UNIVERSIDAD NACIONAL DE LOJA

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

CARRERA DE INGENIERÍA EN GEOLOGÍA AMBIENTAL Y ORDENAMIENTO TERRITORIAL

TITULO

"ESTUDIO GEOLÓGICO – GEOTÉCNICO PARA LA CARACTERIZACIÓN DEL MOVIMIENTO DE MASA EXISTENTE EN LA CABECERA PARROQUIAL EL CHORRO, CANTÓN CHINCHIPE, PROVINCIA DE ZAMORA CHINCHIPE".

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

AUTORA:
Lizeth Carolina Sucunuta Ordóñez

DIRECTOR:
Ing. Carlomagno Nixon Chamba Tacuri, Mg. Sc.

LOJA – ECUADOR
2016

CERTIFICACIÓN

Ing. Carlomagno Nixon Chamba Tacuri, Mg. Sc.
DOCENTE DE LA CARRERA DE INGENIERÍA EN GEOLOGÍA AMBIENTAL Y ORDENAMIENTO TERRITORIAL DE LA UNIVERSIDAD NACIONAL DE LOJA.
DIRECTOR DE TESIS

CERTIFICA:

Haber dirigido, revisado y corregido el presente trabajo de tesis de grado, en su proceso de investigación titulado **"Estudio geológico – geotécnico para la caracterización del movimiento de masa existente en la cabecera parroquial El Chorro, Cantón Chinchipe, Provincia de Zamora Chinchipe"**, previo a la obtención del título de Ingeniero en Geología Ambiental y Ordenamiento Territorial, realizado por la señorita egresada: Lizeth Carolina Sucunuta Ordóñez, trabajo que cumple con la reglamentación y políticas de investigación, por lo que autorizo su presentación y posterior sustentación y defensa.

Loja 19 de noviembre, 2015

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

AUTORÍA

Yo **Lizeth Carolina Sucunuta Ordóñez** declaro ser autora 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.

Autor: Lizeth Carolina Sucunuta Ordóñez

Firma:

Cédula: 190059999-2

Fecha: 07 de enero, 2016

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

Yo **Lizeth Carolina Sucunuta Ordóñez**, declaro ser autora de la tesis titulada: **Estudio geológico – geotécnico para la caracterización del movimiento de masa existente en la cabecera parroquial El Chorro, Cantón Chinchipe, Provincia de Zamora Chinchipe**, como requisito para optar al grado de Ingeniero en Geología Ambiental y Ordenamiento Territorial.; autorizo al Sistema Bibliotecario de la Universidad Nacional de Loja para que con fines académicos, muestre al mundo la producción intelectual de la Universidad, a través de la visibilidad de su contenido de la siguiente manera en el Repositorio Digital Institucional:

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

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

Para constancia de esta autorización, en la ciudad de Loja, a los 07 días del mes de enero del dos mil dieciséis.

Firma:

Autor: Lizeth Carolina Sucunuta Ordóñez
Cédula: 190059999-2
Dirección: Loja (Ciudadela Daniel Álvarez)
Correo Electrónico: likar_so@hotmail.com
Celular: 0979661552

DATOS COMPLEMENTARIOS

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

Tribunal de Grado: Ing. Walter Simón Tambo Encalada, Mg. Sc.
Ing. José Rubén Jaramillo Espinosa, Mg. Sc.
Ing. Dixon Elicio Briceño Martinez, Mg. Sc.

DEDICATORIA

Dedicado especialmente a Dios por que ha estado conmigo en cada paso que doy, cuidándome y dándome fortaleza para continuar.

A mis padres, Amelia Ordóñez y Víctor Sucunuta, quienes a lo largo de mi vida han velado por mi bienestar y educación siendo mi apoyo en todo momento. A mis hermanos Génesis, Valeria y Edison. A mi hija Valery quien es mi motivación, inspiración y felicidad.

AGRADECIMIENTO

Gracias a mi Dios, creador del universo y dueño de mi vida que me permite construir otros mundos mentales posibles.

A mis padres, que siempre me han dado su apoyo incondicional y a quienes debo este triunfo profesional, por todo su trabajo y dedicación para darme una formación académica y sobre todo humanista y espiritual.

A todos mis familiares, amigos y todas aquellas personas que han sido importantes para mí durante todo este tiempo, que de una u otra manera estuvieron pendientes a lo largo de este proceso, brindado su apoyo incondicional.

A mis maestros que aportaron a mi formación. A mi director de tesis, Ingeniero Carlomagno Chamba, así mismo al Ingeniero Michael Valarezo por su confianza y apoyo en la presente investigación.

"Gracias por haber fomentado en mí el deseo de superación y el anhelo de triunfo en la vida."

Lizeth Carolina Sucunuta Ordóñez

ÍNDICE DE CONTENIDO

CERTIFICACIÓN ii
AUTORÍA …. iii
CARTA DE AUTORIZACIÓN DE TESIS iv
DEDICATORIA v
AGRADECIMIENTO vi
ÍNDICE DE CONTENIDO vii
ÍNDICE DE TABLAS ix
ÍNDICE DE FOTOGRAFÍAS x
ÍNDICE DE FIGURAS xii
1. TÍTULO 1
2. RESUMEN 2
3. INTRODUCCIÓN 4
3.1. OBJETIVOS 6
4. MARCO TEÓRICO 7
4.1. Geología 7
4.2. Rocas 7
4.2.1. Clasificación de las rocas 7
4.3. Estructuras geológicas 13
4.3.1. Planos geológicos y orientación 13
4.3.2. Orientación de un plano 14
4.3.3. Principales estructuras geológicas 15
4.4. Geotecnia 22
4.5. Mecánica de suelos 23
4.6. Propiedades físico – mecánicas de las rocas 24
4.6.1. Clasificación de Bieniawski (R.M.R) 24
4.7. Suelo 25
4.7.1. Propiedades físicas de los suelos 25
4.7.2. Ensayo de Penetración Estándar -SPT 26

4.8. Geofísica 26
4.8.1. Sondeos Eléctricos Verticales – SEVs 26
4.8.2. Prospección Sísmica 27
4.9. Movimientos de masa 28
4.9.1. Factores que influyen en los Movimientos de Masa 29
4.9.2. Factores Antrópicos 29
4.10. Medidas de previsión y prevención para los movimientos de masa 30
5. MATERIALES USADOS Y METODOLOGÍA 32
5.1. Introducción 32
6. RESULTADOS 34
6.1. Descripción general del área de estudio 34
6.1.1. Accesos 34
6.1.2. Localización Geográfica 35
6.1.3. Topografía 36
6.1.4. Geología Regional 37
6.1.5. Geología Local 39
6.1.6. Geomorfología 43
6.1.7. Uso actual del suelo 48
6.1.8. Clima e Hidrología 50
6.1.9. Infraestructuras Presentes 55
6.1.10. Condiciones Antrópicas 55
6.2. Estudio geológico – geotécnico 57
6.2.1. Geología a detalle (comprobación de puntos específicos) 57
6.2.2. Mecánica de suelos 61
6.2.3. Resistividad Eléctrica 63
6.2.4. Sísmica de refracción 74

6.2.5. Sondeos mecánicos 79

6.2.6. Calicatas 96

6.2.7. Deslizamientos superficiales 100

6.3. Valoración cualitativa del sector 110

6.3.1. Introducción 110

6.3.2. Capacidades en función de mecánica rocas y mecánica de suelos 111

7. DISCUSIÓN DE RESULTADOS 114

8. CONCLUSIONES 116

9. RECOMENDACIONES 118

10. BIBLIOGRAFÍA 120

11. ANEXOS 122

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Tipos de movimientos en masa en referencia a Cruden y Varnes y Hutchinson, 1969 28

Tabla 2. Métodos de prevención de la amenaza o el riesgo 30

Tabla 3. Métodos de elusión de amenazas de deslizamientos 31

Tabla 4. Estructuras de control de masas en movimiento 31

Tabla 5. Bases geográficas 35

Tabla 6. Categorías de pendiente 43

Tabla 7. Colores establecidos para los polígonos de las unidades 44

Tabla 8. Descripción de unidades morfológicas del sector de estudio 45

Tabla 9. Geomorfología del sector El Chorro 46

Tabla 10. Uso actual del suelo 48

Tabla 11. Estaciones meteorológicas, y datos de precipitación media anual 50

Tabla 12. Precipitación anual *(mm)* en el Área de Estudio; Periodo 1990-2012. 53

Tabla 13. Interpretación de resultados sobre los tipos de material 62

Tabla 14. Cuadro resumen de las 10 líneas sísmicas..... 78

Tabla 15. Composición y descripción del suelo en el SPT 1 81

Tabla 16. Composición y descripción del suelo en el SPT 2 82

Tabla 17. Composición y descripción del suelo en el SPT 3 83

Tabla 18. Composición y descripción del suelo en el SPT 4 84

Tabla 19. Composición y descripción del suelo en el SPT 5 85

Tabla 20. Composición y descripción del suelo en el SPT 6 86

Tabla 21. Composición y descripción del suelo en el SPT 7 87

Tabla 22. Composición y descripción del suelo en el SPT 8 87

Tabla 23. Resumen - interpretación de resultados SPT..... 88

Tabla 24. Valores relativos de permeabilidad. 92

Tabla 25. Valores de N° SPT resistencia a compresión simple y módulo de elasticidad (Modificada) 92

Tabla 26. Categorías para la valoración de suelos..... 93

Tabla 27. Valoración de los suelos en la zona de estudio 93

Tabla 28. Resumen del esquema geotécnico a diferentes niveles (profundidades)..... 106

ÍNDICE DE FOTOGRAFÍAS

Fotografía N° 1. Relieve con pendientes bajas, depósitos superficiales de coluvios en el sector..... 32

Fotografía N° 2. Acceso a la Cabecera Parroquial El Chorro. 35

Fotografía N° 3. Areniscas tobáceas con estratificación delgada a media de la Formación Quillollaco..... 40

Fotografía N° 4. Contacto entre conglomerado y tobas arenosas 40

Fotografía N° 5. Granodioritas con tamaño de grano muy grueso (1,00 mm), meteorizada..... 41

Fotografía N° 6. Zona central del poblado de El Chorro, asentados sobre depósitos sedimentarios..... 46

Fotografía N° 7. Vía desde la Ciudad de Zumba a la Parroquia El Chorro. 55

Fotografía N° 8. Contacto entre las areniscas tobáceas y conglomerados 57

Fotografía N° 9. Areniscas tobáceas 58

Fotografía N° 10. Tobas arenosas de tamaño de grano medio 59

Fotografía N° 11. Suelo residual producto de la meteorización..... 60

Fotografía N° 12. Suelos arcillosos arenosos producto de la desintegración de las tobas 60

Fotografía N° 13. Estratificación delgada a media en las areniscas tobáceas 61

Fotografía N° 14. Equipo Digital de Resistividades marca ABEM, SAS 4000..... 64

Fotografía N° 15. Ensayos SEV 64

Fotografía N° 16. Sismógrafo SEISTRONIX. 74

Fotografía N° 17. Realización de sondeos de SPT. 79

Fotografía N° 18 - Fotografía N° 19. Ensayo de SPT, Pozo 1 80

Fotografía N° 20 - Fotografía N° 21. Ensayo de SPT, Pozo 2 81

Fotografía N° 22 - Fotografía N° 23. Ensayo de SPT, Pozo 3 82

Fotografía N° 24 - Fotografía N° 25. Ensayo de SPT, Pozo 4 83

Fotografía N° 26 - Fotografía N° 27. Ensayo de SPT, Pozo 5 84

Fotografía N° 28 - Fotografía N° 29. Ensayo de SPT, Pozo 6 85

Fotografía N° 30 - Fotografía N° 31. Ensayo de SPT, Pozo 7 86

Fotografía N° 32 - Fotografía N° 33. Ensayo de SPT, Pozo 8 87

Fotografía N° 34. Medidas de la Calicata 1 96

Fotografía N° 35. Medidas de la Calicata 2 97

Fotografía N° 36. Medidas de la Calicata 3 98

Fotografía N° 37. Medidas de la Calicata 4 99

Fotografía N° 38. Medidas de la Calicata 5 99

Fotografía N° 39. Medidas de la Calicata 6 100

Fotografía N° 40. Desplazamiento de los conglomerados sobre las areniscas..... 101

Fotografía N° 41. Evidencias del deslizamiento rotacional, provocado por relieve abrupto. 101

Fotografía N° 42. Presencia de escorrentía de agua en el deslizamiento 102

Fotografía N° 43. Presencia de focos de agua sobre movimiento de masa (propagación lateral) 103

Fotografía N° 44. Dimensiones del movimiento de masa 103

Fotografía N° 45. Fisuramiento de paredes de las viviendas 111

Fotografía N° 46. Los movimientos de cimentaciones sobre arcillas han ocasionado grietas en las bases. 112

Fotografía N° 47. Fisuramiento en mampostería de comedor producto del asentamiento diferencial de la estructura. 113

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura N° 1. Esquema simplificado del Ciclo de las Rocas y relación existente entre los distintos tipos de roca y procesos geológicos 8

Figura N° 2. Principales tipos de yacimiento de rocas ígneas (intrusitas y extrusivas) ... 9

Figura N° 3. Diagrama de Hjülstrom 10

Figura N° 4. El desarrollo preferente de los cristales durante el metamorfismo da lugar a las texturas foliadas. Estas no reflejan más que el crecimiento cristalino dentro de un campo de esfuerzos anisótropo. 12

Figura N° 5. Relación existente entre los cuerpos ígneos intrusivos y el metamorfismo de contacto. 13

Figura N° 6. Detalle de dirección de inclinación 14

Figura N° 7. Rumbo 14

Figura N° 8. Fallas con desplazamiento vertical 16

Figura N° 9. Desplazamiento 18

Figura N° 10. Estrías 18

Figura N° 11. Arrastres 18

Figura N° 12. Brechas de falla 19

Figura N° 13. Elementos de un pliegue 20

Figura N° 14. Tipos de pliegues según la edad de los estratos envolventes 21

Figura N° 15. Tipos de pliegues según su orientación 22

Figura N° 16. Secuencia metodológica de los trabajos a realizar en el sector El Chorro. 33

Figura N° 17. Equipos y materiales utilizados en la investigación del sector El Chorro. 34

Figura N° 18. Ubicación de la Parroquia El Chorro. 36

Figura N° 19. Marco geológico regional para el área de estudio. 39

Figura N° 20. Proceso para la elaboración del mapa Geomorfológico 43

Figura N° 21. Mapa de sombras 44

Figura N° 22. Estaciones Meteorológicas 50

Figura N° 23. Microcuencas y Red Hídrica de la parroquia El Chorro 52

Figura N° 24. Precipitación anual *(mm)* en el Área de Estudio; Periodo 1990-2012..... 53

Figura N° 25. Población total y tasa de crecimiento de la provincia de Zamora Chinchipe. 56

Figura N° 26. Población total y tasa de crecimiento del cantón Chinchipe. 56

Figura N° 27. Mapa ubicación de apiques realizados en el sector El Chorro 62

Figura N° 28. Sondeo Schlumberger. Los electrodos A y B se abren progresivamente mientras M y N están fijos. 64

Figura N° 29. Interrelación en SPT: Profundidad vs NF 89

Figura N° 30. Ábaco para el cálculo del factor de seguridad al deslizamiento 107

Figura N° 31. Corte de parte del material deslizado para mejorar el factor de seguridad 109

Figura N° 32. Diseño de la zanja, con la ubicación de la tubería 110

1. TÍTULO

“Estudio geológico – geotécnico para la caracterización del movimiento de masa existente en la cabecera parroquial El Chorro, Cantón Chinchipe, Provincia de Zamora Chinchipe”.

2. RESUMEN

El presente trabajo de tesis corresponde al estudio geológico – geotécnico para la caracterización del movimiento de masa existente en la cabecera parroquial El Chorro, Cantón Chinchipe, Provincia de Zamora Chinchipe, cuyo objetivo es identificar y caracterizar las propiedades del terreno sobre el cual esta asentado el sector de estudio, mismo que comprende un área de 62,3 ha.

El desarrollo del presente trabajo inicia con el levantamiento topográfico a detalle, sobre el que se plasmó el levantamiento geológico, geomorfológico y uso actual del suelo, además para determinar si los suelos son aptos para construcciones civiles, se realizó la caracterización geotécnica basada en métodos directos como muestreo de sitios específicos, SPT (Ensayo de Penetración Estándar), SEV (Sondeos Eléctricos Verticales), Sísmica de refracción, y así conocer las propiedades del suelo y roca, que adicionalmente servirán para correlacionar el contenido de agua en los estratos y la litología del sector.

Los resultados de este proyecto permitirán definir superficies para los programas de urbanización y expansión demográfica, en base al Plan de Desarrollo y Ordenamiento Territorial y a la identificación de las zonas susceptibles a deslizamientos, a la vez se propone medidas de estabilización para el deslizamiento rotacional presente en el sector, de tal manera, realizar la remoción de material suelto de la parte superior del deslizamiento y la construcción de drenajes superficiales distribuidos en la corona y al pie del talud, revestidos por geomembrana para evitar filtraciones. Así mismo por la presencia de aguas freáticas a 1,70 y a 3,00 m de profundidad se considera necesario antes de la construcción implementar, mejorar y adecuar el terreno, con el objetivo de generar mayor capacidad de carga y prevenir de asentamientos, debido a que el suelo presenta características estables a los 3 y 4 m de profundidad.

ABSTRACT

The present thesis work corresponds to the geological- geotechnical study for the characterization of the existing mass movement in the Parochial capital El Chorro,

Canton Chinchipe, Province of Zamora Chinchipe. It has as objective to identify and characterize the properties of the area on which there is placed the study sector, the same that comprises an area of 62,3 has.

The development of the present work begins with a detailed topographic survey, on which were shaped the geological, geomorphological surveying and the soil use of the sector, also to determinate if the soils are suitable for civil buildings, it was done geotechnical characterization based on direct methods, to know about the properties of the soil and rock such as sampling of specific places, SPT (Standard Penetration Tests), SEV (Vertical Electrical Sounding), Seismic refraction. In addition it will be used to correlate the water content in the strata and lithology of the sector.

The results of this project will define areas for programs of urbanization and demographic expansion, based on the Plan of Development and Land Management and the identification of areas susceptible to landslides, and at the same time it proposes stabilization measurements for the rotational sliding present in the sector, such as, make the removal of loose material from the top of the slide and the building of superficial drains distributed in the crown and at the foot of the slope, covered by geomembrane to avoid leaks. Also the presence of groundwater to 1.70 and 3.00 m depth considers necessary before construction implement, improve and adapt the ground, with the aim of generating greater load capacity and prevent settlement, because the soil has stable characteristics at 3 and 4 m deep.

3. INTRODUCCIÓN

Los procesos gravitacionales pueden constituirse como los riesgos geológicos de mayor frecuencia (Ayala, et al., 1987), están catalogados como uno de los principales fenómenos naturales, los cuales han producido pérdida de vidas humanas, socio-económicas y ambientales a lo largo de la historia, ya que, al no existir medidas de previsión adecuadas se incrementan negativamente las afectaciones socio - económicas.

Una de las estrategias para reducir los efectos causados por los procesos de remoción es la cartografía de riesgos, donde se representa la ubicación espacial de los procesos y su zonificación. Esto es la base para evaluar la susceptibilidad en la cual se hace referencia a la predisposición del terreno a la ocurrencia de deslizamientos y no implica el aspecto temporal del terreno.[1]

Los movimientos de ladera provocan daños materiales importantes en el mundo y son el tercer riesgo natural por número de víctimas después de los terremotos y las inundaciones (Ayala, Carcedo 2002)[2]. Ecuador y la zona 7 no son la excepción, llegando a catalogar más de cien deslizamientos en el periodo invernal, solo en la provincia de Zamora Chinchipe.

Según Morgenstem, N.R. (1997), la ocurrencia de los deslizamientos es el producto de las condiciones geológicas, hidrológicas, geomorfológicas y la modificación de éstas por procesos geodinámicos, vegetación, uso de la tierra y actividades humanas, así como la frecuencia e intensidad de las precipitaciones y la sismicidad. En la zona de estudio se analiza la interrelación de las dos primeras variables; es decir una litología en contra de la estabilidad y un periodo de precipitación continua, asentuado entre los meses de Diciembre a Abril.

---

[1]**SANTACANA** Q, N., 2001. Análisis de la susceptibilidad del terreno a la formación de deslizamientos superficiales y grandes deslizamientos mediante el uso de sistemas de información geográfica.

[2]**AYALA** Carcedo, F. (2002). Una reflexión sobre los mapas de susceptibilidad a los movimientos de ladera, su naturaleza, funciones, problemática y límites.

Los procesos de remoción en masa son aquellos que involucran el movimiento de los materiales formadores de las laderas bajo la influencia de la gravedad y sin la asistencia primordial de algún agente de transporte fluido (Brunsden, 1979)[3]. El término procesos de remoción en masa agrupa los diferentes tipos de movimiento de material que ocurren en las laderas sin importar el mecanismo involucrado.

En el cantón Chinchipe existen sectores que están siendo afectados por fenómenos, relacionados con la inadecuada ubicación de las obras de infraestructura, puesto que se encuentran afectadas por movimientos de masa, que en ciertos sitios son bastante frecuentes, y por otra parte el crecimiento poblacional sin una adecuada planificación del territorio ha generado la construcción de estructuras lineales tales como vías, carreteras y caminos vecinales que modifican la topografía y el ángulo de reposo natural de las laderas mediante los cortes de talud que se realizan para su construcción; y las verticales referidas a edificaciones que al estar construidas sobre terrenos muy inestables pueden verse afectadas por los movimientos de masa, por ello es necesario considerar un ***"Estudio geológico – geotécnico para la caracterización del movimiento de masa existente en la cabecera parroquial El Chorro, Cantón Chinchipe, Provincia de Zamora Chinchipe"***, como base para un estudio detallado, de tal forma que permitan entender la geodinámica externa y así diseñar medidas de previsión y prevención a las fallas del terreno, obteniendo una correcta planificación de los nuevos asentamientos en este sector.

Ante este fenómeno, **el Gobierno Autónomo Descentralizado Parroquial Rural de "El Chorro"**, realizó la contratación a la **CONSULTORA&CONSTRUCTORA RGO Cía. Ltda**; para que realice la investigación en los sectores vulnerables de la cabecera parroquial, del cual forme parte del equipo técnico, sustentado en la certificación otorgada por el Presidente del Gobierno Parroquial, documento que se encuentra en el anexo respectivo.

[3]**BRUNSDEN** D., Prior D.B. (1979). "Slope Stability" John Wiley and Sons.

Es importante indicar que se obtuvo la autorización del Gobierno Autónomo Descentralizado Parroquial Rural de “El Chorro”, para el uso de los informes obtenidos en el estudio, mismo que ha sido empleado en la presente investigación.

3.1. OBJETIVOS

Los objetivos del presente trabajo que permiten una secuencia sistemática investigativa, quedan definidos en:

Objetivo General

- Desarrollar un estudio geológico – geotécnico para la caracterización de movimiento de masa existente en la cabecera parroquial El Chorro, Cantón Chinchipe, Provincia de Zamora Chinchipe.

Objetivos Específicos

- Realizar el levantamiento topográfico y geológico a detalle de la cabecera parroquial El Chorro, Cantón Chinchipe, Provincia de Zamora Chinchipe.
- Determinar las propiedades físico - mecánicas de suelo y roca en el área de estudio para determinar variables de inestabilidad.
- Establecer medidas de previsión y prevención a riesgos geológicos por movimientos de masa.

4. MARCO TEÓRICO

4.1. Geología

La geología es la ciencia del planeta Tierra. Estudia sus materiales, estructura, procesos que actúan en su interior y sobre la superficie, minerales y rocas, fósiles, terremotos y volcanes, montañas y océanos, suelos, paisaje, erosión y depósito. La Geología también se ocupa del origen del planeta y de los cambios que ha ido sufriendo a lo largo de toda su historia.

Según la Real Academia de la Lengua Española, la Geología se define como: "La ciencia que trata de la forma exterior e interior del globo terrestre; de la naturaleza de las materias que lo componen y de su formación".

4.2. Rocas

Las rocas son un agregado mineral con una composición más o menos constante que forma un cuerpo geológico independiente, la cual está sometida a condiciones de temperatura y presión, además posee condiciones físicas, químicas y mecánicas propias, constituyéndose como los componentes principales de la corteza y el manto. Desde otra apreciación, se puede definir a las rocas como los constituyentes de la corteza terrestre, los cuales poseen o no una consolidación, diferenciándolas así de suelos.[4]

4.2.1. Clasificación de las rocas

Las rocas se pueden dividir según su origen en tres categorías principales: a) rocas ígneas; b) rocas sedimentarias; y c) rocas metamórficas. Las rocas ígneas junto con las metamórficas son rocas endógenas, mientras que las rocas sedimentarias son rocas exógenas.

Cada uno de esos tipos de rocas es el resultado de una serie de procesos geológicos que, de forma completa o incompleta, afectan a todas ellas dentro de lo que se conoce como el **Ciclo de las Rocas**. Esos procesos geológicos son los responsables de las

[4]**OROZCO** Miguel, 2002. Geología Física. Thomson Learning. España.

propiedades que presentan las rocas en los afloramientos y pueden ser relacionados, por tanto, con las propiedades geomecánicas y las problemáticas ingenieriles resultantes de las actuaciones sobre el terreno.

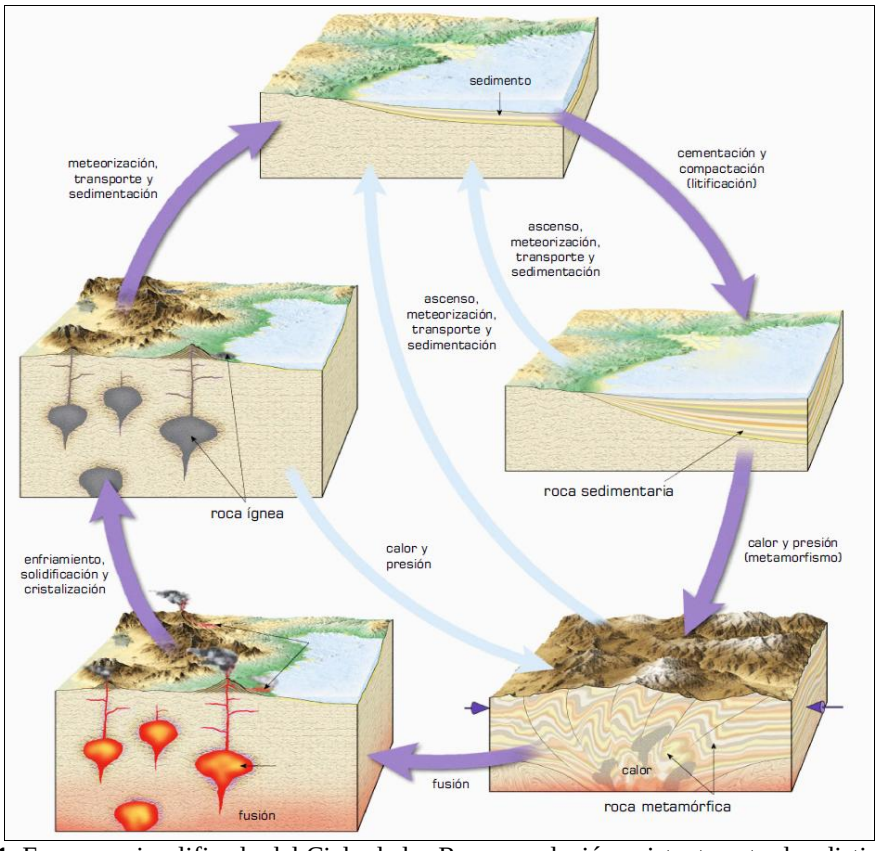


Figura N° 1. Esquema simplificado del Ciclo de las Rocas y relación existente entre los distintos tipos de roca y procesos geológicos

4.2.1.1. Las Rocas Ígneas

Las rocas ígneas proceden de un magma original. Se entiende por magma un fluido natural a elevada temperatura, constituido por material de roca que goza de cierta movilidad y que es susceptible de intruir o extruir. Éstas se han derivado de la cristalización del magma y de los procesos relacionados con el enfriamiento del mismo. El magma del que proceden las rocas ígneas puede contener sólidos en suspensión, cristales, fragmentos de rocas y gases. Las rocas ígneas se clasifican según el tipo de yacimiento en:

- **Rocas ígneas intrusivas.-** son rocas que presentan una textura de tamaño de grano medio a gruesa debida a su enfriamiento lento. Cuando se encajan y forman a cierta profundidad suelen constituir cuerpos intrusivos de tamaños

considerables, batolitos o plutones, por lo que se denominan también rocas plutónicas. Cuando se encajan y forman a menor profundidad se denominan rocas hipoabisales o subvolcánicas. Éstas se caracterizan por los cuerpos intrusivos de menor tamaño y formas diferentes, como sills, lacolitos y diques o filones, por lo que también se denominan rocas filonianas. Las texturas son variadas dependiendo de la composición particular del magma original y de las características de formación.

- **Rocas ígneas extrusivas.-** son rocas a menudo vítreas o de tamaño de grano muy fino debido a su enfriamiento rápido. Suelen presentar vacuolas generadas como resultado de la degasificación del magma a partir del cual se han generado.

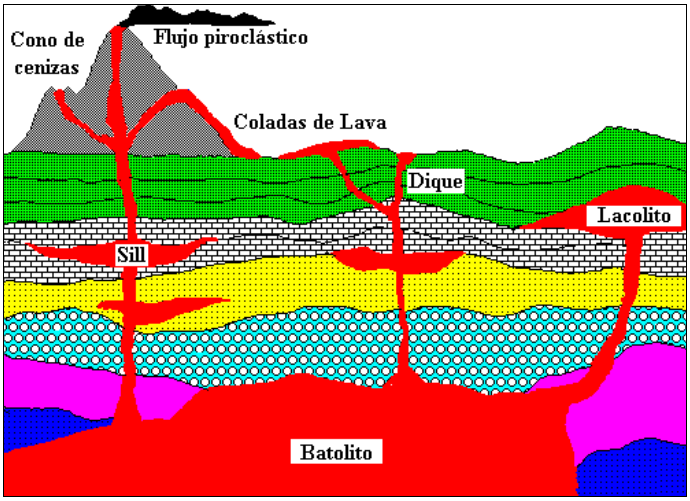


Figura N° 2. Principales tipos de yacimiento de rocas ígneas (intrusitas y extrusivas)

4.2.1.2. Las Rocas Sedimentarias

Las rocas sedimentarias se originan por los procesos de meteorización, erosión, transporte, sedimentación y diagénesis de rocas preexistentes o anteriormente formadas, ya sean estas ígneas, metamórficas o igualmente sedimentarias.

La meteorización o alteración de una roca preexistente conlleva la desintegración y descomposición físico-química de las rocas que se hallan en contacto con los agentes externos principales, es decir, la atmosfera y la hidrosfera. La meteorización puede ser esencialmente física, o mecánica, y química. Los procesos físicos principales de la meteorización física son la gelifracción, la descompresión, la expansión térmica y la actividad biológica. En la meteorización química interviene como agente principal el

agua, por lo que los procesos más notables son la disolución, la oxidación, la hidrólisis, la hidratación y el intercambio iónico.

La erosión es el proceso responsable de desplazar los materiales del suelo por la acción del agua, el hielo y el viento. La erosión puede darse, por ejemplo, mediante un flujo de aire o agua de tipo laminar o turbulento, así como en forma de láminas, acanaladuras o abarrancamientos de agua. La velocidad de erosión depende de las características del suelo, del tamaño de las partículas, del clima, de la pendiente y del tipo de vegetación. En ello es conveniente considerar igualmente la rugosidad y el campo de velocidades en la capa superficial y límite del suelo.

Mediante el transporte se realiza la redistribución de los materiales erosionados hasta llegar al lugar de sedimentación. Los procesos principales implicados en el transporte de materiales por la acción del aire y del agua son la tracción o arrastre, la saltación, la suspensión, la flotación y la disolución.

La sedimentación es la acumulación de materiales meteorizados, erosionados y transportados desde los lugares de mayor energía hasta aquellos, potencialmente más bajos, en que la energía del medio de transporte (aire, agua o hielo) es menor.

Así pues, la mayor parte de los sedimentos son el resultado de la meteorización y erosión que afecta a rocas preexistentes, a través de los distintos procesos físicos y químicos mencionados. Una vez generados, los sedimentos son transportados por acción de agentes sedimentarios tales como el viento, el agua o el hielo, hasta lugares donde se acumulan, es decir, cuencas de sedimentación.

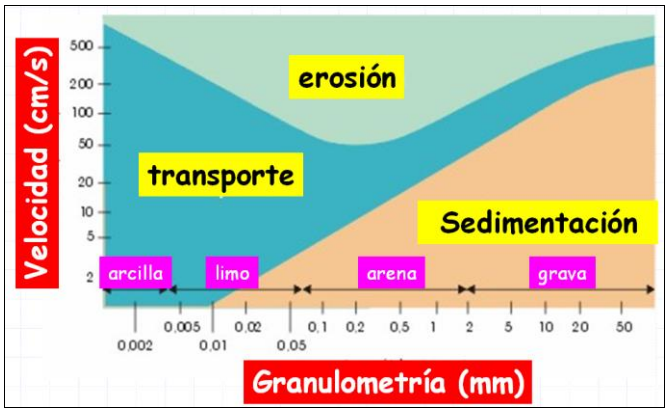


Figura N° 3. Diagrama de Hjülstrom

Las rocas sedimentarias generalmente se clasifican, según el modo en que se producen, en detríticas o clásticas, y químicas o no clásticas**;** dentro de ésta última, se encuentra una subcategoría conocida como bioquímicas.

- **Rocas sedimentarias Detríticas o Clásticas.-** Son acumulaciones mecánicas de partículas o sedimentos de rocas preexistentes denominadas "detritus" o "clastos" formados por los materiales producto de la intemperie y la erosión en la superficie; éstos son transportados y finalmente depositados, por lo que presentan una textura denominada clástica. Estas rocas se dividen en una gran variedad de tipos, los cuales se caracterizan por el tamaño de sus partículas constitutivas:

- **Rocas sedimentarias químicas.-** Son las que se originan a partir de los materiales depositados por medios químicos, donde los cristales son mantenidos juntos por uniones químicas o entrelazados unos dentro de otros. Los materiales, ya disueltos, son transportados y concentrados formando minerales que se acumulan en agregados y posteriormente son litificados como en las rocas detríticas, para formar una roca. Casi todas estas rocas se originan por precipitación química en extensiones de agua superficial, ya sea por procesos químicos inorgánicos o por la actividad química de los organismos. A las rocas formadas por la actividad de los organismos se les conoce como rocas sedimentarias bioquímicas.

