTRUCTURAL
- [ ] FLUVIAL - ALUVIAL
- [ ] GLACIAR
- [ ] PERIGLACIAR
- [ ] EOLICO
- [ ] VOLCANICO
- [ ] COSTERO
- [ ] MARINO
- [ ] ANTROPICO
- [ ] OTRO

GEOFORMA
- [ ] COLINA
- [X] MONTAÑA
- [ ] PIEDEMONTE
- [ ] ESCARPE
- [ ] VALLE
- [ ] CAÑON
- [ ] ABANICO
- [ ] VOLCAN
- [ ] OTRO

FORMA DE LA PENDIENTE
- [ ] RECTA
- [ ] CONVEXA
- [X] CONCAVA
- [ ] ONDULADA
- [ ] IREGULAR

LONGITUD DE LA PENDIENTE
- [X] MUY CORTA (< 50M)
- [ ] CORTA (50-250 M)
- [ ] MODER. LARGA (250 - 500 M)
- [ ] LARGA 500 - 1000 M)
- [ ] MUY LARGA (1000-2500 M)
- [ ] EXTREM. LARGA (>25000 M)

INCLINACION DE LA PENDIENTE
- [ ] < 5º plana a suavemente inclinada
- [ ] 6-10º moderadamente inclinada
- [ ] 11-15º inclinada
- [X] 16º-30º abrupta
- [ ] 31-45 escarpada
- [ ] >45º muy escarpada

EROSION

TIPO
- [X] LAMINAR
- [ ] SURCOS
- [ ] CARCAVAS
- [ ] HONDONADAS
- [ ] TIERRAS MALA
- [ ] SIN EROSION

INTENSIDAD
- [ ] BAJA
- [X] MODERADA
- [ ] ALTA

COBERTURA DEL SUELO
- [ ] BOSQUES
- [X] ARBUSTOS
- [ ] PASTOS
- [ ] SUELOS DESNUDOS
- [ ] AFLORAMIENTOS ROCOSOS
- [ ] URBANO

USO DEL SUELO
- [ ] INFRAESTRUCTURA
- [ ] AGRICULTURA
- [ ] GANADERIA
- [X] FORESTAL
- [ ] INDUSTRIAL
- [ ] URBANO
- [ ] MINERO ACTIVO
- [ ] MINERO INACTIVO
- [ ] OTRO

CUERPOS DE AGUA
- [ ] RÍOS
- [ ] QUEBRADAS
- [ ] LAGUNAS LAGOS
- [ ] ESTANQUES
- [ ] REPRESAS
- [ ] OTRO

HUMEDAD
- [X] SECO
- [ ] HUMEDO
- [ ] SATURADO
- [ ] ENCHARCADO
- [ ] INUNDADO
- [ ] OTROS

INFILTRACION

	TERRENO	MASA DESLIZADA
VELOCIDAD		
INFILTRACION BASICA		

IV. DESCRIPCION DEL MOVIMIENTO EN MASA

ANTECEDENTES

Enero 2016
FECHA INICIAL DETONANTE

Septiembre 2018
FECHA ULTIMA REACTIVACION

NUMERO DE REACTIVACIONES IMPORTANTES _____

NOMBRE DEL MOVIMIENTO _____

TIPO DE MOVIMIENTO

- [ ] CAIDA
- [ ] FLUJO
- [X] DESLIZAMIENTO
- [ ] VOLCAMIENTO
- [ ] PROPAGACION LATERAL
- [ ] HUNDIMIENTO
- [ ] REPTACION
- [ ] MOVIMIENTO COMPLEJO
- [ ] AVENIDA TORRENCIAL
- [ ] AVALANCHA

DESPLAZAMIENTO RELATIVO

- [ ] LENTO
- [ ] MODERADO
- [X] RAPIDO

VELOCIDAD DE MOVIMIENTO

- [ ] EXTREMADAMENTE LENTO (< 0.06 m/año)
- [ ] MUY LENTO (0.06 m/año - 1.5 m/año)
- [ ] LENTO (1.5 m/año - 1.5 m/mes)
- [ ] MODERADO (1.5 m/mes - 1.5 m/dia)
- [X] RAPIDO (1.5 m/dia - 0.3 m/min)
- [ ] MUY RAPIDO (0.3 m/min. - 3 m/s)
- [ ] EXTREMADAMENTE RAPIDO (>3 m/s)

MATERIAL DESPLAZADO

- [ ] SUELO ORGANICO
- [X] SUELO RESIDUAL
- [X] FRAGMENTOS DE ROCA
- [ ] RESTOS VEGETALES (TRONCOS Y ARBUSTOS)
- [ ] ESCOMBROS DE CONSTRUCIONES
- [ ] OTROS _____

TAMAÑO PREDOMINANTE DEL MATERIAL DESPLAZADO

MATRIZ 70 % FRAGMENTOS 30 %

- [ ] ARCILLAS
- [ ] LIMOS
- [X] ARENAS
- [X] GRAVAS

- [X] CANTOS
- [X] GUIJOS
- [X] BLOQUES

ACTIVIDAD RELATIVA

- [ ] ACTIVO
- [ ] ACTIVO CONTINUO
- [X] ACTIVO INTERMITENTE
- [ ] ACTIVO PROGRESIVO
- [ ] ACTIVO DECRECIENTE
- [ ] DURMIENTE
- [ ] ESTABILIZADO
- [ ] INACTIVO

EDAD RELATIVA

- [X] RECIENTE
- [ ] ANTIGUO
- [ ] FOSIL

GRADO DE DESARROLLO

- [ ] IMPERCEPTIBLE
- [X] DESARROLLADO
- [ ] TRANSFORMADO

AVANCE

- [ ] GRAVITATORIO
- [ ] EN GRABEN
- [ ] LATERAL
- [X] PROGRESIVO
- [ ] RETROGRESIVO
- [ ] ALEATORIO
- [ ] NO EVIDENTE

FORMA DE OCURRENCIA

- [X] UNICO
- [ ] COMPUESTO
- [ ] SATÉLITE
- [ ] ENJAMBRE

MECANISMO DE RUPTURA

- [ ] ROTACIONAL
- [ ] ROTACIONAL SIMPLE
- [ ] ROTACIONAL SUCESIVO
- [ ] ROTACIONAL MULTIPLE
- [ ] PLANAR
- [X] TRANSLACIONAL ESTRUCTURAL
- [ ] COMPLEJO O MIXTO
- [ ] NO EVIDENTE

13. POSICION DEL PLANO DE FALLA

- [ ] SUELO ORGANICO -SUELO RESIDUAL
- [ ] SUELO RESIDUAL
- [ ] SUELO RESIDUAL - ROCA
- [ ] ROCA METEORIZADA
- [X] ROCA METEORIZADA ROCA FRESCA
- [ ] ROCA FRACTURADA
- [ ] FORMACION SUPERFICIAL
- [ ] FORMACION SUPERFICIAL - ROCA
- [ ] NO EVIDENTE

GEOMETRIA DEL DEPOSITO

- [ ] ELONGADO
- [X] EQUIDIMENSIONAL
- [ ] IRREGULAR

PENDIENTE INICIAL 25

PENDIENTE FINAL 30

FORMA DEL DEPOSITO

- [X] ABANICO
- [ ] CONO
- [ ] LENGUA
- [ ] COLADAS
- [ ] LUPAS
- [ ] LAMINAS
- [ ] LOBULOS
- [ ] OTRA

DIMENSIONES

DESPLAZAMIENTO MAXI. _____
ANCHO 25m
ALTITUD RELATIVA 12m
ÁREA 180m2
ESPESOR MAX. 1.25
volumen 225m3

ELEMENTOS GEOMORFOLOGICOS VISIBLES

- [X] CABEZA
  - [X] CORONA
  - [ ] FISURAS DE CORONACION
  - [X] ESCARPE PRINCIPAL
  - [ ] ESCARPES SECUNDARIOS
  - [ ] GRADINES
- [X] CUERPO
  - [ ] FISURAS LONGITUDINALES
  - [X] FLANCO DERECHO
  - [X] FLANCO IZQUIERDO
  - [ ] DEPRESION
- [X] PIE
  - [ ] PROTUBERANCIA
  - [ ] FISURAS RADIALES
- [ ] FRENTE
  - [ ] ABOMBAMIENTO
- [ ] PATA
  - [ ] LOBULOS

FACTORES INTRINSECOS CONTRIBUYENTES

- [X] LITOLOGIA
- [X] METEORIZACION
- [X] FRACTURAMIENTO
- [ ] MORFOLOGIA
- [X] PENDIENTE
- [ ] EROSION

FACTORES DETONANTES

- [ ] SISMO
- [ ] LLUVIA
- [ ] CRECIENTE
- [X] ANTROPICO
- [ ] ERUPCION VOLCANICA
- [ ] OTRO MOVIMIENTO EN MASA
- [ ] INFILTRACION AGUAS
- [ ] OTRO

CAUSAS

- [ ] SOBRECARGA
- [ ] DETONACIONES
- [ ] DEFORESTACION
- [ ] MINERIA
- [X] CORTES INADECUADOS
- [ ] SATURACION
- [ ] SOBRE PASTOREO
- [ ] URBANISMO
- [ ] RUPTURA DE TUBERIAS
- [ ] VERTIMIENTO DE AGUAS HERVIDAS

POSICION

- [ ] TALUD
- [ ] LADERA BAJA
- [ ] LADERA MEDIA
- [ ] LADERA SUPERIOR
- [ ] CIMA

V DAÑOS Y EFECTOS

CORPORALES

	CUANTIFIQUE
[ ] PERDIDAS HUMANAS	
[ ] HERIDOS	
[ ] FAMI. DANMIFICADAS	
[ ] PERDIDAS DE ANIMALES	

ESTRUCTURALES

	CUANTIFIQUE
[ ] VIVIENDAS DESTRUIDAS	
[ ] VIVIENDAS AVERIADAS	
[ ] PUENTE (S)	
[ ] POSTES	
[X] VIAS	0.2 Km
[ ] TUBERIAS	
[ ] OTROS	

FUNCIONAL

- [ ] RECREACIONAL
- [ ] COMERCIAL
- [ ] HABITACIONAL
- [X] SERVICIOS PUBLICOS
- [ ] SERVICIOS ADMINISTRATIVOS
- [ ] SOCIAL
- [ ] PATRIMONIAL
- [ ] OTROS

MEDIDAS DE CONTROL

- [X] DISEÑOS DE TALUDES
- [ ] CONTROL DE DRENAJE
- [ ] DISTRIBUCION DE MASAS
- [ ] REFORESTACION
- [X] MUROS DE CONTENCION
- [ ] INSTRUMENTACION
- [ ] OTRAS

EFECTOS AMBIENTALES

- [ ] DESTRUCCION DE BOSQUES
- [ ] OBSTRUCCION DE CAUCE
- [ ] CONTAMINACION
- [ ] OTRO

VI. INFORMACIÓN COMPLEMENTARIA

INFORMACION DE LLUVIAS

LLUVIA ULTIMO DIA 0 mm
LLUVIA 3 DIAS 0 mm
LLUVIA 10 DIAS 3 mm
PERSISTENCIA _____ dias
P. DE RETORNO 1 AÑOS

SISMO DETONANTE

DISTANCIA AL EPICERNTRO _____
PROFUNDIDAD DEL SISMO _____
MAGNITUD RICHTER _____
INTENSIDAD MERCALI _____

CALIFICACION MOVIMIENTO

INTENSIDAD[1] 1
MAGNITUD[2] Baja

REGISTROS DE ARCHIVO

- [ ] VIDEO _____
- [ ] REGISTRO FOTOGRAFICO X
- [ ] OTRO _____

ANEXO 5

RESULTADOS DE LABORATORIO DE CALICATAS Y SPT

"GEOCONS"
GEOTECNIA - CONSULTORA & CONSTRUCTORA

Telf: 072-540907
Cel: 0994974048

PROYECTO	**ESTUDIO GEOLÓGICO GEOTÉCNICO PREVIO A LA CONSTRUCCIÓN DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUA POTABLE PARA LA PARROQUIA SAN PEDRO DE VILCABAMBA, CANTÓN Y PROVINCIA DE LOJA**		
SONDEO	**CALICATA N° 1**	**FECHA DE ENSAYO:**	**19 de octubre de 2018**
SOLICITA	**SR. JOSÉ MIGUEL MOSQUERA**	**FECHA DE INFORME:**	**22 de octubre de 2018**

MATERIAL CIMENTABLE:	CL	**COLOR:**	CAFÉ
TIPO ESTRATO CIMENTABLE	ARCILLA DE BAJA PLASTICIDAD ARENOSA		
DENSIDAD DEL MATERIAL (ϒ=)	1.295 Tn/m3	12.70 KN/m3	

CUADRO DE NUMERO DE GOLPES DE CAMPO SPT N° 1

Profundidad	N° golpes			N° golpes	q=PRESION DE TRABAJO Tn/m2	N_correg	N_correg
m.	15cm.	30 cm	45 cm	SPT -TOTAL		$N_{corr} = N * \left(0.77 * \log\left(\frac{1.95 \cdot 2}{\bar{q}}\right)\right)$	$Ncorr = N + (0.5 * (N - 15))$
1.00	6	5	5	10	1.30	10	10
2.00	6	5	5	10	2.59	10	10
3.00	7	6	6	12	3.89	16	12
4.00	10	12	15	27	5.18	33	33
5.00	25	19	23	42	6.48	48	56
6.00	24	24	25	49	7.77	53	66

PROFUNDIDAD DESPLANTE (Df=)	1.00 m.	**N_CORREGIDO**	33	GOLPES
FACTOR DE SEGURIDAD (Fs=)	3	**ϕ =**	$\emptyset(grados) = 27.1 + (0.3 * Ncorr) - (0.00054 * N^2corr)$	
ESTA AFECTADO POR NIVEL FREÁTICO (NF=)	SI	***k =***	0.15 Tn/m2	

ZAPATAS CORRIDAS O LOSAS DE CIMENTACIÓN

ANGULO DE FRICCIÓN INTERNA (ϕ =)	36 °	**CAPACIDAD DE CARGA METODO TERZAGHI**	
ANGULO DE FRICCIÓN INTERNA (ϕ' =)	25.84 °		
DENSIDAD DEL MATERIAL (ϒ=)	1.295 Tn/m3	$Qult = \frac{2}{3}c'N'c + qN'q + \frac{1}{2}\Upsilon BN'\Upsilon$	
CARGA DE LA COLUMNA CRITICA	6.62 Tn.		
N'c =	26.77	**Qult =**	**39.00 Tn/m2**
N'q =	13.97	**Qult =**	**3.90 Kg/cm2**
N'γ =	9.41	**Qadm =**	**13.00 Tn/m2**
COHESIÓN CALCULADA (C =)	4.95 Tn/m2	**Qadm =**	**1.30 Kg/cm2**
COHESIÓN ASUMIDA (C' =)	1.00 Tn/m2	**PROFUNDIDAD DE DESPLANTE (Df =)**	**1.00 m.**
ANCHO DE CIMIENTO ASUMIDO (B=)	0.51 m.	**ANGULO DE FRICCIÓN INTERNA ϕ' =**	**25.84°**
DENSIDAD DEL MATERIAL SIN AGUA (ϒ' =)	0.295 Tn/m3	**COMPACIDAD Y CONSISTENCIA DEL SUELO**	**DENSA**
DENSIDAD CORREGIDA SEGÚN PLINTO (ϒ'' =)	1.277 Tn/m3	**MÓDULO DE ELASTICIDAD (Es=)**	**3000 Lb/pulg2**
q = γ * Df =	1.30 Tn/m2	**RELACIÓN DE POISSON (μ =)**	**0.20**
Q Adm IMPUESTO	13.00 Tn/m2	**CONCLUSIÓN DE CARGA**	**NO NECESITA CAMBIO DE ESTRATO**