4.2.1.3. Rocas metamórficas

La mayor parte de las rocas metamórficas son el resultado de la recristalización de otras rocas de naturaleza ígnea, sedimentaria o metamórfica bajo la acción de cambio en la presión, temperatura o en los fluidos intersticiales.

El límite inferior del metamorfismo está poco definido y coincidiría con el máximo alcanzado durante la *diagénesis* (de 200 a 300 ºC) mientras que el límite superior coincide con la fusión de las rocas. Al producirse la fusión (total o parcial) se genera un

fluido geológico denominado magma, cuya cristalización conduce a la formación de los distintos tipos de roca ígnea vistos con anterioridad.

Los distintos tipos de roca metamórfica son determinados por la roca precursora (o protolito) y, de forma determinante, por las condiciones de presión y temperatura a las que se desarrolla el proceso.

En general, los efectos principales que el metamorfismo ocasiona en las rocas son las siguientes:

- Crecimiento de nuevos minerales
- Deformación y rotación de granos minerales preexistentes o neoformados
- Recristalización de minerales para formar cristales mayores
- Producción de rocas foliadas frágiles y muy resistentes o anisótropas con una baja resistencia al corte.

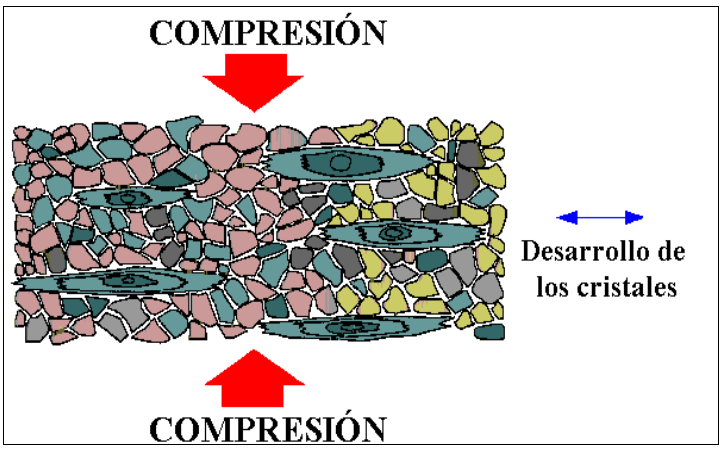


Figura N° 4. El desarrollo preferente de los cristales durante el metamorfismo da lugar a las texturas foliadas. Estas no reflejan más que el crecimiento cristalino dentro de un campo de esfuerzos anisótropo.

Las rocas metamórficas se dividen en dos grandes grupos:

- **Rocas metamórficas regionales.-** Son el resultado de procesos metamórficos acoplados a otros deformativos y térmicos que tienen lugar durante la orogénesis o formación de cordilleras. De esa forma las rocas reflejan importantes variaciones de presión.
- **Rocas metamórficas de contacto.-** Resultado del desarrollo de importantes gradientes térmicos en los márgenes de las intrusiones ígneas.

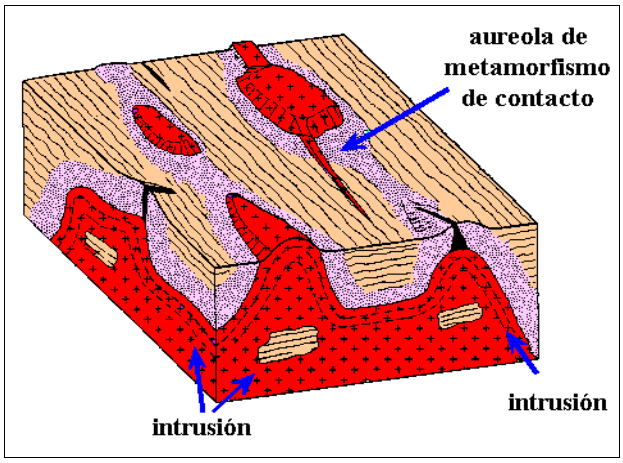


Figura N° 5. Relación existente entre los cuerpos ígneos intrusivos y el metamorfismo de contacto.

4.3. Estructuras geológicas

La geología estructural es la rama de la geología que estudia las estructuras geológicas presentes en la corteza terrestre, ya sea de todo el planeta o de una determinada región.

En los estudios geológicos de esta naturaleza se realiza la identificación y análisis de las principales estructuras geológicas, y su reconocimiento, para luego realizar el mapeo de las estructuras tectónicas de un determinado sector.

Como parte fundamental de cualquier estudio de estructuras geológicas presentes en un yacimiento, se deben distinguir los tipos de estructuras que están presentes en la roca. Su objetivo es identificar sus características e influencia en aspectos de seguridad tales como:

- La inestabilidad de un talud o galería por presencia de una falla (en este caso se debería contemplar la posibilidad de fortificar)
- La tendencia estructural definida con un plegamiento.
- La secuencia de encendido para que las operaciones de tronadura sean más eficientes, al existir planos de discontinuidad ya formados.

4.3.1. Planos geológicos y orientación

La mayoría las rocas de la corteza terrestre muestran varios tipos de planos geológicos, los que se puede agrupar en dos grandes categorías:

- **Foliaciones primarias.-** son estructuras que se originan antes de la litificación o formación de rocas. Por ejemplo: estratos, flujo magmático.

- **Foliaciones secundarias.-** son aquellas que se originan después de la litificación, ya sea debido a fuerzas tectónicas presentes en la corteza terrestre (por ejemplo, diaclasas, fallas, esquistosidades) u otras causas, como por ejemplo, grietas de enfriamiento y estructuras sedimentarias (grietas de resecación). En varias regiones del mundo se encuentra más de una fase tectónica, lo que revela la formación de las rocas en diferentes momentos.

4.3.2. Orientación de un plano

Para definir matemáticamente la orientación de un plano (medido en grados) en la naturaleza se recurre a las propiedades de:

- **Dirección de inclinación.-** marca hacia dónde se inclina el plano, o la proyección horizontal de la línea del máximo pendiente.

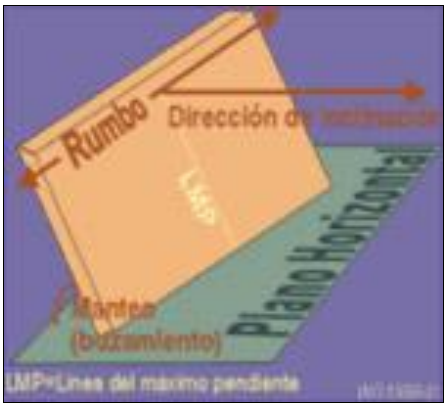


Figura N° 6. Detalle de dirección de inclinación

- **Rumbo.-** es la línea horizontal de un plano y se puede definir como la línea que resulta de la intersección del plano geológico por un plano horizontal. Es posible imaginar este concepto a partir de una superficie de agua (que es siempre horizontal), en la cual se hunde el plano hasta la mitad. La línea hasta donde se moja el plano es el rumbo.

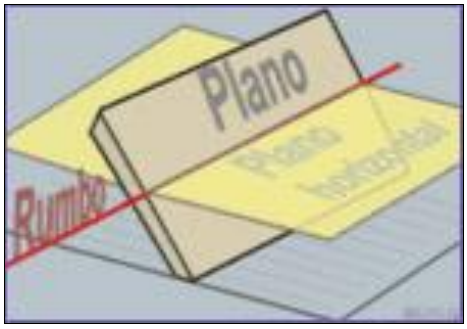


Figura N° 7. Rumbo

- **Manteo o buzamiento.-** mide el ángulo que existe entre el plano y el plano horizontal.

4.3.3. Principales estructuras geológicas

4.3.3.1. Diaclasas

Las diaclasas, que quiere decir juntas, son fracturas en las rocas que no presentan desplazamiento transversal que sea detectable, sólo manifiestan un poco de movimiento extensional.

Tipos de diaclasas

Las diaclasas corresponden a foliaciones secundarias, tanto de origen tectónico como no-tectónico, pero que no tienen desplazamientos. Entre ellas se distinguen:

- **Fisuras de enfriamiento.-** las que se originan durante el enfriamiento de una roca magmática. Como el material caliente ocupa más espacio que la misma cantidad de materia fría, al enfriarse el magma, se producen fracturas por la diferencia de volumen que se produce.
- **Grietas de desecación.-** durante la desecación de un barro o lodo bajo condiciones atmosféricas determinadas (sequedad, alta temperatura, radiación solar), al evaporarse el agua o la humedad contenida en él, disminuye el espacio ocupado por el material húmedo y la superficie se rompe en polígonos.
- **Fisuras de tensión gravitacional (origen tectónico).-** sobre estratos inclinados se puede observar bajo algunas condiciones, un deslizamiento de las masas rocosas hacia abajo. Al comienzo de este fenómeno se abren grietas paralelas al talud.

Las diaclasas son las fracturas más frecuentes y se presentan en todos los tipos de rocas, especialmente, al nivel de la superficie y también a grandes profundidades. Estas fracturas pueden tener dimensiones que se extienden desde algunos milímetros hasta unos pocos metros.

Normalmente se presentan en una masa rocosa, en la que se pueden observar grupos de diaclasas -estructuras paralelas o subparalelas- y/o sistemas de diaclasas que

corresponden a aquellas que se cortan entre sí en ángulos definidos, y tienen una cierta simetría.

4.3.3.2. Fallas

La falla corresponde a la fractura que se presenta en las rocas a lo largo de las cuales ha tenido lugar un movimiento o desplazamiento. Este movimiento produce un plano o zona de falla, que pueden alcanzar un ancho que va desde milímetros hasta los cientos de metros.

Los movimientos o desplazamientos (salto total) pueden ser pequeños (milímetros) o muy grandes llegando a alcanzar los cientos de kilómetros.

Tipos de fallas

El movimiento en las fallas produce algunas estructuras o rocas especiales llamadas estrías, arrastres, brecha de falla, milonitas y diaclasas plumosas. Estas estructuras se pueden usar como indicadores directos de fallas. Según la dirección del desplazamiento se pueden distinguir dos grandes grupos de fallas:

- **Fallas con desplazamiento vertical.-** son aquellas donde el movimiento es fundamentalmente paralelo al buzamiento o manteo de la superficie de falla. Este tipo de movimiento puede producir pequeños resaltes denominados escarpes de falla, producidos por desplazamientos generados por terremotos. Los movimientos verticales son fallas de ángulo, ya que el movimiento es a lo largo del manteo, hacia arriba o hacia abajo.

Por el movimiento descendente del techo, las fallas con desplazamiento vertical acomodan el alargamiento o la extensión de la corteza.

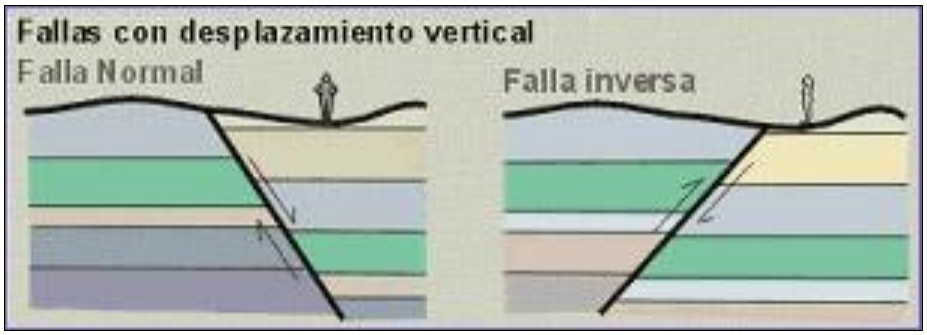


Figura N° 8. Fallas con desplazamiento vertical

- **Fallas normales o gravitacionales.-** son aquellas fallas en las que el bloque de techo se desplaza hacia abajo en relación con el bloque de muro. (Bloque de techo es el más cercano a la persona. Cuando la roca sobre el plano de falla -que es el plano formado por el movimiento relativo de bloques- se mueve hacia abajo en relación con las rocas del pie, se producen esfuerzos tensionales que separan la corteza y provocan un levantamiento, el cual induce a que la superficie se estire y quiebre.
- **Falla recta o de dirección.-** son las también llamadas fallas de desgarre o cizalle, que tienen lugar por efecto adicional de un desplazamiento horizontal. Un ejemplo especial de este tipo de fallas son aquellas que desplazan a las dorsales oceánicas.
- **Fallas inversas y cabalgamiento.-** son las fallas con desplazamiento vertical en las que el bloque de techo se mueve hacia arriba con respecto al bloque del muro, por lo que reflejan un acortamiento de la corteza. Se denominan fallas inversas a las que tienen buzamientos superiores a 45º y cabalgamientos a aquellas cuyo buzamiento es menor a 45º.

Las fallas inversas de alto ángulo (casi 90º) suelen ser pequeñas en cuanto al desplazamiento (centímetros) y acomodan desplazamientos locales en regiones dominadas por otros tipos de fallas. Aparecen en entornos torsionales.

Los cabalgamientos existen en todas las escalas, con desplazamientos de milímetros, de unos pocos metros, hasta desplazamientos de decenas de kilómetros. Los cabalgamientos son resultado de fuertes esfuerzos compresivos. En esos ambientes, los bloques de corteza se desplazan uno hacia el otro, haciendo que el techo se mueva hacia arriba con respecto al muro. La formación de cabalgamientos es más pronunciada en zonas de subducción y otros bordes convergentes, donde las placas están colisionando. Las fuerzas compresivas producen pliegues y fallas y provocan un engrosamiento y acortamiento del material implicado.

Reconocimiento de fallas en terreno

Para reconocer fallas en terreno es necesario identificar una serie de características del terreno mismo, como las siguientes:

- **Desplazamiento.-** El desplazamiento de una unidad o estructura geológica indica que existe actividad tectónica, y los desplazamientos tectónicos en el terreno marcan siempre una falla. A veces, se suele confundir un desplazamiento con la estratificación normal del terreno, sobre todo si las capas tienen una inclinación o se confunden con accidentes morfológicos.

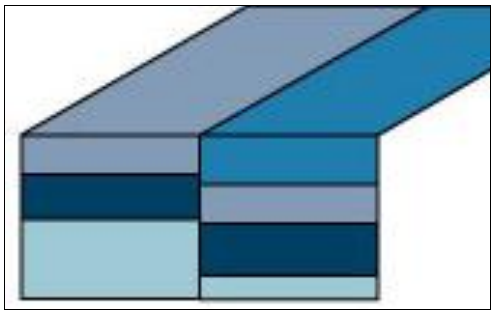


Figura N° 9. Desplazamiento

- **Estrías**.- Son las líneas finas que se distinguen sobre un plano de falla. Estas líneas indican además la orientación del desplazamiento y muchas veces el sentido. Se encuentran en casi todos los lugares y su reconocimiento es fácil.

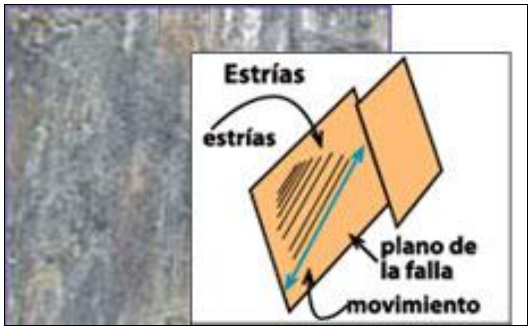


Figura N° 10. Estrías

- **Arrastres**.- cerca de una falla las rocas pueden deformarse plásticamente, y es posible observar un leve monoclinal hacia el plano de la falla. Las dimensiones de un arrastre pueden variar desde centímetros a metros. Normalmente las fallas grandes muestran este fenómeno.

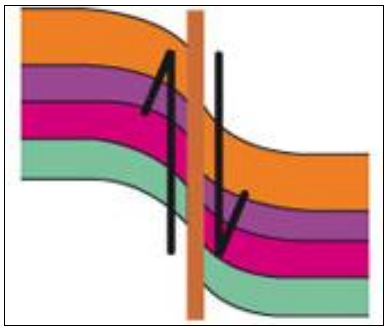


Figura N° 11. Arrastres

- **Brechas de falla (kataclasita).-** la energía del movimiento hace que algunas veces las rocas en la zona de falla se rompan y se quiebren, formando una brecha tectónica o brecha de falla. Las brechas de fallas normalmente muestran una dureza menor que las rocas no afectadas. Por eso, morfológicamente, una brecha de falla se ve como depresión.

Figura N° 12. Brechas de falla

- **Pliegues.-** son inflexiones o dislocaciones u ondulaciones, más o menos bruscas, que presentan las capas sedimentarias cuando son modificadas de su posición natural (la horizontal) por los agentes orogénicos. Estos agentes o fuerzas generan deformaciones plásticas y continuas tridimensionales, por lo que también se les llaman cuerpos geológicos. Los pliegues suelen ser más habituales en rocas sedimentarias plásticas, como las volcánicas, aunque también se presentan en rocas metamórficas.

Elementos de un pliegue

Los pliegues están formados por un conjunto de elementos que permiten describirlos:

- **Charnela:** es la línea que une los puntos de máxima o mínima altura en cada capa, es decir, representa la máxima curvatura del pliegue, donde los estratos cambian el buzamiento. Un pliegue puede tener más de una charnela o ninguna, que se da cuando el pliegue es un semicírculo.
- **Plano axial:** es aquel que une las charnelas de todas las capas de un pliegue, es decir, el que divide al pliegue tan simétricamente como sea posible.
- **Eje axial:** es la línea que forma la intersección del plano axial con la charnela.

- **Flanco:** corresponden a los planos inclinados que forman las capas, o sea, los laterales del pliegue, situados a uno y otro lado de la charnela. Un pliegue es simétrico cuando posee los flancos iguales e igualmente inclinados y será asimétrico si tiene sus planos desiguales.
- **Cresta:** es la línea que une los puntos más altos de un pliegue.
- **Valle:** es la línea que une los puntos más bajos de un pliegue.
- **Núcleo:** es la parte más interna de un pliegue.
- **Dirección:** es el ángulo que forma la línea de intersección del estrato con el plano horizontal, tomado con respecto del polo norte magnético
- **Buzamiento:** o inclinación, es el ángulo que forma el plano del estrato con la horizontal.
- **Ángulo de vergencia o inmersión:** es aquel que forma el plano axial con la horizontal. Indica el sentido en que se inclina el plano axial.

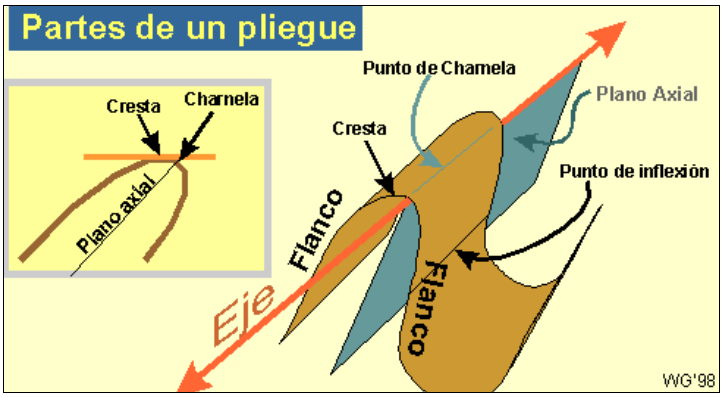


Figura N° 13. Elementos de un pliegue

4.3.3.3. Tipos de pliegues

Existen diferentes tipos de pliegues los que se clasifican de acuerdo con la edad de los estratos y de acuerdo con la orientación que presente.

<u>Según la edad de los estratos envolventes:</u>

- **Pliegues anticlinales:** se forman cuando los estratos más nuevos envuelven a los más antiguos. Estos pliegues presentan la parte convexa hacia arriba, presentando un aspecto de bóveda. Los flancos se inclinan en sentido divergente y los estratos más antiguos se sitúan en el núcleo.

Las principales características de los pliegues anticlinales son:

- El centro es un eje de simetría.
- Los dos lados del anticlinal muestran direcciones de inclinación diferentes.
- Los estratos se inclinan siempre hacia los flancos.
- En el centro el manteo es pequeño o cero (estratos horizontales)
- Del centro hacia los flancos el manteo se aumenta.
- En el centro (núcleo) afloran los estratos más antiguos y en los flancos los más jóvenes.

- **Pliegues sinclinales:** se forman cuando los estratos más antiguos envuelven a los más jóvenes. Sus flancos forman una U característica. Tienen la convexidad hacia el interior de la Tierra, adquiriendo una forma de cuenca o cubeta. Los flancos se inclinan en sentido convergente y los extractos más jóvenes se sitúan en el núcleo. Cuando se desconoce la edad de los estratos que forman los pliegues, se denomina antiforma al pliegue convexo hacia arriba, y sinforma al pliegue convexo hacia abajo.

Las principales características de los pliegues sinclinales son:

- El centro es un eje de simetría.
- Los dos lados del sinclinal muestran direcciones (de inclinación) diferentes y opuestas en 180º.
- Los estratos se inclinan siempre hacia el núcleo.
- En el centro, el manteo es pequeño o cero (estratos horizontales) Del centro hacia los flancos el manteo se aumenta.
- En el centro (núcleo) afloran los estratos más jóvenes y en los flancos los más antiguos.

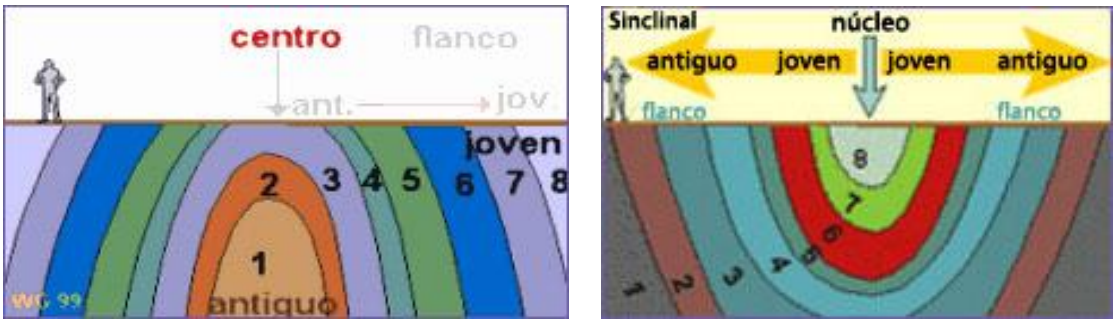


Figura N° 14. Tipos de pliegues según la edad de los estratos envolventes

Según orientación:

- **Pliegues simétricos:** se distinguen cuando los flancos a ambos lados del plano axial divergen según un mismo ángulo. Por efecto de dos fuerzas iguales y opuestas, se forman pliegues rectos y simétricos, dos de ellos anticlinales (los de las crestas) y el otro sinclinal (el del valle).
- **Pliegues asimétricos:** se observan cuando los flancos a ambos lados del plano axial no divergen según un mismo ángulo. Por efecto de las fuerzas iguales y opuestas, se forman pliegues asimétricos, los que pueden ser inclinados, volcados, acostados o tumbados.
- **Pliegues asimétricos inclinados:** un pliegue asimétrico está inclinado cuando el ángulo formado por el plano axial con la horizontal es mayor de 45º.
- **Pliegues asimétricos volcados**: se distinguen cuando uno de los flancos se apoya sobre la parte superior del siguiente pliegue. El ángulo formado por el plano axial con la horizontal es menor de 45º.
- **Pliegues asimétricos acostados:** se forman cuando el plano axial y los flancos son horizontales.

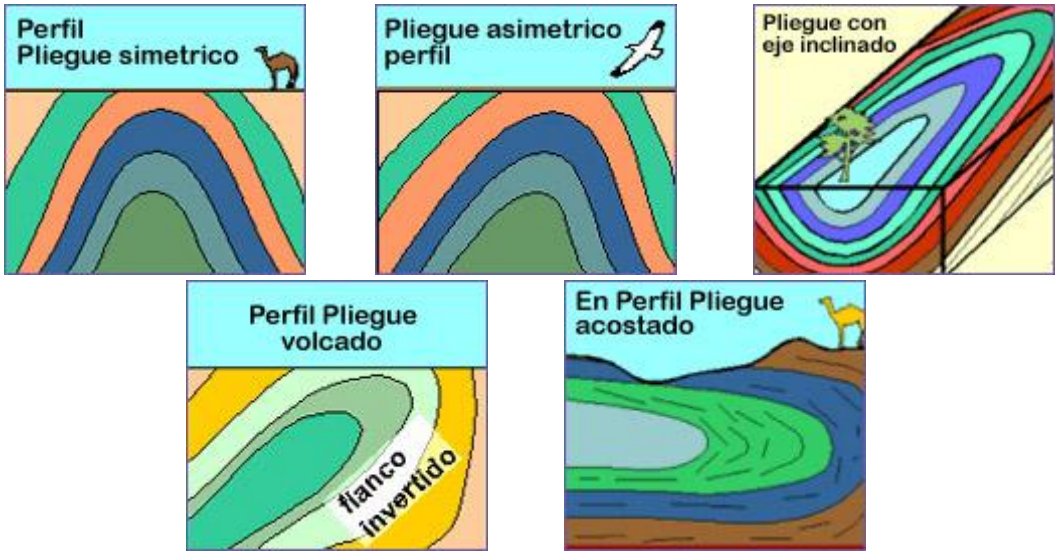


Figura N° 15. Tipos de pliegues según su orientación

4.4. Geotecnia

La geotecnia es el área de la ingeniería que estudia el comportamiento de suelos bajo la intervención de cualquier tipo de obra civil o minera. Su finalidad es la de proporcionar

interacción suelo/obra en lo que se refiere a estabilidad, resistencia (vida útil compatible) y viabilidad económica. En el presente estudio permitirá el reconocimiento del terreno y la interpretación de los datos obtenidos, que permiten caracterizar los diversos suelos presentes en la zona de estudio (González Luis, 2012).

Un estudio geológico – geotécnico debe contener todos los datos relevantes para la correcta construcción o corrección del proyecto; se elabora en base a ensayos de campo y de laboratorio adecuados al tipo de proyecto para el que se solicita[5].

4.5. Mecánica de suelos

La Mecánica de Suelos fue reconocida como una disciplina principal de la Ingeniería Civil. Este término y el de Geología Aplicada a la Ingeniería, fueron introducidos en su libro pionero "Erdbaumechanick auf Bodenphysikalischer Grundlage" publicado en 1925. El reconocimiento internacional de esta disciplina se logró con la Primera Conferencia Internacional de Mecánica de Suelos e Ingeniería de Cimentaciones, llevada a cabo en la Universidad de Harvard en junio de 1936. Esta conferencia, presidida por Terzaghi, fue organizada por el Profesor Casagrande. Un hito principal en la Mecánica de Suelos fue la publicación en 1943 del libro "Theoretical Soil Mechanics" de Terzaghi, el que hasta ahora permanece como una importante referencia. Este libro fue seguido por "Soil Mechanics in Engineering Practice" de K. Terzaghi y R.B. Peck en 1948 y por trabajos posteriores de otros investigadores. La Mecánica de Rocas fue una disciplina desarrollada y practicada durante muchos años por ingenieros y geólogos en la industria petrolera y minera.

Terzaghi define 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, producidas por la desintegración mecánica o la descomposición química de las rocas, independientemente de que tengan o no materia orgánica.

---

[5] **GARCIA** Fernando, 2007. Estudios Geotécnicos. España

Orozco (2002), define a las rocas como un agregado mineral con una composición más o menos constante que forma un cuerpo geológico independiente, la cual está sometida a condiciones de temperatura y presión, además posee condiciones físicas, químicas y mecánicas propias, constituyéndose como los componentes principales de la corteza y el manto. Desde otra apreciación, se puede definir a las rocas como los constituyentes de la corteza terrestre, los cuales poseen o no una consolidación, diferenciándolas así de suelos.[6]

4.6. Propiedades físico – mecánicas de las rocas

Entre las principales propiedades físicas se destacan el color, tamaño del grano, textura y estructura, porosidad, dureza, fortaleza, densidad y pesos. Las propiedades mecánicas están traducidas en las resistencias, específicamente a la compresión, tracción y corte-cizallamiento. Cuando se establece la presencia de macizos rocosos, se debe caracterizar cuali – cuantitativamente mediante métodos reconocidos internacionalmente como el RMR, CSRI, índice Q, entre otros.

4.6.1. Clasificación de Bieniawski (R.M.R)

El sistema de clasificación Rock Mass Rating o sistema RMR fue desarrollado por Z.T. Bieniawski durante los años 1972- 73, y ha sido modificado en 1976 y 1979, en base a más de 300 casos reales de túneles, cavernas, taludes y cimentaciones. Actualmente se usa la edición de 1989, que coincide sustancialmente con la de 1979. Para determinar el índice RMR de calidad de la roca se hace uso de los seis parámetros del terreno siguientes:

a) **Resistencia de la roca.** Tiene una valoración máxima de 15 puntos, y puede utilizarse como criterio el resultado del ensayo de resistencia a compresión simple o bien el ensayo de carga puntual (Point Load).
b) **RQD.-** tiene una valoración máxima de 20 puntos. se denomina rqd de un cierto tramo de un sondeo a la relación en tanto por ciento entre la suma de las longitudes de los trozos de testigo mayores de 10 cm y la longitud total del sondeo.

---

[6] **OROZCO** Miguel, 2002. Geología Física. Thomson Learning. España.

c) **Separación entre discontinuidades.** Tiene una valoración máxima de 20 puntos. el parámetro considerado es la separación en metros entre juntas de la familia principal de diaclasas de la roca.

d) **Estado de las discontinuidades.** Es el parámetro que más influye, con una valoración máxima de 30 puntos. pueden aplicarse los criterios generales, en la que el estado de las diaclasas se descompone en otros cinco parámetros: persistencia, apertura, rugosidad, relleno y alteración de la junta.

e) **Presencia de agua.** La valoración máxima es de 15 puntos. la ofrece tres posibles criterios de valoración: estado general, caudal cada 10 metros de túnel y relación entre la presión del agua y la tensión principal mayor en la roca.

f) **Orientación de las discontinuidades.** Este parámetro tiene una valoración negativa, y oscila para túneles entre 0 y -12 puntos. en función del buzamiento de la familia de diaclasas y de su rumbo, en relación con el eje del túnel (paralelo o perpendicular), se establece una clasificación de la discontinuidad en cinco tipos: desde muy favorable hasta muy desfavorable.

El RMR se obtiene como suma de unas puntuaciones que corresponden a los valores de cada uno de los seis parámetros enumerados. El valor del RMR oscila entre 0~100, y es mayor cuanto mejor es la calidad de la roca. Esta valoración de macizo permitirá diferenciar tipos de macizo con respecto a medidas de estabilización.

4.7. Suelo

Desde el punto de vista de la ingeniería, suelo es el sustrato físico sobre el que se realizan las obras, del que importan las propiedades físico-químicas, especialmente las propiedades mecánicas. Se diferencia del término roca al considerarse específicamente bajo este término un sustrato formado por elementos que pueden ser separados sin un aporte significativamente alto de energía.

4.7.1. Propiedades físicas de los suelos

Las principales propiedades son:

- **Textura.** Se usa para representar la composición granulométrica del suelo.

- **Estructura.** Son los agregados que están formados por partículas individuales (minerales, materia orgánica y huecos).
- **Porosidad.** Representa el porcentaje total de huecos que hay entre el material sólido de un suelo.
- **Permeabilidad.** Representa la facilidad de circulación del agua en el suelo.
- **Color.** Es una propiedad muy utilizada al estudiar los suelos pues es fácilmente observable y a partir de él se pueden deducir rasgos importantes.
- **Límites de Atterberg.** Se utilizan para caracterizar el comportamiento de los suelos finos. El nombre de estos es debido al científico sueco Albert Mauritz Atterberg. (1846-1916).

Estos ensayos son fundamentales a fin de determinar las características de un suelo determinado y su tipo (sea grava, arena, arcilla) y a partir de ellos se elaborará el informe geotécnico aplicando el método adecuado en cada caso.

4.7.2. Ensayo de Penetración Estándar -SPT

El ensayo de penetración estándar o SPT (del inglés Standard Penetration Test), es un tipo de prueba de penetración dinámica, empleada para ensayar terrenos en los que se quiere realizar un reconocimiento geotécnico. Constituye el ensayo o prueba más utilizada en la realización de sondeos, y se realiza en el fondo de la perforación.

Consiste en medir el número de golpes necesario para que se introduzca una determinada profundidad una cuchara (cilíndrica y hueca) muy robusta (diámetro exterior de 51 milímetros e interior de 35 milímetros, lo que supone una relación de áreas superior a 100), que permite tomar una muestra, naturalmente alterada, en su interior. El peso de la masa está normalizado, así como la altura de caída libre.

4.8. Geofísica

4.8.1. Sondeos Eléctricos Verticales – SEVs

Auge Miguel, 2008, indica que los métodos geoeléctricos más empleados se basan en la inyección artificial de una corriente eléctrica (sondeos eléctricos verticales SEV y

calicatas eclécticas CE); de menor utilidad son la polarización inducida (PI) y el potencial espontáneo (PE), este último basado en la medición de campos eléctricos naturales[7].

Para generar y registrar un SEV se requiere:

- **Circuito de emisión,** integrado por una fuente de energía, un amperímetro para medir la intensidad de la corriente, puntos de emisión (A y B) consistentes en clavos metálicos de 0,5 a 1 m de largo y 20 mm de diámetro y cables de transmisión. En sondeos normales se utiliza una batería de 12 voltios en serie con un convertidor de unos 250 W de potencia. El amperímetro permite registrar hasta 10 A, con una precisión del 1% y resolución de 0,1 mA. El cable de transmisión tiene una sección de 1 mm2 y para transportarlo y extenderlo se arrolla a un carrete de unos 500 m de capacidad.
- **Circuito de recepción,** compuesto por un milivoltímetro electrónico de alta impedancia y dos electrodos para la medición del potencial (M y N) impolarizables, constituidos por vasos con fondo poroso que contienen una solución saturada de sulfato de cobre, en los que se sumerge una varilla de cobre que está conectada al cable de medición del circuito.

La finalidad del sondeo eléctrico vertical (SEV) en el presente trabajo es averiguar la distribución vertical en profundidad de las resistividades aparentes bajo el punto sondeado a partir de medidas de la diferencia de potencial en la superficie. Se utilizará sobre todo para detectar y establecer los límites de capas horizontales de suelo.

4.8.2. Prospección Sísmica

Los métodos sísmicos se basan en la detección del frente de ondas elásticas producidas por una fuente artificial (martillo, explosivo, entre otros), propagadas a través del subsuelo que se investiga y detectadas en superficie mediante sensores (geófonos),

[7] **AUGE** Miguel Dr. Geología. Profesor Titular de Hidrogeología Universidad de Buenos Aires Buenos Aires. Métodos Geoloectricos para Prospección. Argentina. 2008

obteniéndose una imagen del terreno en base a las propiedades elásticas de los materiales.

Esta técnica será utilizada en el presente trabajo, que permitirá obtener: morfologías del subsuelo, estado de compactación y fracturación de los materiales, medición de parámetros para la ingeniería y geotecnia.

4.9. Movimientos de masa

Los movimientos de masa según como los define Varnes (1978), son movimientos hacia abajo y/o hacia fuera, de materiales que forman una ladera o talud, debido a la influencia de la gravedad a partir de un factor que sirve de detonante o fuerza natural desencadenante como son, los sísmicos, volcánicos, presión de gases y exceso de humedad.

Ferrer (1980), conceptualiza a un movimiento de masa como un movimiento de roca, detritos o tierra pendiente abajo por acción de la gravedad, cuando el esfuerzo de corte excede el esfuerzo de resistencia del material.[8]

Cruden y Varnes (1996), proponen la siguiente clasificación modificada de movimientos de masa.[9] **(Ver Tabla 1).**

Tabla 1. Tipos de movimientos en masa en referencia a Cruden y Varnes y Hutchinson, 1969

Tipo	Subtipo
Caídas	Caída de roca (detritos o suelo)
Volcamiento	Volcamiento de roca (bloque) Volcamiento flexural de roca o del macizo rocoso
Deslizamiento de roca o suelo	Deslizamiento traslacional - Deslizamiento rotacional
Propagación lateral	Propagación lateral lenta - por licuación (rápida)
Flujo	Flujo de detritos, Flujo de lodo, Flujo de tierra Avalancha de detritos, Avalancha de rocas Deslizamiento por flujo o deslizamiento por licuación (de arena, limo, detritos, roca fracturada)
Reptación	Reptación de suelos - Solifluxión, gelifluxión (en permafrost)

Fuente: Cruden y Varnes.1966.

[8]**FERRER**, C. 1980. Percepción ambiental en un área de riesgos naturales múltiples. Convención nacional de ASOVAC. Universidad de los Andes, Mérida-Venezuela.
[9]**CRUDEN**, D.M. y Varnes, D.J. (1996). Landslides types and processes. En: Turner, A. Schuster (Eds.). Landslides.Investigation and mitigation.Special Report 247.Transportation Research Board, National Research Council, Washington DC.

En el sector de estudio se hará referencia a movimientos de masa tipo: deslizamiento rotacional y propagación lateral.

4.9.1. Factores que influyen en los Movimientos de Masa

Entre los factores que influyen en la generación de ciertos movimientos en masa tenemos:

- **Topografía y geomorfología,** los deslizamientos ocurren con mayor frecuencia en terrenos de pendiente pronunciada y desprovista de vegetación.
- **Geología,** condiciona directamente las cualidades geotécnicas del material, estructura de la ladera, tipo de roca o suelo, grado de cementación, estructuras.
- **Condiciones hidrogeológicas,** el agua que ingresa a través de fisuras, grietas y/ o macroporos del suelo, es retenida por fuerzas moleculares o por fuerzas capilares, saturando dichos poros e ingresando al material rocoso subyacente a través de areniscas y gravas; creando las condiciones favorables para que se originen movimientos de masa.
- **Comportamiento hidrológico,** el clima puede favorecer la inestabilidad del subsuelo al aportar una suficiente cantidad de agua. Las altas precipitaciones en combinación con el tipo de suelo fomentan la formación y aceleración de los movimientos en masa.
- **Erosión,** una roca sana es capaz de resistir todas las consecuencias generadas por los frecuentes fenómenos hidrometeorológicos, pero un suelo arcilloso, limoso, arenoso o una roca meteorizada siempre serán susceptibles a la erosión y a la saturación, ya que la presencia del agua tiende a deteriorar sus propiedades geomecánicas.

4.9.2. Factores Antrópicos

Las principales modificaciones causadas por el hombre y que afectan en forma importante la estabilidad de los taludes son los procesos de urbanización, en especial de desarrollos desordenados. La modificación de la topografía del terreno mediante cortes o rellenos también puede producir la activación de un deslizamiento. Un corte en un talud produce varios cambios sustanciales en el estado de la formación residual, las

excavaciones generan cambios topográficos y concentración de esfuerzos de cortante y en ocasiones descubren superficies críticas para deslizamiento como estratificación, fracturas y planos de cambio de meteorización.

4.10. Medidas de previsión y prevención para los movimientos de masa

La prevención debe ser un programa de estado que incluya una participación social (capacitación, concientización), con una visión política (legislando políticas de gobierno para el estudio y la prevención de un riesgo geológico) y con una prospectiva económica (distribución de recursos para su ubicación, estudio y seguimiento).

a) Prevención

La prevención incluye el manejo de la vulnerabilidad, evitando la posibilidad de que se presenten riesgos o amenazas **(Ver Tabla 2).** La prevención debe ser un programa de Estado, en todos sus niveles mediante una legislación y un sistema de manejo de amenazas que permita disminuir los riesgos a deslizamiento en un área determinada.

Tabla 2. Métodos de prevención de la amenaza o el riesgo

Método	Ventajas	Desventajas
Disuasión con medidas correctivas	Son muy efectivas cuando la comunidad está consciente del riesgo y colabora con el estado.	El manejo de los factores socioeconómicos y sociales es difícil.
Planeación del uso de la tierra	Es una solución ideal para zonas urbanas y es fácil de implementar.	No se puede aplicar cuando ya existe el riesgo.
Códigos técnicos	Presenta herramientas precisas para el control y prevención de amenazas.	Se requiere de una entidad que los haga cumplir.
Aviso y Alarma	Disminuye en forma considerable el riesgo cuando es inminente.	Generalmente, se aplica después de ocurrido el desastre. Se establecen y se ejecutan la medidas de emergencia

Fuente: Suárez, Díaz. 2009. Volumen II. Técnicas de Remediación. Página 5.

b) Elusión de la Amenaza

Eludir la amenaza consiste en evitar que los elementos en riesgo sean expuestos a la amenaza de deslizamiento. Son en teoría las medidas más eficaces pero siempre las más costosas y con una medida de gestión superior. **(Ver Tabla 3)**

Tabla 3. Métodos de elusión de amenazas de deslizamientos

Método	Aplicaciones	Limitaciones
Variantes o relocalización del proyecto	Se recomienda cuando existe el riesgo de activar grandes deslizamientos difíciles de estabilizar o existen deslizamientos antiguos de gran magnitud.	Puede resultar costoso y el nuevo sitio o alineamiento puede estar amenazado por deslizamientos.
Remoción total de deslizamientos	Es atractivo cuando se trata de volúmenes pequeños de excavación.	La remoción de los deslizamientos puede producir nuevos movimientos.
Remoción parcial de materiales inestables	Se acostumbra el remover los suelos subsuperficiales inestables cuando sus espesores no son muy grandes.	Cuando el nivel freático se encuentra subsuperficial se dificulta el proceso de excavación.
Modificación del nivel del proyecto o subrasante de una vía.	La disminución de la altura de los cortes en un alineamiento de gran longitud puede resolver la viabilidad técnica de un proyecto.	Generalmente, al disminuir la altura de los cortes se desmejoran las características del proyecto.
Puentes o viaductos sobre los movimientos	Muy útil en terrenos de pendientes muy altas	Se requiere cimentar los puentes sobre suelo estable y las pilas deben ser capaces de resistir las fuerzas laterales del material inestable. Son estructuras de gran volumen y disposición estructural especial

Fuente: Suárez, Díaz. 2009. Volumen II. Técnicas de Remediación. Página 5.

c) Control

Métodos tendientes a controlar la amenaza activa antes de que se produzca el riesgo a personas o propiedades. Generalmente, consisten en estructuras que retienen la masa en movimiento, desde estructuras de hormigón hasta materiales alternativos como la madera, caucho (neumáticos) y polímeros. Este tipo de obras se construyen abajo del deslizamiento para detenerlo después de que se ha iniciado. **(Ver Tabla 4).**

Tabla 4. Estructuras de control de masas en movimiento

Método	Ventajas	Desventajas
Bermas	Generalmente son económicas rápidas de construir.	Se requiere un espacio grande a mitad de talud.
Trincheras	Sirven al mismo tiempo para controlar las aguas lluvias	Los cantos fácilmente pasan por encima.
Estructuras de retención	Retienen las masas en movimiento	Se pueden requerir estructuras algo costosas.
Cubiertas de protección	Son uno de los métodos más efectivos para disminuir el riesgo en carreteras.	Son muy costosas

Fuente: Suárez, Díaz. 2009. Volumen II. Técnicas de Remediación. Página 5.

5. MATERIALES USADOS Y METODOLOGÍA

5.1. Introducción

Para la ejecución del presente proyecto se utilizó diferentes equipos y materiales para las diferentes actividades a realizarse en el sector de estudio. Primeramente se reconoció la zona con el fin de identificar sitios específicos para realizar los SEV y sísmica; así como definir los puntos esenciales de SPT. La zona se presenta con pendientes hasta de 15°, es decir relieves montañosos de baja pendiente con depósitos de suelos residuales meteorizados de litologías arcillo-limosa con presencia de bloques y cantos de tobas que hacen que sean tipo coluviales dispersos **(Ver Fotografía Nº1)**. Este sector por su topografía, hidrología y condiciones de suelos, determinan la secuencia de trabajos.

Fotografía N° 1. Relieve con pendientes bajas, depósitos superficiales de coluvios en el sector.
Fuente: Elaborado por la Autora.

Ruiz Ramón (2007), manifiesta que el método científico es un procedimiento para desarrollar toda investigación (científica, experimental, operacional) en un orden establecido. En Ciencias de la tierra es de suma importancia que los hechos y relaciones que se establecen, los resultados obtenidos y nuevos conocimientos, tengan el grado máximo de exactitud y confiabilidad[10].

Para ello se planeó una metodología o procedimiento ordenado para establecer lo significativo de los hechos y fenómenos hacia los cuales está encaminado el objetivo de la investigación.

[10] **RUIZ** Ramón. El método Científico y sus Etapas. México D.F. 2207

La secuencia referencial de los trabajos por ende, radica en un conjunto de pasos específicos para la presente campaña geotécnica:

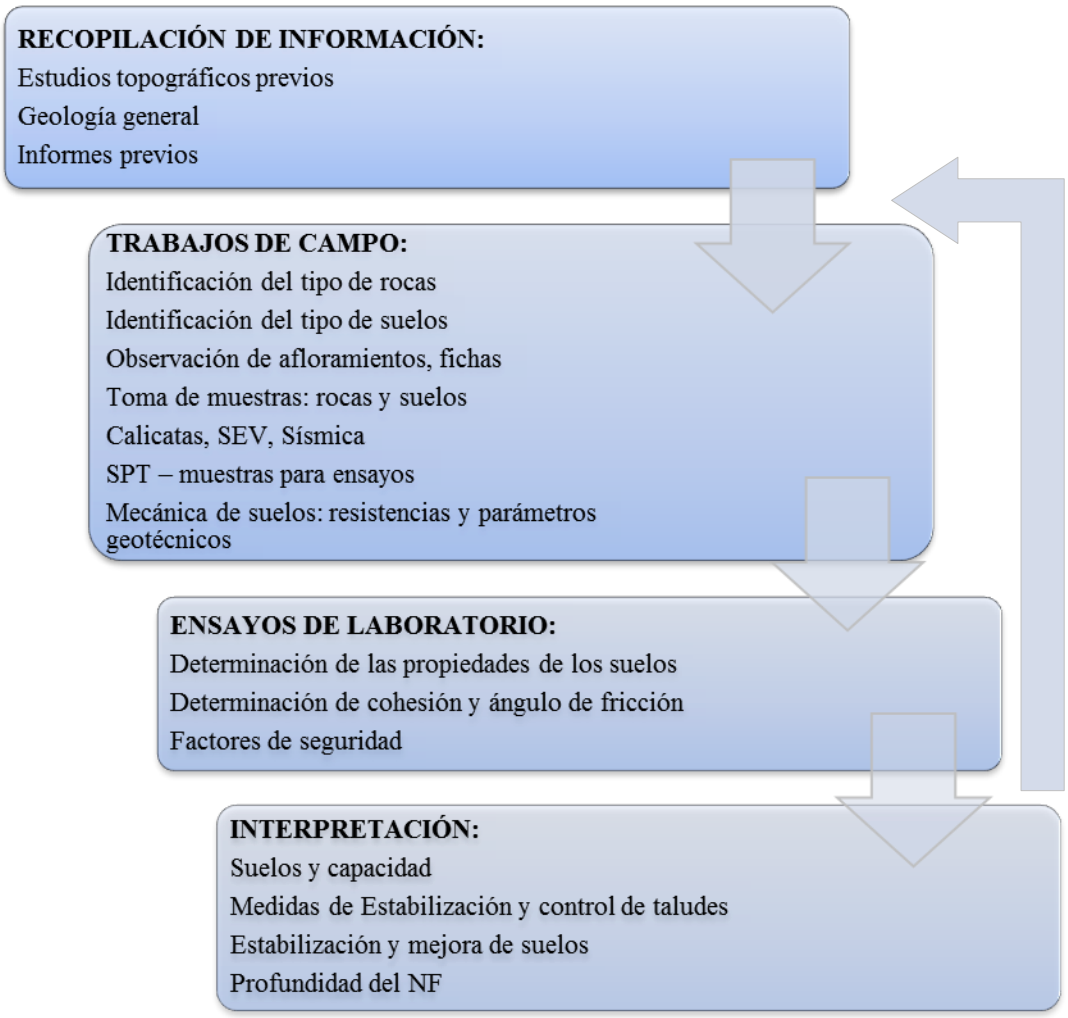


Figura N° 16. Secuencia metodológica de los trabajos a realizar en el sector El Chorro.

Se debe indicar que en todo proyecto constructivo, se debe reconocer las características geológicas y geotécnicas del sector. Con este fin, se debe realizar un reconocimiento geotécnico del terreno que generalmente se denomina campaña de exploración geotécnica. Los objetivos que regula la secuencia de la campaña geotécnica se sintetizan en:

1) Establecer labores de campo que permitan la determinación de las condiciones geológicas del sector de estudio, los perfiles estratigráficos y las condiciones físico – mecánicas del suelo y subsuelo que permita reconocer las variaciones de carga en los mismos.

2) Análisis de los factores de inestabilidad, reconociendo los parámetros puntuales que se deben mejorar (textura, capacidad de carga, entre otros) ante una cimentación superficial o profunda.
3) Determinar las posibles afectaciones constructivas; entre las más comunes: tipo y características portantes del suelo, presencia o ausencia de aguas subterráneas, problemas de cimentación, expansividad, compacidad, entre otros.

Los equipos y materiales ocupados se clasifican en:

EQUIPOS Y MATERIALES:

De campo:

- Estación Topografía R4
- Equipo de Sísmica: Sismógrafo de refracción SEISTRONIX de 24 canales
- Equipo de SEV: Equipo Digital de Resistividades marca ABEM, SAS 4000
- Brújula, GPS
- Cintas de 30m
- SPT: equipo operado por un motor de 16HP, polea y pesa sobre una guía tubular.

De gabinete:

- Computador
- Plotter
- AutoCad
- ArcGis
- Software IX1D V3 para SEV
- Software SEISTRONIX para refracción sísmica

Figura N° 17. Equipos y materiales utilizados en la investigación del sector El Chorro.

6. RESULTADOS

6.1. Descripción general del área de estudio

6.1.1. Accesos

Para el tráfico aéreo, existe en Catamayo, el aeropuerto "Ciudad de Catamayo". Como consideración de acceso general se toma referencias de tiempo desde la capital de la República Quito: vía terrestre (09 horas en vehículo particular y 12 horas por transporte público hasta Loja). Vía aérea: 45 minutos (hasta Catamayo)

Para llegar al área de estudio se puede arribar vía terrestre desde la ciudad de Loja, pasando por Malacatos, Vilcabamba, Yangana, Valladolid y Palanda, hasta llegar a la ciudad de Zumba la misma que tiene un recorrido vehicular de aproximadamente 5

horas. De la población de Zumba hacia el Sur por una vía de tercer orden se llega a la población El Chorro, a una distancia de 12 Km desde la ciudad de Zumba, empleándose 15 minutos aproximadamente. **(Ver Fotografía Nº2).**

Fotografía N° 2. Acceso a la Cabecera Parroquial El Chorro.
Fuente: Elaborado por la Autora.

6.1.2. Localización Geográfica

Al Sur del Ecuador, en la Provincia de Zamora Chinchipe se encuentra el Cantón Chinchipe con su Cabecera Cantonal Zumba conformada políticamente por las siguientes parroquias rurales Chito, El Chorro, La Chonta y Pucapamba. **(Ver Figura Nº18)**

La parroquia El Chorro, está ubicada geográficamente al Sur de la Cabecera Cantonal de Zumba a una distancia de 12 Km, en el Cuadro N°5, se presenta las coordenadas según la Proyección Universal Transversa de Mercator (UTM) – Zona 17 S, Datum Horizontal WGS_1984:

Tabla 5. Bases geográficas

UBICACIÓN	Cantón Chinchipe - jurisdicción de la provincia de Zamora Ch.
UBICACIÓN GEOGRÁFICA	El Chorro– 12 Km de Zumba
PARROQUIA	El Chorro
SUPERFICIE (Ha)	62.30
DATUM:	WGS 1984 - Zona 17 S
REFERENCIA GEOGRÁFICA DE UBICACIÓN	LATITUD: 9456642 N LONGITUD: 709805 E ALTITUD: 1065 m s.n.m.

Fuente: Elaborado por la Autora.

Figura N° 18. Ubicación de la Parroquia El Chorro.
Fuente: Elaborado por la Autora.

6.1.3. Topografía

Geográficamente el Ecuador está dividido por Los Andes en tres regiones naturales muy distintas que son Costa, Sierra y Oriente, encontrándose hacia el Este una zona baja denominada "Oriente", en esta las formaciones del terreno están determinadas por las formas de erosión originadas por el clima, altas temperaturas y humedad permanente durante todo el año.

El área de estudio se caracteriza por una topografía irregular en la cual sobresalen las elevaciones cuya altitud varía de los 1050 a 1125 m.s.n.m. **(Ver Mapa Nº1)**, la mayor parte del área parroquial es una zona con relieve colinado medio, formada por terrenos de pendientes que varían de 12-40%, que se encuentran en los alrededores de la parroquia. Cuenta también con terrenos planos y ondulados con pendientes no mayor al

12%, dedicados en su mayoría a la siembra del café asociado con frutales como naranja, plátano, guaba, entre otros.

Los datos fueron procesados en el ordenador a través del programa ArcGIS 10.1, generando curvas de nivel principales cada 5 m y secundarias cada 1m, donde se representó vías, quebradas e infraestructuras, entre otros elementos. El mapa topográfico tiene una escala de impresión de 1:5000, en formato A3 con proyección Universal Transversa de Mercator WGS 1984, Zona 17 S.

6.1.4. Geología Regional

Regionalmente se circunscribe a rocas compuestas de sedimentos continentales estas formaciones son intruidas por el batolito del Río Mayo conformado por granodiorita biotítica. **(Ver Figura N°19**).

Formación Quillollaco (Terciario; Mio – Plioceno), esta formación está compuesta de sedimentos continentales. Las rocas consisten en areniscas cuarzosas, blancas o pardas amarillentas de grano fino a grueso, estratificadas en bancos dimétricos a centimétricos; en esta secuencia también se encuentran lutitas y conglomerado que alternan en diversas proporciones, los contactos son en ciertos casos concordantes y transicionales y en otros muestran una pronunciada discordancia, así tenemos en el caso de las areniscas con el conglomerado. Las rocas descansan directamente sobre las rocas metamórficas paleozoicas; se desconoce el espesor de la formación.

Intrusivos – Batolito del Río Mayo, ubicado al Este de Zumba. Este intrusivo de granodiorita biotítica aflora en ambos lados del Rio Mayo desde la frontera con el Perú, hacia el Norte hasta Palanumá y el Rio Palanda, donde se presenta en contacto gradacional dentro del cuerpo granítico metasomático de Palanda, que es, por lo menos en parte, de origen metasomático, tiene intercalaciones de rocas metamórficas que forman parte de la Unidad Chiguinda; probablemente es mucho más antigua que la edad indicada por las determinaciones radiométricas (175 – 148 m.a.).

MAPA Nº1

MAPA TOPOGRÁFICO

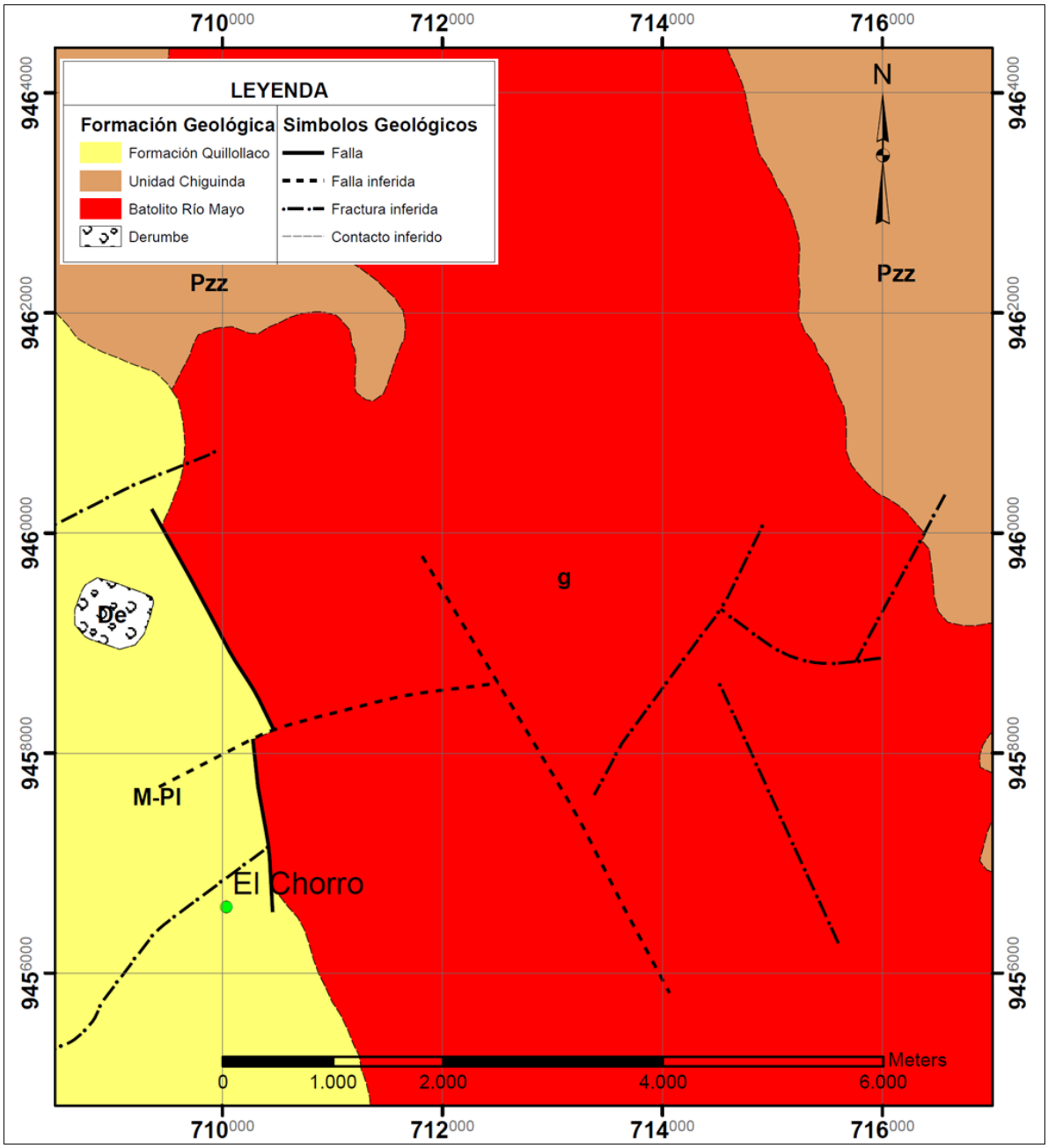


Figura N° 19. Marco geológico regional para el área de estudio.
Fuente: Mapa Geológico del Ecuador, escala 1:100.000, Hoja 59, Zumba

6.1.5. Geología Local

El área de estudio geológicamente se caracteriza por la presencia de depósitos coluvio aluviales con matriz limosa, conformados de clastos de rocas metamórficas y de rocas ígneas, sus clastos alcanzan un diámetro 10 cm, principalmente de filitas, esquistos y cuarcitas. Así mismo en la parte sur-oeste del área de estudio afloran las areniscas tobáceas de granulometría fina (0,12mm), estas rocas presentan estratificación delgada a

gruesa **(Ver Fotografía N°3)**, variando el espesor de los horizontes de 0,03 a 1 m y en algunos casos hasta 2 m.

Fotografía N° 3. Areniscas tobáceas con estratificación delgada a media de la Formación Quillollaco.
Fuente: Elaborado por la Autora.

Existen tobas arenosas de color gris claro a blanquecino, compactas a semicompactas, por lo general los horizontes tienen espesores de 1 a 3 m y no presentan mucha continuidad, por lo que tienen más aspecto de lentes. Mientras que los conglomerados se presentan bien consolidados e igualmente con horizontes de manera discontinua y con espesores de hasta 10 m; sus clastos son de forma redondeada empacados en una matriz tobácea, en tamaños variables de 1 hasta 30 cm, predominando los de 5 a 10 cm. **(Ver Fotografía N°4)** Al sur del poblado se observa la existencia de tobas arenosas, con un espesor aproximado de 2 m.

Fotografía N° 4. Contacto entre conglomerado y tobas arenosas
Fuente: Elaborado por la Autora.

Al este del sector de estudio se observa las granodioritas meteorizadas de coloración gris claro a rojiza por el alto contenido de óxido de hierro, por lo general se pueden considerar como suelos muy frágiles y fracturados, por su alto grado de meteorización, pertenecientes al Batolito del Río Mayo. **(Ver Fotografía Nº5)**.

Fotografía N° 5. Granodioritas con tamaño de grano muy grueso (1,00 mm), meteorizada.
Fuente: Elaborado por la Autora.

Los suelos residuales son el resultado de la disgregación in situ de las rocas a las que cubre, pues en el sector la lluvia es intensa y en consecuencia hay un alto grado de meteorización de las rocas. Los espesores no son considerables, en algunos casos se tienen hasta 1,5 m, incluso menos, la cual está constituida por materiales finos del tamaño de los limos y arcillas. Además, se encuentran en las partes planas o en pendientes de topografía suave. Este material es el que más abunda en el sector, con predominio en la parte este del área de estudio.

Posteriormente al sur-oeste se puede distinguir la presencia de suelos arcilllo arenosos, producto de la desintegración de las tobas, volviéndose el horizonte arenoso y con presencia de clastos centimétricos de las mismas tobas arenosas, contiene cuarzo, limonita, magnetita, piroxenos y feldespatos. **(Ver Mapa Nº2**).

MAPA Nº2

MAPA GEOLÓGICO LOCAL

6.1.6. Geomorfología

Para realizar este mapa se utilizó la metodología implementada por CLIRSEN en proyectos tales como Generación de Geo-información para la gestión del territorio a nivel nacional 2010.

En la Figura N°20 se indica las herramientas empleadas para la obtención del mapa:

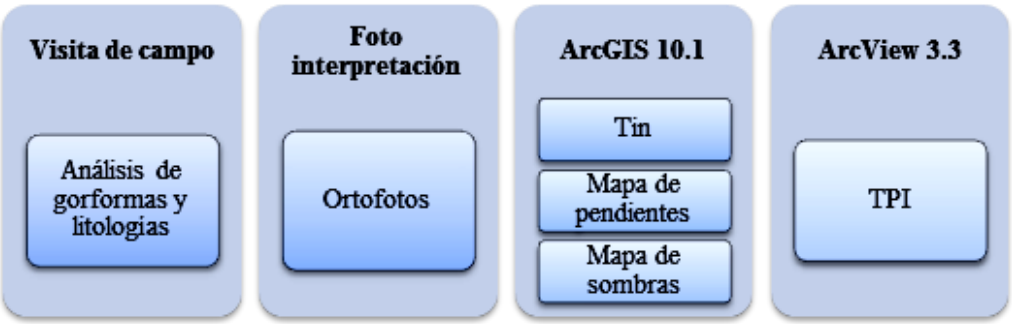


Figura N° 20. Proceso para la elaboración del mapa Geomorfológico

Para generar el mapa Geomorfológico se inicia desde el Modelo Digital de Elevación (MDE) en el ArcGIS 10.1, que permitió además crear el mapa de pendientes **(Ver Tabla 6),** para generar el MDE primeramente se procede a las curvas de nivel convertirlas a Raster, para ello se utiliza la herramienta de topo a Raster, este mapa sirve para generar en el ArcView 3.3 los Índices de Posición Topográfica (TPI), mostrándonos líneas de quiebre y curvaturas del terreno esencial para delinear las geoformas. Así mismo a partir del Raster inicial se generó el mapa de sombras **(Ver Figura N°21)**, que también es esencial al momento de dibujar las geoformas.

Tabla 6. Categorías de pendiente

Cód.	Pendiente (P)	Porcentaje (%)
1	Plana	0 – 2
2	Muy suave	2 – 5
3	Suave	5 – 12
4	Media	12 – 25
5	Media a fuerte	25 – 40
6	Fuerte	40 – 70
7	Muy fuerte	70 – 100
8	Escarpada	> a 100

Fuente: Ficha de Fotointerpretación geomorfológica - CLIRSEN, 2010.

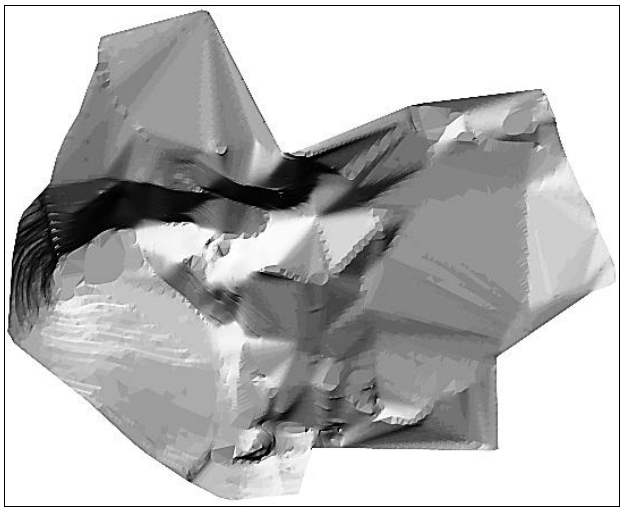


Figura N° 21. Mapa de sombras
Fuente: Elaborado por la Autora.

Para el establecimiento de colores y tramados de los polígonos de las unidades geomorfológicas se definieron en base a la morfología y morfogénesis propios, y de acuerdo a la metodología propuesta por Carvajal, 2002.

Tabla 7. Colores establecidos para los polígonos de las unidades

Unidad de mapeo por génesis de las geoformas	Color
Formas de Origen Estructural	Púrpura
Formas de Origen Volcánico	Rojo
Formas de Origen Denudativo	Marrón
Formas de Origen Fluvial	Azul
Formas de Origen Lacustre/Marino	Verde
Formas de Origen Glaciar/Periglaciar	Grises
Formas de Origen Eólico	Amarillo
Formas de Origen Cárstico	Naranja
Formas de Origen Antrópico/Biológico	Negro

Fuente: Carvajal 2002.

Con los TPI listos, el mapa de pendientes, el TIN, mapa de sombras y ayuda de fotografías aéreas del sector de estudio y la información de observación obtenida de campo se procedió a dibujar las geoformas, sumado a esto se realizó cortes a cada geoforma, para relacionar el desnivel relativo, las cuales correlacionamos con las ‘‘Tablas modificadas de CLIRSEN del proyecto ‘‘Generación de Geoinformación para la Cuenca del Rio Guayas escala 1: 250.000’’. ***(Ver Anexo 1:*** *Tablas modificadas de*

CLIRSEN), para asignar la terminología a cada unidad morfológica; obteniendo como resultado el mapa Geomorfológico a escala de impresión 1: 5000 en formato A3; en donde las unidades morfológicas definidas tienen en cuenta una estructura jerárquica según su importancia, de la siguiente manera:

- Unidad Genética - Unidad Morfológica -Forma de Relieve – pendiente

El área de estudio presenta 1 unidades genéticas, 1 unidades morfológicas y 4 formas de relieve, tal como se detalla a continuación:

Tabla 8. Descripción de unidades morfológicas del sector de estudio

Unidad Genética	Unidad Morfológica	Forma de Relieve	Pendiente	Descripción	Litología
Formas Tectónico Erosivos	Relieve	Relieve colinado muy bajo	0 – 5 %	Constituyen elevaciones cuyas pendientes alcanzan entre el 0 y 5 %, relieve sin disección, sus desniveles relativos llegan a los 6 m.	Areniscas, suelos residuales
		Relieve colinado bajo	5 – 12 %	Presenta una disección leve, sus desniveles relativos alcanzan los 17m.	Areniscas, conglomerado, suelos residuales, suelos arcillo-arenoso
		Relieve colinado medio	12 – 40 %	Constituyen elevaciones con desniveles relativos que alcanzan los 40 m. Relieve con disección suave.	Areniscas, conglomerado, tobas, granodiorita, suelos residuales, suelos arcillo-arenoso
		Relieve colinado alto	40 – 70 %	Presenta una disección moderada. Constituyen elevaciones con desniveles relativos que alcanzan los 70 m.	Areniscas, conglomerados

Fuente: Elaborado por la Autora en base a CLIRSEN 2010.