……
ING. RAMIRO JIMÉNEZ VEGA
RESPONSABLE GEOTÉCNICO

"GEOCONS"
GEOTECNIA - CONSULTORA & CONSTRUCTORA

Telf: 072-540907
Cel: 0994974048

PROYECTO	**ESTUDIO GEOLÓGICO GEOTÉCNICO PREVIO A LA CONSTRUCCIÓN DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUA POTABLE PARA LA PARROQUIA SAN PEDRO DE VILCABAMBA, CANTÓN Y PROVINCIA DE LOJA**		
SONDEO	**CALICATA N° 2**	**FECHA DE ENSAYO:**	**19 de octubre de 2018**
SOLICITA	**SR. JOSÉ MIGUEL MOSQUERA**	**FECHA DE INFORME:**	**22 de octubre de 2018**

MATERIAL CIMENTABLE:	CH	**COLOR:**	CAFÉ
TIPO ESTRATO CIMENTABLE	ARENA ARCILLOSA CON GRAVA		
DENSIDAD DEL MATERIAL (Y=)	1.325 Tn/m3	13.00 KN/m3	

CUADRO DE NUMERO DE GOLPES DE CAMPO SPT N° 2

Profundidad	N° golpes			N° golpes	q=PRESION DE TRABAJO Tn/m2	N_correg	N_correg
m.	15cm.	30 cm	45 cm	SPT -TOTAL		$N_{corr} = N * \left(0.77 * \log\left(\frac{2195.2}{q}\right)\right)$	$Ncorr = N + (0.5 * (N - 15))$
1.00	9	8	7	15	1.33	15	15
2.00	11	10	11	21	2.65	21	24
3.00	17	14	13	27	3.98	36	33
4.00	15	19	18	37	5.30	45	48
5.00	22	22	22	44	6.63	50	59
6.00	25	26	25	51	7.95	55	69

PROFUNDIDAD DESPLANTE (Df=)	1.00 m.	**N_CORREGIDO**	36	GOLPES
FACTOR DE SEGURIDAD (Fs=)	3	$\phi =$	$\phi(grados) = 27.1 + (0.3 * Ncorr) - (0.00054 * N^2corr)$	
ESTA AFECTADO POR NIVEL FREÁTICO (NF=)	SI	$k =$	0.15 Tn/m2	

ZAPATAS CORRIDAS O LOSAS DE CIMENTACIÓN

ANGULO DE FRICCIÓN INTERNA (ϕ =)	37 °	**CAPACIDAD DE CARGA METODO TERZAGHI**	
ANGULO DE FRICCIÓN INTERNA (ϕ' =)	26.67 °		
DENSIDAD DEL MATERIAL (Y=)	1.325 Tn/m3	$Qult = \frac{2}{3}c'N'c + qN'q + \frac{1}{2}YBN'Y$	
CARGA DE LA COLUMNA CRITICA	6.62 Tn.		
N'c =	28.51	**Qult =**	**42.95 Tn/m2**
N'q =	15.32	**Qult =**	**4.30 Kg/cm2**
N'γ =	10.90	**Qadm =**	**14.32 Tn/m2**
COHESIÓN CALCULADA (C =)	5.40 Tn/m2	**Qadm =**	**1.43 Kg/cm2**
COHESIÓN ASUMIDA (C' =)	1.00 Tn/m2	**PROFUNDIDAD DE DESPLANTE (Df =)**	**1.00 m.**
ANCHO DE CIMIENTO ASUMIDO (B=)	0.51 m.	**ANGULO DE FRICCIÓN INTERNA ϕ' =**	**26.67°**
DENSIDAD DEL MATERIAL SIN AGUA (Y' =)	0.325 Tn/m3	**COMPACIDAD Y CONSISTENCIA DEL SUELO**	**RIGIDEZ MEDIA**
DENSIDAD CORREGIDA SEGÚN PLINTO (Y'' =)	1.307 Tn/m3	**MÓDULO DE ELASTICIDAD (Es=)**	**3000 Lb/pulg2**
q = γ * Df =	1.33 Tn/m2	**RELACIÓN DE POISSON (μ =)**	**0.20**
Q Adm IMPUESTO	13.00 Tn/m2	**CONCLUSIÓN DE CARGA**	**NO NECESITA CAMBIO DE ESTRATO**

.....
ING. RAMIRO JIMÉNEZ VEGA
RESPONSABLE GEOTÉCNICO

"GEOCONS" LABORATORIO

Geotecnia - Consultora & Constructora

Telf: 072-540907
Cel: 0994974048

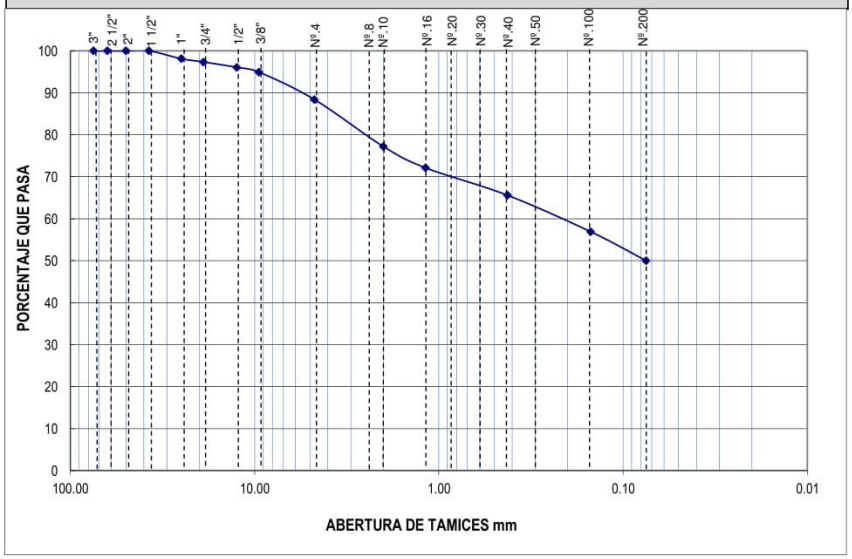
PROYECTO	ESTUDIO GEOLÓGICO GEOTÉCNICO PREVIO A LA CONSTRUCCIÓN DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUA POTABLE PARA LA PARROQUIA SAN PEDRO DE VILCABAMBA, CANTÓN Y PROVINCIA DE LOJA
MUESTRA	CALICATA N° 1; Profundidad: 0,00 m a 6,00 m; COLOR CAFÉ
SOLICITA	SR. JOSÉ MIGUEL MOSQUERA
UBICACIÓN	SECTOR CHALACA, PARROQUIA SANPEDRO DE VILCABAMBA, CANTÓN LOJA
FECHA	19 de octubre de 2018

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO

MICR.	TAMIZ	PESO RETENIDO ACUMULADO (Gr.)	% RETENIDO	% QUE PASA	FAJA DE DISEÑO
75	3"	0	0	100	
63	2 1/2"	0	0	100	
50	2"	0	0	100	
37.5	1 1/2"	0	0	100	
25	1"	25	2	98	
19	3/4"	35	3	97	
12.5	1/2"	52	4	96	
9.5	3/8"	67	5	95	
4.750	Nº.4	153	12	88	
	Pasa Nº.4	1170	88	12	
2.360	Nº.8				
2.000	Nº.10	31	11	77	
1.180	Nº.16	45	16	72	
0.850	Nº.20				
0.600	Nº.30				
0.425	Nº.40	63	23	66	
0.300	Nº.50				
0.150	Nº.100	87	32	57	
0.075	Nº.200	106	38	50.0	
	Pasa Nº.200	138	50.0		
	TOTAL	1323			

Peso Total de Lavado:	244.00		
Peso Total después de Lavado:	106.00		

CURVA GRANULOMÉTRICA



.....
ING. RAMIRO JIMÉNEZ
RESPONSABLE GEOTÉCNICO

"GEOCONS" LABORATORIO

Geotecnia - Consultora & Constructora

Telf: 072-540907
Cel: 0994974048

PROYECTO	ESTUDIO GEOLÓGICO GEOTÉCNICO PREVIO A LA CONSTRUCCIÓN DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUA POTABLE PARA LA PARROQUIA SAN PEDRO DE VILCABAMBA, CANTÓN Y PROVINCIA DE LOJA
MUESTRA	CALICATA N° 1; Profundidad: 0,00 m a 6,00 m; COLOR CAFÉ
SOLICITA	SR. JOSÉ MIGUEL MOSQUERA
UBICACIÓN	SECTOR CHALACA, PARROQUIA SANPEDRO DE VILCABAMBA, CANTÓN LOJA
FECHA	19 de octubre de 2018

CONTENIDO DE HUMEDAD				
PESO HUMEDO	**PESO SECO**	**PESO DE CAPSULA**	**% DE HUMEDAD**	**RESULTADO**
84.85	79.20	17.20	9.11	**9.11**

.....
ING. RAMIRO JIMÉNEZ
RESPONSABLE GEOTÉCNICO

"GEOCONS" LABORATORIO

Geotecnia - Consultora & Constructora

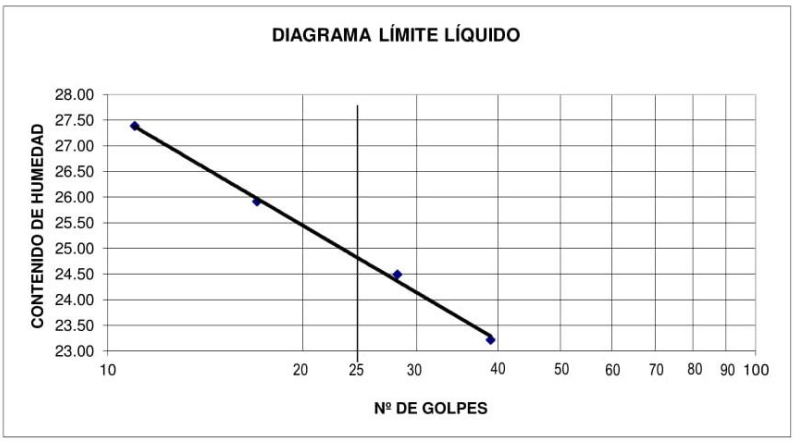
Telf: 072-540907
Cel: 0994974048

PROYECTO	ESTUDIO GEOLÓGICO GEOTÉCNICO PREVIO A LA CONSTRUCCIÓN DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUA POTABLE PARA LA PARROQUIA SAN PEDRO DE VILCABAMBA, CANTÓN Y PROVINCIA DE LOJA		
MUESTRA	CALICATA Nº 1; Profundidad: 0,00 m a 6,00 m; COLOR CAFÉ		
SOLICITA	SR. JOSÉ MIGUEL MOSQUERA		
UBICACIÓN	SECTOR CHALACA, PARROQUIA SANPEDRO DE VILCABAMBA, CANTÓN LOJA		
FECHA	19 de octubre de 2018	**NORMA**	A.A.S.H.O. T 90-56

LIMITES DE CONSISTENCIA

LÍMITE LÍQUIDO

NUMERO DE CÁPSULA	20	19	30	35	
Peso de la Cápsula (gr.)	16.63	16.75	16.85	17.07	
Peso de la Cápsula + Suelo Húmedo(gr.)	30.26	30.31	30.32	30.29	
Peso de la Cápsula + Suelo Seco (gr.)	27.33	27.52	27.67	27.80	
Peso del suelo Seco (gr.)	10.70	10.77	10.82	10.73	
Peso del Agua (gr.)	2.93	2.79	2.65	2.49	
Contenido de Humedad (%)	27.38	25.91	24.49	23.21	
NUMERO DE GOLPES	11	17	28	39	



LÍMITE PLÁSTICO

NUMERO DE CÁPSULA	57	59	75	
Peso de la Cápsula (gr.)	6.27	6.42	6.39	
Peso de la Cápsula + Suelo Húmedo(gr.)	7.79	7.92	7.63	
Peso de la Cápsula + Suelo Seco (gr.)	7.62	7.75	7.49	
Peso del suelo Seco (gr.)	1.35	1.33	1.10	
Peso del Agua (gr.)	0.17	0.17	0.14	
Contenido de Humedad (%)	12.59	12.78	12.73	
Contenido Medio de Humedad (%)	L.P.= 12.70 %			

RESULTADOS

VALORES ENSAYO	VALORES ENTEROS SEGÚN NORMA
L.L. = 24.8%	L.L. = 25%
L.P. = 12.7 %	L.P. = 13 %
I.P. = 12.1%	I.P. = 12%

.....
ING. RAMIRO JIMÉNEZ
RESPONSABLE GEOTÉCNICO

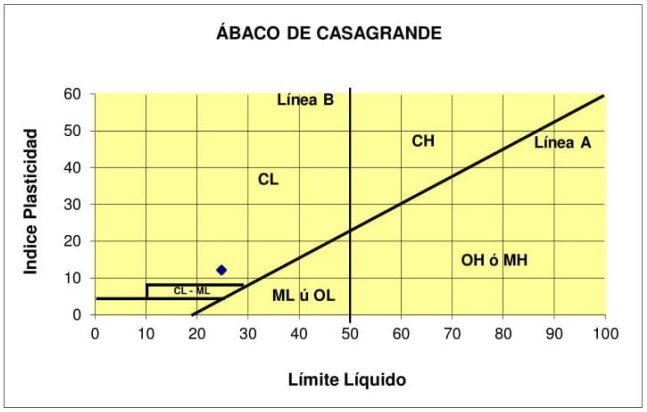
"GEOCONS" LABORATORIO

Geotecnia - Consultora & Constructora

Telf: 072-540907
Cel: 0994974048

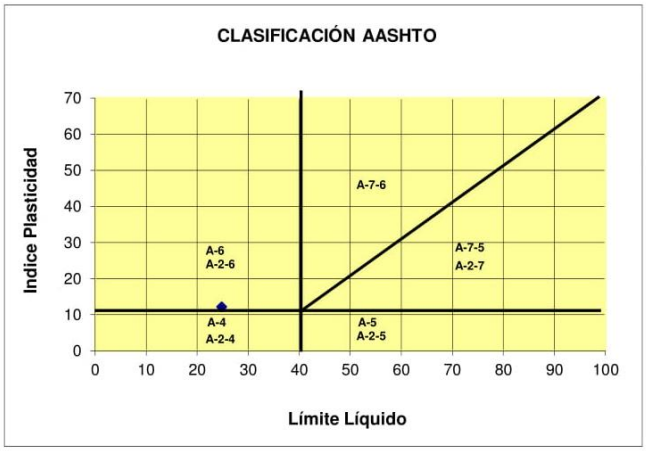
PROYECTO	ESTUDIO GEOLÓGICO GEOTÉCNICO PREVIO A LA CONSTRUCCIÓN DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUA POTABLE PARA LA PARROQUIA SAN PEDRO DE VILCABAMBA, CANTÓN Y PROVINCIA DE LOJA
MUESTRA	CALICATA N° 1; Profundidad: 0,00 m a 6,00 m; COLOR CAFÉ
SOLICITA	SR. JOSÉ MIGUEL MOSQUERA
UBICACIÓN	SECTOR CHALACA, PARROQUIA SANPEDRO DE VILCABAMBA, CANTÓN LOJA
FECHA	19 de octubre de 2018

CLASIFICACIÓN MÉTODO S.U.C.S. Y AASHTO



LÍMITE LÍQUIDO L.L.	25 %
LÍMITE PLÁSTICO L.P.	13 %
ÍNDICE DE PLASTICIDAD I.P.	12 %

CLASIFICACIÓN	
Pasa tamiz Nº.4 :	88 %
Pasa tamiz Nº.200 :	50 %
D60 :	0.24 mm
D30 :	
D10 (diámetro efectivo) :	
Coeficiente de Uniformidad (Cu) :	
Grado de Curvatura (Cc) :	
Valor del índice de grupo (IG)	4



Sistema Unificado de Clasificación de Suelos (S.U.C.S.)