La zona poblada de El Chorro, está asentada en un relieve semiplano ondulado, este tipo sería una geoforma Relieve colinado de muy bajo a medio **(Ver Fotografía Nº6)**, en las cuales sus litologías son de consistencia baja (depósito de suelos arcillosos, arenosos, meteorización de conglomerados y de tobas), en algunos sectores existe estancamiento

de las aguas (Lagunas). Estos depósitos de agua pueden estar provocando la inestabilidad de los suelos en la zona de estudio.

Al NW de la zona de estudio, el relieve presenta pendientes de hasta 40%, es decir relieves de baja pendiente con depósitos de suelos residuales meteorizados de litologías arcillo-limosa con presencia de bloques y cantos de tobas que hacen que sean tipo coluviales dispersos.

Fotografía N° 6. Zona central del poblado de El Chorro, asentados sobre depósitos sedimentarios.
Fuente: Elaborado por la Autora.

En el sector de estudio predominan geoformas de relieve colinado medio con un 49,07%, posteriormente un relieve colinado bajo con un 33,39%, relieve colinado muy bajo con el 9,48%; y finalmente en menor proporción el relieve colinado alto con el 8,07%. **(Ver Mapa Nº3**).

Tabla 9. Geomorfología del sector El Chorro

Forma de relieve	Pendiente	Área (Ha)	%
Relieve colinado muy bajo	0 – 5 %	5,99	9,48
Relieve colinado bajo	5 – 12 %	21,1	33,39
Relieve colinado medio	12 – 40 %	31,01	49,07
Relieve colinado alto	40 – 70 %	5,1	8,07

Fuente: Elaboración propia a partir del anexo 1.

MAPA Nº3

MAPA GEOMORFOLÓGICO LOCAL

6.1.7. Uso actual del suelo

Para la obtención del mapa del uso actual del suelo se dibujó los polígonos con respecto a los puntos topográficos obtenidos en el levantamiento de campo, sumado a esto la visita de campo y fotointerpretación, permitió la obtención del mapa antes mencionado, delimitando de esta forma cultivos, pastizales, matorrales, área urbana, entre otros.

En este mapa se obtuvo diferentes tipos de uso de suelo **(Ver Tabla 10)**, representada predominantemente por matorrales (40,90%); el sistema agrosilvopastoril comprende amplias zonas de pastos y sistemas de producción animal con pequeñas extensiones de árboles con cultivos, ocupa el 26,16%, el área urbana relaciona espacios ocupados por la población, tipo de construcciones tales como; casas, vías, colegio, escuela, iglesia, canal de riego, y canchas, los cuales corresponden al 15,31% del área de estudio.

Los pastizales representan los pastos naturales que son utilizados para la cría de ganado y ocupan 9,13% del sector, además existen área de cultivos, ocupadas por las diferentes clases de cultivos tanto de ciclo corto (hasta 12 meses) y largo (> a un año), este tipo de actividades corresponden al 4,64 %, mientras que las zonas de menor superficie son los cuerpos de agua (2,22%) y zonas erosionadas (1,63%). **(Ver Mapa N°4)**

Tabla 10. Uso actual del suelo

Uso	Área (Ha)	%
Matorrales	25,48	40,90
Sistema agrosilvopastoril	16,30	26,16
Área urbana	9,54	15,31
Pastizal	5,69	9,13
Cultivos	2,89	4,64
Cuerpos de agua	1,38	2,22
Zona erosionada	1,02	1,63

Fuente: Elaborado por la Autora.

MAPA Nº4

MAPA DEL USO ACTUAL DEL SUELO

6.1.8. Clima e Hidrología

Se refiere a las precipitaciones presentes el área de estudio, para la elaboración de éste mapa se tomó datos de cuatro estaciones meteorológicas que se encuentran ubicadas alrededor del área de estudio, **(Ver Tabla 11)**, de las cuales 3 pertenecen a la provincia de Loja (Ecuador) y 1 a la provincia de Utcubamba (Perú). **(Ver Figura N°22)**

Tabla 11. Estaciones meteorológicas, y datos de precipitación media anual

Nombre de la Estación	Código estación	X	Y	Altitud (m.s.n.m)	PP media anual (mm)
Yangana	M147	702473	9517522	1860	175,656007
Amaluza I	M150	674721	9493261	1760	151,739019
Jimbura	M438	670682	9488351	2150	185,47891
Bagua Chica	000253	772499	9373812	410	60,075758

Fuente: Elaborado por la Autora.

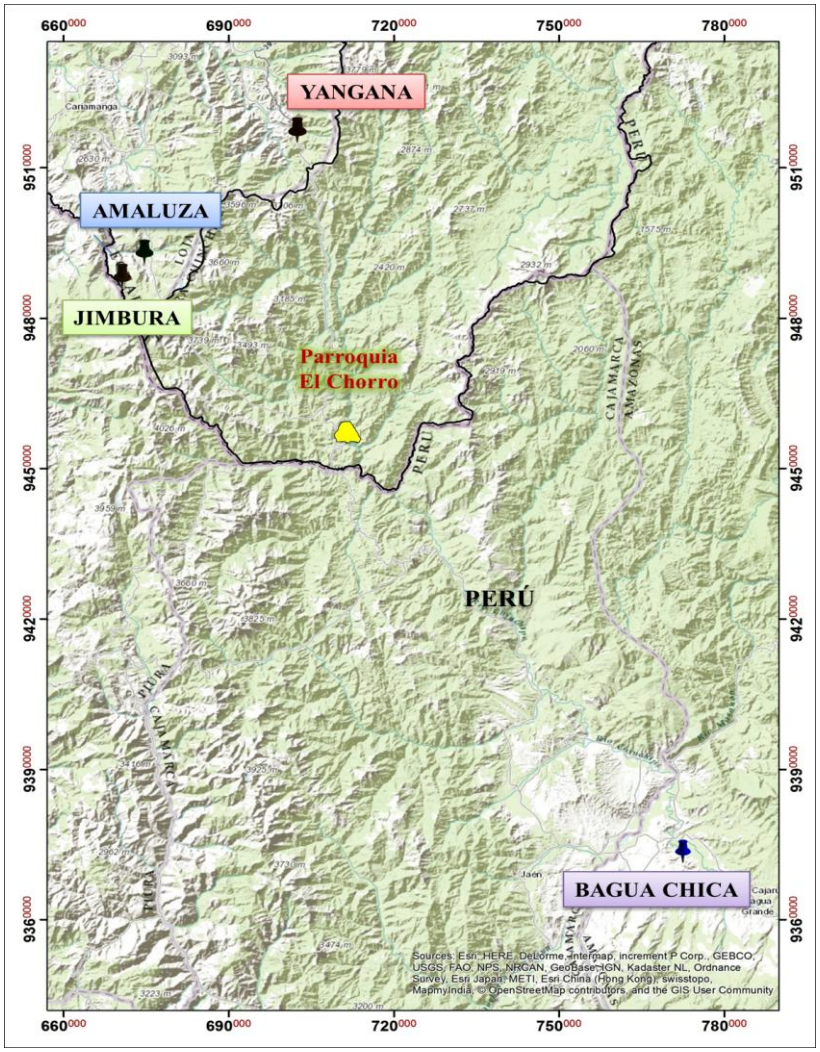


Figura N° 22. Estaciones Meteorológicas
Fuente: Elaborado por la Autora

De los datos obtenidos de las cuatro estaciones de los 23 últimos años de precipitaciones, se calculó el valor medio de precipitación anual, y se procedió a correlacionar los mismos en el programa Excel y ArcGis 10.1. Para su elaboración se realiza la interpolación de información, para este caso utilizamos el método de interpolación IDW (Distancia Inversa ponderada), éste presupone que la variable que se representa cartográficamente disminuye su influencia a mayor distancia desde su ubicación de muestra (es el método más simple, es inversamente proporcional a la distancia). Debido a la superficie, varianza y parámetros requeridos, fue necesario reclasificar el Raster, y posteriormente transformarlo como vector (polígono), con el fin de obtener valores de precipitaciones del área de estudio.

En la parroquia El Chorro las precipitaciones van de los 160,4- 164,3 milímetros por año, **(Ver Mapa N°5)**. De acuerdo a los registros del Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología (INAMHI), y Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología del Perú (SENAMHI), determina que la mayor precipitación registrada en esta zona fue en el año de 2010 con 1667,9 mm/año; por el contrario en el año 2000 se registró la menor precipitación con un valor de 5,2 mm/año; durante el periodo 1990-2012, tal como de detalla a en la tabla N° 12.

Según el Plan de Desarrollo y Ordenamiento Territorial de la parroquia El Chorro (2011), ésta es una parroquia de clima característico subhúmedo - subtropical, con temperaturas medias mensuales de 21,5ºC las cuales fluctúan entre los 11ºC hasta 27,5ºC. Los meses con mayores precipitaciones son de Enero a Mayo; siendo los meses restantes donde se presentan precipitaciones menores. Los valores promedios diarios de humedad fluctúan entre 58,8 % la mínima y de 99,8 % la máxima.

En cuanto a su hidrografía la parroquia El Chorro presenta varias quebradas **(Ver Figura N°23)**, que nacen en la parte nororiental: quebrada del Platero, quebrada El Api que conforman la quebrada Lateras. La quebrada La Honda, quebrada Mayo al sureste; todas ellas recorren el área de la parroquia para desembocar en el curso del río Mayo. Asimismo la quebrada El Tablón que deposita sus aguas en el río Mayo en la parte extrema norte de la parroquia y que al igual que la quebrada Yancachi al suroeste.

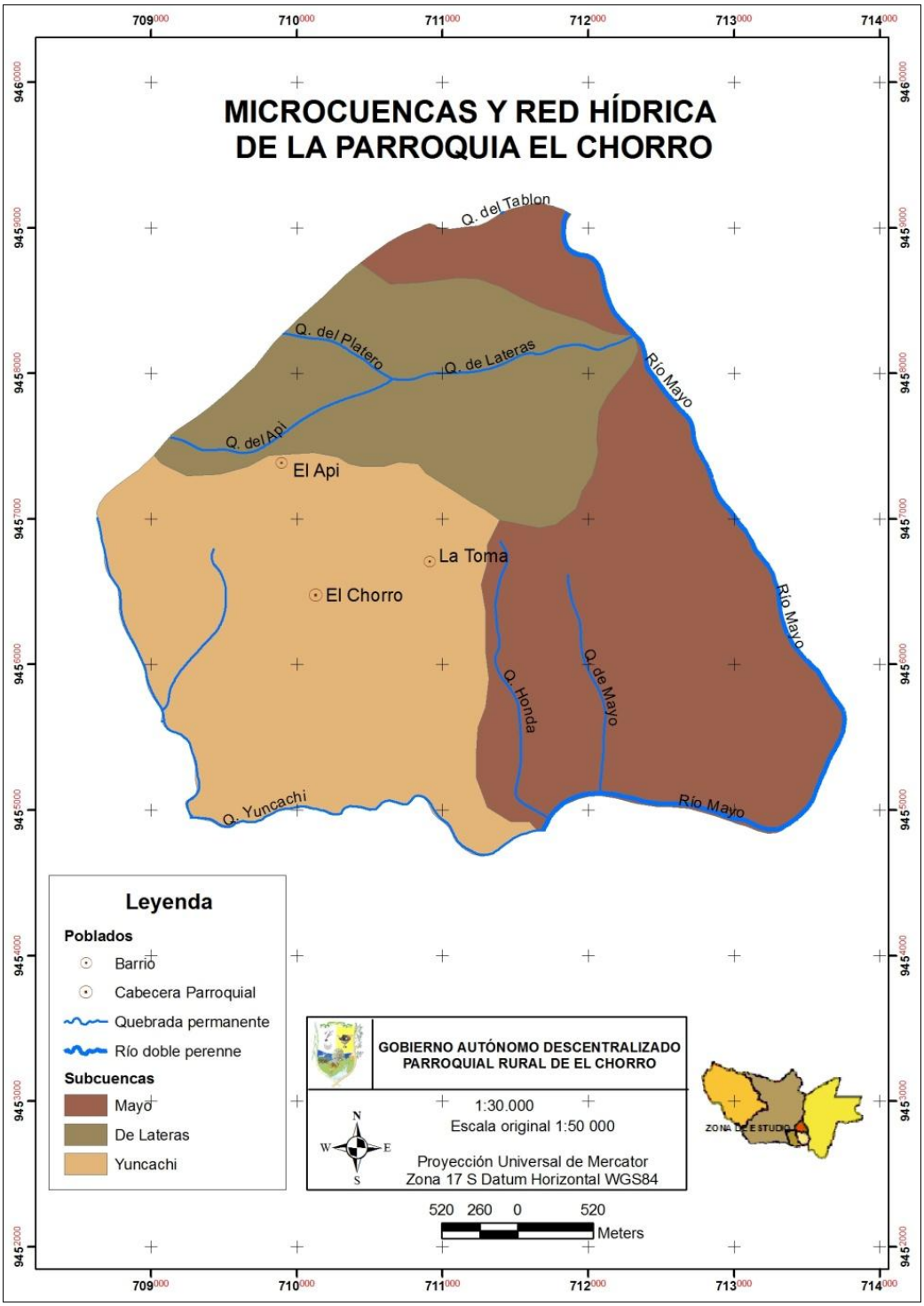


Figura N° 23. Microcuencas y Red Hídrica de la parroquia El Chorro
FUENTE: Equipo de trabajo del PDOT, 2011.

Cabe indicar que el área de estudio es drenada solamente por la quebrada El Chorro, que nace en la parte central del sector, cuya dirección va de Este a Oeste, la misma que desemboca en la Quebrada Yuncachi.

Tabla 12. Precipitación anual *(mm)* en el Área de Estudio; Periodo 1990-2012.

	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012
Media	67,4	66,6	60,3	146,4	76,0	58,5	32,4	76,3	107,9	111,8	85,2	90,1	75,6	40,4	50,8	68,7	107,8	80,0	127,2	106,5	1259,4	15,8	112,0
Máxima	99,6	82,0	69,5	184,9	138,3	117,0	80,6	109,5	135,5	170,1	153,6	162,4	127,1	89,8	98,0	99,3	165,7	99,8	171,7	125,9	1669,7	46,2	187,4
Minina	35,2	53,4	49,7	117,8	62,0	47,9	48,9	50,0	90,2	58,5	5,2	9,9	17,1	9,7	15,6	36,0	63,3	53,5	61,8	66,5	47,6	17,2	113,7

Fuente: Elaborado por la Autora.

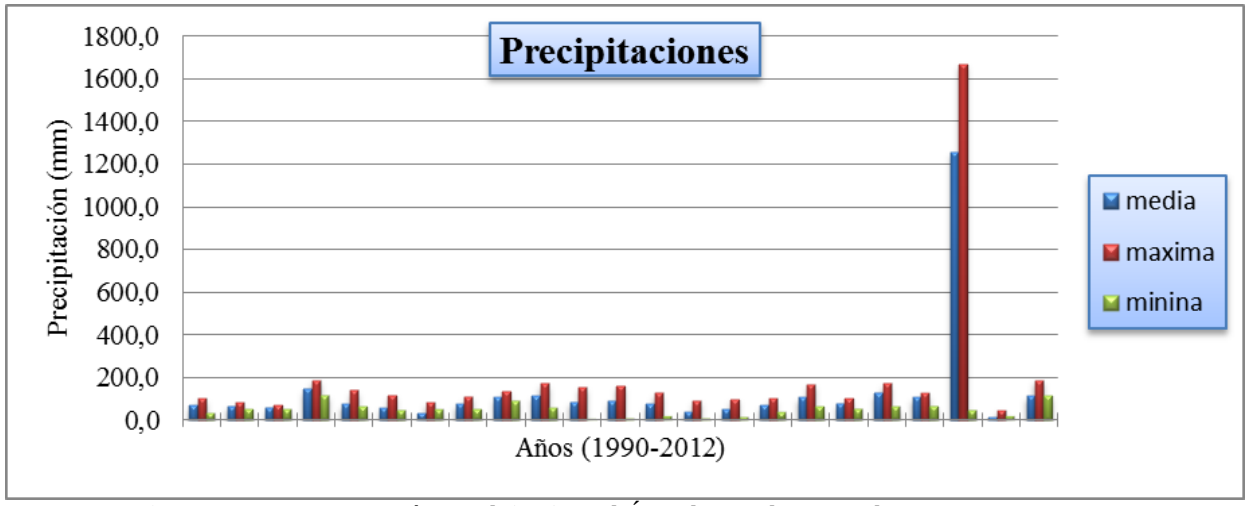
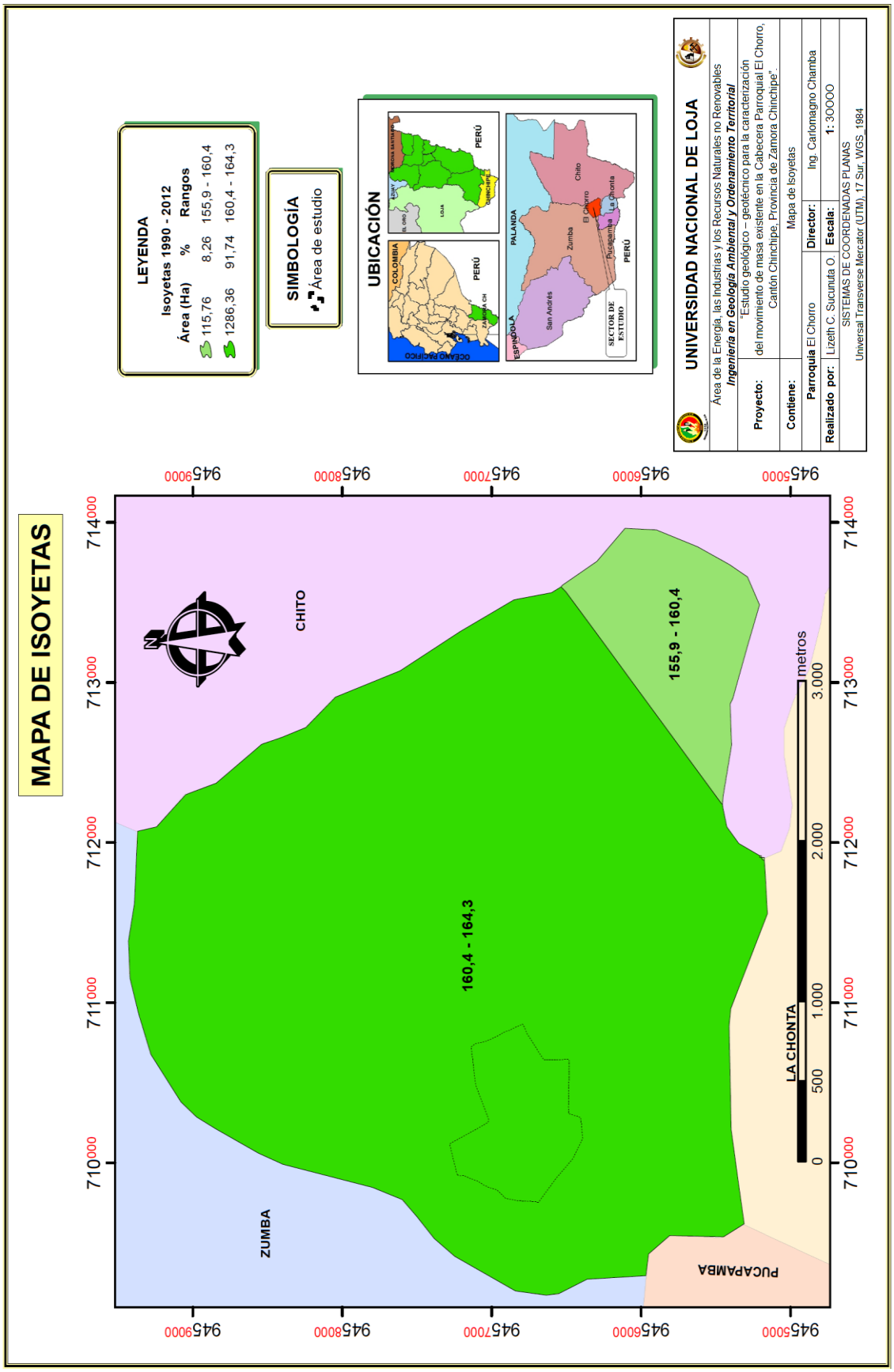


Figura N° 24. Precipitación anual ***(mm)*** en el Área de Estudio; Periodo 1990-2012.
Fuente: Elaborado por la Autora.

Mapa Nº5. Mapa de Isoyetas



6.1.9. Infraestructuras Presentes

- **Infraestructuras Lineales y verticales**

Las infraestructuras lineales se constituyen como vías, caminos, senderos. El sistema vial de la parroquia de El Chorro está constituido principalmente por la carretera que conduce a la ciudad de Zumba y que va hasta el límite con el vecino país del Perú (La Balsa). Esta vía principal tiene una longitud de 12 Km desde Zumba hasta El Chorro, el tipo de calzada es de tierra, con un ancho de 5 metros, sufre estrechamientos en algunos lugares de su recorrido, **(Ver Fotografía Nº7)** y su estado se mantiene en condiciones regulares complicándose en tramos durante la estación de lluvia.

Fotografía N° 7. Vía desde la Ciudad de Zumba a la Parroquia El Chorro.
Fuente: Equipo de trabajo del PDOT, 2011.

6.1.10. Condiciones Antrópicas

Se refiere a la situación tanto socio-económica como de preparación con respecto a un evento, que se traduce como la condición de vulnerabilidad, en que se encuentra la población presente en la zona de estudio.

La parroquia El Chorro, está conformada por dos barrios rurales que son El Api y La Toma, y por la parte urbana que es la cabecera parroquial El Chorro.

6.1.10.1. Condiciones Socio Económicas

- **Población**

La población de la provincia de acuerdo al INEC (2010) alcanza los 91.376 habitantes (47.452 hombres y 43.924 mujeres), el 39.6% ubicada en el área urbana y el 60.4% en la rural.

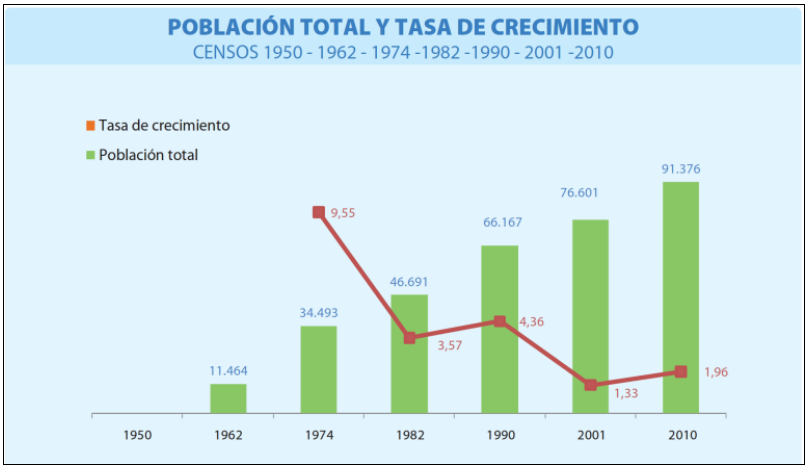


Figura N° 25. Población total y tasa de crecimiento de la provincia de Zamora Chinchipe.
Fuente: Instituto Nacional de Estadísticas y Censos, resultados del censo 2010 de población y vivienda en el Ecuador.

La población del Cantón Chinchipe según el Instituto Nacional de Estadísticas y Censos (INEC), en base al VII Censo de Población y VI de Vivienda 2010, representa el 10% del total de la población de la provincia de Zamora Chinchipe; con un total de 9.119 habitantes (4.186 mujeres y 4.933 hombres) del cual el 34,7% se encuentra en el área urbana y el 65,3% en el área rural.

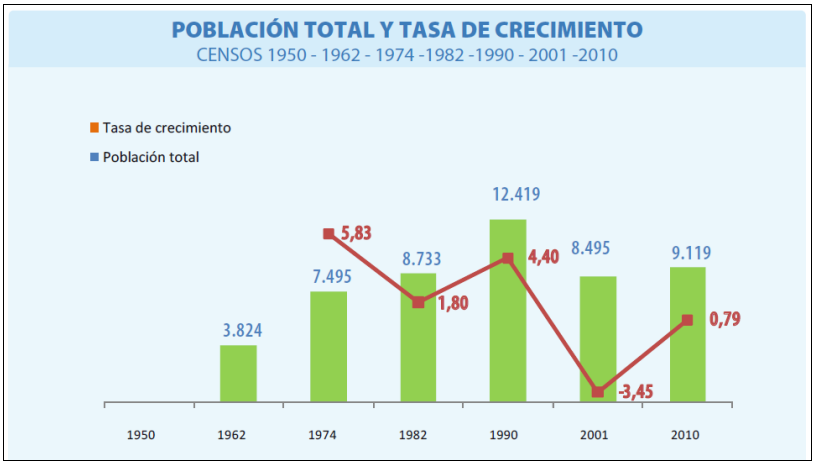


Figura N° 26. Población total y tasa de crecimiento del cantón Chinchipe.
Fuente: Instituto Nacional de Estadísticas y Censos, resultados del censo 2010 de población y vivienda en el Ecuador.

La Parroquia El Chorro representa el 2,37% del total de la población del cantón, con 216 habitantes, de los cuáles el 41,67% son mujeres *(90 hab.)* y el 58,33% son hombres *(126 hab.).* Cabe indicar que ha disminuido en este caso en el último periodo intercensal 2001-2010, a un ritmo de -2,06% promedio anual.

6.2. Estudio geológico – geotécnico

6.2.1. Geología a detalle (comprobación de puntos específicos)

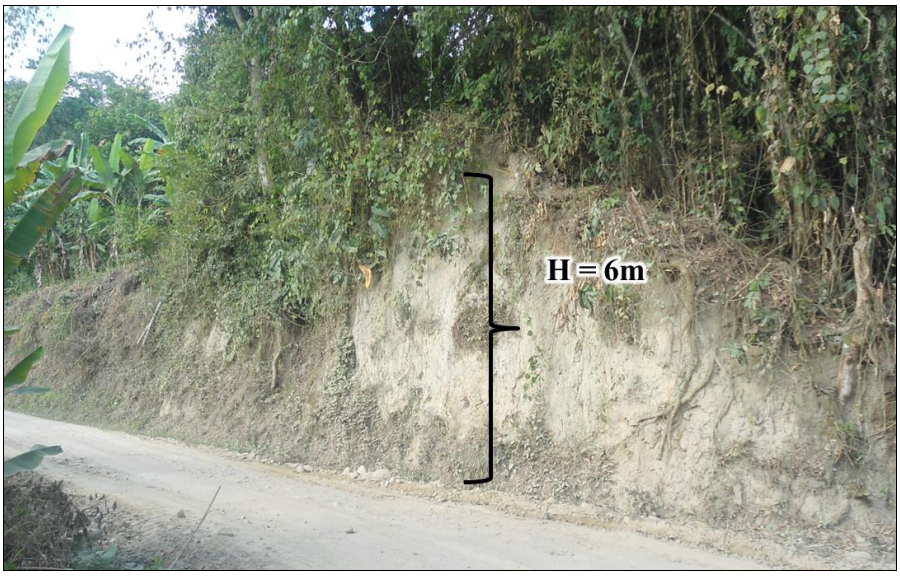
En el área de estudio se realizó el levantamiento a detalle de su geología-litología a través de la observación directa de los afloramientos encontrados e interpretación de calicatas realizadas en el área de estudio ***(Ver Anexo 2:*** *Mapa; Afloramientos y calicatas del Área de Estudio****)***.

Existe un depósito sedimentario que corresponde a la Formación Quillollaco, que se ha depositado sobre la Unidad Chiguinda compuesta por rocas metamórficas tales como esquistos, cuarcitas, pizarras, entre otros, en algunos sitios aflora el Batolito del Río Mayo, la secuencia sedimentaria compuesta principalmente por areniscas tobáceas de color blanco, de grano fino a grueso (0,12mm – 0,50mm), así también la presencia de conglomerado en una matriz limosa, conformados de clastos de rocas metamórficas e ígneas. Los clastos alcanzan un diámetro 10 cm., existiendo un predominio de los tamaños entre 5 y 8 cm, éstos se encuentran cubriendo parcialmente al intrusivo (Batolito Río Mayo) en la parte central del sector.

Fotografía N° 8. Contacto entre las areniscas tobáceas y conglomerados
Fuente: Elaborado por la Autora.

Los depósitos coluvio aluviales se encuentran empacado en una matriz limosa, ligeramente meteorizada, conformados de clastos de rocas metamórficas y de rocas ígneas. Los clastos compuestos principalmente de filitas, esquistos, granodioritas, presenta una coloración gris oscuro, éstos se rompen con varios golpes de martillo por lo que se la considera moderadamente dura, mineralógicamente contiene 65% de cuarzo, 25% de magnetita. 5% de limonita y el 5% de otros minerales. ***(Ver Anexo 3:*** *Ficha; Descripción del afloramiento 1****)***

Existe la presencia de areniscas tobáceas de granulometría fina (0,12mm), con una dureza suave y una resistencia muy débil, formadas de partículas finas con fuerte alteración a minerales arcillosos: tobas alteradas, areniscas, se distingue una coloración blanquecina, además presenta clastos de tipo metamórfico, se ha identificado minerales como el cuarzo (40%), magnetita (40%), piroxeno (10%), turmalina (5%), entre otros. **(Ver Fotografía N°9)** Las areniscas presentan una fractura granular irregular, aspecto arenoso, suele desmoronarse con facilidad**. (Ver Anexo 4 y 7:** *Ficha; Descripción del afloramiento 2 y afloramiento 5***)**

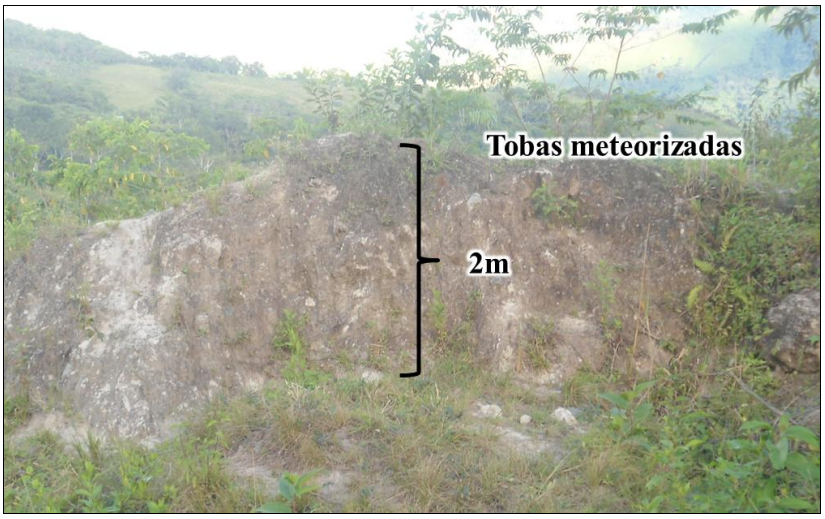


Fotografía N° 9. Areniscas tobáceas
Fuente: Elaborado por la Autora

Encontramos rocas intrusivas como es el Batolito Río Mayo, compuesto de granodiorita con tamaño de grano muy grueso (1,00mm), meteorizada, presenta una coloración gris claro a rojiza por el alto contenido de óxido de hierro, por lo general se pueden

considerar como suelos muy frágiles y fracturados, el material se disgrega completamente con un golpe del pico del martillo y se deshace con navaja, es muy blanda; se distinguen minerales tales como: 60% de cuarzo, 20% olivino, 10% limonita, 5% moscovita, y 5% de otros minerales. ***(Ver Anexo 5:*** *Ficha; Descripción del afloramiento 3****)***

Las tobas arenosas presentan un tamaño de grano medio (0,25mm) se encuentran completamente meteorizadas, son de color gris claro a blanquecina, áspera, aspecto arenoso, con una resistencia a la rotura baja, se desmorona fácilmente, contienen clastos pequeños de tipo metamórfico e ígneo. Esta litología se encuentra sobre suelos residuales limo-arenosos; **(Ver Fotografía N°10)** se distinguen una gran cantidad de mineral oscuro como la magnetita (50%), cuarzo (30%) y biotita (15%). ***(Ver Anexo 6:*** *Ficha; Descripción del afloramiento 4****).*** Existen sitios donde las tobas no presentan mucha continuidad, pero el conglomerado se presenta bien consolidado con espesores de hasta 10 m.



Fotografía N° 10. Tobas arenosas de tamaño de grano medio
Fuente: Elaborado por la Autora

Además existen suelos residuales arcillo limosos, de coloración café rojizo, **(Ver Fotografía N°11)** con presencia de minerales como cuarzo, feldespatos, y suelos arcillosos arenosos, con minerales tales como micas, cuarzo, además clastos metamórficos, esta zona está compuesta por la hipergénesis de las tobas arenosas. Se halla la presencia de bloques de tobas.

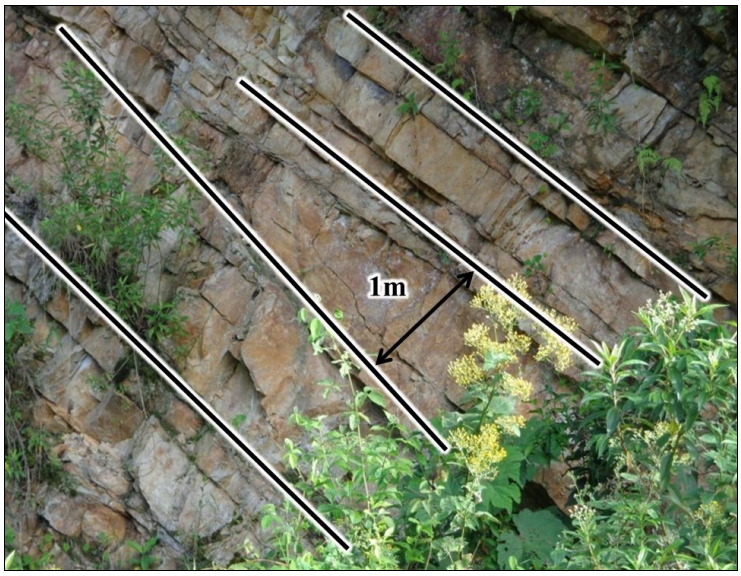
Fotografía N° 11. Suelo residual producto de la meteorización
Fuente: Elaborado por la Autora

Fotografía N° 12. Suelos arcillosos arenosos producto de la desintegración de las tobas
Fuente: Elaborado por la Autora

- **Geología estructural**

La investigación efectuada sobre sectores previamente determinados, geológicamente predominan Sedimentos Terciarios en las cuales se caracterizan por la presencia de la Formación Quillollaco, lo que constituyen zonas plegadas con buzamientos fuertes casi verticales, existe estratificación en las rocas sedimentarias, el espesor de los horizontes es de 0,03 a 1 m y en algunos casos hasta 2 m, presenta una orientación horizontal y algunos sectores tienen un dirección de S95°E y un buzamiento de 51°SE. **(Ver Fotografía N°13)**, las cuales ocasionan deslizamientos, las rocas intrusivas antiguas se

encuentran bien meteorizadas, la estructura de estas rocas son relativamente uniforme, mientras que los sedimentos terciarios son continentales consisten de areniscas de diferente granulometría estratificadas, dentro de esta secuencia también se pueden encontrar conglomerados que alteran los contactos.



Fotografía N° 13. Estratificación delgada a media en las areniscas tobáceas
Fuente: Elaborado por la Autora

6.2.2. Mecánica de suelos

6.2.2.1. Muestreo y técnicas especificas

Para la caracterización de material encontrado se procedió a la elección de los especímenes más representativos, para ello se interpretó los datos obtenidos de los 12 apiques que se efectuaron en el sector **(Ver Figura N°27)**, los apiques consisten en excavaciones de aproximadamente 2 m de profundidad y un área de 0.25m^2, se seleccionó un cubo de aproximadamente 30cm, obteniendo 12 muestras, para su análisis en el laboratorio.

El suelo se clasificó de manera global en base a la carta de plasticidad de Casagrande, en conjunto con la carta propuesta por el Sistema de la AASHTO o ASTM, y el Sistema Unificado de Clasificación de Suelos (SUCS), todos basados en los límites y la granulometría.

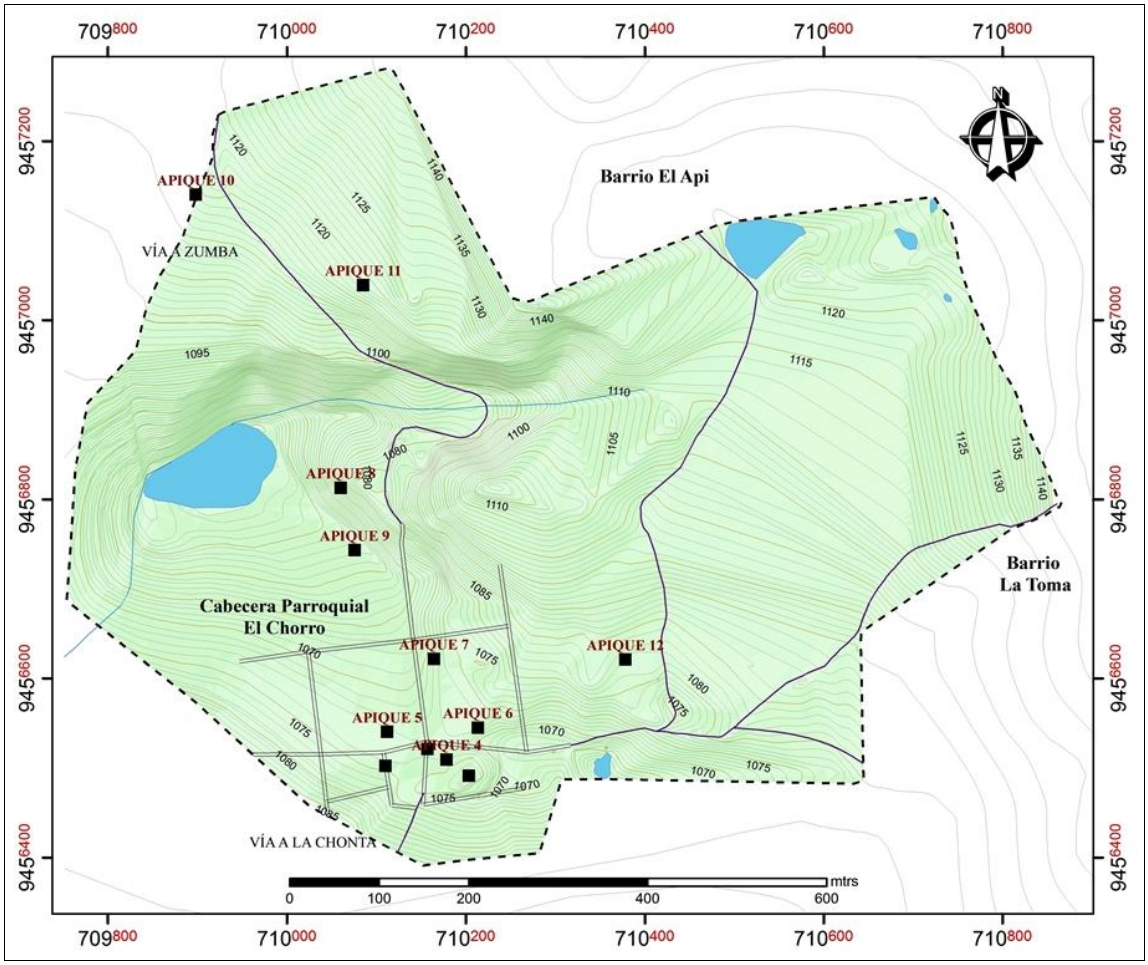


Figura N° 27. Mapa ubicación de apiques realizados en el sector El Chorro

Las propiedades de los suelos muestreados obtenidos en el laboratorio sobre el tipo de material se presenta el la Tabla 13.

Tabla 13. Interpretación de resultados sobre los tipos de material

	Obra	Pozo	Prof.	C. H.	L. L.	L. P.	I. P.	Grava	Arena	Finos	Clas.	Clas.
			m.	%	%	%	%	%	%	%	SUCS	AASHTO
1	APIQUE	1	1,00	29,6	58	30	28	1	29	70	CH1	A-7-5
2	APIQUE	2	1,50	15,92	33	28	5	76	17	7	GM	A-1-a
3	APIQUE	4	1,00	20,47	37	23	14	27	47	26	SC	A-2-6
4	APIQUE	5	1,00	20,05	38	22	16	25	42	33	SC	A-2-6
5	APIQUE	6	1,00	23,72	39	24	15	15	55	30	SC	A-2-6
6	APIQUE	7	2,00	19,27	40	20	20	32	35	33	SC	A-2-6
7	APIQUE	11	1,00	22,95	39	30	9	28	57	15	SM	A-2-4
8	APIQUE	12	1,80	16,54	27	16	11	37	40	23	SC	A-2-6
9	APIQUE	13	1,50	20,34	38	25	13	5	63	32	SM	A-2-6
10	APIQUE	15	1,00	20,68	39	21	18	57	24	19	GC	A-2-6
11	APIQUE	16	1,00	13,39	46	20	26	12	58	30	SC	A-2-7
12	APIQUE	18	1,00	27,07	44	20	24	2	29	69	CL	A-7-6

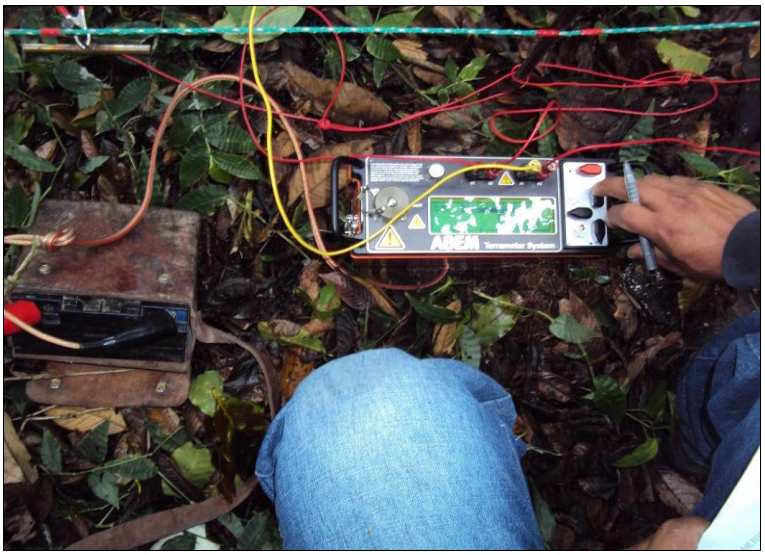
Fuente: Resultados del laboratorio del Ing. Ovidio Castillo.
Interpretación y adecuación: La autora.

Corresponde a materiales con un porcentaje promedio de 26% de gravas, 41% de arena y 32% de material fino, con valores de plasticidad media (27 - 58% de limite liquido L.L), el límite plástico L.P., varía entre 16 a 30%. Su índice de plasticidad I.P. esta entre 5 a 28%, la mayor parte del área esta compuesta según el Sistema Unificado de Clasificación de Suelos (SUCS), de arenas arcillosas SC, que indica la formación de suelos finos de color café claro a café amarillento, sobre la base de roca (granodiorita) sometida a proceso de erosión y meteorización.

De acuerdo a la clasificación de suelos AASHTO predominan las gravas y arenas limosas y arcillosas (Grupo A-2), éstas son mezclas mal proporcionadas de grava, arena, limo y arcilla, su capilaridad es baja a mediana, aunque a veces ésta es perjudicial, el comportamiento después del compactado es bueno a excelente, es decir, estable en tiempo seco, se reblandece en tiempo húmedo, en especial cuando llueve, éste material para capa de rodadura funciona excelente, al igual que para ser utilizado para base, subbase o terraplenes, con respecto al comportamiento después del compactado éste es estable sea en tiempo seco o húmedo, por lo general no presenta fallos en los terrenos.

6.2.3. Resistividad Eléctrica

Se utilizó un Equipo Digital de Resistividades marca ABEAM, modelo Terrameter SAS 4000, integrado por una unidad transmisora de 12 voltios y su salida de corriente varia de 0.2 a 500 mA, **(Ver Fotografía N°14)** procedieron a realizar los Sondeos Eléctricos Verticales con aberturas de 200 m de AB, con una distribución de electrodos correspondiente al dispositivo Schlumberger, el cual se trata de una composición simétrica de los electrodos AMNB dispuestos en línea **(Ver Figura N°28)**, donde la distancia de los electrodos detectores MN es mucho menor que la de los inyectores AB, la ventaja de este método es que esta configuración es menos sensible a las variaciones laterales del terreno o buzamiento de los estratos, debido a que los electrodos de potencial permanecen inmóviles, debido a que sólo se desplazan los electrodos de corriente. **(Ver Fotografía N°15)**



Fotografía N° 14. Equipo Digital de Resistividades marca ABEM, SAS 4000

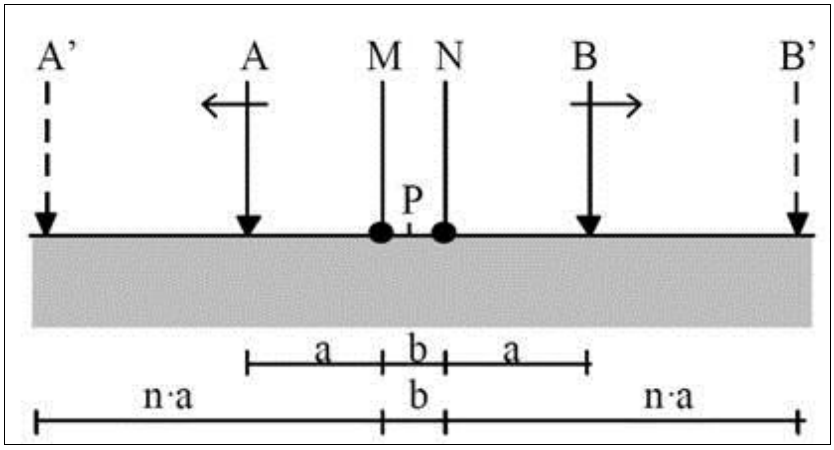


Figura N° 28. Sondeo Schlumberger. Los electrodos A y B se abren progresivamente mientras M y N están fijos.

Fotografía N° 15. Ensayos SEV

6.2.3.1. Perfiles eléctricos

En el sector de estudio se realizaron 22 líneas de sondeos eléctricos verticales correspondiente a 100 metros por línea, distribuidos en sectores estratégicos, los mismos que permitieron distinguir y caracterizar las zonas bien definidas que orientan la interpretación de los SEV, en cada uno se detalla la resistividad del estrato (**P**), potencias (**E**) y geología de cada zona ***(Ver Anexo 8:*** *Mapa; SEV - Cortes geoeléctricos del Área de Estudio)*, así mismo se muestra las curvas típicas de resistividad, una línea representa la curva de resistividad aparente, y la línea roja representa la curva de resistividad real, los cuales se detallan a continuación:

Línea 1.- Presenta 4 capas (estratos). La primera capa con un espesor de 0,89m, presenta una resistividad de 19.9 Ω.m, compuesta por suelos ricos formados especialmente de arcilla, arena y materia orgánica, intercalado con arena limosa húmeda, la capa II con una potencia de 5,56 m; contiene arena, y presenta una resistividad de 62.64 Ω.m, la siguiente capa está compuesta por arena arcillosa, ésta se considera además como una arena saturada, presenta una resistividad de 25.37 Ω.m con un espesor de 60,08m, finalmente en la capa IV se registraron valores de resistividad relativamente altos (377 Ω.m) que pueden indicar la presencia de conglomerados, no se define su potencia. ***(Ver Anexo 9:*** *Curva y medida de resistividad aparente - SEV 1****).***

Línea 2.- A la superficie predominan las arenas limosas húmedas, presentan una resistividad de 16.69 Ω.m con una potencia de 0,39m, la segunda capa presenta una potencia de 1,56m compuesto de arenas, con resistividades de 63.24 Ω.m, posteriormente encontramos arena arcillosa y arena saturada, con resistividades de 30.69 Ω.m, presenta una potencia de 61,62m , la tercera capa corresponde a mezclas o intercalaciones de gravas y arenas, con una potencia de 59,19m, presenta una resistividad aparente de 155.9 Ω.m. en la parte inferior del depósito tenemos el basamento conformado por rocas metamórficas (filitas, pizarras, esquistos), debido a los altos valores de resistividad que presenta, no se define su potencia. ***(Ver Anexo 10:*** *Curva y medida de resistividad aparente - SEV 2****).***

Línea 3.- Presenta cuatro estratos (capas), desde la superficie a 53,26m de profundidad (I – III capa), se halla constituido por arenas arcillosas, su resistividad es media, existe la presencia de humedad relativa, finalmente en la capa IV no se define su potencia se considera estrato conductivo con resistividades buenas (185.2 Ω.m), es un depósito de conglomerados sobre una matriz arenosa. ***(Ver Anexo 11:*** *Curva y medida de resistividad aparente - SEV 3****).***

Línea 4.- Presenta cuatro estratos, la capa I presenta una potencia de 0,98m, está compuesta por arena arcillosa, indica una resistividad de 28.89 Ω.m, la segunda capa presenta una resistividad baja (9.74 Ω.m) por lo cual se asume que existe un alto contenido de humedad, constituida por arcillas y limos completamente saturados, con una potencia de 1,20m, la siguiente capa la componen resistividades medias (31.73 Ω.m), son arenas arcillosas con una potencia de 49,74m, posteriormente la capa IV contiene conglomerados, presenta altas resistividades (276.5 Ω.m). No se define su potencia. ***(Ver Anexo 12:*** *Curva y medida de resistividad aparente - SEV 4****).***

Línea 5.- En la superficie, hasta 0,97m de profundidad se constituye por limos, presenta una resistividad de 61.24 Ω.m, la segunda y tercera capa está compuesta por arena limosa húmeda, indican una resistividad aparente promedio de 20.35 Ω.m, mientras que la última capa no se define su potencia y se constituye como basamento debido a sus altos valores de resistividad (2952.8 Ω.m), que corresponde a rocas ígneas, pertenecientes al intrusivo (Batolito del Río Mayo). **(*Ver Anexo 13:*** *Curva y medida de resistividad aparente - SEV 5****).***

Línea 6.- A la superficie (0,89m de profundidad) se encuentra una capa compuesta por arena, con una resistividad de 58.55 Ω.m, posteriormente existe limo completamente saturado, presenta una potencia de 0,55m, y una resistividad aparente relativamente baja de 7.94 Ω.m, la tercera capa está compuesta por arena limosa húmeda, indica una resistividad de 23.52 Ω.m y una potencia de 67,49m, y la cuarta capa la componen arenas arcillosas, presenta una resistividad media (30.44 Ω.m), no se define su potencia. **(*Ver Anexo 14:*** *Curva y medida de resistividad aparente - SEV 6****).***

Línea 7.- La componen dos capas, la primera capa presenta una gran potencia de 108,3m compuestas de arcilla arenosa, con una resistividad aparente de 23.70Ω.m, y la segunda capa contiene roca ígneas: granito, correspondientes intrusivo del Río Mayo, presenta una resistividad aparente relativamente alta (1050.5 Ω.m), no se define su potencia. **(*Ver Anexo 15:* *Curva y medida de resistividad aparente - SEV 6*).**

Línea 8.- Presenta tres capas (estratos), representadas por arenas, presenta resistividades bajas a medias, la primera capa muestra una potencia de 0,63m; con una resistividad de 66.76 Ω.m, la segunda capa indica una arena saturada debido a su resistividad registrada (25.62 Ω.m), la cual presenta una potencia de 18,94m, finalmente la capa siguiente presenta una resistividad aparente de 68.72 Ω.m, no se define su potencia. **(*Ver Anexo 16:* *Curva y medida de resistividad aparente - SEV 8*).**

Línea 9.- Presenta 6 capas, existe alternancia de arena limosa húmeda y arcilla arenosa con arenas; presentan resistividades bajas a medias, a excepción del basamento metamórfico que lo constituyen resistividades altas (2360.1 Ω.m), por lo cual se considera un estrato conductivo. **(*Ver Anexo 17:* *Curva y medida de resistividad aparente - SEV 9*).**

Línea 10.- Presenta 4 capas (estratos), la primera y tercera capa presenta resistividades bajas (14.98 Ω.m; 13.99 Ω.m), están compuestas por arenas limosas húmedas, la segunda capa la componen arenas arcillosas y arenas saturadas, con resistividades medias (26.60 Ω.m), la última capa es considerada como el basamento metamórfico, perteneciente a la Unidad Chiguinda, presenta altas resistividades (6717.5 Ω.m). **(*Ver Anexo 18:* *Curva y medida de resistividad aparente - SEV 10*).**

Línea 11.- La primera y última capa (estrato 1 y 5), presentan resistividades bajas (7.76 Ω.m; 2.29 Ω.m), compuestas por arcilla, la segunda capa la conforman arcillas arenosas ligeramente húmedas, con una resistividad aparente de 13.77Ω.m, la tercera capa se halla constituido por arena arcillosa y arena saturada, con una resistividad media (29.56 Ω.m), la cuarta capa la componen arenas, presentan una resistividad de 96.79 Ω.m. Además cabe indicar que en la última capa (estrato 5), existe la presencia de agua

subterránea, debido a la baja resistencia aparente que se registró en dicho punto, la arcilla presente en esta capa se encuentra completamente saturada. ***(Ver Anexo 19:*** *Curva y medida de resistividad aparente - SEV 11****).***

Línea 12.-En la superficie hasta 0,52m de profundidad se registra resistividades bajas (11.81 Ω.m), que corresponde a arenas limosas húmedas, mientras que la segunda y tercera capa están compuestas por arenas arcillosas, con resistividades medias, se desconoce la potencia del ultimo estrato. ***(Ver Anexo 20:*** *Curva y medida de resistividad aparente - SEV 12****).***

Línea 13.- Presenta cinco capas, la primera capa presenta una baja resistividad (5.59Ω.m), compuesta por limo completamente saturado, la segunda y cuarta capa presentan resistividades bajas – medias (20.56 Ω.m; 14.02 Ω.m), conformada por arena limosa húmeda, la tercera capa está conformada por roca meteorizada, roca ígnea alterada (tobas arenosas), con una resistividad media (121.7 Ω.m), presenta una potencia de 3,50m, finalmente la capa 5 contiene arena arcillosa, presenta una resistividad aparente de 34.91 Ω.m, se desconoce su potencia. ***(Ver Anexo 21:*** *Curva y medida de resistividad aparente - SEV 13****).***

Línea 14.- Presenta 5 estratos (capas), el primer estrato se halla constituido por arenas saturadas, con una resistividad de 31.81 Ω.m, cuyo estrato presenta una potencia de 0,95m, el segundo estrato está compuesto por arena limosa húmeda, presenta una resistividad baja (10.13 Ω.m) y una potencia de 2,72m, el siguiente contiene arenas, comprende una resistividad media (87.98 Ω.m), presenta una potencia de 4,41m; el cuarto estrato presenta una baja resistividad (8.44 Ω.m), compuesto por arcilla y con una potencia de 10,59m; el quinto estrato incluye arenas arcillosas, con una resistividad de 41.16 Ω.m, no se define su potencia. ***(Ver Anexo 22:*** *Curva y medida de resistividad aparente - SEV 14****).***

Línea 15.- La primera y tercera capa la componen arcillas arenosas, con resistividades bajas (11.87 Ω.m, 20.28 Ω.m respectivamente), la segunda capa presenta una resistividad de 32.05 Ω.m, compuesta por arena saturada y con una potencia de 0,88m, finalmente la cuarta capa contiene arenas y presenta una resistividad media (67.02

Ω.m), se desconoce su potencia. ***(Ver Anexo 23:*** *Curva y medida de resistividad aparente - SEV 15****).***

Línea 16.- Presenta 4 capas, la primera está compuesta por arena limosa húmeda, presenta una resistividad de 22.21 Ω.m y una potencia de 2,76m, la segunda capa comprende limo saturado, con una baja resistividad (5.75 Ω.m) y con una potencia de 2,00m, debido a la presencia de agua (nivel freático), la siguiente capa contiene arena arcillosa, presenta una resistividad aparente de 37.17 Ω.m y una potencia de 142,5m; el ultimo estrato presenta arenas, con una resistividad media (62.49 Ω.m). No se define su potencia. ***(Ver Anexo 24:*** *Curva y medida de resistividad aparente - SEV 16****).***

Línea 17.- La primera capa (estrato) contiene arenas, con una resistividad de 60.80Ω.m, presenta una potencia de estrato de 1,24m; la segunda y tercera capa presenta arena arcillosa, con resistividades medias, posteriormente la última capa se constituye como el basamento y está compuesto por roca metamórfica, como filitas, pizarras, esquistos, no se define su potencia y además presenta una alta resistividad aparente (4062.4 Ω.m). ***(Ver Anexo 25:*** *Curva y medida de resistividad aparente - SEV 17****).***

Línea 18.- Presenta cuatro capas (estratos), el primer y tercer estrato se encuentra completamente saturado, contiene arcillas, el tercer estrato presenta una potencia de 40,88m e indica la presencia de aguas subterráneas por la baja resistividad aparente registrada (9.25 Ω.m). El segundo estrato comprende arena saturada, una potencia de 5,63m y registra una resistividad aparente de 41.47 Ω.m; finalmente el cuarto estrato presenta una alta resistividad aparente (1297.1 Ω.m), razón por la cual se considera como el basamento, compuesto granodiorita perteneciente al intrusivo (Batolito Río Mayo). ***(Ver Anexo 26:*** *Curva y medida de resistividad aparente - SEV 18****).***

Línea 19.- La primera y tercer capa presenta arena limosa ligeramente húmeda, presentan resistividades bajas a medias, la segunda capa presenta una potencia de 16,56m, compuestas por arenas saturadas, presenta una resistividad aparente de 30.20 Ω.m; finalmente la cuarta capa presenta arenas, con una resistividad de 76.87 Ω.m, no se define su potencia. ***(Ver Anexo 27:*** *Curva y medida de resistividad aparente - SEV 19****).***

Línea 20.- Presenta cuatro capas (estratos), la primera capa se halla constituida por arcilla arenosa, presenta una resistividad aparente de 20.34 Ω.m, y una potencia de estrato de 0,76m; la segunda capa contiene limos, con una potencia de 4,75m y una resistividad aparente de 63.74 Ω.m; posteriormente existe arena arcillosa, la misma que registra una resistividad aparente de 25.11 Ω.m y una potencia de 16,10m, la última capa presenta arenas, éste presenta resistividades medias (55.01 Ω.m), se desconoce su potencia. ***(Ver Anexo 28:*** *Curva y medida de resistividad aparente - SEV 20****).***

Línea 21.- La primera capa se halla constituida por arena limosa ligeramente húmeda, con una resistividad aparente baja (12.94 Ω.m) y una potencia de estrato de 0,51m; la segunda capa contiene arenas, comprende una resistividad alta (80.12Ω.m) y presenta una potencia de estrato de 2,63m, posteriormente existe arena saturada, con una resistividad de 32.12 Ω.m y una potencia de 33,56m; finalmente tenemos la presencia de arenas, no se define la potencia del último estrato, y registra una resistividad aparente de 60.84 Ω.m. ***(Ver Anexo 29:*** *Curva y medida de resistividad aparente - SEV 21****).***

Línea 22.- Presenta 4 capas, a la superficie (hasta 0,53m de profundidad) existe arcillas, presenta una resistividad baja de 9.03 Ω.m; la segunda capa presenta una potencia de 8,15m, contiene arcilla arenosa, con una resistividad aparente media (22.81Ω.m), posteriormente existen arenas arcillosas, registran resistividades de 25.20 Ω.m y una potencia de 98,28m; la última capa está compuesta por arenas, con una resistividad aparente de 81.32 Ω.m, no se define su potencia. ***(Ver Anexo 30:*** *Curva y medida de resistividad aparente - SEV 22****).***

6.2.3.2. Cortes geoeléctricos

En base a los sondeos eléctricos verticales realizados con detalle en cada sitio previsto, se efectuaron siete cortes geoeléctricos ***(Ver Anexo 31:*** *Cortes geoeléctricos*), los cuales permitieron interpretar la estructura del subsuelo y contenido de agua en los estratos de acuerdo a su resistividad, además son los resultados alcanzados e interpretados semi-cuantitativas y cualitativas, en los cuales se indica las diferentes formaciones asentadas en El Chorro.

La representación gráfica de los resultados alcanzados de los 22 sondajes eléctricos verticales (SEV) se correlaciona con la geología del sector, en general se establece la presencia de tres estratos (capas), que desde la superficie hacia el subsuelo, de manera general a nivel superficial se presentan suelos de relleno, posteriormente se encuentra el I estrato, con una buena potencia en ciertos sectores, el cual contiene areniscas, arcillas, limos y clastos sueltos producto de los movimientos de masa.

El estrato II se encuentra conformado de depósitos terciarios constituidos por una alternancia de suelos residuales, arcillas, limos, areniscas, en ciertos sectores mantienen una buena potencia.

El III estrato presenta clastos de granulometría media a gruesa, generalmente de lo considera el basamento compuesto por conglomerados de la Formación Quillollaco y en algunos sitios por granodiorita pertenecientes al Batolito del Río Mayo; y rocas metamórficas completamente sanas de la Unidad Chiguinda, los cuales no definen su potencia, tal como se muestra en la descripción de los cortes:

Corte geoeléctrico 1: Es el resultado de la interpolación de los sondeos eléctricos 1, 2, 3 y 9, se establece la presencia de dos estratos, de los cuales a nivel superficial lo conforma materiales que corresponden a sedimentos de granulometría fina-media a gruesos, existe la presencia de humedad, existe alternancia de arcillas, arenas, limos también clastos de granulometría variada, dentro del perfil se puede apreciar lentes estratigráficos compuestos por arcillas arenosas; se considera base impermeable, aparece un lente estratigráfico de 3.6m de espesor constituido por sedimentos gruesos, la primera se distinguen además dos estratos (A y B), el estrato A, mantiene una potencia media de 10m en todo el corte, en este existe una alternancia de sedimentos finos a medios constituyéndose como areniscas, cabe mencionar que el estrato B se halla dividiendo al estrato A, y se compone de rocas fracturadas en matriz arcillo-arenosa, su espesor se encuentra entre 2.4 a 3.8m, finalmente la segunda capa se encuentra constituida por un estrato resistivo con valores altos, compuestos por materiales gruesos, conglomerados a rocas fracturadas, posiblemente se trate del basamento en especial se los aprecia en los extremos del perfil, no se define su potencia todo este conjunto mantiene sedimentos gruesos.

Corte geoeléctrico 2: Este corte geoeléctrico se lo realizo en base a la interpolación de las líneas 1, 4 y 8, presenta cuatro estratos, a nivel superficial se halla constituido por suelo vegetal arcilloso areno-arcilloso, clastos sueltos, su resistividades medias – altas, existe presencia de humedad relativa, y permeabilidad moderada. En el extremo del perfil se aprecia un lente estratigráfico conformado por arcillas con un espesor medio de 4m, este conjunto estará conformado por alternancia de sedimentos finos a medios como las areniscas, la segunda capa la conforman sedimentos finos, como las arcillas, arcillas limosas o arenosas, su permeabilidad es regular, mantiene mayor espesor en el centro del perfil, la tercera capa presenta una resistividad media - alta, granulometría variada, conglomerados en una matriz arenosa-limosa, permeabilidad buena y presencia de humedad, posteriormente en la última capa no se define su potencia se considera estrato conductivo con resistividades buenas, depósitos de rocas metamórficas.

Corte geoeléctrico 3: Es el resultado de la interpolación de las líneas 20 y 21, la primera capa presenta un suelo superficial vegetal arcilloso-arenoso, con clastos sueltos de diferentes diámetros, su resistividades varían de medias – altas; existe presencia de humedad relativa y permeabilidad moderada a buena; en la segunda capa se observa un lente estratigráfico delgado compuesto por sedimentos finos, tales como arcillas, arcillas limosas o arenosas, su permeabilidad es regular, la tercera capa presenta sedimentos con resistividades entre regular-media-alta, existe alternancia de arcillas, arenas, limos, clastos, existe presencia de humedad. En la última capa no se define su potencia, se considera estrato conductivo con resistividades buenas, depósitos de conglomerados, sobre una matriz arenosa - limosa, existe la presencia de humedad.

Corte geoeléctrico 4: Es el resultado de la interpolación de los sondeos eléctricos 13, 11, 10, 5, 6 y 7; se encuentra constituido por 4 capas (estratos), la primera capa con resistividades medias, la conforman suelos arenosos, limos con clastos sueltos de variado diámetro, permeabilidad moderada, presencia de humedad relativa, aparecen varios lentes estratigráficos compuestos por arcillas; la segunda capa se encuentra aflorando en todo el perfil dividiendo a la capa I, este lo constituye sedimentos finos, arcillas, limos, se puede notar en el extremo del perfil que asoma nuevamente y en contacto con la capa III lateralmente, se lo considera semi impermeable. La tercera capa

presenta sedimentos con resistividades media-alta, compuesta por una secuencia de materiales como arcilla, arenas, limos, clastos de conglomerados; existe presencia de humedad, finalmente tenemos la capa IV que se halla en el centro del perfil, no se conoce su potencia, es un estrato resistivo compuesto por rocas fracturadas, éste se encuentra en contacto lateral en sus extremos.

Corte geoeléctrico 5: Se realizó la interpolación en base a los sondeos eléctricos 22, 11, 12, 14, 15 y 19, presenta cinco capas (estratos), a nivel superficial se tiene un lente estratigráfico delgado conformado por areniscas, limos con clastos sueltos en diámetro diversos, ésta posee una permeabilidad moderada, a continuación existe un estrato compuesto por sedimentos finos como arenas y limos; su permeabilidad es regular; luego aparece una capa de sedimentos con resistividades media-alta, se halla una secuencia de materiales como arenas, limos, clastos, conglomerados, existe la presencia de humedad; la capa IV se la considera semi impermeable compuesto con arcillas arenosas o limosas; finalmente en la capa V no se define su potencia y está constituido por materiales medios, como arenas con diversos clastos, además se encuentra intercalados sedimentos finos a medios como las areniscas y/o conglomerados; presenta humedad.

Corte geoeléctrico 6: Es el resultado de la interpolación de las líneas 14, 15, 17 y 18, presenta 5 capas (estratos), en superficie la capa I, se halla conformada por areniscas, limos con clastos sueltos de diverso diámetro, permeabilidad moderada, mantiene una potencia media de 4m; la segunda capa está compuesto por sedimentos finos como arenas y limos; su permeabilidad es regular; en la capa III presenta resistividades media-alta, compuesto por una secuencia de materiales como arenas, limos, clastos, conglomerados, existe la presencia de humedad; la siguiente capa se la considera semi impermeable, compuesto por arcillas arenosas o limosas; finalmente la capa V está constituido por areniscas, gravas en matriz arcillo arenosa o limosa, no se define su potencia.

Corte geoeléctrico 7: Es el resultado de la interpolación de los sondeos eléctricos 16 y 18, superficialmente se halla constituido por suelo vegetal arcilloso areno-arcilloso, clastos sueltos, su resistividades medias – altas, existe la presencia de humedad relativa,

permeabilidad moderada; la segunda capa la conforman sedimentos finos, como las arcillas, arcillas limosas o arenosas, su permeabilidad es regular, mantiene mayor espesor en el centro del perfil, posteriormente se encuentra la capa III de resistividad media - alta, granulometría variada, contienen conglomerados sobre una matriz arenosa-limosa, permeabilidad buena, presencia de humedad. Finalmente la capa IV, en la que no se define su potencia, se considera estrato conductivo con resistividades buenas, es un depósito de conglomerados sobre una matriz arenosa - limosa, existe la presencia de humedad.

6.2.4. Sísmica de refracción

La sísmica de refracción está basada en la medida del tiempo requerido para que una onda de choque compresional, pase de un punto a otro a través del subsuelo. Las ondas de choque son generadas por la explosión de dinamita; localizadas en los extremos y en el intermedio de la base sísmica; a lo largo de una línea. La velocidad de estas ondas está en proporción directa a la densidad del medio, así como también a su estructura y humedad. Las investigaciones se realizaron utilizando un sismógrafo de refracción SEISTRONIX –RAS 24, de veinte y cuatro canales, como también se emplearon sus respectivos accesorios de cables de geófonos y de extensión, geófonos horizontales y verticales, batería y detonador. Este equipo tiene la particularidad de registrar las ONDAS Longitudinales y las Transversales.

Fotografía N° 16. Sismógrafo SEISTRONIX.
Fuente: Elaborado por la Autora.