Arcilla baja plasticidad arenosa CL

Sistema de Clasificación de Suelos (AASHTO)

A-6 Suelo arcilloso

.....
ING. RAMIRO JIMÉNEZ
RESPONSABLE GEOTÉCNICO

"GEOCONS" LABORATORIO

Geotecnia - Consultora & Constructora

Telf: 072-540907
Cel: 0994974048

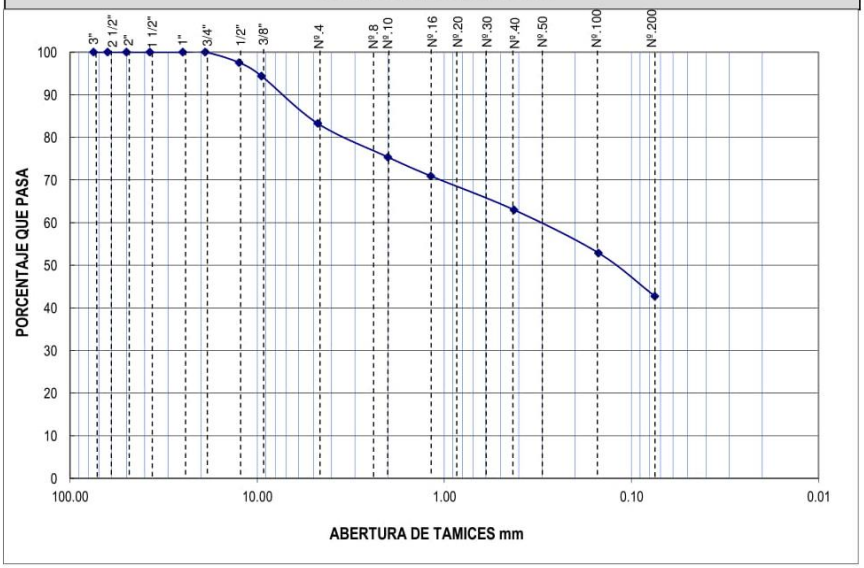
PROYECTO	ESTUDIO GEOLÓGICO GEOTÉCNICO PREVIO A LA CONSTRUCCIÓN DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUA POTABLE PARA LA PARROQUIA SAN PEDRO DE VILCABAMBA, CANTÓN Y PROVINCIA DE LOJA
MUESTRA	CALICATA N° 1; Profundidad: 4,00 m a 6,00 m; COLOR CAFÉ
SOLICITA	SR. JOSÉ MIGUEL MOSQUERA
UBICACIÓN	SECTOR CHALACA, PARROQUIA SANPEDRO DE VILCABAMBA, CANTÓN LOJA
FECHA	19 de octubre de 2018

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO

MICR.	TAMIZ	PESO RETENIDO ACUMULADO (Gr.)	% RETENIDO	% QUE PASA	FAJA DE DISEÑO
75	3"	0	0	100	
63	2 1/2"	0	0	100	
50	2"	0	0	100	
37.5	1 1/2"	0	0	100	
25	1"	0	0	100	
19	3/4"	0	0	100	
12.5	1/2"	14	2	98	
9.5	3/8"	32	6	94	
4.750	Nº.4	96	17	83	
	Pasa Nº.4	478	83	17	
2.360	Nº.8				
2.000	Nº.10	25	8	75	
1.180	Nº.16	39	12	71	
0.850	Nº.20				
0.600	Nº.30				
0.425	Nº.40	64	20	63	
0.300	Nº.50				
0.150	Nº.100	96	30	53	
0.075	Nº.200	128	41	42.7	
	Pasa Nº.200	135	42.7		
	TOTAL	574			

Peso Total de Lavado:	263.00		
Peso Total después de Lavado:	128.00		

CURVA GRANULOMÉTRICA



ING. RAMIRO JIMÉNEZ
RESPONSABLE GEOTÉCNICO

"GEOCONS" LABORATORIO

Geotecnia - Consultora & Constructora

Telf: 072-540907
Cel: 0994974048

PROYECTO	ESTUDIO GEOLÓGICO GEOTÉCNICO PREVIO A LA CONSTRUCCIÓN DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUA POTABLE PARA LA PARROQUIA SAN PEDRO DE VILCABAMBA, CANTÓN Y PROVINCIA DE LOJA
MUESTRA	CALICATA N° 1; Profundidad: 4,00 m a 6,00 m; COLOR CAFÉ
SOLICITA	SR. JOSÉ MIGUEL MOSQUERA
UBICACIÓN	SECTOR CHALACA, PARROQUIA SANPEDRO DE VILCABAMBA, CANTÓN LOJA
FECHA	19 de octubre de 2018

CONTENIDO DE HUMEDAD				
PESO HUMEDO	**PESO SECO**	**PESO DE CAPSULA**	**% DE HUMEDAD**	**RESULTADO**
85.26	78.14	15.21	11.31	**11.31**

.....
ING. RAMIRO JIMÉNEZ
RESPONSABLE GEOTÉCNICO

"GEOCONS" LABORATORIO

Geotecnia - Consultora & Constructora

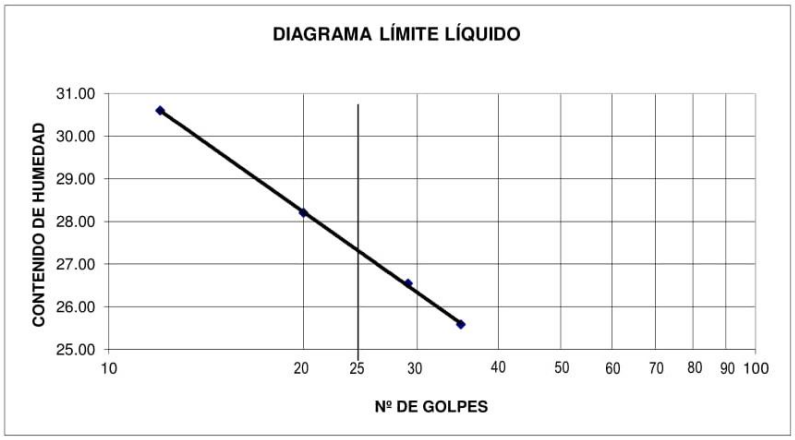
Telf: 072-540907
Cel: 0994974048

PROYECTO	ESTUDIO GEOLÓGICO GEOTÉCNICO PREVIO A LA CONSTRUCCIÓN DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUA POTABLE PARA LA PARROQUIA SAN PEDRO DE VILCABAMBA, CANTÓN Y PROVINCIA DE LOJA		
MUESTRA	CALICATA Nº 1; Profundidad: 4,00 m a 6,00 m; COLOR CAFÉ		
SOLICITA	SR. JOSÉ MIGUEL MOSQUERA		
UBICACIÓN	SECTOR CHALACA, PARROQUIA SANPEDRO DE VILCABAMBA, CANTÓN LOJA		
FECHA	19 de octubre de 2018	**NORMA**	A.A.S.H.O. T 90-56

LIMITES DE CONSISTENCIA

LÍMITE LÍQUIDO

NUMERO DE CÁPSULA	21	48	75	214	
Peso de la Cápsula (gr.)	16.36	18.24	15.47	16.32	
Peso de la Cápsula + Suelo Húmedo(gr.)	32.15	30.15	32.16	32.62	
Peso de la Cápsula + Suelo Seco (gr.)	28.45	27.53	28.66	29.30	
Peso del suelo Seco (gr.)	12.09	9.29	13.19	12.98	
Peso del Agua (gr.)	3.70	2.62	3.50	3.32	
Contenido de Humedad (%)	30.60	28.20	26.54	25.58	
NUMERO DE GOLPES	12	20	29	35	



LÍMITE PLÁSTICO

NUMERO DE CÁPSULA	62	74	21	
Peso de la Cápsula (gr.)	6.26	6.35	6.58	
Peso de la Cápsula + Suelo Húmedo(gr.)	7.96	7.85	7.99	
Peso de la Cápsula + Suelo Seco (gr.)	7.80	7.71	7.86	
Peso del suelo Seco (gr.)	1.54	1.36	1.28	
Peso del Agua (gr.)	0.16	0.14	0.13	
Contenido de Humedad (%)	10.39	10.29	10.16	
Contenido Medio de Humedad (%)	L.P.= 10.28 %			

RESULTADOS

VALORES ENSAYO	VALORES ENTEROS SEGÚN NORMA
L.L. = 27.4%	L.L. = 27%
L.P. = 10.3 %	L.P. = 10 %
I.P. = 17.1%	I.P. = 17%

.....
ING. RAMIRO JIMÉNEZ
RESPONSABLE GEOTÉCNICO

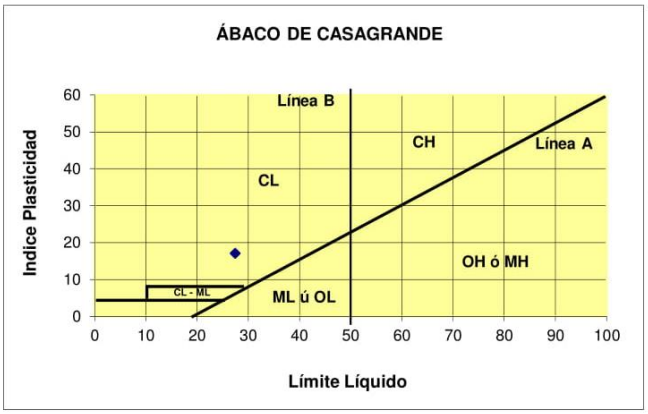
"GEOCONS" LABORATORIO

Geotecnia - Consultora & Constructora

Telf: 072-540907
Cel: 0994974048

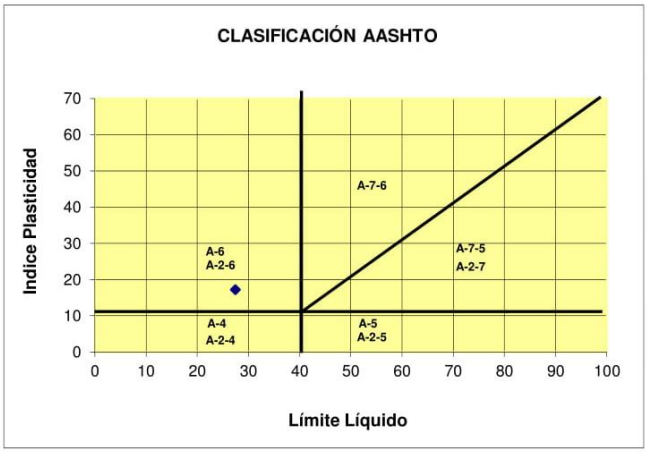
PROYECTO	ESTUDIO GEOLÓGICO GEOTÉCNICO PREVIO A LA CONSTRUCCIÓN DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUA POTABLE PARA LA PARROQUIA SAN PEDRO DE VILCABAMBA, CANTÓN Y PROVINCIA DE LOJA
MUESTRA	CALICATA N° 1; Profundidad: 4,00 m a 6,00 m; COLOR CAFÉ
SOLICITA	SR. JOSÉ MIGUEL MOSQUERA
UBICACIÓN	SECTOR CHALACA, PARROQUIA SANPEDRO DE VILCABAMBA, CANTÓN LOJA
FECHA	19 de octubre de 2018

CLASIFICACIÓN MÉTODO S.U.C.S. Y AASHTO



LÍMITE LÍQUIDO L.L.	27 %
LÍMITE PLÁSTICO L.P.	10 %
ÍNDICE DE PLASTICIDAD I.P.	17 %

CLASIFICACIÓN	
Pasa tamiz Nº.4 :	83 %
Pasa tamiz Nº.200 :	43 %
D60 :	0.33 mm
D30 :	
D_{10} (diámetro efectivo) :	
Coeficiente de Uniformidad (Cu) :	
Grado de Curvatura (Cc) :	
Valor del índice de grupo (IG)	4



Sistema Unificado de Clasificación de Suelos (S.U.C.S.)