Esta técnica se utilizó para determinar las características dinámicas de los distintos materiales existentes, tanto a nivel superficial como en profundidad mediante la realización de 10 líneas sísmicas, de 120 m de longitud, ***(Ver Anexo 32:*** *Mapa; Líneas Sísmicas del Área de Estudio****)***.

El **Anexo 33** presenta los resultados sísmicos en los Dromocronas, Perfiles sísmicos y acelerogramas para cada línea sísmica.

- **Línea Sísmica 1**

El primer horizonte reportó una velocidad sísmica de 400m/s; cuyo espesor entre 8,65 y 12,70m, que corresponde a la capa superficial muy meteorizada tipo arcilloso. El segundo horizonte sísmico se caracteriza por una velocidad de 1400m/s, con espesor entre 13,42 y 15,19m, constituido por un estrato mediamente consistente de arcilla intercalada con fragmentos de roca. Finalmente el tercer horizonte presenta una velocidad de 2000m/s, con espesor mayor a 30m, está constituido por el mismo material del segundo horizonte sísmico pero con un mayor grado de compacidad.

- **Línea Sísmica 2**

El primer horizonte reportó una velocidad sísmica de 400m/s; cuyo espesor fluctúa entre 5,65 y 10,70m, que corresponde a la capa superficial, material suelto. El segundo horizonte sísmico presenta una velocidad de1400m/s, con espesor entre 13,42 y 15,19m, constituido por un estrato mediamente consistente representado por arcilla intercalada con fragmentos de roca. El tercer horizonte sísmico tiene una velocidad de 2000m/s, con espesor mayor a 30m, se encuentra constituido por el mismo material del segundo horizonte sísmico pero con un mayor grado de compacidad.

- **Línea Sísmica 3:**

El primer horizonte reportó una velocidad sísmica de 400m/s; cuyo espesor entre 5,10 y 10,70m, que corresponde a la capa superficial muy meteorizada tipo arcilloso. El segundo horizonte sísmico se caracteriza por una velocidad de 1400m/s, con espesor entre 9,80 y 18,20m, constituido por un estrato mediamente consistente de arcilla

intercalada con fragmentos de roca. El tercer horizonte sísmico se caracteriza por una velocidad de 3600m/s, con espesor mayor a 30m, está constituido por el sub estrato rocoso.

- **Línea Sísmica 4:**

El primer horizonte reportó una velocidad sísmica de 400m/s; cuyo espesor fluctúa entre 9,65 y 16,70m, que corresponde a la capa superficial, suelta. El segundo horizonte sísmico tiene una velocidad de 1400 -2000m/s, con espesor mayor a 30m, constituido por un estrato mediamente consistente representado por arcilla intercalada con fragmentos de roca.

- **Línea Sísmica 5:**

El primer horizonte reportó una velocidad sísmica de 400m/s; cuyo espesor entre 2,10 y 6,70m, que corresponde a la capa superficial muy meteorizada tipo arcilloso. El segundo horizonte se caracteriza por una velocidad de 1400m/s, con espesor entre 9,80 y 20,20m, constituido por un estrato mediamente consistente de arcilla intercalada con fragmentos de roca. El tercer horizonte sísmico se caracteriza por una velocidad de 2800m/s, con espesor mayor a 30m, y está constituido por el sub estrato rocoso.

- **Línea Sísmica 6:**

El primer horizonte reportó una velocidad sísmica de 400m/s; cuyo espesor fluctúa entre 8,80 y 10,20m, que corresponde a la capa superficial, material suelto. El segundo horizonte sísmico tiene una velocidad de 1800m/s, con espesor mayor a 30m, constituido por un estrato mediamente consistente representado por arcilla intercalada con fragmentos de roca.

- **Línea Sísmica 7:**

El primer horizonte reportó una velocidad sísmica de 400m/s; cuyo espesor fluctúa entre 4,20 y 7,60m, que corresponde a la capa superficial, material suelto. El segundo horizonte sísmico tiene una velocidad de 1400m/s, con espesor entre 8,80 y 10,20m,

constituido por un estrato mediamente consistente representado por arcilla intercalada con fragmentos de roca. El tercer horizonte sísmico presenta una velocidad de 2000m/s, con espesor mayor a 30m, y se encuentra constituido por el mismo material del segundo horizonte sísmico pero con un mayor grado de compacidad.

- **Línea Sísmica 8:**

El primer horizonte reportó una velocidad sísmica de 400m/s; cuyo espesor fluctúa entre 1,20 y 2,60m, que corresponde a la capa superficial, material suelto. El segundo horizonte sísmico tiene una velocidad de 1400m/s, con espesor entre 6,80 y 10,20m, constituido por un estrato mediamente consistente representado por arcilla intercalada con fragmentos de roca. Finalmente el tercer horizonte sísmico se caracteriza por una banda de velocidad de 2000m/s, con espesor mayor a 30m, está constituido por el mismo material del segundo horizonte sísmico pero con un mayor grado de compacidad.

- **Línea Sísmica 9:**

El primer horizonte reportó una velocidad sísmica de 400m/s; cuyo espesor fluctúa entre 4,20 y 7,60m, que corresponde a la capa superficial, material suelto. El segundo horizonte sísmico tiene una velocidad de 1400m/s, con espesor mayor a 30m, constituido por un estrato mediamente consistente representado por arcilla intercalada con fragmentos de roca.

- **Línea Sísmica 10:**

El primer horizonte reportó una velocidad sísmica de 400m/s; cuyo espesor fluctúa entre 1,20 y 2,60m, que corresponde a la capa superficial, material suelto. El segundo horizonte sísmico tiene una velocidad de 1400 -2000m/s, con espesor mayor a 30m, constituido por un estrato mediamente consistente representado por arcilla intercalada con fragmentos de roca.

El siguiente cuadro sintetiza las cantidades ejecutadas y los resultados obtenidos de cada una de las líneas sísmicas:

Tabla 14. Cuadro resumen de las 10 líneas sísmicas

Línea Sísmica N°	Longitud (m)	Velocidades Sísmicas (m/S)	Espesores de las capas (m)
LS1	120	V1= 400 V2= 1400 V3= 2000	e1= 8.20-12.50 e2 =13.50 - 15.60 >30
LS2	120	V1= 400 V2= 1400 V3= 2400	e1= 5.60 – 10.20 e2 = 2.40 - 12.60 >30
LS3	120	V1= 400 V2= 1400 V3= 3600	e1= 5.10 – 10.60 e2 = 9.80 - 18.20 >30
LS4	120	V1= 400 V2= 2000	e1= 9.60 – 16.20 30
LS5	120	V1= 400 V2= 1400 V3= 2800	e1= 2.20 – 9.80 e2 = 6.80 - 20.20 >30
LS6	120	V1= 400 V2= 1400	e1= 8.60 – 10.20 30
LS7	120	V1= 400 V2= 1400 V3= 2000	e1= 7.60 e2 =10.60 >30
LS8	120	V1= 400 V2= 1400 V3= 2000	e1= 1.60 e2 =5.60 >30
LS9	120	V1= 400 V2= 1400	e1= 6.20 30
LS10	120	V1= 400 V2= 1400-2000	e1= 9.20 30

Fuente: Resultados del laboratorio del Ing. Ovidio Castillo.
Interpretación y adecuación: La autora

En forma general se puede decir que existen dos y tres capas sísmicas sub horizontales con velocidades sísmicas diferentes, en varios sitios de El Chorro. La primera capa corresponde a suelos de baja compacidad con velocidades que varían entre 400 hasta 500m/s. El segundo horizonte presenta velocidades que fluctúan entre 1400 hasta 2200m/s que corresponde al estrato arcilloso intercalado con fragmentos de roca que son esquistos sericíticos o granodioríticas de mediana compacidad; y, el tercer horizonte sísmico detectado se encuentra a profundidades mayores a 30 metros, cuyas velocidades sísmicas varían entre 2800 hasta 3600m/s, pertenecen a los esquistos del basamento metamórfico o a la granodiorita del Batolito del Río Mayo.

6.2.5. Sondeos mecánicos

6.2.5.1. Ensayos in situ

- **S.P.T.**

El ensayo de penetración normal **(Standard Penetration Test – SPT),** consiste en hincar el penetrómetro 45 cm con la masa de 65 Kg dejada caer desde una altura de 75 cm, durante el hincado se contabiliza el número de golpes que corresponde a cada uno de los tres avances de 15 cm. La resistencia a la penetración estándar se define como el número de golpes N para penetrar los últimos 30 cm, desde 15 a 45 cm.

El penetrómetro es un tubo de pared gruesa partido longitudinalmente, provisto en sus extremos de dos piezas roscadas; la pieza inferior es una zapata afilada de acero y la superior es la cabeza que sirve para unir el muestreador con la columna de barras huecas de acero que se utilizan para hincarlo hasta el fondo de la perforación.

El tubo muestreador estándar tiene una longitud de 60 cm, diámetro interior de 3.5 cm y diámetro exterior de 5.0 cm; la longitud total del muestreador es de 75 cm, el golpe para la hinca se lo realizó con una maza de 63.5 kg cayendo libremente desde una altura de 76 cm sobre una cabeza de golpeo o yunque.

Fotografía N° 17. Realización de sondeos de SPT.

Finalmente se saca el penetrómetro a la superficie y se registra el porcentaje de recuperación o longitud de la muestra recobrada, se describe la muestra de suelo y que se coloca en un recipiente hermético, para su análisis en el laboratorio.

Se interpretó los datos de 8 ensayos de S.P.T. ***(Ver Anexo 34:*** *Mapa; Puntos de SPT del Área de Estudio****)***, los resultados obtenidos fueron proporcionados por el laboratorio para su respectiva interpretación, los cuales se pueden observar en el **Anexo 35**; detallando los resultados a continuación:

- **<u>Análisis de información - SPT 1</u>**

Se detecta un material de relleno (arcilla y arenas arcillosas), sobre el cual se encuentra construido la escuela del sector, considerando el número de golpes (N_{30}) en el nivel se deduce una densidad relativa desde Suelta a Mediana.

Fotografía N° 18 - Fotografía N° 19. Ensayo de SPT, Pozo 1
Fuente: Elaborado por la Autora.

Del ensayo de identificación realizado se deduce tres tipos de suelo: CL, CH, SC (según la clasificación de suelos SUCS).

Tabla 15. Composición y descripción del suelo en el SPT 1

PROFUNDIDAD (m)	COLOR	COMPOSICIÓN	DESCRIPCIÓN
0-1	**CL**	**C. H.=** 22,05 % **L.L.=** 47 % **L.P.=** 22 % **I.P.=** 25 %	Arcilla de baja plasticidad
1-2	**CH1**	**C. H.=** 25,1 % **L.L.=** 51 % **L.P.=** 24 % **I.P.=** 27 %	Arcilla de alta plasticidad
2-3	**SC**	**C. H.=** 16,1 % **L.L.=** 44 % **L.P.=** 23 % **I.P.=** 21 %	Arena arcillosa

Fuente: Resultados del laboratorio del Ing. Ovidio Castillo.
Interpretación y adecuación: La autora

- **<u>Análisis de información – SPT 2:</u>**

Se muestra una arcilla de color café, presenta una baja plasticidad, considerando el número de golpes (N_{30}) en el nivel se deduce una densidad relativa desde Suelta (nivel 1) a Mediana (nivel 2 y 3).

Fotografía N° 20 - Fotografía N° 21. Ensayo de SPT, Pozo 2
Fuente: Elaborado por la Autora.

Según la clasificación de suelos SUCS, en cuanto al ensayo de identificación realizado se deduce un solo tipo de suelo: CL, que corresponde a una arcilla de baja plasticidad.

Tabla 16. Composición y descripción del suelo en el SPT 2

PROFUNDIDAD (m)	COLOR	COMPOSICIÓN	DESCRIPCIÓN
0-1	**CL**	**C. H.=** 17,8 % **L.L.=** 37 % **L.P.=** 20 % **I.P.=** 17 %	Arcilla de baja plasticidad
1-2	**CL**	**C. H.=** 23,8 % **L.L.=** 38 % **L.P.=** 24 % **I.P.=** 14 %	Arcilla de baja plasticidad
2-3	**CL**	**C. H.=** 21,2 % **L.L.=** 41 % **L.P.=** 23 % **I.P.=** 18 %	Arcilla de baja plasticidad

Fuente: Resultados del laboratorio del Ing. Ovidio Castillo.
Interpretación y adecuación: La autora

- **<u>Análisis de información – SPT 3:</u>**

Presenta arcilla de baja plasticidad, color café, intercalado con una mezcla de arena y arcilla, de acuerdo al número de golpes (N_{30}) se deduce una densidad relativa desde Suelta (nivel 1 y 2) a Mediana (nivel 3 y 4).

Fotografía N° 22 - Fotografía N° 23. Ensayo de SPT, Pozo 3
Fuente: Elaborado por la Autora.

En base a la clasificación de suelos SUCS, se presentan dos tipos de suelo: CL, SC, considerado como arcilla de baja plasticidad y arenas arcillosas que consisten en mezclas de arena y arcilla.

Tabla 17. Composición y descripción del suelo en el SPT 3

PROFUNDIDAD (m)	COLOR	COMPOSICIÓN	DESCRIPCIÓN
0-1	CL	**C. H.=** 21,8 % **L.L.=** 31 % **L.P.=** 18 % **I.P.=** 13 %	Arcilla de baja plasticidad
1-2	CL	**C. H.=** 20,2 % **L.L.=** 32 % **L.P.=** 18 % **I.P.=** 14 %	Arcilla de baja plasticidad
2-3	SC	**C. H.=** 16,9 % **L.L.=** 35 % **L.P.=** 20 % **I.P.=** 15 %	Arena arcillosa mezcla de arena y arcilla
3-4	CL	**C. H.=** 24,0 % **L.L.=** 37 % **L.P.=** 23 % **I.P.=** 14 %	Arcilla de baja plasticidad

Fuente: Resultados del laboratorio del Ing. Ovidio Castillo.
Interpretación y adecuación: La autora

- **<u>Análisis de información – SPT 4:</u>**

Existe la presencia de limo, arena arcillosa y una mezcla de arena y limo, a 3 m de profundidad se encontró el nivel freático, razón por la cual las arenas limosas se encuentran saturadas de agua. Material encontrado el en SPT realizado junto al Subcentro de Salud del Barrio El Chorro. Considerando el número de golpes (N30) se deduce una densidad relativa desde Muy Suelta (nivel 1 y 2) a Mediana (nivel 3 y 4).

Fotografía N° 24 - Fotografía N° 25. Ensayo de SPT, Pozo 4
Fuente: Elaborado por la Autora.

De acuerdo a la clasificación de suelos SUCS, presentan los diferentes tipos de suelo, descritos a continuación:

Tabla 18. Composición y descripción del suelo en el SPT 4

PROFUNDIDAD (m)	COLOR	COMPOSICIÓN	DESCRIPCIÓN
0-1	**ML**	**C. H.=** 26,2 % **L.L.=** 40 % **L.P.=** 27 % **I.P.=** 13 %	Limo de bajo plasticidad
1-2	**SC**	**C. H.=** 25,7 % **L.L.=** 40 % **L.P.=** 23 % **I.P.=** 17 %	Arena arcillosa mezcla de arena y arcilla
2-3	**SM**	**C. H.=** 24,5 % **L.L.=** 34 % **L.P.=** 29 % **I.P.=** 5 %	Arena Limosa mezcla de arena y limo (Nivel freático a 3m)
3-4	**SC**	**C. H.=** 22,7 % **L.L.=** 37 % **L.P.=** 22 % **I.P.=** 15 %	Arena arcillosa mezcla de arena y arcilla

Fuente: Resultados del laboratorio del Ing. Ovidio Castillo.
Interpretación y adecuación: La autora

- **<u>Análisis de información – SPT 5:</u>**

Se define su suelo compuesto por arena - arcilla y limo de baja plasticidad, a 1,70m de profundidad se encontró el nivel freático, cabe indicar el punto de muestreo se lo realizo tras el Colegio Diez de Agosto, el mismo que se encuentra cerca de una de las lagunas del sector. Considerando el numero de golpes (N_{30}) se deduce una densidad relativa Suelta (nivel 1 y 4) y Mediana (nivel 2 y 3).

Fotografía N° 26 - Fotografía N° 27. Ensayo de SPT, Pozo 5
Fuente: Elaborado por la Autora.

En base a la clasificación de suelos SUCS, se presentan dos tipos de suelo: SC y ML, considerados como arenas arcillosas que consisten en mezclas de arena y arcilla y limos de baja plasticidad, tal como se describe a continuación:

Tabla 19. Composición y descripción del suelo en el SPT 5

PROFUNDIDAD (m)	COLOR	COMPOSICIÓN	DESCRIPCIÓN
0-1	SC	**C. H.=** 16,7 % **L.L.=** 26 % **L.P.=** 18 % **I.P.=** 8 %	Arena arcillosa mezcla de arena y arcilla
1-2	SC	**C. H.=** 16,3 % **L.L.=** 25 % **L.P.=** 15 % **I.P.=** 10 %	Arena arcillosa mezcla de arena y arcilla (Nivel freático a 1.70m)
2-3	SC	**C. H.=** 21,6 % **L.L.=** 25 % **L.P.=** 15 % **I.P.=** 10 %	Arena arcillosa mezcla de arena y arcilla
3-4	ML	**C. H.=** 25,7 % **L.L.=** 37 % **L.P.=** 25 % **I.P.=** 12 %	Limo de baja plasticidad

Fuente: Resultados del laboratorio del Ing. Ovidio Castillo.
Interpretación y adecuación: La autora

- **<u>Análisis de información – SPT 6:</u>**

Presenta una arena arcillosa, de coloración café claro, considerada una mezcla de arena y arcilla, en cuanto al numero de golpes (N_{30}) se deduce una densidad relativa Muy Suelta (nivel 2), Suelta (nivel 1) y Mediana (nivel 3).

Fotografía N° 28 - Fotografía N° 29. Ensayo de SPT, Pozo 6
Fuente: Elaborado por la Autora.

De acuerdo a la Clasificación de suelos SUCS, éstos pertenecen al grupo de las arenas arcillosas, SC; que son consideradas mezclas mal graduadas de arena y arcilla.

Tabla 20. Composición y descripción del suelo en el SPT 6

PROFUNDIDAD (m)	COLOR	COMPOSICIÓN	DESCRIPCIÓN
0-1	**SC**	**C. H.=** 11,4 % **L.L.=** 25 % **L.P.=** 20 % **I.P.=** 5 %	Arena arcillosa mezcla de arena y arcilla
1-2	**SC**	**C. H.=** 13,1 % **L.L.=** 25 % **L.P.=** 20 % **I.P.=** 5 %	Arena arcillosa mezcla de arena y arcilla
2-3	**SC**	**C. H.=** 20,4 % **L.L.=** 39 % **L.P.=** 24 % **I.P.=** 15 %	Arena arcillosa mezcla de arena y arcilla

Fuente: Resultados del laboratorio del Ing. Ovidio Castillo.
Interpretación y adecuación: La autora

- **<u>Análisis de información – SPT 7:</u>**

Se define una arena arcillosa – limosa, de color café claro, considerando el numero de golpes (N_{30}) se deduce una densidad relativa Mediana (nivel 1), mientras que el nivel 2 muestra Rechazo, puesto que no registra un avance luego de 10 golpes realizados, considerado el segundo nivel una arena limosa totalmente compactada.

Fotografía N° 30 - Fotografía N° 31. Ensayo de SPT, Pozo 7
Fuente: Elaborado por la Autora.

Según la Clasificación de suelos SUCS, éstos pertenecen al grupo de las arenas arcillosas, SC consideradas mezclas mal graduadas de arena y arcilla, y al grupo de las arenas limosas, SM; que son mezclas mal graduadas de arena y limo.

Tabla 21. Composición y descripción del suelo en el SPT 7

PROFUNDIDAD (m)	COLOR	COMPOSICIÓN	DESCRIPCIÓN
0-1	**SC**	C. H.= 11,9 % L.L.= 27 % L.P.= 14 % I.P.= 13 %	Arena arcillosa mezcla de arena y arcilla
1-2	**SM**	C. H.= 18,9 % L.L.= 38 % L.P.= 32 % I.P.= 6 %	Arena limosa mezcla de arena y limo

Fuente: Resultados del laboratorio del Ing. Ovidio Castillo.
Interpretación y adecuación: La autora

- **<u>Análisis de información – SPT 8:</u>**

De igual manera el nivel 2 muestra Rechazo, puesto que no registra un avance luego de 10 golpes realizados, considerando el número de golpes (N_{30}) se deduce una densidad relativa Mediana (nivel 1).

Fotografía N° 32 - Fotografía N° 33. Ensayo de SPT, Pozo 8
Fuente: Elaborado por la Autora.

De acuerdo a la Clasificación de suelos SUCS, se presentan dos tipos de suelo: SC y ML, considerados como arenas arcillosas que consisten en mezclas de arena y arcilla y limos de baja plasticidad**,** tal como se describe a continuación:

Tabla 22. Composición y descripción del suelo en el SPT 8

PROFUNDIDAD (m)	COLOR	COMPOSICIÓN	DESCRIPCIÓN
0-1	**SC**	C. H.= 29,1 % L.L.= 40 % L.P.= 38 % I.P.= 2 %	Arena arcillosa mescla de arena y arcilla
1-2	**ML**	C. H.= 35,8 % L.L.= 45 % L.P.= 41 % I.P.= 4 %	Limo de baja plasticidad

Fuente: Resultados del laboratorio del Ing. Ovidio Castillo.
Interpretación y adecuación: La autora

Tabla 23. Resumen - interpretación de resultados SPT.

Nº	OBRA	POZO	PROF.	C. H.	L. L.	L. P.	I. P.	GOLPES N			N30	qa Capacidad de carga admisible
			m.	%	%	%	%	15 cm	30 cm	45 cm	golpes	ton/m^2
1	SPT	1	1,00	22,05	47	22	25	2	2	3	5	7
	SPT	1	2,00	25,14	51	24	27	2	2	3	5	8
	SPT	1	3,00	16,11	44	23	21	9	11	15	26	44
2	SPT	2	1,00	17,75	37	20	17	1	2	4	6	8
	SPT	2	2,00	23,76	38	24	14	2	6	6	12	18
	SPT	2	3,00	21,20	41	23	18	7	9	12	21	35
3	SPT	3	1,00	21,79	31	18	13	2	3	4	7	10
	SPT	3	2,00	20,19	32	18	14	4	4	6	10	15
	SPT	3	3,00	16,92	35	20	15	9	11	15	26	44
	SPT	3	4,00	24,02	37	23	14	8	10	12	22	41
4	SPT	4	1,00	26,18	40	27	13	1	1	1	2	3
	SPT	4	2,00	25,74	40	23	17	1	2	2	4	6
	SPT	4	3,00	24,47	34	29	5	4	8	11	19	32
	SPT	4	4,00	22,73	37	22	15	8	12	15	27	50
5	SPT	5	1,00	16,72	26	18	8	1	2	4	6	8
	SPT	5	2,00	16,26	25	15	10	2	8	16	24	37
	SPT	5	3,00	21,62	25	15	10	6	4	13	17	29
	SPT	5	4,00	25,65	37	25	12	4	4	6	10	19
6	SPT	6	1,00	11,41	25	20	5	2	3	4	7	10
	SPT	6	2,00	13,09	25	20	5	2	4	6	4	6
	SPT	6	3,00	20,36	39	24	15	5	6	8	14	24
7	SPT	7	1,00	11,90	27	14	13	7	4	9	13	18
	SPT	7	2,00	18,85	38	32	6	11	13	R	R	40
8	SPT	8	1,00	29,10	40	38	2	7	7	11	18	25
	SPT	8	2,00	35,78	45	41	4	8	13	R	R	40

Fuente: Resultados del laboratorio del Ing. Ovidio Castillo.
Interpretación y adecuación: La autora.

El agua siempre ha sido el factor que más se asocia con las fallas de los taludes, debido a que la mayoría de los movimientos de masa ocurren después de lluvias fuertes o durante períodos lluviosos.

Existen evidencias muy claras de la relación directa entre el régimen de aguas subterráneas debido principalmente a las lluvias y la ocurrencia de movimientos de masa. Adicionalmente a las infiltraciones del agua lluvia existe cuerpos de agua ya formados en el área de estudio, generando inestabilidad en el terreno. Siendo una de las causas la existencia del nivel freático que mediante los ensayos SPT, se encuentra a una profundidad de 1,70m en el SPT 5 y a los 3m en el SPT 4. **(Ver Figura Nº29).**

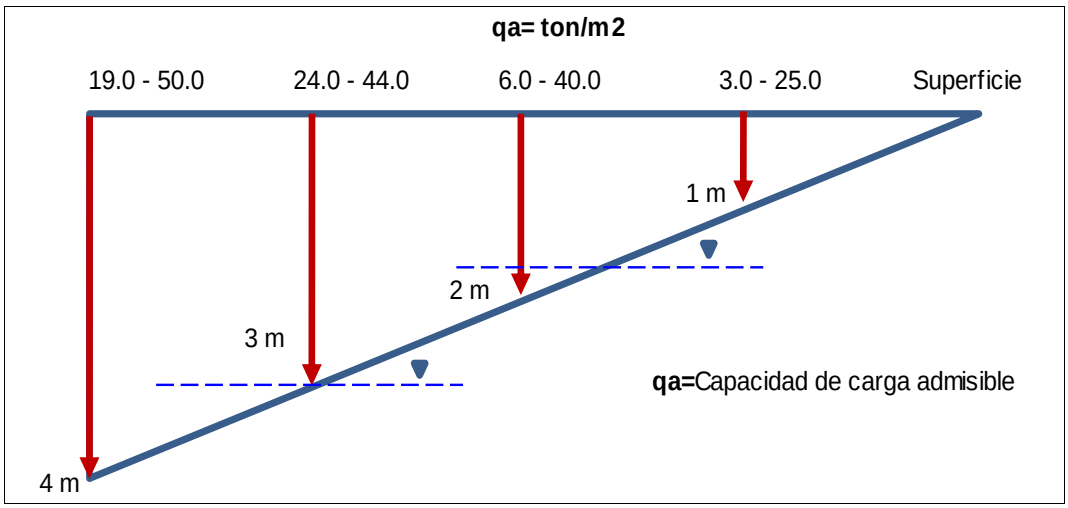


Figura N° 29. Interrelación en SPT: Profundidad vs NF
Fuente: Elaborado por la Autora.

En relación con las características particulares del terreno, se han considerado como suelos expansivos, debido a que éstos aumentan de volumen cuando hay agua presente, en base a los ensayos realizados estos sitios corresponden a los SPT 5 y 4. **(Ver Mapa Nº6)**

Los terrenos expansivos producen empujes verticales y horizontales afectando las cimentaciones, empujando muros y destruyendo pisos y tuberías enterradas, en las vías se presentan ascensos y descensos que afectan su funcionamiento. También, estos suelos expansivos se retraen y los taludes fallan.

La interpretación se enmarca en la necesidad de conocer el comportamiento del terreno ante la influencia de parámetros litológicos, con el fin de determinar la calidad de suelo para la construcción de cimentaciones.

En la zona de estudio se han identificado claramente dos unidades geológicas-geotécnicas que se describen a continuación:

- Depósitos terciarios, compuestos de sedimentos continentales, las rocas consisten en areniscas tobáceas de granulometría fina (0,12mm), en esta secuencia también se encuentran los conglomerados que se alternan en diversas proporciones, así como arenas arcillosas.

- Rocas intrusivas, granodioritas con tamaño de grano muy grueso (1,00mm), completamente meteorizadas.

Caracterización geotécnica de los materiales

A partir de las unidades geológicas consideradas y de los resultados de los ensayos de laboratorio, los materiales predominantes encontrados en la zona de estudio corresponden a:

Sedimentos continentales, las rocas consisten en areniscas tobáceas de granulometría fina (0,12mm), y conglomerados, pertenecientes a la Formación Quillollaco, en una matriz areno-arcillosa, los mismos que yacen sobre una base metamórfica de edad Paleozoica (filitas, esquistos, cuarcitas, pizarras, metacuarcitas). Este tipo de material presenta resistencia media-baja; es decir es excavable por medios mecánicos.

Las características generales de estos materiales encontrados en la zona son: los colores predominantes para los depósitos de suelo residual son café claro a amarillento, la humedad natural promedio encontrada a lo largo de todas las perforaciones es de 21.15%, en cuanto a valores del coeficiente de permeabilidad son variables entre $K=1*10^{-1}$ a $1*10^{-3}$ cm/seg. **(Ver Tabla 24)**

MAPA Nº6

MAPA GEOLÓGICO – SECCIONES GEOLÓGICAS GEOFÍSICAS

Tabla 24. Valores relativos de permeabilidad.

Permeabilidad relativa	Valores de K (cm/seg)	Suelo típico
Muy permeable	$>1*10^{-1}$	Grava gruesa
Moderadamente permeable	$1*10^{-1}$ a $1*10^{-3}$	Arena, arena fina
Poco permeable	$1*10^{-3}$ a $1*10^{-5}$	Arena limosa, arena sucia
Muy poco permeable	$1*10^{-5}$ a $1*10^{-7}$	Limo y arenisca fina
Impermeable	$< 1*10^{-7}$	Arcilla

Fuente: Terzaghi K. y Peck R., 1980

Se clasifican se acuerdo al Sistema Unificado de Clasificación de Suelos (SUCS) como arenas arcillosas (SC), que en base a sus características, estos materiales se clasifican como depósitos de suelo residual.

Los golpes de los ensayos de SPT registrados han sido valores que varían de 2 a 26 presentando una compacidad muy floja a medianamente densa. Su densidad varía de 1,70 a 1,80 tn/m^3.

Relacionando el tipo de material con valores de SPT y tablas referidas a geotecnia de suelos **(Ver Tabla 25);** estos materiales son: Suelos muy flojos - muy blandos a suelos flojos - blandos y suelos medios.

Tabla 25. Valores de N° SPT resistencia a compresión simple y módulo de elasticidad (Modificada)

Tipo de suelo	N_{SPT}	qu (kN/m^2)	qu (kp/cm^2)	E (MN/m^2)	E (kp/cm^2)/F=2
Suelos muy flojos o muy blandos	< 10	0- 80	0- 0.82	< 8	40.77
Suelos flojos o blandos	10 - 25	80 - 150	0.82 – 1.53	8 – 40	40.77-203.87
Suelos medios	25 - 50	150 - 300	1.53 – 3.06	40 – 100	203.87-509.68
Suelos compactos o duros	50 – Rechazo	300 - 500	3.06 – 5.10	100 – 500	509.68-2548.42
Rocas blandas	Rechazo	500 – 5.000	5.10– 50.97	500 – 8.000	2548.42-40774.67
Rocas duras	Rechazo	5.000 – 40.000	50.97 – 407.75	8.000 – 15.000	40774.67-76452.59
Rocas muy duras	Rechazo	> 40.000	> 407.75	>15.000	>76452.59

Fuente: NORIEGA José María. 2008. "Técnicas de Investigación del suelo: Elaboración e interpretación de estudios geotécnicos Según CTB.DB-SE.C.

Las valoraciones Geológicas - Geotécnicas se basan en la interrelación de criterios litológicos y propiedades físico-mecánicas de los geomateriales, se ha optado por una metodología sencilla planteada por Valencia Carolina en el año 2008, en donde se toman en consideración los siguientes condicionantes geotécnicos:

- Capacidad portante
- Deformabilidad
- Excavabilidad
- Morfología/ Relieve
- Tipo de material
- Drenaje

La valoración se da en rangos de 0 (menos favorable), a 2 (más favorable). La suma total nos permitirá categorizar los suelos aptos y no aptos para construir; en categorías de:

Tabla 26. Categorías para la valoración de suelos

≤ 5 puntos	Deficiente
6 – 9 puntos	Aceptable
> 9 puntos	Bueno

Fuente: Valencia Carolina. 2008

En la Tabla 27 se describe, tanto la valoración, como las características geotécnicas de la unidad, esta relación numérica dependió de la experiencia de campo, basándonos en estos datos, se obtiene la categorización de los suelos de la zona de estudio:

Tabla 27. Valoración de los suelos en la zona de estudio

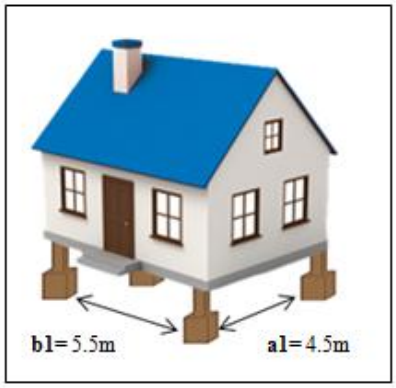
Condiciones geotécnicas	MIO-PLIOCENO (Areniscas tobáceas, conglomerados)
Capacidad Portante	1.5
Deformabilidad	0,5
Excavabilidad	1.0
Morfología	1.0
Tipo de Material	1.0
Drenaje	1.0
TOTAL	**6**
	ACEPTABLE (con restricciones)

En el reconocimiento del sector y al programa de perforación realizada, se determinó en la mayor parte del sector que el material presenta características estables a los 3m y 4m de profundidad con una capacidad de carga máxima de 50 Ton/m^2, presentándose el nivel freático a 3 y 1,70m, en los SPT 4 y SPT 5 respectivamente.

Teniendo en cuenta la valoración anterior, de acuerdo a la Tabla N°27, las areniscas tobáceas, conglomerados del MIO-PLIOCENO tienen una puntuación de **6** con una categoría de **aceptable con restricciones**, requiriendo para la construcción cimentaciones superficiales, bases de por lo menos 1,5x1,5m, previo medidas de drenaje. La cimentación debe corresponderse a la estructura con viviendas C-0 (menores a 4 pisos), por lo que se hace necesario realizar el cálculo de cimentación.

Datos:

Base de Cimentación (A)= 1.5 m x 1.5 m (2,25m^2)
Carga Muerta (CM)= 250 kg/m^2
Carga Viva (CV)= 250 kg/m^2
Carga Admisible (q)= 50 Ton/m^2=5 kg/cm^2



- Como primer paso calculamos el **Área Colaborante (Ac)**

$$Ac = a1 * b1$$

$$Ac = 4{,}5m * 5{,}5m$$

$$Ac = \mathbf{24{,}75m2}$$

- Luego calculamos la **Carga Total** (C) que es la suma de la carga muerta (CM) más la carga viva (CV).

$$C = CM + CV$$

$$C = \frac{250kg}{m2} + \frac{250kg}{m2}$$

$$C = \mathbf{500}\frac{kg}{m2}$$

- El tercer paso es calcular la **Carga del Edificio (Q)**, la cimentación corresponde a la estructura con viviendas C-0 (menores a 4 pisos).

$$Q = (C * Ac) * 4$$

$$Q = (500\frac{kg}{m2} * 24,75m2) * 4$$

$$Q = 49500kg$$

$$Q = 49,5ton$$

- Como cuarto paso hacemos la relación entre la **carga del edificio (Q) y carga admisible del suelo (q):**

$$q = \frac{Q}{A}$$

$$q = \frac{49,5\ ton}{2,25m2}$$

$$q = 22ton/m2$$

$$q = 22\frac{ton}{m2} < q = 50\frac{ton}{m2}$$

Esto nos quiere decir que la carga del edificio es menor que la carga admisible del suelo, lo que significa que si soporta la edificación.

- Acimentación **(A)**

$$A = \frac{Q}{qadmisible}$$

$$A = \frac{49,5\ ton}{50ton/m2}$$

$$A = 0,995m2$$

$$A = 1m$$

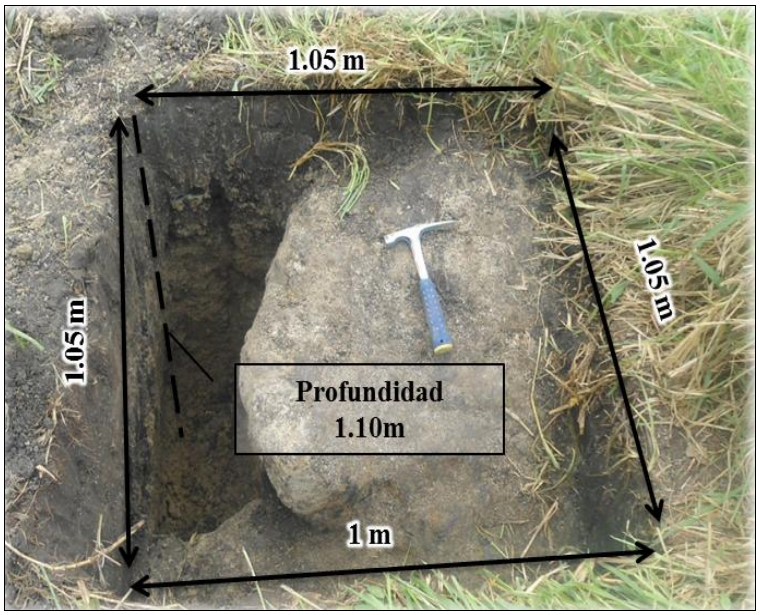
Esto significa que las cimentaciones deberían de ser de (1 x 1)m, pero no se recomienda ya que el estándar es de (1,5x1,5)m.

6.2.6. Calicatas

Se realizó la descripción detallada de seis calicatas en el sector de estudio de aprox.1,50m de profundidad y de 1m² de área. ***(Ver Anexo 36:*** *Ficha; Descripción de calicatas****),*** tal como se indica a continuación:

- **Calicata 1**

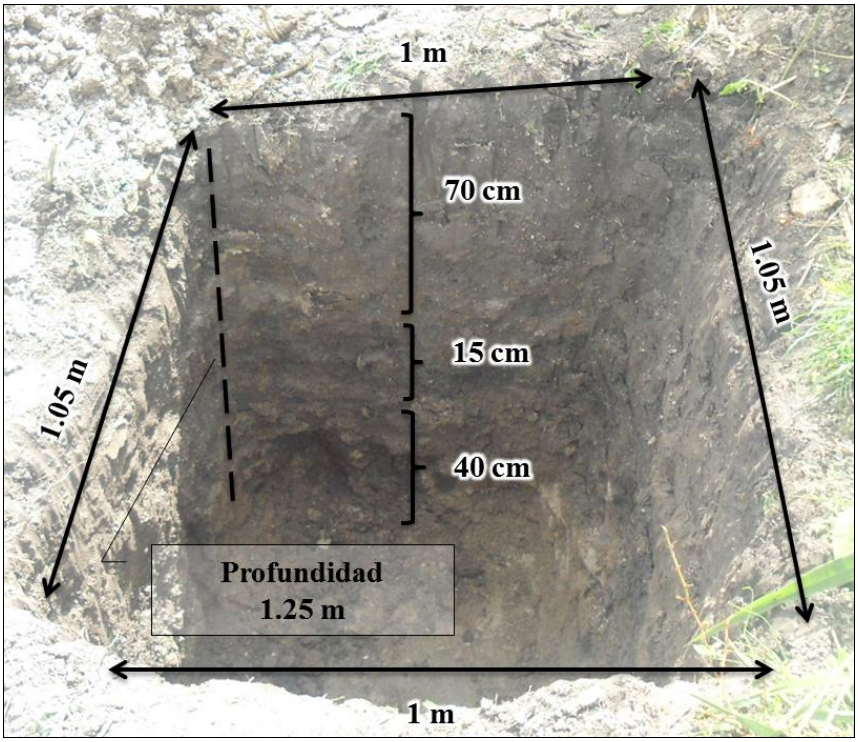
Existe la presencia de cobertura vegetal, humus y vegetación herbácea (pastos), con un espesor de 0,05m. Posteriormente existe material arcilloso, de color negro, granulometría fina (< 2mm), sin clastos visibles de roca natural, fácil penetración y compactación media, con una potencia de 0,30m, a continuación se puede distinguir la presencia de areniscas arcillosas de color café por efectos de óxido de hierro, con minerales como feldespatos, magnetita, piroxeno y cuarzo, además existen clastos metamórficos (Ø =1-2cm). Esta zona está compuesta por la desintegración de tobas arenosas de granulometría gruesa, y presenta grandes bloques de tobas. Resistencia mecánica evidente, se asume f> 4, debido a la presencia de grandes clastos de rocas, por ello los elementos adoptados para realizar dicha calicata no pudieron sobrepasar esta capa, presenta una potencia de 0,75m.



Fotografía N° 34. Medidas de la Calicata 1
Fuente: Elaborado por la Autora.

- **Calicata 2**

Compuesta por cobertura vegetal, existe la presencia humus, material orgánico de color negro, de consistencia arcillosa con un espesor de 0,70m, granulometría fina (< 2mm), sin clastos visibles de roca natural, de fácil penetración y compacidad suelta, posteriormente existe una transición de 0,15m de espesor entre el suelo superficial y la presencia de areniscas producto de la desintegración de tobas, constituyéndose un horizonte arenoso y con presencia de clastos centimétricos producto de las tobas arenosas, dicho horizonte es de compacidad suelta, consistencia blanda y una excavabilidad media, a más profundidad se encuentran areniscas de coloración café, con presencia de minerales como feldespatos, limonita, magnetita, piroxeno y cuarzo; esta zona está compuesta por la desintegración de tobas tipo arenosas de granulometría gruesa, además se encuentra saturado de agua, por ello se asume una consistencia muy blanda y excavabilidad fácil, presenta una potencia de 0,40m.

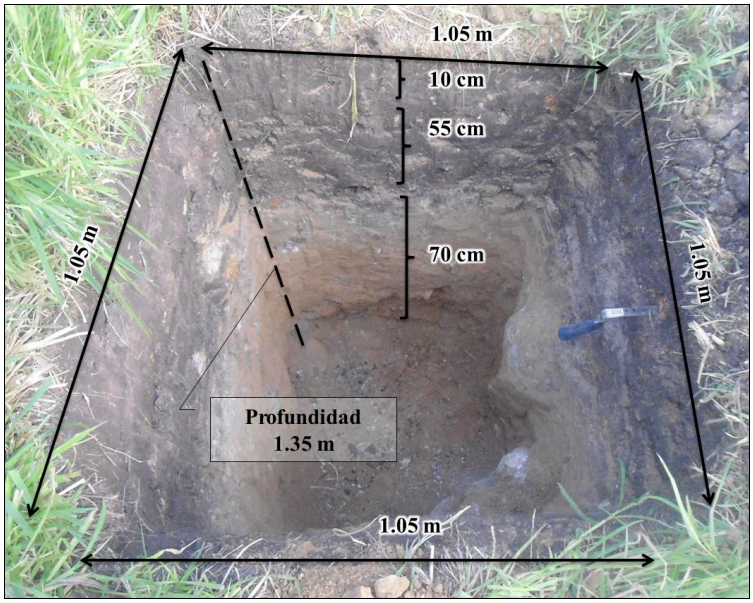


Fotografía N° 35. Medidas de la Calicata 2
Fuente: Elaborado por la Autora.

- **Calicata 3**

Se evidencia una capa de cobertura vegetal superficial orgánica compuesta por humus, material orgánico de color negro de consistencia arcillosa, compacidad media y

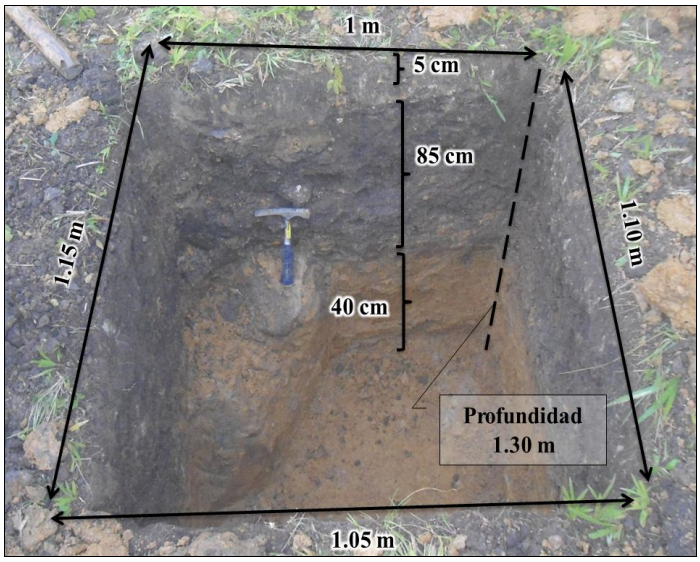
excavabilidad fácil, con un espesor de 0,10m. Conforme se profundiza el suelo existen arcillas de coloración negra, se evidencia una transición entre el suelo superficial y la desintegración de clastos compuestos de cuarcitas, en este horizonte existe la presencia de concreciones de oxidaciones de limonita, presenta una compacidad, consistencia y una excavabilidad media, con un espesor de 0,55m, posteriormente existen clastos subredondeados de cuarcitas (Ø=3cm), cuya matriz está conformada por arcilla y limo, presenta un espesor de 0,70m.



Fotografía N° 36. Medidas de la Calicata 3
Fuente: Elaborado por la Autora.

- **Calicata 4**

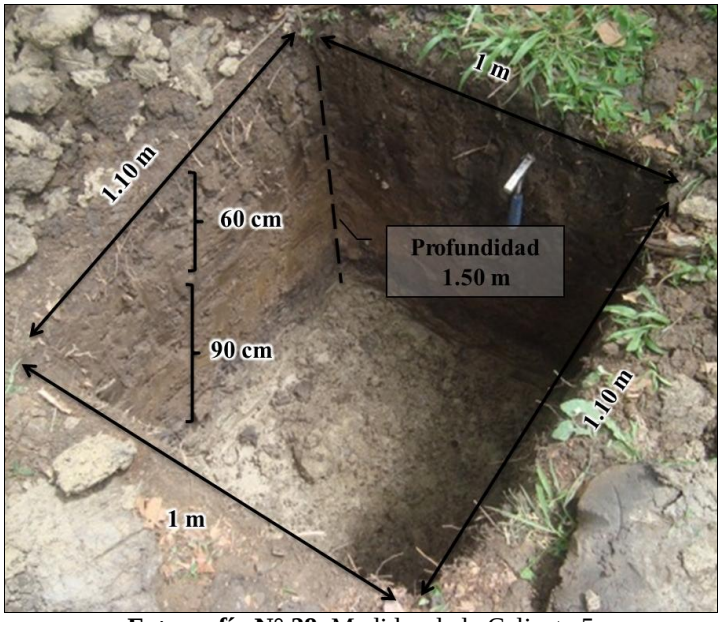
Existe la presencia de cobertura vegetal, material orgánico de color negro, de consistencia arcillo limosa, de fácil excavación, compacidad suelta y consistencia blanda, presenta una potencia de 0,05m. Posteriormente existen arcillas y limos de color gris oscuro, material cohesivo (> 40% de arcillas) se deforma con presión en la mano, lo que indica su plasticidad, con un espesor 0,85m. Seguidamente se encuentra una con gran cantidad de clastos ígneos con oxidaciones de hierro, sobre una matriz arcillosa de coloración naranja, además es una zona muy húmeda, existe la presencia de aguas subterráneas, a pesar de ser un estrato húmedo se encuentra muy compacto, su resistencia mecánica es evidente, se asume f> 4, ya que los elementos mecánicos no pudieron sobrepasar esta capa, presenta una potencia de 0,40m.



Fotografía N° 37. Medidas de la Calicata 4
Fuente: Elaborado por la Autora.

- **Calicata 5**

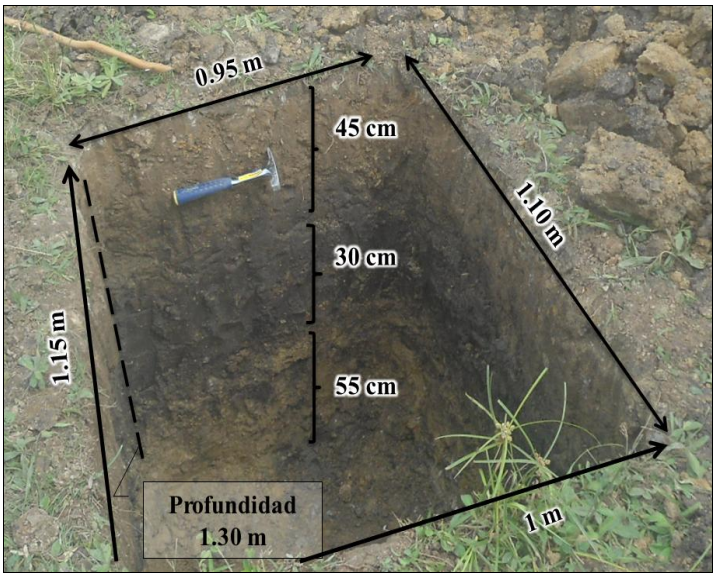
Presenta una capa de materia orgánica color negro, compuesta por arcilla, de granulometría fina (< 2mm), con un espesor de 0,60m, sin clastos visibles de roca natural, de fácil penetración y compactación media; presenta gran cantidad de raíces de plantas, a mayor profundidad se muestra un material arcillo limoso con clastos milimétricos de cuarcita, este material se deforma con presión en la mano, lo que indica tener una consistencia bastante plástica, y una compacidad muy suelta, presenta una potencia 0,90m.



Fotografía N° 38. Medidas de la Calicata 5
Fuente: Elaborado por la Autora.

- **Calicata 6**

Existe una capa de materia orgánica, compuesta por limo y arenisca, sin clastos visibles de roca natural, de fácil penetración y compactación media, presenta gran cantidad de raíces de plantas, con un espesor de 0,45m. Se observa una zona de transición de aproximadamente 0,30m de ancho, compuesta por una mezcla de limo y areniscas, dicho horizonte es de compacidad suelta, consistencia blanda y una excavabilidad fácil. Posteriormente existe material arenoso, con clastos centimétricos de cuarcitas con oxidaciones de hierro, este material indica tener una consistencia bastante plástica, una compacidad muy suelta y una excavabilidad media. Comprende una potencia de 0,55m.



Fotografía N° 39. Medidas de la Calicata 6
Fuente: Elaborado por la Autora.

6.2.7. Deslizamientos superficiales

En el área de estudio existe dos movimientos de masa **(Ver Mapa Nº7)**, un deslizamiento tipo rotacional y una propagación lateral debido a la expansión de suelo. **(*Ver Anexo 37:*** *Fichas; Descripción de movimientos de masa)*

6.2.7.1. Factores morfométricos

- **Deslizamiento rotacional**

Se encuentra localizado en el Sector El Chorro, se trata de un deslizamiento rotacional activo, estilo sucesivo, distribución progresiva, compuesto de detritos en un 35%, tierra

10% y suelos: cantos – 10%; arena – 40% y un 5% de materia orgánica, presentando un alto contenido de humedad en ciertos lugares, y el material restante se encuentra completamente seco **(Ver Fotografía Nº40).** Todos estos materiales son de origen sedimentario correspondientes a la Formación Quillollaco, muestran un desplazamiento de los conglomerados sobre las areniscas.

Fotografía N° 40. Desplazamiento de los conglomerados sobre las areniscas.
Fuente: Elaborado por la Autora.

El deslizamiento presenta una longitud de 70 m aprox. desde la corona hasta la base y ancho de 60 m desde sus dos flancos, el movimiento tiene una dirección de 173° SE y una inclinación de 75°. **(Ver Fotografía Nº41)**

Fotografía N° 41. Evidencias del deslizamiento rotacional, provocado por relieve abrupto.
Fuente: Elaborado por la Autora.

El tipo de cobertura de uso de suelo presenta un 85% de vegetación herbácea y el 15% de matorrales.

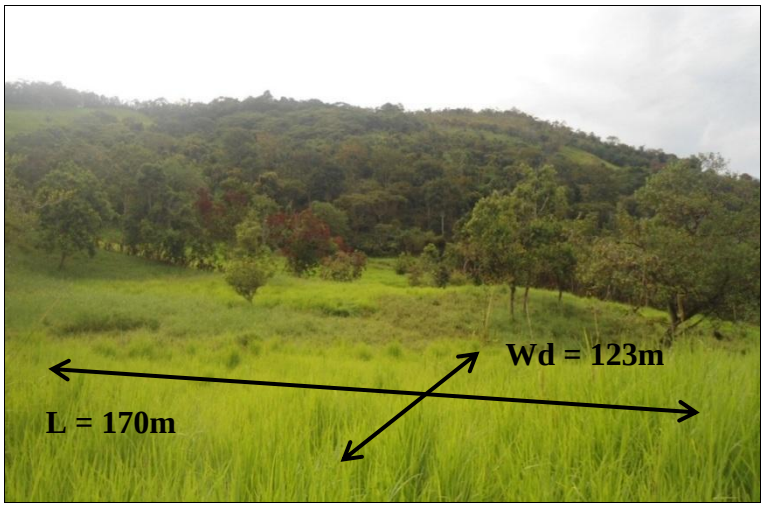
Entre las causas del movimiento tenemos: material colapsable, erosión subterránea **(Ver Fotografía Nº42)**, debido a la cercanía de la laguna que se encuentra en el sector, a esto se suma las precipitaciones directas; las precipitaciones provocan el debilitamiento de las fuerzas de cohesión del material que constituye el deslizamiento.

Fotografía N° 42. Presencia de escorrentía de agua en el deslizamiento
Fuente: Elaborado por la Autora.

- **Propagación Lateral**

Debido a la expansión de suelo, compuesto por el 5% de detritos, 40% de tierra, suelos: contiene el 3% de cantos, 40% de finos y 12% de materia orgánica, sobre dicho movimiento de masa existen afloramientos de agua, presentando un alto contenido de humedad **(Ver Fotografía Nº43).** La zona afectada está compuesta por suelos arcillo – limosos, pertenecientes a la Fm. Quillollaco, así mismo por granodiorita meteorizada totalmente fracturada, correspondiente al Batolito Río Mayo, presenta una longitud de 170 m, el ancho de masa desplazada contiene 123m, dicho movimiento tiene una dirección de 147° SE. **(Ver Fotografía Nº44).**

Fotografía N° 43. Presencia de focos de agua sobre movimiento de masa (propagación lateral)
Fuente: Elaborado por la Autora.

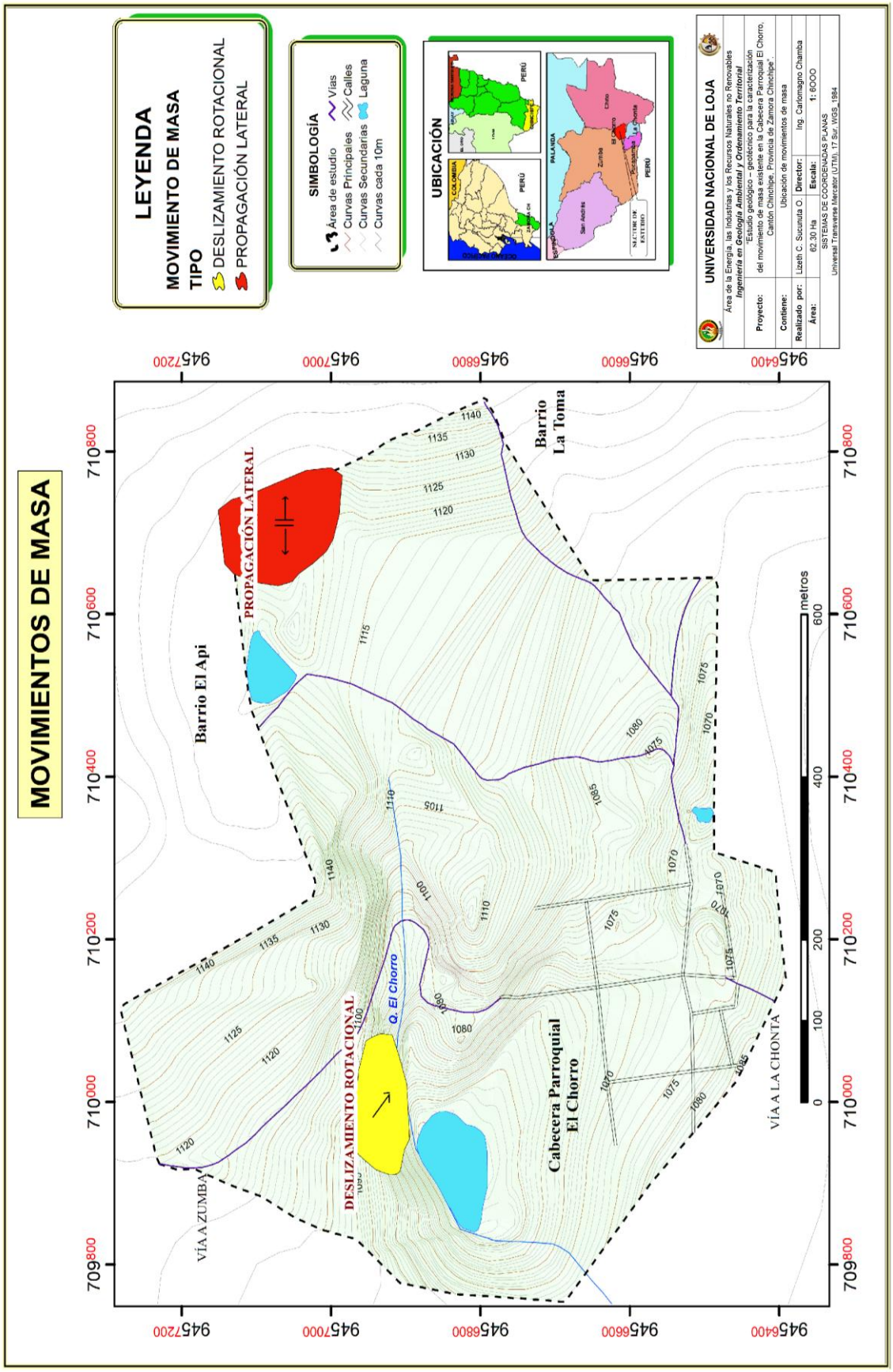


Fotografía N° 44. Dimensiones del movimiento de masa
Fuente: Elaborado por la Autora.

El movimiento se encuentra en estado activo, y presenta un estilo único. El tipo de cobertura de uso de suelo presenta una vegetación herbácea, matorrales, cuerpo de agua y cultivos con porcentajes que van desde 80%, 7%, 10% y 3% respectivamente.

Entre las causas del movimiento tenemos: material meteorizado, erosión subterránea, a esto se suma los afloramientos de agua presentes en el movimiento, y las precipitaciones directas, debido a que éstas provocan inestabilidad del material que constituye el movimiento de masa.

Mapa Nº7. Mapa de movimientos de masa



6.2.7.2. Determinación de FS

Para determinar el factor de seguridad se aplica el método de ábacos, el cálculo de este factor es importante en taludes inestables, debido a que permite diseñar las medidas de corrección o estabilización adecuadas para evitar nuevos movimientos.

- **Método de Ábacos**

Se calcula el factor de seguridad por el método de ábacos de Hoek y Bray (1977). En la construcción de los ábacos se tuvo en cuenta diferentes condiciones de presiones intersticiales debidas a la presencia de nivel freático en el terreno, que divide el talud en una zona seca y otra saturada.

Se utilizó las siguientes ecuaciones para determinar el Factor de Seguridad:

$$\mathbf{R} = \frac{\mathbf{C'}}{\boldsymbol{\gamma} \times \mathbf{H} \times \mathbf{Tan}\emptyset} \qquad (1)$$

$$\mathbf{x} = \frac{\mathbf{C'}}{\boldsymbol{\gamma} \times \mathbf{H} \times \mathbf{Fs}} \qquad (2)$$

$$\mathbf{y} = \frac{\mathbf{Tan}\emptyset}{\mathbf{Fs}} \qquad (3)$$

Donde:

R= Resultante
$\mathbf{C'}$=Cohesión del material
γ = Densidad
H= Altura de talud
∅**=** Ángulo de reposo interno
Fs= Factor de seguridad

Referente a los parámetros cuantitativos que serán utilizados para el cálculo del factor de seguridad del deslizamiento, se considerará los datos de la Tabla N° 27, que hace referencia a la geotecnia:

Tabla 28. Resumen del esquema geotécnico a diferentes niveles (profundidades)

Nivel	Profundidad media desde boca ensayo	Descripción resumen de los niveles	Valores medios ensayados y/o deducidos					
			Expansividad	Resistencia	Otros parámetros			
de	0,00	**Rellenos**	No crítico	Blando-Heterogéneo	*USCS*	SC	N_{SPT}	4
1		Arena limo arcillosa marrón parda. - Estructura desordenada - Restos de raíces y materia orgánica - Indicios de restos de origen antrópico			*Wl*	23,4	N_B	3
					Wp	12,2	q_u kp/cm2	0,30-0,40
					%W	9,3	γ t/m³	1,70-1,80
					Tamiz 4	64,6	c kp/cm²	0,00
a	0,80				*Tamiz 200*	38,4	Φ (°)	17º-19º
de	0,80	**Horizontes de transición**	Marginal	Media-Firme	*USCS*	CL	N_{SPT}	13
2		Arcilla limo arenosa y arena limo arcillosa marrón anaranjada a rojiza. - Nódulos carbonatados - Tonalidades rojizas por fenómenos de oxidación Representa un tramo de transición entre los rellenos superficiales y el terreno natural			*Wl*	28,9	N_B	10
					Wp	16,6	q_u kp/cm2	1,00-1,50
					%W	12,5	γ t/m³	1,90-2,00
					Tamiz 4	38,3	c kp/cm²	0,10-0,15
a	1,60				*Tamiz 200*	62,6	Φ (°)	22º-24º
de	1,60	**Plioceno carbonatado**	Marginal-Crítico	Firme-Dura	*USCS*	CL	N_{SPT}	34
3		Arcilla limosa marrón amarillenta. - Algún nódulos carbonatado Alternancia de alguna lente algo mas limosa e incluso algo arenosa			*Wl*	35,6	N_B	26
					Wp	22,3	q_u kp/cm2	2,20-3,20
					%W	25,8	γ t/m³	2,00-2,20
					Tamiz 4	18,7	c kp/cm²	0,20-0,30
a	6,00				*Tamiz 200*	84,7	Φ (°)	24º-26º

Fuente: NORIEGA José María. 2008. "Técnicas de Investigación del suelo: Elaboración e interpretación de estudios geotécnicos Según CTB.DB-SE.C.

En base a la información de la Tabla N° 27, se han considerando profundidades desde 0,00 a 0,80m, debido al predominio de arenas arcillosas (SC), en el sector de estudio y en base a los ensayos de SPT.

Datos:

C' = 0,30 KP/cm^2 = 29,4 KN/m^2

γ = 1,70 tn/m^3 = 16,67 KN/m^3

H= 40m (del deslizamiento)

Ø= 18º

- Se determinó el valor de la resultante (R), el cual se obtuvo desarrollando la ecuación número (1).

$$\mathbf{R} = \frac{29,4\frac{KN}{m2}}{16,67\frac{KN}{m3} \times 40\mathrm{m} \times \mathrm{Tan}18°}$$

$$\mathbf{R} = \frac{29,4\frac{KN}{m2}}{216,656\frac{KN}{m2}}$$

$$\mathbf{R} = 0.14$$

- Seguidamente se representó la resultante en la gráfica de ábacos, se determinó el valor de X y Y, valores que se obtuvo considerando la resultante (R) y el semicírculo que indica el ángulo de trabajo (75°), luego se proyectó los ejes X y Y, para obtener sus valores.

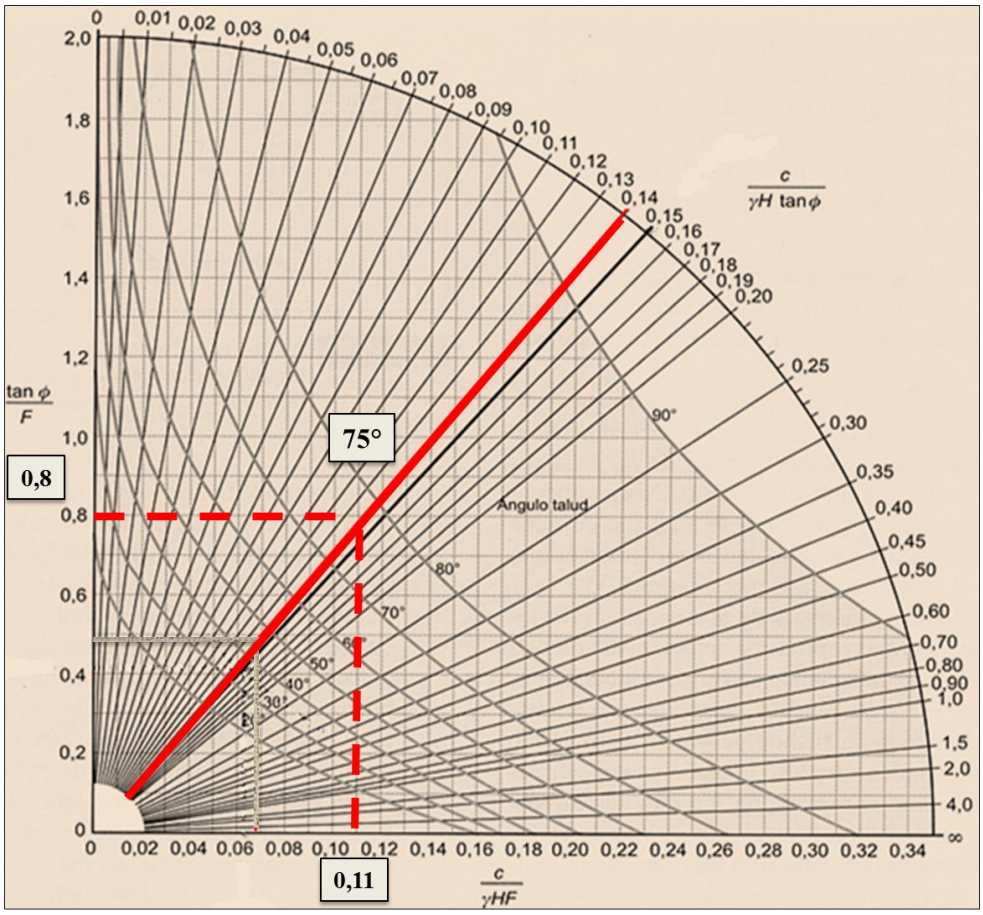


Figura N° 30. Ábaco para el cálculo del factor de seguridad al deslizamiento
Interpretación y adecuación: La autora.

- Finalmente se estimó matemáticamente el valor del factor de seguridad, este se obtuvo despejando Fs de las ecuaciones (2) y (3) que se describen anteriormente, para verificar el si está bien realizado el cálculo debe coincidir el mismo valor en las dos ecuaciones.

$$\mathbf{x} = \frac{\mathbf{c'}}{\gamma \times \mathbf{H} \times \mathbf{Fs}} \qquad \mathbf{y} = \frac{\mathbf{Tan\emptyset}}{\mathbf{Fs}}$$

$$\mathbf{Fs} = \frac{\mathbf{c'}}{\gamma \times \mathbf{H} \times \mathbf{X}} \qquad \mathbf{Fs} = \frac{\mathbf{Tan\emptyset}}{\mathbf{y}}$$

$$\mathbf{Fs} = \frac{29{,}4\ \mathrm{KN/m^2}}{16{,}67\ \mathrm{KN/m^2} \times 40 \times 0{,}11} \qquad \mathbf{Fs} = \frac{\mathbf{Tan18^\circ}}{\mathbf{0{,}80}}$$

$$\mathbf{Fs = 0,40} \qquad \mathbf{Fs = 0,40}$$

El factor de seguridad = 0,40 indica que el talud es inestable.

6.2.7.3. Prevención

Existen varias formas de enfocar y tratar cada problema específico y la metodología que se requiere emplear depende de una serie de factores técnicos, sociales, económicos, políticos; con una gran cantidad de variables en el espacio y en el tiempo.

A continuación se presentan algunas de las metodologías que se pueden emplear para prevenir o disminuir los deslizamientos existentes en el sector:

- **<u>Restricciones al desarrollo de áreas de riesgo</u>**

En base al Plan de Desarrollo y Ordenamiento Territorial y a la identificación de las zonas susceptibles a deslizamientos, las autoridades deberían definir superficies para los programas de urbanización y expansión demográfica.

Elaborar un plan de reubicación de la población que se encuentra asentada en las zonas de riesgo, mismo que deberá ser ejecutado por las autoridades competentes.