Arena arcillosa con grava SC

Sistema de Clasificación de Suelos (AASHTO)

A-6 Suelo arcilloso

.....
ING. RAMIRO JIMÉNEZ
RESPONSABLE GEOTÉCNICO

"GEOCONS" LABORATORIO

Geotecnia - Consultora & Constructora

Telf: 072-540907
Cel: 0994974048

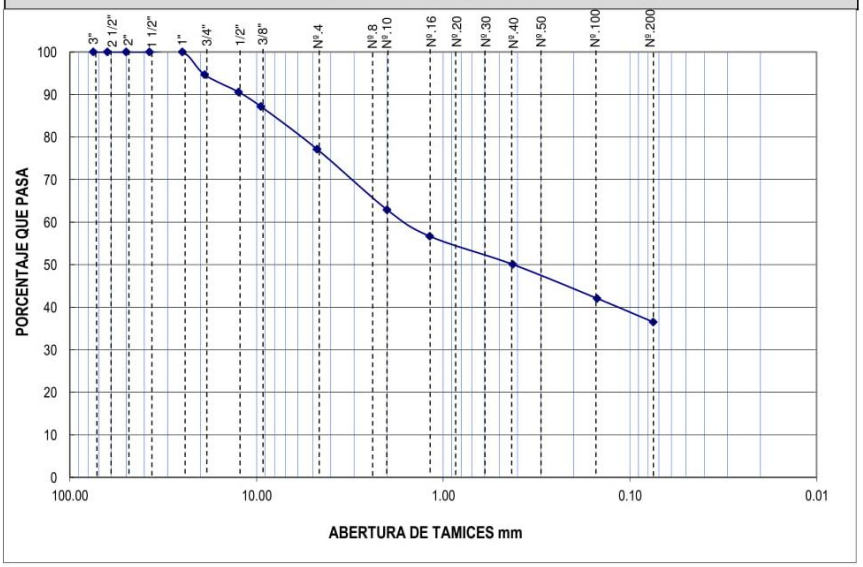
PROYECTO	ESTUDIO GEOLÓGICO GEOTÉCNICO PREVIO A LA CONSTRUCCIÓN DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUA POTABLE PARA LA PARROQUIA SAN PEDRO DE VILCABAMBA, CANTÓN Y PROVINCIA DE LOJA
MUESTRA	CALICATA N° 2; Profundidad: 0,00 m a 3,00 m; COLOR CAFÉ
SOLICITA	SR. JOSÉ MIGUEL MOSQUERA
UBICACIÓN	SECTOR CHALACA, PARROQUIA SANPEDRO DE VILCABAMBA, CANTÓN LOJA
FECHA	19 de octubre de 2018

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO

MICR.	TAMIZ	PESO RETENIDO ACUMULADO (Gr.)	% RETENIDO	% QUE PASA	FAJA DE DISEÑO
75	3"	0	0	100	
63	2 1/2"	0	0	100	
50	2"	0	0	100	
37.5	1 1/2"	0	0	100	
25	1"	0	0	100	
19	3/4"	44	5	95	
12.5	1/2"	78	9	91	
9.5	3/8"	106	13	87	
4.750	Nº.4	189	23	77	
	Pasa Nº.4	639	77	23	
2.360	Nº.8				
2.000	Nº.10	41	14	63	
1.180	Nº.16	59	21	57	
0.850	Nº.20				
0.600	Nº.30				
0.425	Nº.40	78	27	50	
0.300	Nº.50				
0.150	Nº.100	101	35	42	
0.075	Nº.200	117	41	36.5	
	Pasa Nº.200	105	36.5		
	TOTAL	828			

Peso Total de Lavado:	222.00		
Peso Total después de Lavado:	117.00		

CURVA GRANULOMÉTRICA



ING. RAMIRO JIMÉNEZ
RESPONSABLE GEOTÉCNICO

"GEOCONS" LABORATORIO

Geotecnia - Consultora & Constructora

Telf: 072-540907
Cel: 0994974048

PROYECTO	ESTUDIO GEOLÓGICO GEOTÉCNICO PREVIO A LA CONSTRUCCIÓN DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUA POTABLE PARA LA PARROQUIA SAN PEDRO DE VILCABAMBA, CANTÓN Y PROVINCIA DE LOJA
MUESTRA	CALICATA N° 2; Profundidad: 0,00 m a 3,00 m; COLOR CAFÉ
SOLICITA	SR. JOSÉ MIGUEL MOSQUERA
UBICACIÓN	SECTOR CHALACA, PARROQUIA SANPEDRO DE VILCABAMBA, CANTÓN LOJA
FECHA	19 de octubre de 2018

CONTENIDO DE HUMEDAD				
PESO HUMEDO	**PESO SECO**	**PESO DE CAPSULA**	**% DE HUMEDAD**	**RESULTADO**
79.60	73.93	18.09	10.15	**10.15**

.....
ING. RAMIRO JIMÉNEZ
RESPONSABLE GEOTÉCNICO

"GEOCONS" LABORATORIO

Geotecnia - Consultora & Constructora

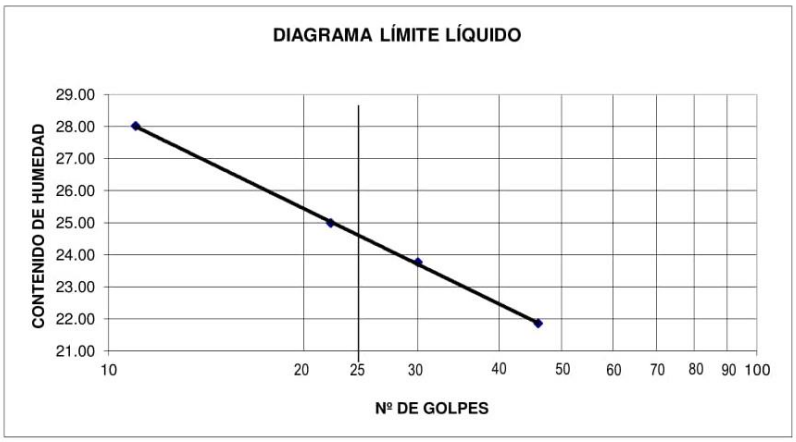
Telf: 072-540907
Cel: 0994974048

PROYECTO	ESTUDIO GEOLÓGICO GEOTÉCNICO PREVIO A LA CONSTRUCCIÓN DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUA POTABLE PARA LA PARROQUIA SAN PEDRO DE VILCABAMBA, CANTÓN Y PROVINCIA DE LOJA		
MUESTRA	CALICATA Nº 2; Profundidad: 0,00 m a 3,00 m; COLOR CAFÉ		
SOLICITA	SR. JOSÉ MIGUEL MOSQUERA		
UBICACIÓN	SECTOR CHALACA, PARROQUIA SANPEDRO DE VILCABAMBA, CANTÓN LOJA		
FECHA	19 de octubre de 2018	**NORMA**	A.A.S.H.O. T 90-56

LIMITES DE CONSISTENCIA

LÍMITE LÍQUIDO

NUMERO DE CÁPSULA	24	46	15	13	
Peso de la Cápsula (gr.)	17.98	17.84	16.74	17.20	
Peso de la Cápsula + Suelo Húmedo(gr.)	29.04	31.70	31.95	30.36	
Peso de la Cápsula + Suelo Seco (gr.)	26.62	28.93	29.03	28.00	
Peso del suelo Seco (gr.)	8.64	11.09	12.29	10.80	
Peso del Agua (gr.)	2.42	2.77	2.92	2.36	
Contenido de Humedad (%)	28.01	24.98	23.76	21.85	
NUMERO DE GOLPES	11	22	30	46	



LÍMITE PLÁSTICO

NUMERO DE CÁPSULA	74	69	90	
Peso de la Cápsula (gr.)	6.38	6.43	6.28	
Peso de la Cápsula + Suelo Húmedo(gr.)	7.57	7.31	7.39	
Peso de la Cápsula + Suelo Seco (gr.)	7.48	7.24	7.30	
Peso del suelo Seco (gr.)	1.10	0.81	1.02	
Peso del Agua (gr.)	0.09	0.07	0.09	
Contenido de Humedad (%)	8.18	8.64	8.82	
Contenido Medio de Humedad (%)	L.P.= 8.55 %			

RESULTADOS

VALORES ENSAYO	VALORES ENTEROS SEGÚN NORMA
L.L. = 24.6%	**L.L. = 25%**
L.P. = 8.6 %	**L.P. = 9 %**
I.P. = 16.1%	**I.P. = 16%**

.....
ING. RAMIRO JIMÉNEZ
RESPONSABLE GEOTÉCNICO

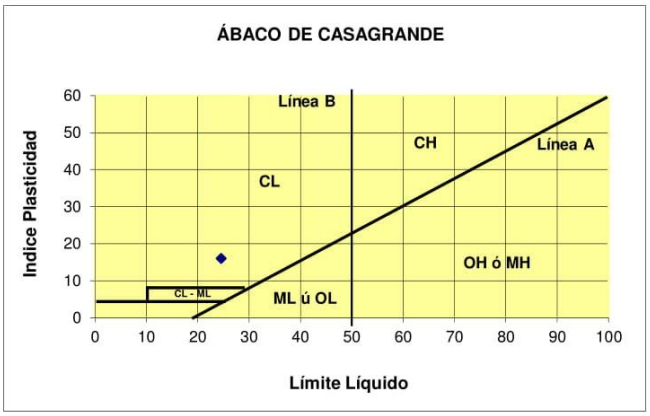
"GEOCONS" LABORATORIO

Geotecnia - Consultora & Constructora

Telf: 072-540907
Cel: 0994974048

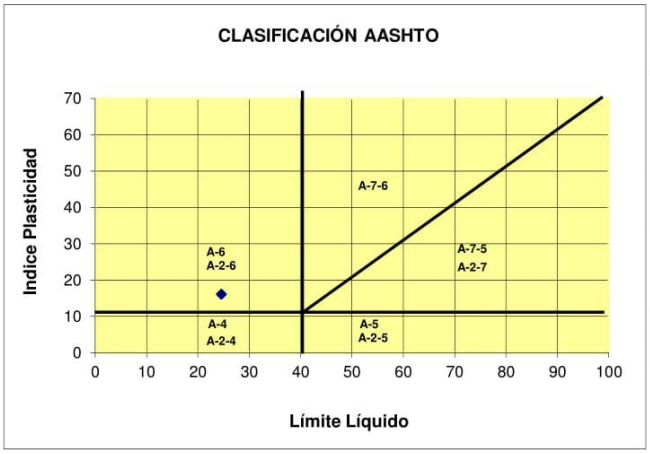
PROYECTO	ESTUDIO GEOLÓGICO GEOTÉCNICO PREVIO A LA CONSTRUCCIÓN DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUA POTABLE PARA LA PARROQUIA SAN PEDRO DE VILCABAMBA, CANTÓN Y PROVINCIA DE LOJA
MUESTRA	CALICATA N° 2; Profundidad: 0,00 m a 3,00 m; COLOR CAFÉ
SOLICITA	SR. JOSÉ MIGUEL MOSQUERA
UBICACIÓN	SECTOR CHALACA, PARROQUIA SANPEDRO DE VILCABAMBA, CANTÓN LOJA
FECHA	19 de octubre de 2018

CLASIFICACIÓN MÉTODO S.U.C.S. Y AASHTO



LÍMITE LÍQUIDO L.L.	25 %
LÍMITE PLÁSTICO L.P.	9 %
ÍNDICE DE PLASTICIDAD I.P.	16 %

CLASIFICACIÓN	
Pasa tamiz Nº.4 :	77 %
Pasa tamiz Nº.200 :	37 %
D60 :	1.63 mm
D30 :	
D_{10} (diámetro efectivo) :	
Coeficiente de Uniformidad (Cu) :	
Grado de Curvatura (Cc) :	
Valor del índice de grupo (IG)	2



Sistema Unificado de Clasificación de Suelos (S.U.C.S.)

Arena arcillosa con grava SC

Sistema de Clasificación de Suelos (AASHTO)

A-6 Suelo arcilloso

.....
ING. RAMIRO JIMÉNEZ
RESPONSABLE GEOTÉCNICO

"GEOCONS" LABORATORIO

Geotecnia - Consultora & Constructora

Telf: 072-540907
Cel: 0994974048

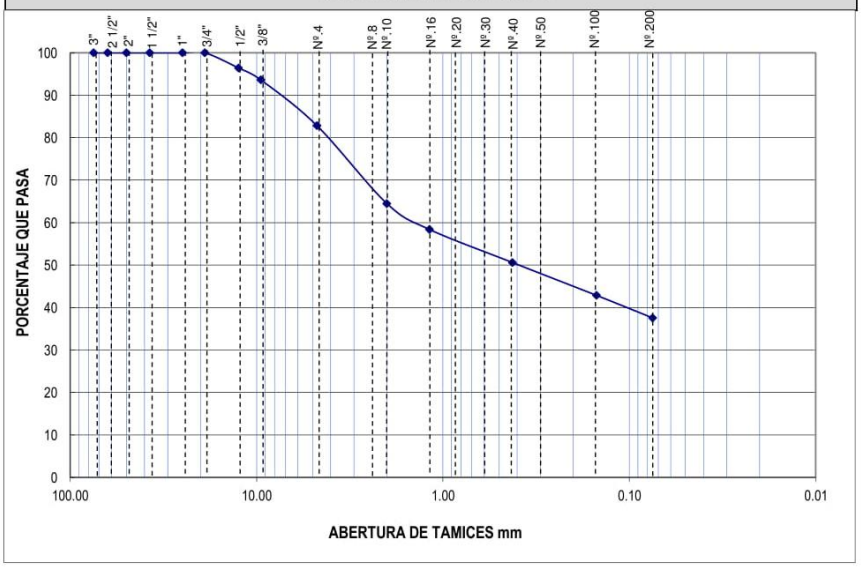
PROYECTO	ESTUDIO GEOLÓGICO GEOTÉCNICO PREVIO A LA CONSTRUCCIÓN DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUA POTABLE PARA LA PARROQUIA SAN PEDRO DE VILCABAMBA, CANTÓN Y PROVINCIA DE LOJA
MUESTRA	CALICATA N° 2; Profundidad: 3,00 m a 6,00 m; COLOR CAFÉ
SOLICITA	SR. JOSÉ MIGUEL MOSQUERA
UBICACIÓN	SECTOR CHALACA, PARROQUIA SANPEDRO DE VILCABAMBA, CANTÓN LOJA
FECHA	19 de octubre de 2018

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO

MICR.	TAMIZ	PESO RETENIDO ACUMULADO (Gr.)	% RETENIDO	% QUE PASA	FAJA DE DISEÑO
75	3"	0	0	100	
63	2 1/2"	0	0	100	
50	2"	0	0	100	
37.5	1 1/2"	0	0	100	
25	1"	0	0	100	
19	3/4"	0	0	100	
12.5	1/2"	23	4	96	
9.5	3/8"	41	6	94	
4.750	Nº.4	110	17	83	
	Pasa Nº.4	532	83	17	
2.360	Nº.8				
2.000	Nº.10	45	18	64	
1.180	Nº.16	60	24	58	
0.850	Nº.20				
0.600	Nº.30				
0.425	Nº.40	79	32	51	
0.300	Nº.50				
0.150	Nº.100	98	40	43	
0.075	Nº.200	111	45	37.6	
	Pasa Nº.200	92	37.6		
	TOTAL	642			

Peso Total de Lavado:	203.00		
Peso Total después de Lavado:	111.00		

CURVA GRANULOMÉTRICA



.....
ING. RAMIRO JIMÉNEZ
RESPONSABLE GEOTÉCNICO

"GEOCONS" LABORATORIO

Geotecnia - Consultora & Constructora

Telf: 072-540907
Cel: 0994974048

PROYECTO	ESTUDIO GEOLÓGICO GEOTÉCNICO PREVIO A LA CONSTRUCCIÓN DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUA POTABLE PARA LA PARROQUIA SAN PEDRO DE VILCABAMBA, CANTÓN Y PROVINCIA DE LOJA
MUESTRA	CALICATA N° 2; Profundidad: 3,00 m a 6,00 m; COLOR CAFÉ
SOLICITA	SR. JOSÉ MIGUEL MOSQUERA
UBICACIÓN	SECTOR CHALACA, PARROQUIA SANPEDRO DE VILCABAMBA, CANTÓN LOJA
FECHA	19 de octubre de 2018

CONTENIDO DE HUMEDAD

PESO HUMEDO	PESO SECO	PESO DE CAPSULA	% DE HUMEDAD	RESULTADO
77.52	72.15	17.48	9.82	**9.82**

.....
ING. RAMIRO JIMÉNEZ
RESPONSABLE GEOTÉCNICO

"GEOCONS" LABORATORIO

Geotecnia - Consultora & Constructora

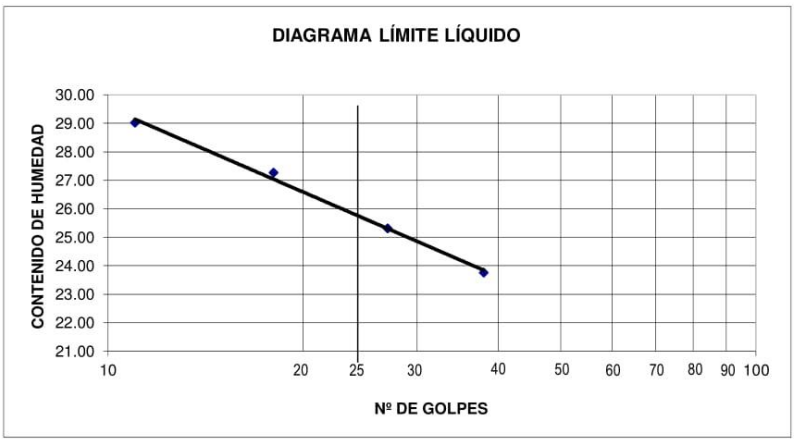
Telf: 072-540907
Cel: 0994974048

PROYECTO	ESTUDIO GEOLÓGICO GEOTÉCNICO PREVIO A LA CONSTRUCCIÓN DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUA POTABLE PARA LA PARROQUIA SAN PEDRO DE VILCABAMBA, CANTÓN Y PROVINCIA DE LOJA		
MUESTRA	CALICATA Nº 2; Profundidad: 3,00 m a 6,00 m; COLOR CAFÉ		
SOLICITA	SR. JOSÉ MIGUEL MOSQUERA		
UBICACIÓN	SECTOR CHALACA, PARROQUIA SANPEDRO DE VILCABAMBA, CANTÓN LOJA		
FECHA	19 de octubre de 2018	**NORMA**	A.A.S.H.O. T 90-56

LIMITES DE CONSISTENCIA

LÍMITE LÍQUIDO

NUMERO DE CÁPSULA	51	402	6	11	
Peso de la Cápsula (gr.)	16.91	16.93	17.01	16.77	
Peso de la Cápsula + Suelo Húmedo(gr.)	30.34	30.42	31.02	32.09	
Peso de la Cápsula + Suelo Seco (gr.)	27.32	27.53	28.19	29.15	
Peso del suelo Seco (gr.)	10.41	10.60	11.18	12.38	
Peso del Agua (gr.)	3.02	2.89	2.83	2.94	
Contenido de Humedad (%)	29.01	27.26	25.31	23.75	
NUMERO DE GOLPES	11	18	27	38	



LÍMITE PLÁSTICO

NUMERO DE CÁPSULA	95	75	89	
Peso de la Cápsula (gr.)	6.31	6.22	6.21	
Peso de la Cápsula + Suelo Húmedo(gr.)	7.41	7.11	7.41	
Peso de la Cápsula + Suelo Seco (gr.)	7.32	7.04	7.32	
Peso del suelo Seco (gr.)	1.01	0.82	1.11	
Peso del Agua (gr.)	0.09	0.07	0.09	
Contenido de Humedad (%)	8.91	8.54	8.11	
Contenido Medio de Humedad (%)	L.P.= 8.52 %			

RESULTADOS

VALORES ENSAYO	VALORES ENTEROS SEGÚN NORMA
L.L. = 25.7%	L.L. = 26%
L.P. = 8.5 %	L.P. = 9 %
I.P. = 17.2%	I.P. = 17%

.....
ING. RAMIRO JIMÉNEZ
RESPONSABLE GEOTÉCNICO

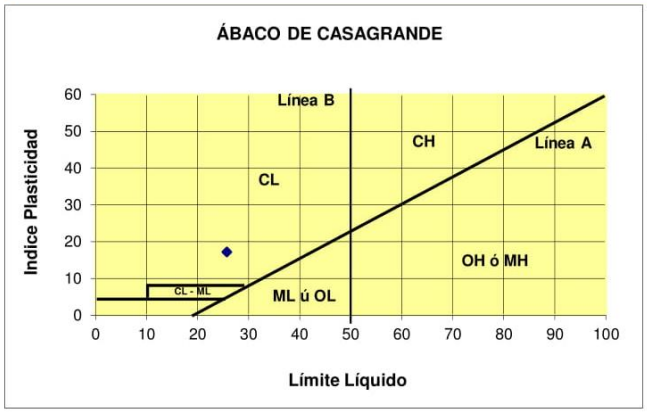
"GEOCONS" LABORATORIO

Geotecnia - Consultora & Constructora

Telf: 072-540907
Cel: 0994974048

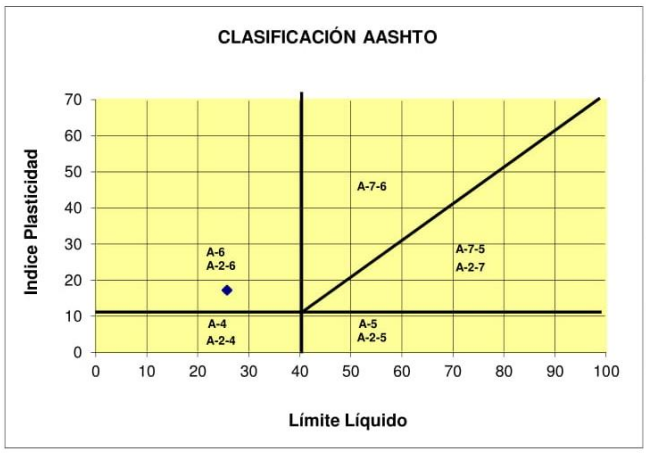
PROYECTO	ESTUDIO GEOLÓGICO GEOTÉCNICO PREVIO A LA CONSTRUCCIÓN DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUA POTABLE PARA LA PARROQUIA SAN PEDRO DE VILCABAMBA, CANTÓN Y PROVINCIA DE LOJA
MUESTRA	CALICATA N° 2; Profundidad: 3,00 m a 6,00 m; COLOR CAFÉ
SOLICITA	SR. JOSÉ MIGUEL MOSQUERA
UBICACIÓN	SECTOR CHALACA, PARROQUIA SANPEDRO DE VILCABAMBA, CANTÓN LOJA
FECHA	19 de octubre de 2018

CLASIFICACIÓN MÉTODO S.U.C.S. Y AASHTO



LÍMITE LÍQUIDO L.L.	26 %
LÍMITE PLÁSTICO L.P.	9 %
ÍNDICE DE PLASTICIDAD I.P.	17 %

CLASIFICACIÓN	
Pasa tamiz Nº.4 :	83 %
Pasa tamiz Nº.200 :	38 %
D60 :	1.50 mm
D30 :	
D_{10} (diámetro efectivo) :	
Coeficiente de Uniformidad (Cu) :	
Grado de Curvatura (Cc) :	
Valor del índice de grupo (IG)	2



Sistema Unificado de Clasificación de Suelos (S.U.C.S.)

Arena arcillosa con grava SC

Sistema de Clasificación de Suelos (AASHTO)

A-6 Suelo arcilloso

.....
ING. RAMIRO JIMÉNEZ
RESPONSABLE GEOTÉCNICO

"GEOCONS" LABORATORIO

Geotecnia - Consultora & Constructora

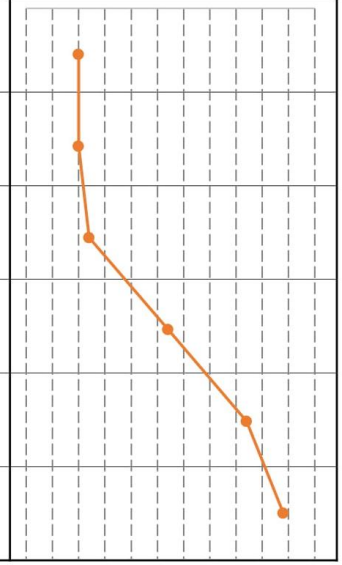
Telf: 072-540907
Cel: 0994974048

PROYECTO	ESTUDIO GEOLÓGICO GEOTÉCNICO PREVIO A LA CONSTRUCCIÓN DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUA POTABLE PARA LA PARROQUIA SAN PEDRO DE VILCABAMBA, CANTÓN Y PROVINCIA DE LOJA
SONDEO N°	CALICATA N° 1
LOCALIZACIÓN	SECTOR CHALACA, PARROQUIA SANPEDRO DE VILCABAMBA, CANTÓN LOJA
MÉTODO DE EXCAVACIÓN	MANUAL
FECHA	19 de octubre de 2018

PROFUNDIDAD		6.00 m
COORDENADAS	NORTE	9532737
	ESTE	699544
	ELEV.	1941.1
ESC. SUBTERRANEO		SI
REGISTRO		1 de 2

REGISTRO DE SONDEOS

Prof. (m)	Descripción del Suelo	Porcentaje de Humedad %	Grava	Arena	Finos	Límites Atterberg LL	LP	IP	AASTHO	SUCS	Color Suelo	ENSAYO DE PENETRACIÓN ESTANDAR (SPT) 15	30	45	N_{TOTAL}
0,00 – 1.00	Arcilla de baja plasticidad arenosa	27.42	12	38	50	24.8	12.7	12.1	A-6	CL		6	5	5	10
1.00 – 2.00		27.42										6	5	5	10
2.00 – 3.00		27.42										7	6	6	12
3.00 – 4.00		27.42										10	12	15	27
4.00 – 5.00	Arena arcillosa con grava	11.31	17	57.3	42.7	27.4	10.28	17.12	A-6	SC		25	19	23	42
5.00 – 6.00		11.31										24	24	25	49



- Arcilla de alta plasticidad (CH)
- Arcilla de media y baja plasticidad (CL)
- Limo de alta plasticidad (MH)
- Limo de media y baja plasticidad (ML)
- Arena arcillosa (SC)
- Arena limosa (SM)
- Arena mal graduada (SP)
- Arena bien graduada (SW)
- Grava arcillosa (GC)
- Grava limosa (GM)
- Grava mal graduada (GP)
- Grava bien graduada (GW)

ING. RAMIRO JIMÉNEZ
RESPONSABLE GEOTÉCNICO

"GEOCONS" LABORATORIO

Geotecnia - Consultora & Constructora

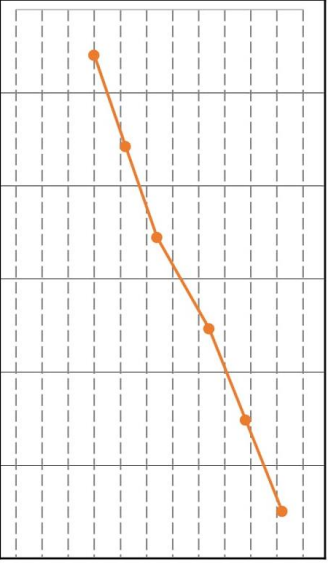
Telf: 072-540907
Cel: 0994974048

PROYECTO	ESTUDIO GEOLÓGICO GEOTÉCNICO PREVIO A LA CONSTRUCCIÓN DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUA POTABLE PARA LA PARROQUIA SAN PEDRO DE VILCABAMBA, CANTÓN Y PROVINCIA DE LOJA
SONDEO N°	CALICATA N° 2
LOCALIZACIÓN	SECTOR CHALACA, PARROQUIA SANPEDRO DE VILCABAMBA, CANTÓN LOJA
MÉTODO DE EXCAVACIÓN	MANUAL
FECHA	19 de octubre de 2018

PROFUNDIDAD		6.00 m
COORDENADAS	NORTE	9532751
	ESTE	699525
	ELEV.	1936.5
ESC. SUBTERRANEO		SI
REGISTRO		2 de 2

REGISTRO DE SONDEOS

Prof. (m)	Descripción del Suelo	Porcentaje de Humedad %	Grava	Arena	Finos	Límites Atterberg LL	LP	IP	AASTHO	SUCS	Color Suelo	ENSAYO DE PENETRACIÓN ESTANDAR (SPT) 15	30	45	N_{TOTAL}
0,00 – 1.00	Arena arcillosa con grava	10.15	23	40.5	36.5	24.6	8.55	16.05	A-6	SC		9	8	7	15
1.00 – 2.00		10.15										11	10	11	21
2.00 – 3.00		10.15										17	14	13	27
3.00 – 4.00	Arena arcillosa con grava	9.82	17	45.4	37.6	25.7	8.52	17.18	A-6	SC		15	19	18	37
4.00 – 5.00		9.82										22	22	22	44
5.00 – 6.00		9.82										25	26	25	51



- Arcilla de alta plasticidad (CH)
- Arcilla de media y baja plasticidad (CL)
- Limo de alta plasticidad (MH)
- Limo de media y baja plasticidad (ML)
- Arena arcillosa (SC)
- Arena limosa (SM)
- Arena mal graduada (SP)
- Arena bien graduada (SW)
- Grava arcillosa (GC)
- Grava limosa (GM)
- Grava mal graduada (GP)
- Grava bien graduada (GW)

ING. RAMIRO JIMÉNEZ
RESPONSABLE GEOTÉCNICO

ANEXO 6

RESULTADOS DE LA SÍSMICA DE REFRACCIÓN

RESULTADOS DE LA SÍSMICA DE REFRACCIÓN

- **UBICACIÓN DE SONDEOS**

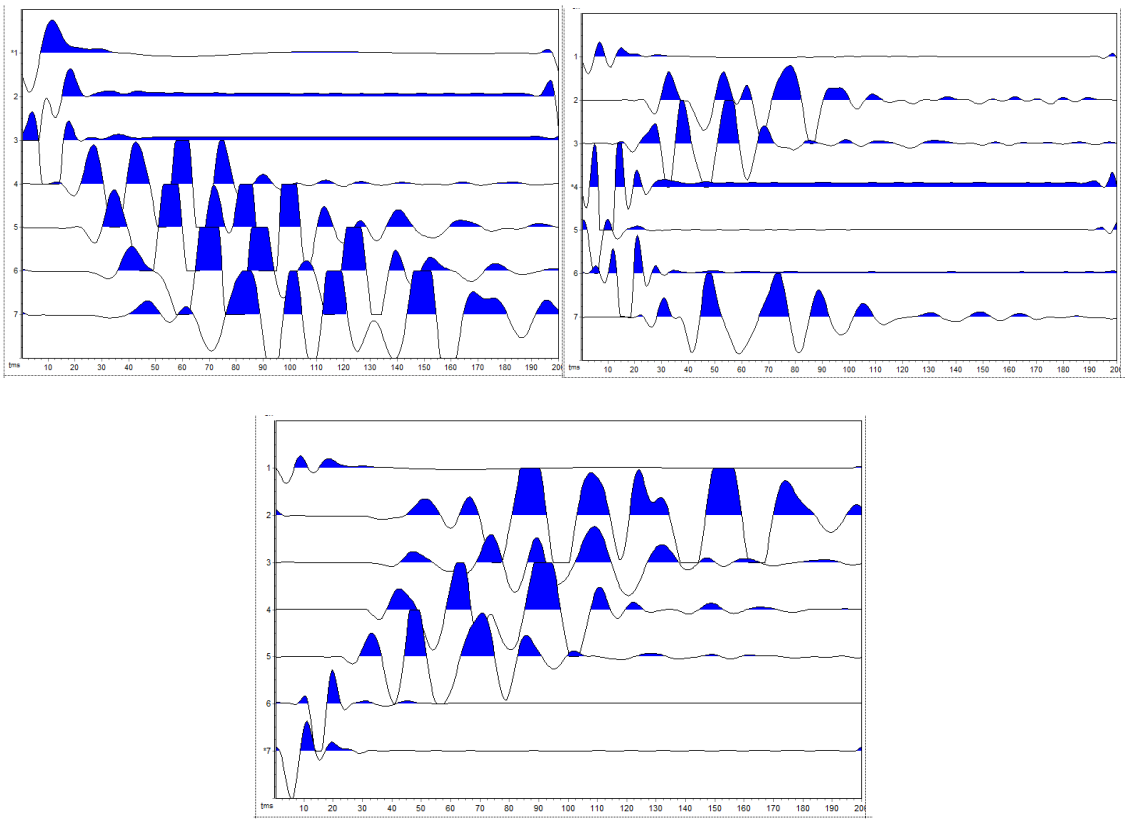
La zona de estudio se encuentra ubicada en el sector Chalaca, perteneciente a la Parroquia de San Pedro de Vilcabamba, Cantón Loja, provincia de Loja; con un área aproximada de 1200,00 m^2 de terreno de construcción. La ubicación de las líneas sísmicas de estudio según sus coordenadas se detalla en la siguiente tabla:

COORDENADAS LINEAS SÍSMICAS					
NRO.	LONG.	INICIO		FIN	
		NORTE	ESTE	NORTE	ESTE
LS 1	30.00	9532759.00	699536.00	9532733.00	699551.00
LS 2	30.00	9532752.00	699522.00	9532725.00	699535.00

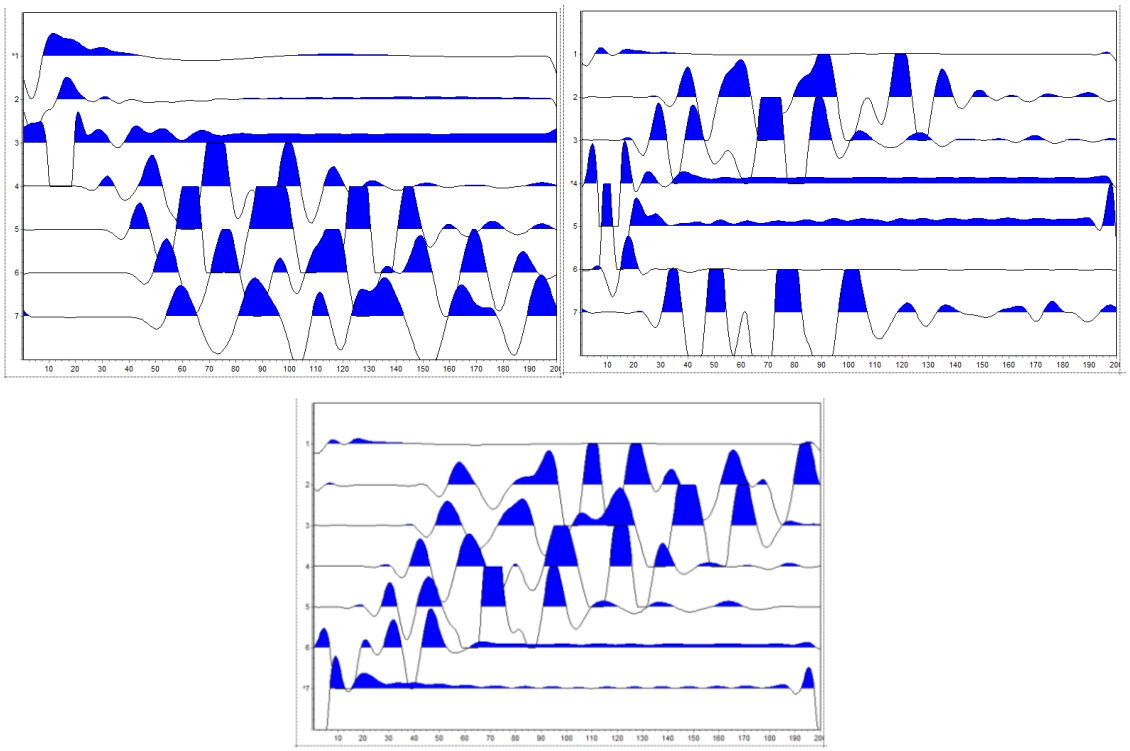
- **ENSAYOS DE EXPLORACIÓN MEDIANTE ENSAYOS GEOFÍSICOS (SÍSMICA DE REFRACCIÓN)**

SISMOGRAMAS (SÍSMICA DE REFRACCIÓN)

LS0001

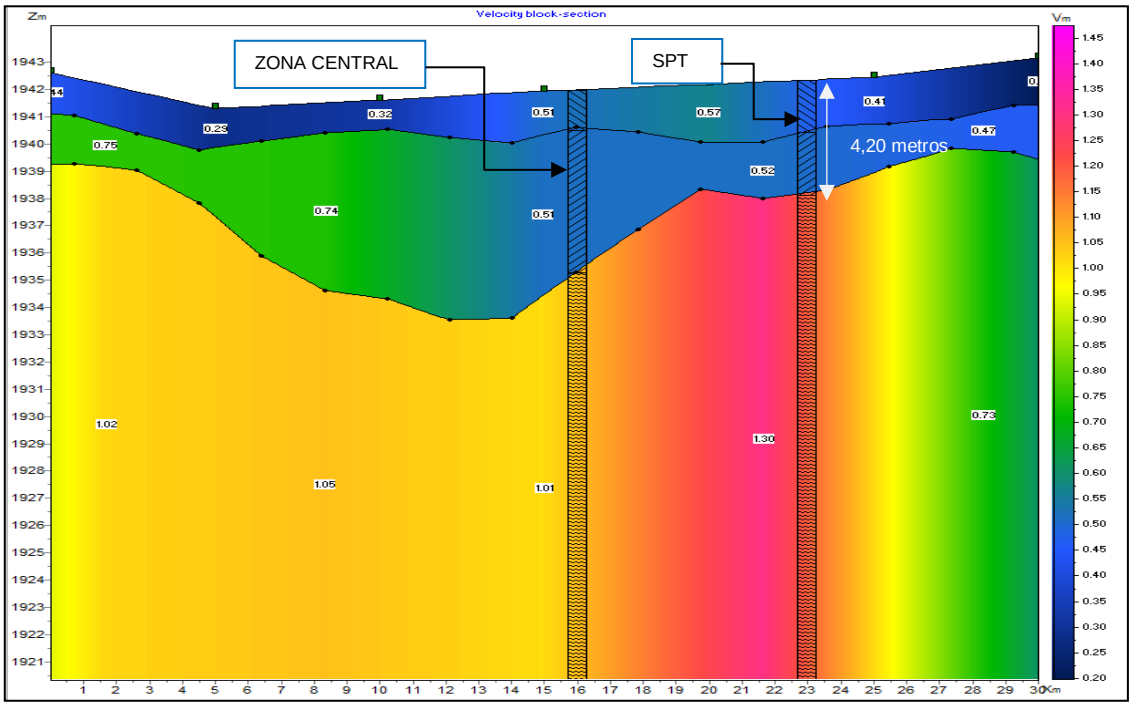


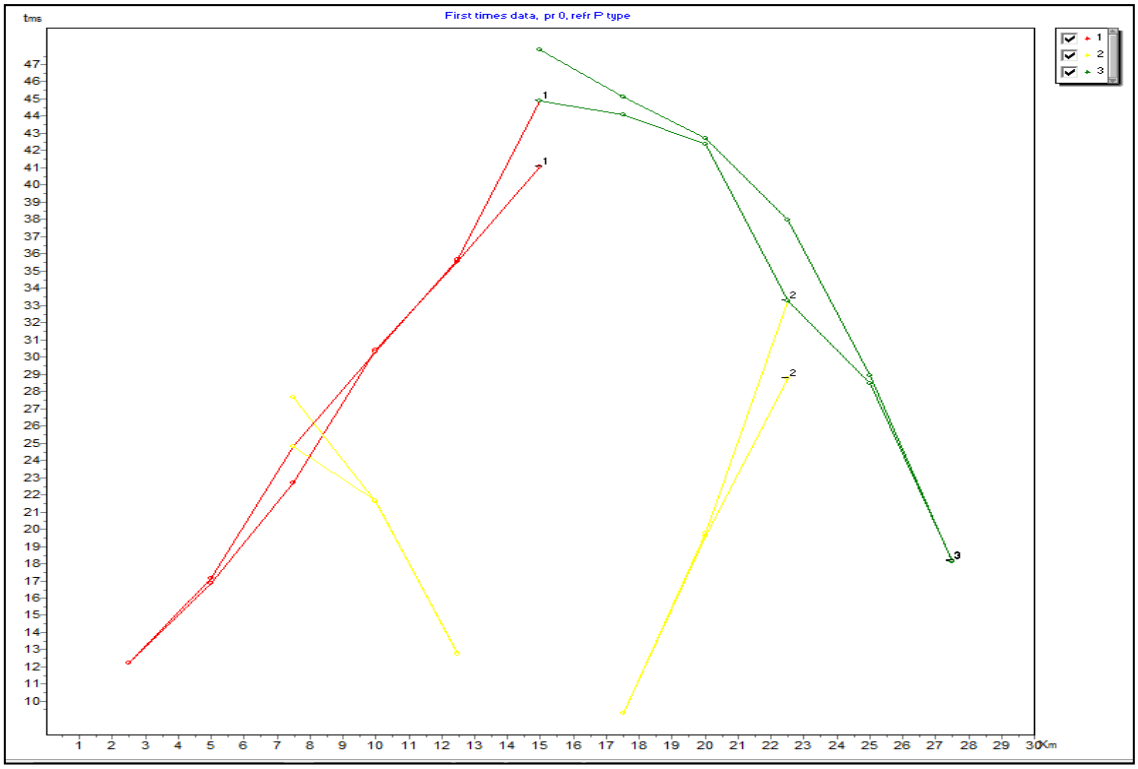
LS0002

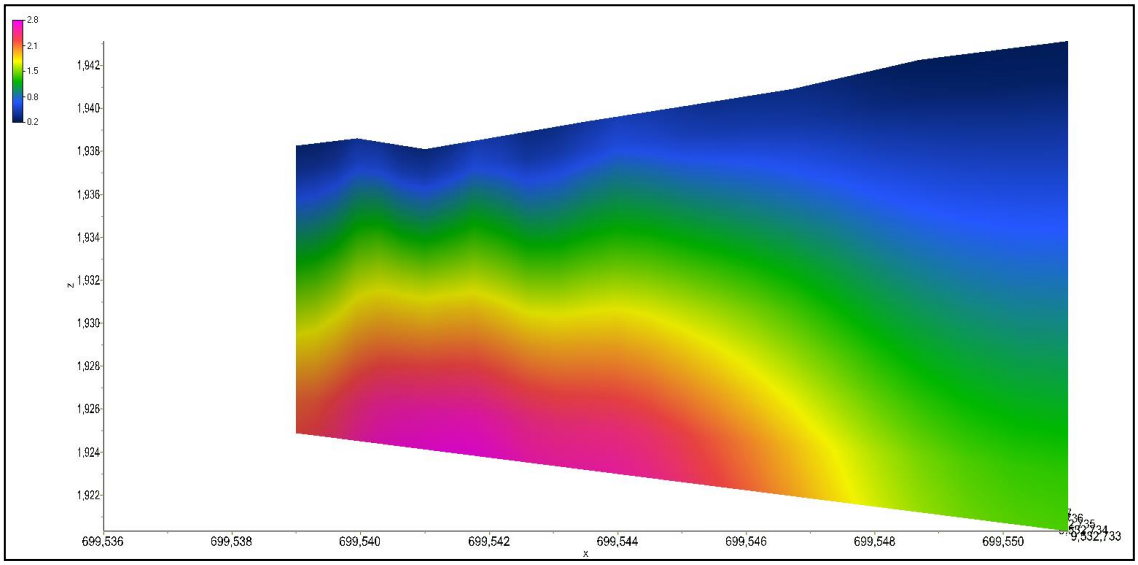


Mediante los sismogramas obtenidos, se describen los endocromas y los perfiles sísmicos que a continuación se detallan:

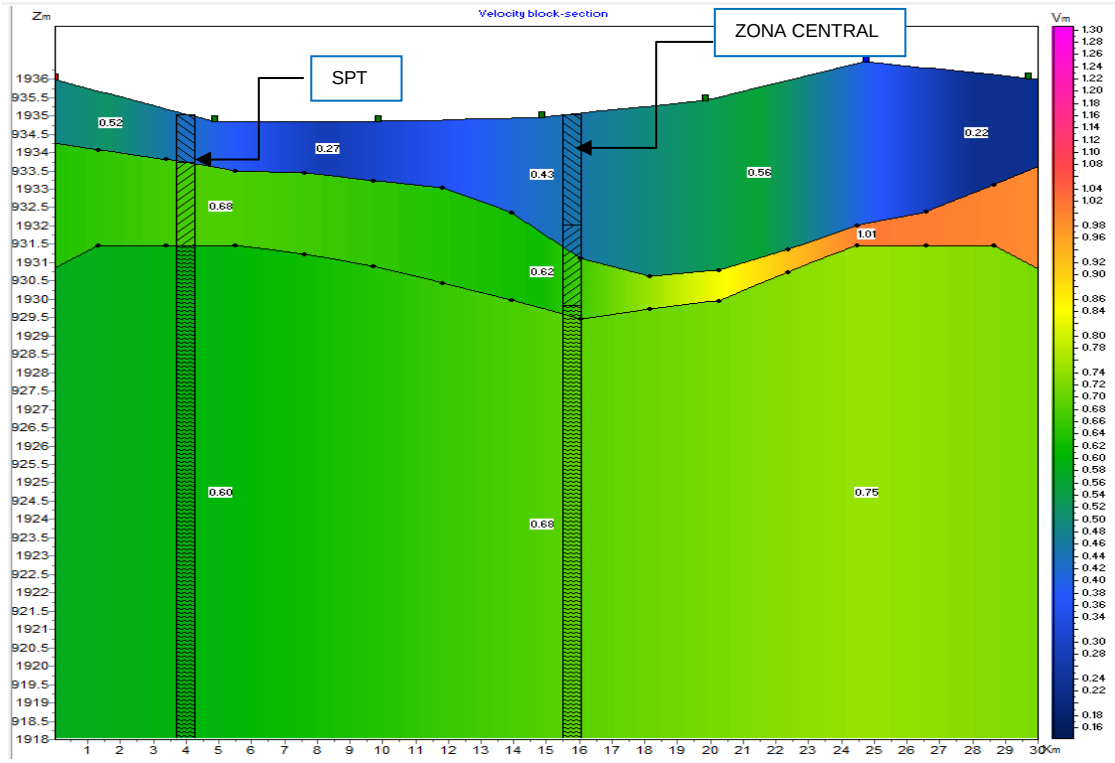
LS0001

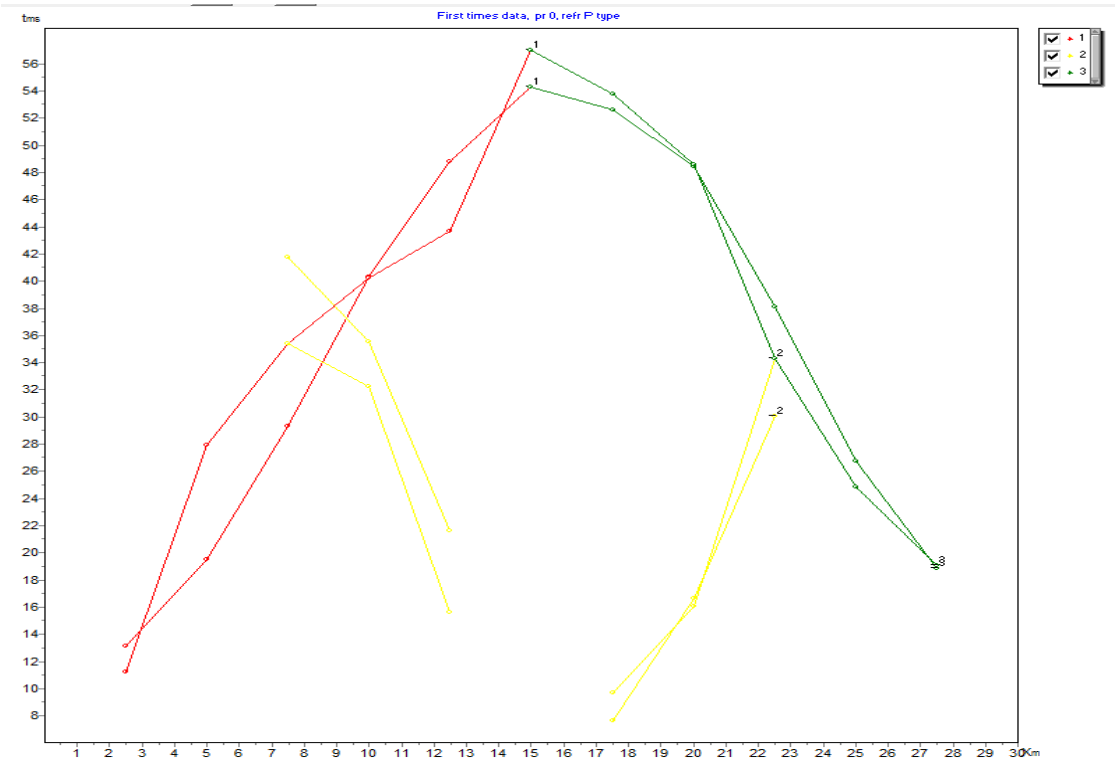


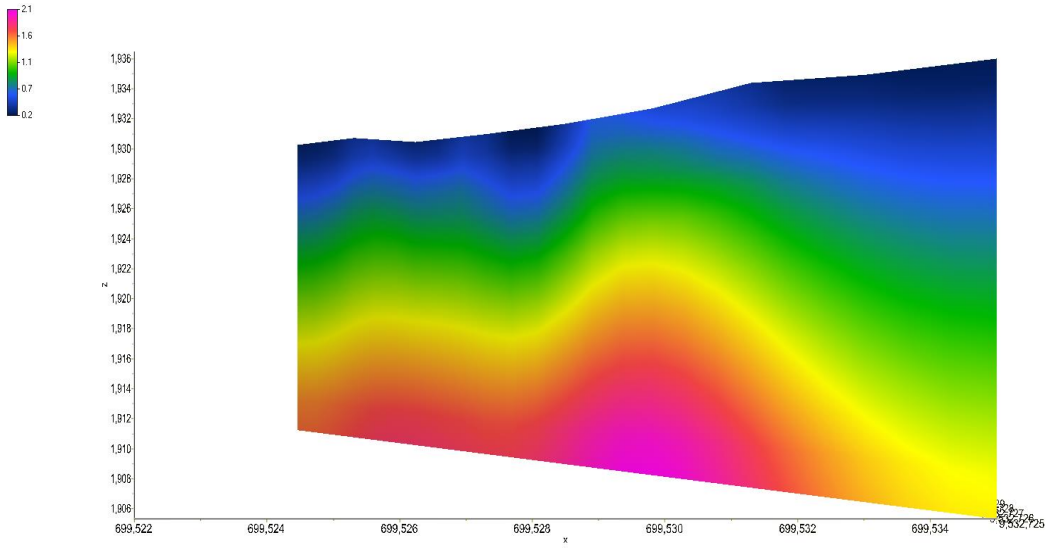

First times data, pr 0, refr P type
tms
Km
1
2
3


z
x

LS0002


Velocity block-section
Zm
Vm
SPT
ZONA CENTRAL
0.52
0.27
0.43
0.56
0.22
0.68
1.01
0.62
0.60
0.68
0.75
Km

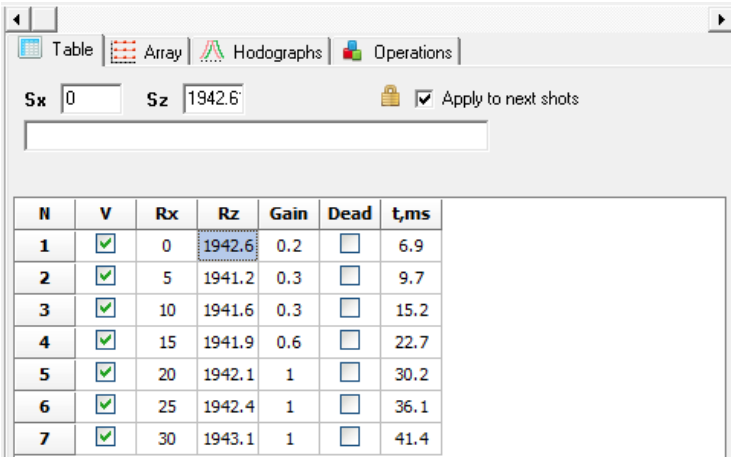

First times data, pr 0, refr P type
tms
Km



- **RESULTADOS DETERMINADOS MEDIANTE GEOFÍSICA (SÍSMICA DE REFRACCIÓN)**

Para la determinación de la capacidad de soporte y el tipo de estrato encontrado mediante la sísmica de refracción, se determinó los dromocronas obtenidos mediante los perfiles sísmicos, estos resultados de los dromocronas se detallan a continuación:

LS001



N	V	Rx	Rz	Gain	Dead	t,ms
1	☑	0	1942.6	0.2	☐	6.9
2	☑	5	1941.2	0.3	☐	9.7
3	☑	10	1941.6	0.3	☐	15.2
4	☑	15	1941.9	0.6	☐	22.7
5	☑	20	1942.1	1	☐	30.2
6	☑	25	1942.4	1	☐	36.1
7	☑	30	1943.1	1	☐	41.4

Table | Array | Hodographs | Operations

Sx 15 Sz 1941.9 Apply to next shots

N	V	Rx	Rz	Gain	Dead	t,ms
1	✓	0	1942.6	0.05	☐	27.3
2	✓	5	1941.2	0.3	☐	21.6
3	✓	10	1941.6	0.3	☐	12.4
4	✓	15	1941.9	0.5	☐	0.9
5	✓	20	1942.1	0.09	☐	7.8
6	✓	25	1942.4	0.2	☐	14.8
7	✓	30	1943.1	0.4	☐	20.7

Table | Array | Hodographs | Operations

Sx 30 Sz 1943.1 Apply to next shots

N	V	Rx	Rz	Gain	Dead	t,ms
1	✓	0	1942.6	0.05	☐	41.4
2	✓	5	1941.2	1.0	☐	43.9
3	✓	10	1941.6	0.3	☐	43.1
4	✓	15	1941.9	0.5	☐	37.9
5	✓	20	1942.1	0.4	☐	28.6
6	✓	25	1942.4	0.1	☐	18.1
7	✓	30	1943.1	0.09	☐	8.6

LS002

Table | Array | Hodographs | Operations

Sx 0 Sz 1935.9 Apply to next shots

N	V	Rx	Rz	Gain	Dead	t,ms
1	✓	0	1935.9	0.2	☐	7.7
2	✓	5	1934.8	0.2	☐	13.2
3	✓	10	1934.8	0.8	☐	19.5
4	✓	15	1934.9	0.6	☐	29.3
5	✓	20	1935.4	1.2	☐	40.3
6	✓	25	1936.4	0.8	☐	48.8
7	✓	30	1936.0	0.8	☐	54.3

Table | Array | Hodographs | Operations

Sx 15 Sz 1934.9 Apply to next shots

N	V	Rx	Rz	Gain	Dead	t,ms
1	✓	0	1935.9	0.05	☐	41.8
2	✓	5	1934.8	0.7	☐	35.6
3	✓	10	1934.8	0.7	☐	21.6
4	✓	15	1934.9	0.6	☐	1.6
5	✓	20	1935.4	0.7	☐	7.7
6	✓	25	1936.4	0.08	☐	16.7
7	✓	30	1936.0	1.2	☐	30.0

Table | Array | Hodographs | Operations

Sx 30 Sz 1936.0 Apply to next shots

N	V	Rx	Rz	Gain	Dead	t,ms
1	✓	0	1935.9	0.05	☐	54.3
2	✓	5	1934.8	0.8	☐	52.6
3	✓	10	1934.8	0.8	☐	48.4
4	✓	15	1934.9	0.7	☐	38.1
5	✓	20	1935.4	0.7	☐	26.7
6	✓	25	1936.4	0.5	☐	18.9
7	✓	30	1936.0	0.3	☐	6.7

CAPACIDAD DE CARGA LS 1

LINEA SÍSMICA N: 1				
ESPESOR DE ESTRATO 1	ESPESOR DE:	0.00	A	1.50
Vp=	510 m/s			
Vs=	238.3 m/s			
Vp/Vs ARCILLA DURA CON GRAVA Y ARENA (500-600)	2.14			
μ= ARCILLA DURA CON GRAVA Y ARENA (500-600)	0.36			
δ= ARCILLA DURA CON GRAVA Y ARENA (500-600)	1.415 Tn/m3			
ϕ=	26 GRADOS			
FACTOR REDUCCIÓN Sv. =	1.00			
MÓDULO ELÁSTICO=	22279.45 Kg/cm2			
MÓDULO RÍGIDO =	8190.97 Kg/cm2			
MÓDLULO VOLUMÉTRICO=	13875.51 Kg/cm2			
PARÁMETROS MECÁNICOS DE LOS SUELOS				
N 30=	8			
Qadm =	0.82 Kg/cm2			

LINEA SÍSMICA N: 1				
ESPESOR DE ESTRATO 2	ESPESOR DE:	1.50	A	6.70
Vp=	650 m/s			
Vs=	286.3 m/s			
Vp/Vs ARENA ARCILLOSA (600-700)	2.27			
μ= ARENA ARCILLOSA (600-700)	0.38			
δ= ARENA ARCILLOSA (600-700)	1.451 Tn/m3			
ϕ=	30 GRADOS			
FACTOR REDUCCIÓN Sv. =	1.00			
MÓDULO ELÁSTICO=	33461.87 Kg/cm2			
MÓDULO RÍGIDO =	12123.87 Kg/cm2			
MÓDLULO VOLUMÉTRICO=	20537.83 Kg/cm2			
PARÁMETROS MECÁNICOS DE LOS SUELOS				
N 30=	10			
Qadm =	1.02 Kg/cm2			

LINEA SÍSMICA N: 1				
ESPESOR DE ESTRATO 3	ESPESOR DE:	6.70	A	20.00
Vp=	1010 m/s			
Vs=	540.1 m/s			
Vp/Vs GRAVAS ARCILLOSAS (900-1100)	1.87			
μ= GRAVAS ARCILLOSAS (900-1100)	0.3			
δ= GRAVAS ARCILLOSAS (900-1100)	1.618 Tn/m3			
ϕ=	36 GRADOS			
FACTOR REDUCCIÓN Sv. =	1.00			
MÓDULO ELÁSTICO=	125092.48 Kg/cm2			
MÓDULO RÍGIDO =	48112.49 Kg/cm2			
MÓDLULO VOLUMÉTRICO=	81502.56 Kg/cm2			
PARÁMETROS MECÁNICOS DE LOS SUELOS				
N 30=	21			
Qadm =	2.14 Kg/cm2			

CAPACIDAD DE CARGA LS 2

LINEA SÍSMICA N: 2				
ESPESOR DE ESTRATO 1	ESPESOR DE:	0.00	A	3.00
Vp=	430 m/s			
Vs=	248.6 m/s			
Vp/Vs ARCILLA MEDIA CON GRAVAS (400-500)	1.73			
μ= ARCILLA MEDIA CON GRAVAS (400-500)	0.25			
δ= ARCILLA MEDIA CON GRAVAS (400-500)	1.328 Tn/m3			
ϕ=	12 GRADOS			
FACTOR REDUCCIÓN Sv. =	1.00			
MÓDULO ELÁSTICO=	20915.65 Kg/cm2			
MÓDULO RÍGIDO =	8366.26 Kg/cm2			
MÓDLULO VOLUMÉTRICO=	14172.44 Kg/cm2			
PARÁMETROS MECÁNICOS DE LOS SUELOS				
N 30=	8			
Qadm =	0.81 Kg/cm2			

LINEA SÍSMICA N: 2				
ESPESOR DE ESTRATO 2	ESPESOR DE:	3.00	A	5.20
Vp=	620 m/s			
Vs=	273.1 m/s			
Vp/Vs ARENA ARCILLOSA (600-700)	2.27			
μ= ARENA ARCILLOSA (600-700)	0.38			
δ= ARENA ARCILLOSA (600-700)	1.451 Tn/m3			
ϕ=	30 GRADOS			
FACTOR REDUCCIÓN Sv. =	1.00			
MÓDULO ELÁSTICO=	30447.45 Kg/cm2			
MÓDULO RÍGIDO =	11031.68 Kg/cm2			
MÓDLULO VOLUMÉTRICO=	18687.67 Kg/cm2			
PARÁMETROS MECÁNICOS DE LOS SUELOS				
N 30=	10			
Qadm =	0.97 Kg/cm2			

LINEA SÍSMICA N: 2				
ESPESOR DE ESTRATO 3	ESPESOR DE:	5.20	A	20.00
Vp=	750 m/s			
Vs=	376.9 m/s			
Vp/Vs ARENA MEDIA CON GRAVAS (600-800)	1.99			
μ= ARENA MEDIA CON GRAVAS (600-800)	0.33			
δ= ARENA MEDIA CON GRAVAS (600-800)	1.469 Tn/m3			
ϕ=	32 GRADOS			
FACTOR REDUCCIÓN Sv. =	1.00			
MÓDULO ELÁSTICO=	56583.10 Kg/cm2			
MÓDULO RÍGIDO =	21271.84 Kg/cm2			
MÓDLULO VOLUMÉTRICO=	36034.50 Kg/cm2			
PARÁMETROS MECÁNICOS DE LOS SUELOS				
N 30=	14			
Qadm =	1.35 Kg/cm2			

PERFILES SÍSMICOS Y SU TIPO

LÍNEA DE SÍSMICA 1

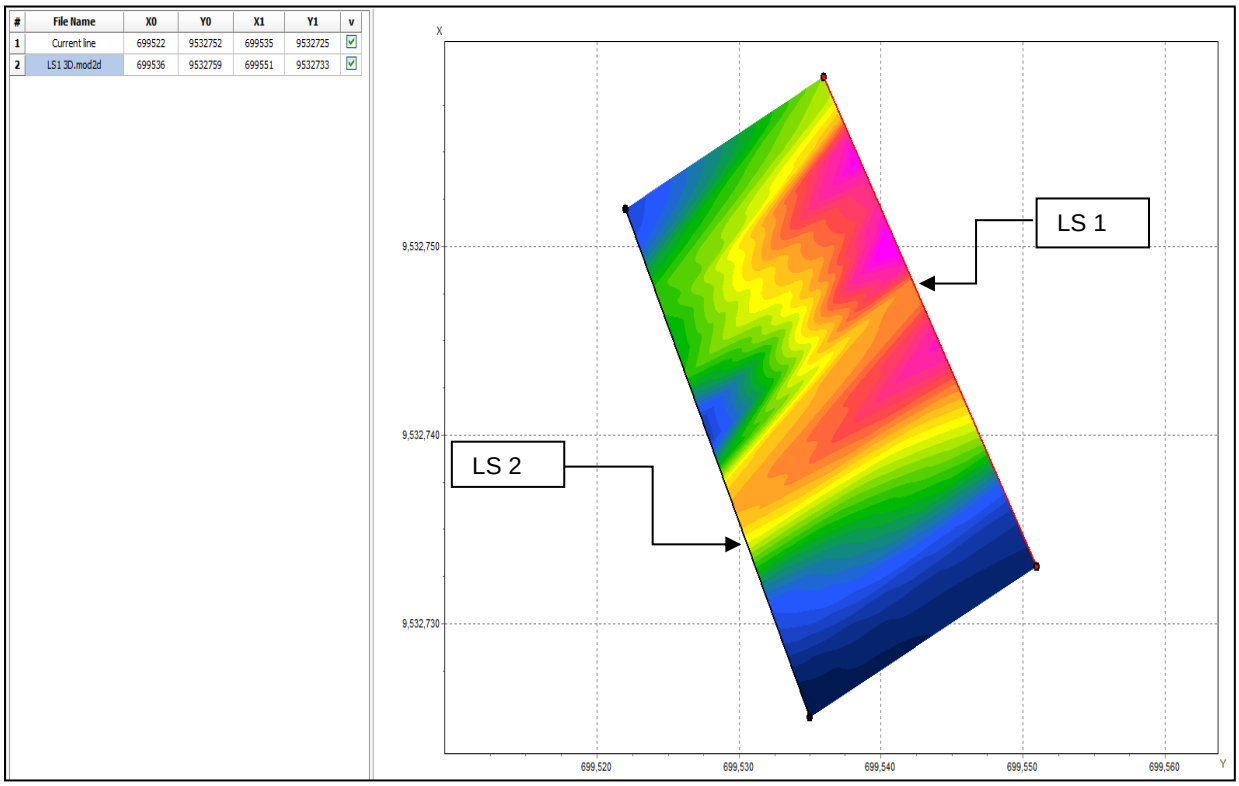
CAPA	VELOCIDAD SÍSMICA (m/s)	ESPESORES (m)	Q ADMISIBLE (Kg/cm2)	TIPO DE MATERIAL ESTIMADO
1	510	0.00-1.50	0,82	Arcilla dura con grava y arena
2	650	1.50-6.70	1,02	Arena arcillosa
3	1010	6.70-20.00	2,14	Grava arcillosa

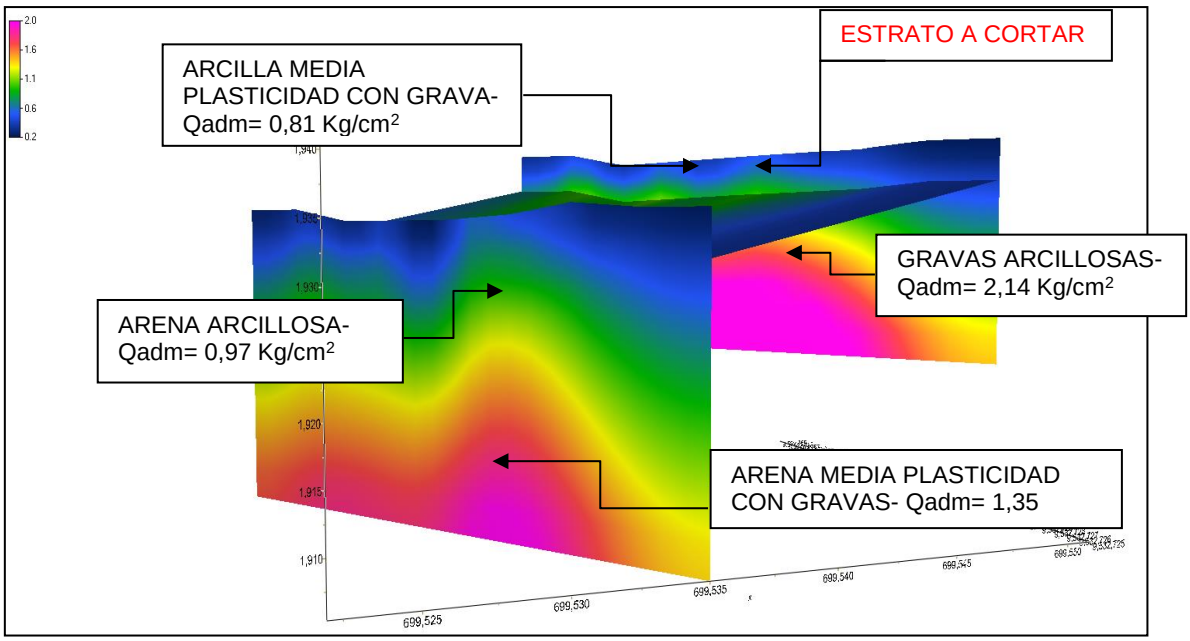
LÍNEA DE SÍSMICA 2

CAPA	VELOCIDAD SÍSMICA (m/s)	ESPESORES (m)	Q ADMISIBLE (Kg/cm2)	TIPO DE MATERIAL ESTIMADO
1	430	0.00-3.00	0,81	Arcilla de media plasticidad con grava
2	620	3.00-5.20	0,97	Arena arcillosa
3	750	5.20-20.00	1,35	Arena de media plasticidad con gravas

- **ESTRATIGRAFÍA Y SOPORTE DE ESTRATOS.**

A continuación se detalla el esquema de estratigrafía en 3D y sus capacidades de soporte del terreno es estudio.





Mediante los ensayos realizados correspondientes a 2 líneas de sísmica de 30 metros (LS1 – LS2) se determina la presencia de estratos arcilloso de media plasticidad arenoso gravoso, con una profundidad máxima de 6,50 metros en la zona más crítica, seguido de un estrato arenoso arcilloso en donde se propone cimentar las estructuras y como último estrato tenemos arena de media plasticidad con gravas hasta la profundidad de 20,00 metros que es la profundidad de estudio, a continuación se detalla los resultados de las líneas de sísmica obtenidos. Por lo tanto el valor de la capacidad de carga (*q* Admisible) es:

CAPACIDAD DE CARGA LÍNEA SÍSMICA 1 - COTA 1936 msnm

Q ultimo = 30,06 Tn/m^2 = 3,006 Kg/cm^2

Q admisible = 10,02 Tn/m^2 = 1,002 Kg/cm^2

Ángulo de fricción interna = 30,00°

Factor de Seguridad = 3,00

Densidad = 1,451 g/cm^3

NOTA: Es necesario un cambio de estrato

CAPACIDAD DE CARGA LÍNEA SÍSMICA 2 – COTA 1933 msnm

Q ultimo = 29,13 Tn/m^2 = 2,913 Kg/cm^2

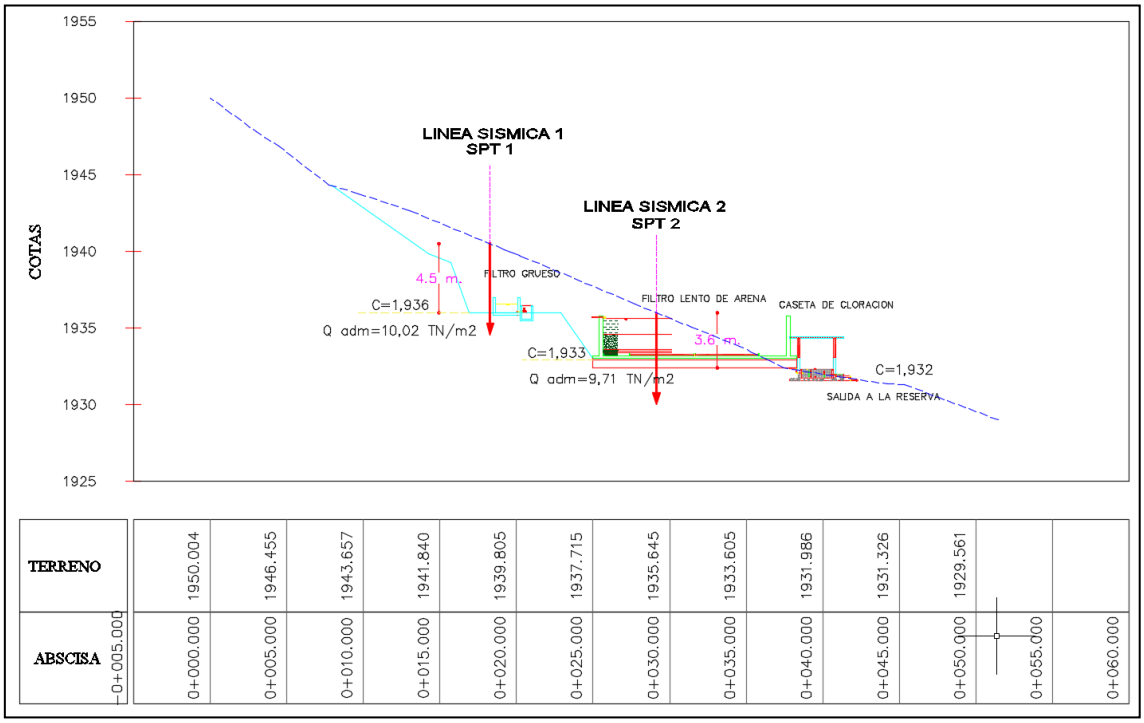
Q admisible = 9,710 Tn/m^2 = 0,971 Kg/cm^2

Ángulo de fricción interna = 30,00°

Factor de Seguridad = 3,00

Densidad = 1,451 g/cm^3

NOTA: Es necesario un cambio de estrato



- **IMÁGENES DEL ENSAYO DE SÍSMICA DE REFRACCIÓN**

ANEXO 7

CALCULO DEL RMR

CÁLCULO DE RMR: MACIZO ROCOSO N°1

Parámetros		Escala de Valores						
Resistencia de la matriz rocosa (MPa)	Carga Puntual	>10	10-4	4-2	2-1	Compresión Simple		
	Compresión simple	>250	250-100	100-50	50-25	25-5	5-1	<1
Valor		15	12	7	4	2	1	0
RQD.		90-100%	75-90%	50-75%	25-50%	25%		
Valor		20	17	13	8	3		
Espaciado de Juntas		>2m	0.6-2m	0.2-0.6m	0.006-0.2m	>0.006		
Valor		20	15	10	8	5		
Condición Juntas		Muy rugosas sin discontinuidades cerradas.	Ligeramente rugosa <1mm de separación	Ligeramente rugosa <1mm de separación	Espejo de falla o relleno de espesor <5mm	Relleno blando de espesor <5mm o abiertas <5mm fisuras continuas		
Valor		30	23	13	6	0		
Aguas Subterráneas	Cantidad Infiltración	Nula	<10lit/min	10-25 lit/min	25-125 lit/min	>125 lit/min		
	Presión Agua / Esfuerzo principal	0	0-0.1	0.1-0.2	0.2-0.5	>0.5		
	Situación General	Seco	Ligeramente Húmedo	Húmedo	Goteando	Agua Fluyendo		
Valor		15	10	7	4	0		
VALOR TOTAL		60		Clase por Numero		III		
DESCRIPCIÓN		Medio						
DETALLES		Tiempo de mantenimiento de 1 semana para 3 metros, Cohesión de 2-3kg/cm^2 y un ángulo de fricción interna de entre 25 y 35°						

CÁLCULO DE RMR: MACIZO ROCOSO N°2

Parámetros		Escala de Valores						
Resistencia de la matriz rocosa (MPa)	Carga Puntual	>10	10-4	4-2	2-1	Compresión Simple		
	Compresión simple	>250	250-100	100-50	50-25	25-5	5-1	<1
Valor		15	12	7	4	2	1	0
RQD.		90-100%	75-90%	50-75%	25-50%	25%		
Valor		20	17	13	8	3		
Espaciado de Juntas		>2m	0.6-2m	0.2-0.6m	0.006-0.2m	>0.006		
Valor		20	15	10	8	5		
Condición Juntas		Muy rugosas sin discontinuidades cerradas.	Ligeramente rugosa <1mm de separación	Ligeramente rugosa <1mm de separación	Espejo de falla o relleno de espesor <5mm	Relleno blando de espesor <5mm o abiertas <5mm fisuras continuas		
Valor		30	23	13	6	0		
Aguas Subterráneas	Cantidad Infiltración	Nula	<10lit/min	10-25 lit/min	25-125 lit/min	>125 lit/min		
	Presión Agua / Esfuerzo principal	0	0-0.1	0.1-0.2	0.2-0.5	>0.5		
	Situación General	Seco	Ligeramente Húmedo	Húmedo	Goteando	Agua Fluyendo		
Valor		15	10	7	4	0		
VALOR TOTAL		36		Clase por Numero		IV		
DESCRIPCIÓN		Mala						
DETALLES		Tiempo de mantenimiento de 5 horas para 1.5 metros, Cohesión de 1-2 kg/cm^2 y un ángulo de fricción interna de entre 15 y 25°						