Sin embargo, el método más efectivo es el de evitar desarrollos de áreas susceptibles, el cual se puede obtener mediante varios sistemas:

Políticas de disuasión

a. Programas de información pública.- es importante que la ciudadanía tenga información sobre las amenazas de deslizamiento, en tal forma que ellos mismos actúen como sistema de control, evitando las inversiones en estas áreas.

b. Manejo de escrituras o certificados de propiedad.- en algunas regiones existen normas que obligan a las personas que vendan propiedades en áreas con susceptibilidad a los deslizamientos o a las inundaciones, que especifiquen claramente en forma escrita a los potenciales propietarios de las amenazas geológicas a que están expuestos.

c. Avisos públicos.- el Estado puede colocar vallas o avisos que alerten a la población sobre las amenazas en una determinada área.

- **Modificación de la topografía**

Remoción de materiales de la cabeza

Realizar un estudio de geotecnia en el talud, para proceder con la remoción de materiales en la parte superior, de tal forma que se redistribuyen las fuerzas debidas al peso de los materiales, obteniéndose una nueva configuración más estable. Las actuaciones mas frecuentes son:

- Disminuir la inclinación del talud.
- Eliminar peso de la cabecera del talud (descabezamiento).

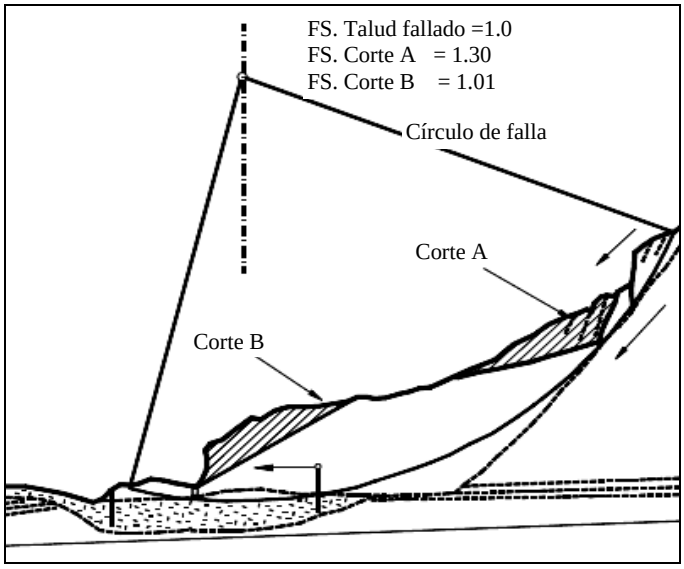


Figura N° 31. Corte de parte del material deslizado para mejorar el factor de seguridad
Fuente: Jaime Suarez días (2002) Deslizamientos y estabilidad de taludes en zonas tropicales

- **<u>Construcción de drenajes superficiales</u>**

Un drenaje superficial se define como una red o conjunto de redes que como función tienen recoger la escorrentía superficial.

Los drenajes serán distribuidos en la corona del deslizamiento y al pie del talud, y deberán ser revestidos de geomembrana para evitar filtraciones, la cuneta será rellenada de material filtrante (grava y piedra), que evitará la acumulación de sedimentos. Los canales serán excavados de forma paralela a la corona del talud. La distancia mínima entre la cuneta y la corona del corte será de 4m para así evitar crear el inicio y guía de un nuevo deslizamiento. La tubería a utilizar es de tipo PVC corrugada de 160 mm de diámetro.

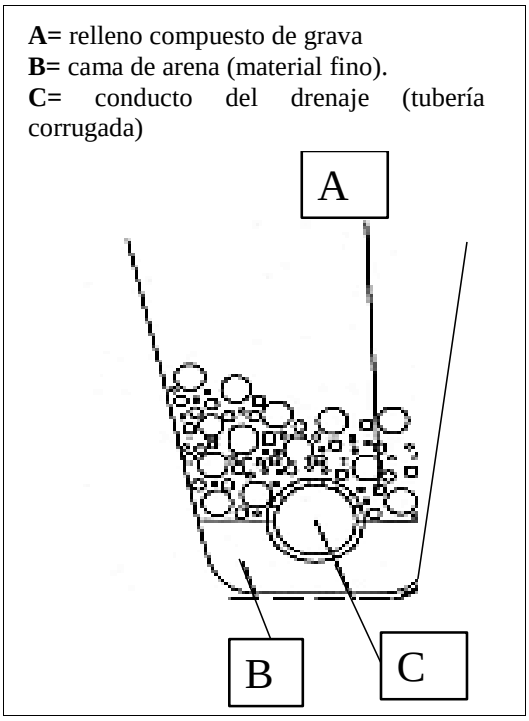


Figura N° 32. Diseño de la zanja, con la ubicación de la tubería
Fuente: Elaborado por la Autora.

6.3. Valoración cualitativa del sector

6.3.1. Introducción

En función a la problemática expuesta en el área de estudio, es necesaria la valoración cualitativa del sector, realizando la descripción geológica-geotécnica detallada, y

determinar la resistencia de los geomateriales, con miras de realizar construcciones (infraestructuras lineales y verticales).

6.3.2. Capacidades en función de mecánica rocas y mecánica de suelos

El análisis y valoración permitió de manera global, conocer las características del terreno de apoyo de la edificación, un aspecto fundamental para comprobar el comportamiento de una estructura, fue la valoración geotécnica tanto del terreno donde se va a asentar la edificación proyectada como su entorno más inmediato.

En base al análisis de las muestras de suelos se determinó la presencia de arenas arcillosas, presenta resistencias bajas, debido a que en su mayoría son arcillas de media y alta plasticidad, su contenido de humedad presente en condiciones naturales, con una capacidad de carga baja a 1 y 2 metros de profundidad, por ello representan un alto riesgo de asentamiento, como un alto grado de susceptibilidad a la contracción y expansión al variar el contenido de humedad, en los sitios donde se encontró esta litología, se puede evidenciar los daños causados a la infraestructura del sector. **(Ver Fotografías Nº 45, 46)**.

Fotografía N° 45. Fisuramiento de paredes de las viviendas

Fotografía N° 46. Los movimientos de cimentaciones sobre arcillas han ocasionado grietas en las bases.
Fuente: Elaborado por la Autora.

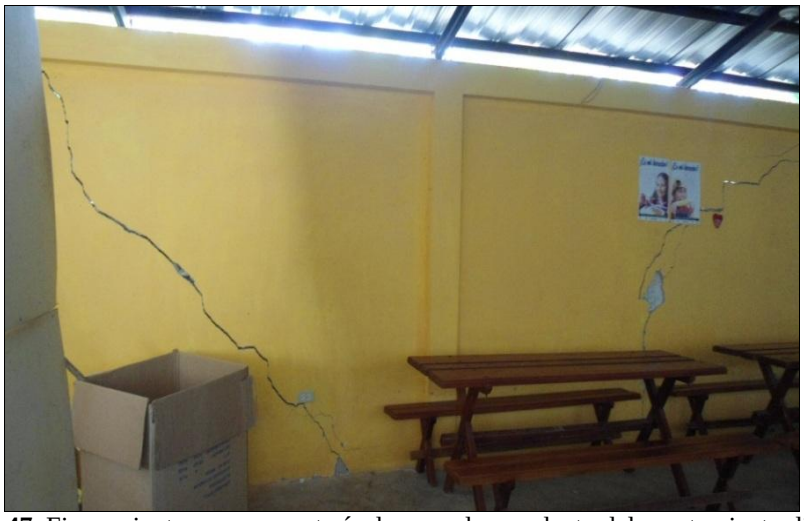
Cimentaciones, las cargas que transmite la cimentación a las capas del terreno han causado tensiones y por tanto, deformaciones en la capa del terreno soporte. Como en todos los materiales, la deformación depende de la tensión y de las propiedades del terreno soporte. Estas deformaciones tienen lugar siempre y su suma produce asientos de las superficies de contacto entre la cimentación y el terreno, considerando que el sector además existen construcciones de tapia y adobe, las cuales no han sufrido afectación.

Las sobrecargas estáticas y las cargas dinámicas que se ejercen sobre los taludes modifican la distribución de las fuerzas y pueden generar condiciones de inestabilidad. Entre las primeras están el peso de estructuras o edificios, u otro tipo de cargas como rellenos, paso de vehículos pesados, entre otros, que, cuando se ejercen sobre la cabecera de los taludes, aportan una carga adicional que puede contribuir al aumento de las fuerzas desestabilizadoras.

Las precipitaciones, el régimen climático y las aguas subterráneas son también otros factores que influyen en la estabilidad de los taludes al modificar el contenido de agua del terreno. La alternancia de periodos de sequía y lluvia produce cambios en la estructura de los suelos que dan lugar a pérdidas de resistencia.

En efecto existen infraestructuras con problemas de fisuramiento en las paredes, **(Ver Fotografía Nº47)**, se evidencia el daño causado producto del asentamiento diferencial

de la estructura, sobre un suelo areno limoso y arcilloso, con una capacidad de carga baja a 1 y 2 metros de profundidad, alcanzan una resistencia en seco de muy pequeña a elevada, en tiempo seco suele ser estable, pero se reblandece en tiempo húmedo, en especial cuando llueve.



Fotografía N° 47. Fisuramiento en mampostería de comedor producto del asentamiento diferencial de la estructura
Fuente: Elaborado por la Autora.

Arcillas expansivas, la principal propiedad de algunos suelos arcillosos presentes en el sector de estudio es la de experimentar cambios de volumen cuando varia su contenido de agua. La inestabilidad volumétrica determina movimientos diferenciales del terreno con hinchamientos y asientos que llegan a distorsionar las estructuras que soportan, cuando superan las presiones de confinamiento producen el agrietamiento en las edificaciones y deformación en vías, caminos.

Además en las cimentaciones el problema más frecuente encontrado durante el proceso de excavación al realizar los ensayos, es la existencia del agua subterránea. La presencia de agua, en relación a los esfuerzos, produce una disminución de las propiedades.

7. DISCUSIÓN DE RESULTADOS

En el cantón Chinchipe existen sectores que están siendo afectados por suelos poco estables que se encuentran relacionados con la inadecuada ubicación de las obras de infraestructura, puesto que se ven afectadas por movimientos de masa, como es caso de la Cabecera Parroquial El Chorro, donde se evidencia las deformaciones en ciertos puntos de las vías y en especial en las viviendas, se observa en el cuarteamiento de las paredes, por lo que es necesario considerar los aspectos topográficos, hidrológicos, hidrogeológicos, geológicos y geotécnicos como base para un estudio detallado, de tal forma que permitan entender la geodinámica interna y externa del sector.

El Informe del Ing. Marcelo Oleas del ex Ministerio de Energía y Minas (Mayo del 2009), indica que en la cabecera cantonal El Chorro, se presentan una serie de procesos de la geodinámica externa, que están afectado a varias de las edificaciones públicas, privadas, así como a obras civiles (vías, línea de trasmisión eléctrica, tubería de conducción del agua potable), en el entorno del centro poblado de El Chorro.

En la cabecera parroquial El Chorro existen factores geológicos, topográficos, geomorfológicos, geotécnicos, hidrológicos, estructurales que los definen como una zona propensa a deslizamientos, esto se puede dar por la presencia de rocas de baja cohesión, afectadas por la acción antrópica, erosión, infiltración y escorrentía, que de igual manera en muchos sitios no se realizan valoraciones de la calidad y resistencia de los materiales sobre los que se ubican las infraestructuras y sobre las que se construyen vías, sin embargo se siguen realizando actividades agrícolas y agropecuarias, alterando la topografía del terreno y aportando a la inestabilidad del suelo.

Por otra parte la intervención del hombre contribuye la mayor parte en provocar o acelerar estos fenómenos, debido a que en el sector El Chorro se realiza actividades sin una adecuada planificación, especialmente en la deforestación y en las deficientes prácticas agrícolas, lo cual vuelve vulnerable al terreno. En efecto existen grietas en la infraestructura del sector del Chorro, siendo producto de la reptación de los suelos, siendo inestables por ser suelos meteorizados y por la presencia de focos de agua superficial y subterránea, que es lo que produce el desplazamiento y desgarre de los

suelos en ciertos lugares de la zona investigada. La presencia de agua subterránea a poca profundidad constituye una condición desfavorable, principalmente en la construcción, se considera necesario antes de la construcción implementar, mejorar y adecuar el terreno, con el objetivo de generar mayor capacidad de carga y prevenir de asentamientos, debido a que el suelo presenta características estables a los 3 y 4 metros de profundidad.

Para determinar si los suelos a más de ser susceptibles a deslizamientos son aptos para construcciones civiles, se realizó un análisis geológico – geotécnico, para conocer las propiedades del suelo y roca, adicionalmente se realizó geofísica mediante 21 sondeos eléctricos verticales, siete cortes geoeléctricos y diez líneas sísmicas, que permitieron la correlación del tipo de roca con la geología levantada y determinar la saturación de los estratos, además se realizó 8 ensayos de SPT, obteniendo como resultado a arenas arcillosas SC con una capacidad portante que varía de 3 a 50 ton/m^2, determinando que se puede realizar zapatas de hasta 1 x 1m para viviendas de hasta cuatro pisos, pero no es recomendable ya que el estándar es de 1,5 x 1,5 m.

Mediante el análisis de datos de los 12 apiques, se determinó que los materiales presentan valores de plasticidad media (27 - 58% de limite liquido L.L), el límite plástico L.P., varía entre 16 a 30% y un índice de plasticidad I.P. entre 5 a 28%, la mayor parte esta compuesta de arenas arcillosas SC.

Finalmente con el cálculo de factor de seguridad se determinó que los valores son poco favorables, por lo que es necesario implementar adecuadas medidas de estabilización, para el control del deslizamiento y manejo del sistema hidrológico.

8. CONCLUSIONES

- El sector El Chorro se caracteriza por una topografía irregular en la cual sobresalen las elevaciones cuya altitud varía de los 1050 a 1125 m.s.n.m. la mayor parte del área parroquial presenta un relieve colinado medio ocupando el 49,07%, el relieve colinado bajo representa el 33,39%, mientras que los terrenos planos con pendientes menores al 5% representan el 9,48% y el relieve alto con pendientes mayores al 40%, ocupan el 8,07% del total del área de estudio.

- La zona de estudio está constituido por tobas arenosas con clastos de rocas ígneas y metamórficas; areniscas tobáceas de coloración blanca; conglomerados de tipo coluvio-aluvial, con clastos ígneos y metamórficos, dentro de una matriz limo arcilloso; suelos residuales producto de la meteorización de rocas ígneas, presentando una coloración tipo laterítico; suelos arcillo arenosos, con presencia de clastos y bloques de tobas.

- Según el Sistema Unificado de Clasificación de Suelos (SUCS), se indica la formación de suelos finos de color café claro a café amarillento, sobre la base de roca (granodiorita) sometida a proceso de erosión y meteorización. La mayor parte del área de estudio se encuentra sobre arenas arcillosas (SC); y de acuerdo a la clasificación de suelos AASHTO pertenecen a suelos arcillosos.

- En base a los Sondeos Eléctricos Verticales se establece la presencia de tres estratos (capas), a nivel superficial se presentan suelos de relleno, posteriormente se encuentra el I estrato, con una buena potencia en ciertos sectores, el cual contiene areniscas, arcillas, limos y clastos sueltos producto de los movimientos de masa, el estrato II se encuentra conformado de depósitos terciarios constituidos por una alternancia de suelos residuales, arcillas, limos, areniscas, en ciertos sectores mantienen una buena potencia y el III estrato presenta clastos de granulometría media a gruesa, generalmente de lo considera el basamento compuesto por conglomerados de la Formación Quillollaco y en algunos sitios por granodiorita pertenecientes al Batolito del Río Mayo; y rocas metamórficas completamente sanas de la Unidad Chiguinda.

- Existe dos y tres capas sísmicas sub horizontales con velocidades sísmicas diferentes, la primera capa corresponde a suelos de baja compacidad con velocidades que varían entre 400 hasta 500 m/s y el segundo horizonte presenta velocidades que fluctúan entre 1400 hasta 2200 m/s que corresponde al estrato arcilloso intercalado con fragmentos de roca que son esquistos sericíticos o granodioríticas de mediana compacidad; y ,el tercer horizonte sísmico detectado se encuentra a profundidades mayores a 30 metros, cuyas velocidades sísmicas varían entre 2800 hasta 3600m/s, pertenecen a esquistos del basamento metamórfico y a la granodiorita del intrusivo.

- Existe la presencia del nivel freático que mediante los ensayos SPT, se encuentra a una profundidad de 1,70m y a los 3m, la capacidad portante del suelo varía de 3 a 50 ton/m^2, relacionando el tipo de material con valores de SPT estos materiales son: Suelos muy flojos a suelos flojos y suelos medios.

- Las características de los materiales de los depósitos de suelo residual son café claro a amarillento, la humedad natural promedio es de 21.05%, los valores del coeficiente de permeabilidad son variables entre K= $1*10^{-1}$ a $1* 10^{-3}$ cm/seg.

- En base a valores obtenidos de los análisis de suelo del deslizamiento rotacional, se determinó el factor de seguridad mediante el método de Hoek y Bray obteniendo un fs=0,4; teniendo así que el movimientos con valores < 1 se los clasifica como inestable.

9. RECOMENDACIONES

- Como medidas preventivas se puede optar por la elaboración de mapas de riesgos para hacer una adecuada planificación del territorio, éstos son herramientas que permite organizar la información sobre los riesgos del sector y visualizar su magnitud, con el fin de establecer las estrategias adecuadas para su manejo, son muy útiles en la predicción de los movimientos de masa.

- Presentar estos estudios ante el Municipio del cantón Chinchipe, para el trámite de obtención de permisos de construcción de las urbanizaciones, debido a que estas no deben encontrarse en zonas de alta susceptibilidad a movimientos de masa.

- Elaborar un plan de reubicación de la población que se encuentra asentada en las zonas de riesgo.

- El resultado de esta tesis debe ser socializado con las autoridades del cantón y el Gobierno parroquial, para definir superficies para los programas de urbanización y expansión demográfica, en base al Plan de Desarrollo y Ordenamiento Territorial y a la identificación de las zonas susceptibles a deslizamientos.

- Implementar políticas de disuasión tales como: programas de información pública, de tal manera que la ciudadanía tenga información sobre las amenazas de deslizamiento, evitando las inversiones en estas áreas; uso de avisos públicos, el Estado puede colocar vallas o avisos que alerten sobre las amenazas en una determinada área.

- Se debe notificar a la población en general, que por cuestiones de seguridad a su persona, se abstengan de realizar trabajos de remoción de posibles escombros en sitios de deslizamiento, sin la asesoría, supervisión y atención de la autoridad local.

- Realizar la remoción de material suelto de la parte superior del deslizamiento y la construcción de drenajes superficiales distribuidos en la corona del deslizamiento y al pie del talud, revestidos por geomembrana para evitar filtraciones y la cuneta será rellenada de material filtrante (grava y piedra), que evitará la acumulación de sedimentos.

- Otra forma de contrarrestar los deslizamientos y el deterioro de los suelos en la zonas de laderas, son las plantaciones y reforestaciones, la vegetación cumple dos funciones principales, en primer lugar tiende a determinar el contenido de agua en la superficie y, además, da consistencia por el entramado mecánico de sus raíces, como controlador de infiltraciones tiene un efecto directo sobre el régimen de aguas subterráneas y actúa posteriormente como secador del suelo, al tomar el agua que requiere para vivir.

- Emplear técnicas que suministren información sobre la evolución de los deslizamientos, monitoreando el sitio y haciendo un seguimiento de cambios en la superficie entre puntos de referencia, determinación del nivel freático o piezométrico, se podría utilizar clinómetros, extensómetros, entre otros.

- Ejecutar un estudio hidrogeológico e hidrológico del sector, para determinar las principales zonas de recarga natural y las direcciones preferentes de flujo de agua subterránea.

- Antes de la construcción implementar, mejorar y adecuar el terreno, con el objetivo de generar mayor capacidad de carga y prevenir de asentamientos, mediante diferentes técnicas como densificación, sobrecarga, nivelación y construcción de rellenos artificiales, al igual que la inyección de sustancias que incrementen la cohesión.

10. BIBLIOGRAFÍA

- **ÁLCANTARA Ayala**, I. 2000. Índice de susceptibilidad a Movimientos del Terreno y su aplicación en una región semiárida. Revista Mexicana de Ciencias Geológicas.
- **AUDEMARD**. 2002, Metodología para la elaboración de mapas de amenaza por deslizamientos.
- **AUGE Miguel.** 2008. Dr. Geología. Profesor Titular de Hidrogeología Universidad de Buenos Aires Buenos Aires. Métodos Geoloectricos para Prospección. Argentina.
- **AYALA Carcedo, F**. 2002. Una reflexión sobre los mapas de susceptibilidad a los movimientos de ladera, su naturaleza, funciones, problemática y límites.
- **AYALA, F.J., Elliazaga, E. y González, L. I.** 1987 "Impactos económicos y social de los riesgos geológicos en España". Serie Geología Ambiental. Riesgos Geológicos. I.G.M.E. Madrid.
- **BRUNSDEN D., Prior D.B.** 1979. "Slope Stability" John Wiley and Sons.
- **CERRI**, **L.E.** 1993. Riscos Geológicos associados a escorregamentos: umaproposta.
- Tese de Doutoramento. Unesp. Rio Claro.
- **CRUDEN, D.M. y Varnes, D.J.** 1996. Landslides types and processes. En: Turner, A. Schuster (Eds.). Landslides.Investigation and mitigation.Special Report 247. Transportation Research Board, National Research Council, Washington DC.
- **FERRER, C.** 1980. Percepción ambiental en un área de riesgos naturales múltiples. Convención nacional de ASOVAC. Universidad de los Andes, Mérida-Venezuela.
- **IRIGARAY, C**. 2002. Métodos de análisis de la susceptibilidad a los movimientos de ladera mediante S.I.G. En: F.J. Ayala y J. Corominas (eds.). Mapas de susceptibilidad a los movimientos de ladera con técnicas SIG.
- **MORGENSTEM, N.R.** 1997. "Toward landslide risk assessment in practice" Proceedings of the International Workshop on landslide risk assessment. Honolulu, Hawaii, USA.

- **MORA, S; y Vahrson, W.** 1992. Método para la determinación de la amenaza por deslizamientos.
- **GARCIA Fernando.** 2007. Estudios Geotécnicos. España
- **NORIEGA José María**. 2008. "Técnicas de Investigación del suelo: Elaboración e interpretación de estudios geotécnicos Según CTB.DB-SE.C.
- **OROZCO Miguel,** 2002. Geología Física. Thomson Learning. España.
- **PLAFKER**, et al. 1971. Detonantes de Movimientos de Masa.
- **RUIZ** Ramón. El método Científico y sus Etapas. México D.F. 2007
- **SANTACANA Q, N.** 2001. Análisis de la susceptibilidad del terreno a la formación de deslizamientos superficiales y grandes deslizamientos mediante el uso de sistemas de información geográfica.
- **SUÁREZ, Díaz Jaime.** 2009. Deslizamientos: Volumen II. Técnicas de Remediación.
- **T.W.LAMBE, R.V. Whitman**. 1997. Mecánica de suelos, (La formación de suelos).
- **INEC** (Instituto Nacional de Estadísticas y Censos), Resultados del censo 2010 de población y vivienda en el Ecuador.
- **REAL ACADEMIA ESPANOLA DE LA LENGUA**, 1983.Diccionario manual e ilustrado de la lengua española. Ed. Espasa-Calpe. Madrid.
- **CLRIRSEN,** (2010) Semplades, Sigagro, Inigem. Proyecto: Generación de Geoinformacion para la Gestión del Territorio de Nivel Nacional.

11. ANEXOS

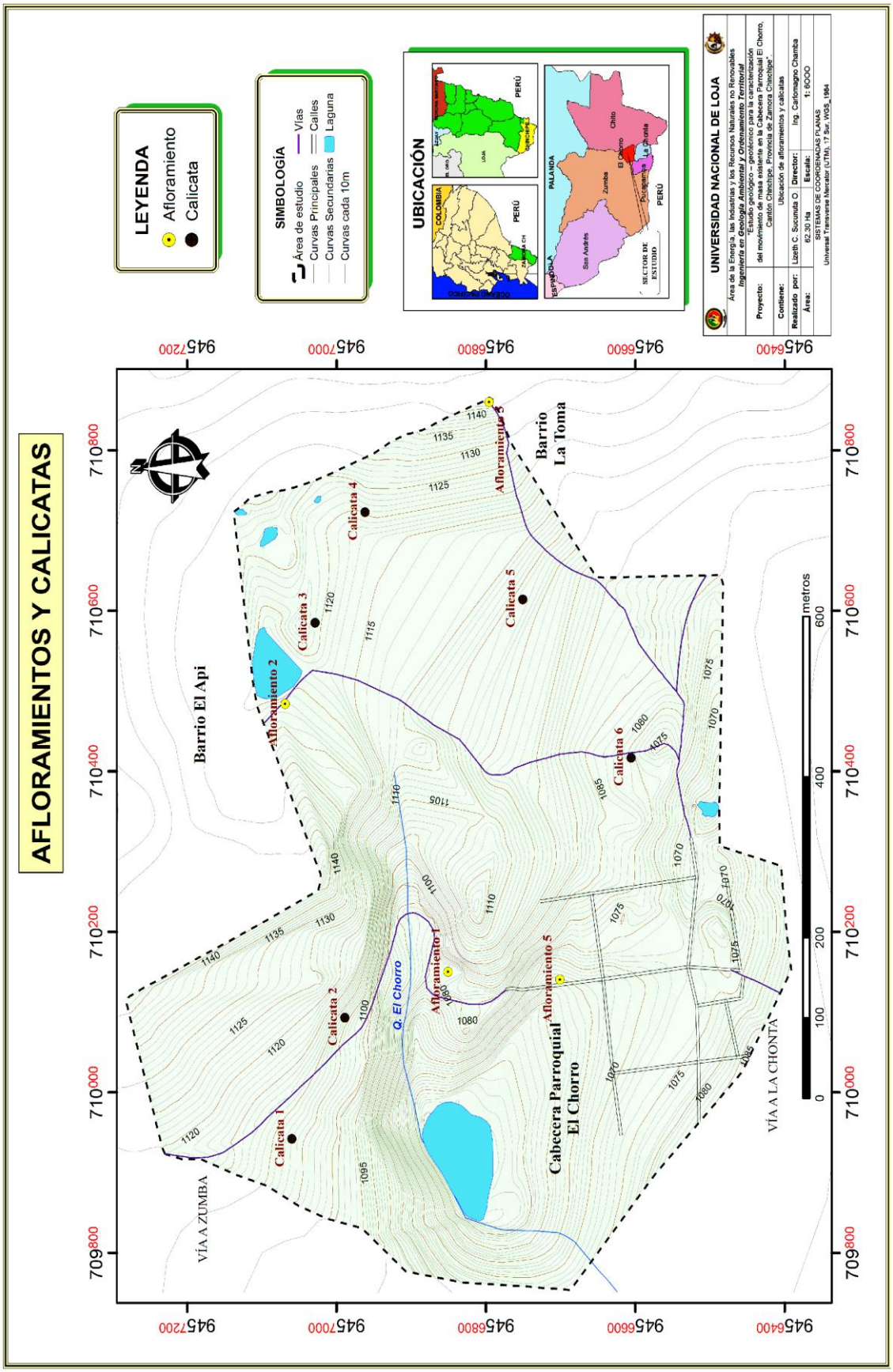
Anexo 1: Tablas modificadas de CLIRSEN del proyecto Generación de Geoinformación para la Cuenca del Río Guayas escala 1: 250.000
Anexo 2: Mapa; Afloramientos y calicatas del Área de Estudio
Anexo 3: Ficha; Descripción del Afloramiento 1
Anexo 4: Ficha; Descripción del Afloramiento 2
Anexo 5: Ficha; Descripción del Afloramiento 3
Anexo 6: Ficha; Descripción del Afloramiento 4
Anexo 7: Ficha; Descripción del Afloramiento 5
Anexo 8: Mapa; SEV - Cortes geoeléctricos del área de estudio
Anexo 9: Medidas de resistividad en campo (SEV 1)
Anexo 10: Medidas de resistividad en campo (SEV 2)
Anexo 11: Medidas de resistividad en campo (SEV 3)
Anexo 12: Medidas de resistividad en campo (SEV 4)
Anexo 13: Medidas de resistividad en campo (SEV 5)
Anexo 14: Medidas de resistividad en campo (SEV 6)
Anexo 15: Medidas de resistividad en campo (SEV 7)
Anexo 16: Medidas de resistividad en campo (SEV 8)
Anexo 17: Medidas de resistividad en campo (SEV 9)
Anexo 18: Medidas de resistividad en campo (SEV 10)
Anexo 19: Medidas de resistividad en campo (SEV 11)
Anexo 20: Medidas de resistividad en campo (SEV 12)
Anexo 21: Medidas de resistividad en campo (SEV 13)
Anexo 22: Medidas de resistividad en campo (SEV 14)
Anexo 23: Medidas de resistividad en campo (SEV 15)
Anexo 24: Medidas de resistividad en campo (SEV 16)
Anexo 25: Medidas de resistividad en campo (SEV 17)
Anexo 26: Medidas de resistividad en campo (SEV 18)
Anexo 27: Medidas de resistividad en campo (SEV 19)
Anexo 28: Medidas de resistividad en campo (SEV 20)
Anexo 29: Medidas de resistividad en campo (SEV 21)
Anexo 30: Medidas de resistividad en campo (SEV 22)
Anexo 32: Mapa; Líneas Sísmicas del Área de Estudio
Anexo 33: Dromocronas, Perfiles sísmicos y acelerogramas.
Anexo 34: Mapa; SPT del área de estudio
Anexo 35: Fichas; Ensayos de SPT
Anexo 36: Ficha; Descripción de calicatas
Anexo 37: Fichas; Descripción de movimientos de masa

Anexo 1: Tablas modificadas de CLIRSEN del proyecto Generación de Geoinformación para la Cuenca del Río Guayas escala 1: 250.000

	UNIDAD MORFOLOGICA	cod	UNIDAD GENETICA	cod	FORMA DE RELIEVE	COD	No.
DEPOSICIONAL	VALLE	Va	DEPOSICIONAL	Va	Valle fluvial	Va	1
		Vi	DEPOSICIONAL	Vi	Valle indiferenciado	Vi	2
		Vv	DEPOSICIONAL	Vv	Valle en V	Vv	3
	TERRAZA ALUVIAL	Tb	DEPOSICIONAL	Tb	Terraza baja y cauce actual	Tb	4
		Tm	DEPOSICIONAL	Tm	Terraza media	Tm	5
		Ta	DEPOSICIONAL	Ta	Terraza alta	Ta	6
		Ti	DEPOSICIONAL	Ti	Terrazas indiferenciadas	Ti	7
	CONO	Cy	DEPOSICIONAL	Cy	Superficie de cono de deyeccion reciente	Cy	8
		Cds	DEPOSICIONAL	Cds	Superficie de cono de deyeccion antiguo	Cds	9
		Cda	DEPOSICIONAL	Cda	Abrupto de cono de deyeccion antiguo	Cda	10
		Tcy	DEPOSICIONAL	Tcy	Testigo de cono de deyeccion	Tcy	11
		Ces	DEPOSICIONAL	Ces	Superficie de cono de esparcimiento	Ces	12
		Cdr	DEPOSICIONAL	Cdr	Cono de derrubios	Cdr	13
		Tdr	DEPOSICIONAL	Tdr	Talud de derrubios	Tdr	14
	LLANURA ALUVIAL RECIENTE	Nb	DEPOSICIONAL	Nb	Nivel plano	Nb	15
		Na	DEPOSICIONAL	Na	Nivel ondulado con presencia de agua	Na	16
		No	DEPOSICIONAL	No	Nivel ligeramente ondulado	No	17
		D	DEPOSICIONAL	D	Dique o banco aluvial	D	18
		Ca	DEPOSICIONAL	Ca	Cauce abandonado	Ca	19
		B	DEPOSICIONAL	B	Basin	B	20
		M	DEPOSICIONAL	M	Meandro abandonado	M	21
		Nb/Na	DEPOSICIONAL	Nb/Na	Nivel plano/Nivel ondulado con presencia de agua	Nb/Na	22
		Na/Nb	DEPOSICIONAL	Na/Nb	Nivel ondulado con presencia de agua/Nivel plano	Na/Nb	23
	LLANURA ALUVIAL ANTIGUA	L1	DEPOSICIONAL	L1	Superficie poco disectada	L1	24
		L2	DEPOSICIONAL	L2	Superficie disectada	L2	25
		L3	DEPOSICIONAL	L3	Superficie muy disectada	L3	26
		Alla	DEPOSICIONAL	Alla	Abrupto de llanura antigua	Ala	72
		Dc	DEPOSICIONAL	Dc	Depresion de decantacion	Dc	27
DENUDATIVO	COLUVION	Cr	DENUDATIVO	Cr	Coluvion reciente	Cr	28
		Can	DENUDATIVO	Can	Coluvion antiguo	Can	29
	COLUVIO ALUVIAL	Cv	DENUDATIVO	Cv	Coluvio aluvial reciente	Cv	30
		Co	DENUDATIVO	Co	Coluvio aluvial antiguo	Co	31
	GARGANTA	Gr	DENUDATIVO	Gr	Garganta	Gr	32
		Grp	DENUDATIVO	Grp	Garganta con presencia de valles indiferenciados	Grp	33
		Grt	DENUDATIVO	Grt	Garganta con presencia de terrazas	Grt	34
	ENCAÑONAMIENTO	Ec	DENUDATIVO	Ec	Encañonamiento	Ec	35
ESTRUCTURAL	MESA	S1	ESTRUCTURAL	S1	Superficie de mesa	S1	36
		S2	ESTRUCTURAL	S2	Superficie disectada de mesa	S2	37
		S3	ESTRUCTURAL	S3	Cornisa de mesa	S3	38
		S4	ESTRUCTURAL	S4	Vertiente de mesa	S4	39
		S5	ESTRUCTURAL	S5	Testigo de cornisa de mesa	S5	40
		S6	ESTRUCTURAL	S6	Encañonamiento de mesa	S6	41
	CUESTA	C1	ESTRUCTURAL	C1	Superficie de cuesta	C1	42
		C2	ESTRUCTURAL	C2	Frente de cuesta	C2	43
		C4	ESTRUCTURAL	C4	Testigos de cuesta	C4	
		C5	ESTRUCTURAL	C5	Superficie disectada de cuesta	C	
		C3	ESTRUCTURAL	C3	Vertiente de cuesta	C3	44
	CHEVRONES	K1	ESTRUCTURAL	K1	Superficie de chevron	K1	45
		K3	ESTRUCTURAL	K3	Vertientes inferiores de chevron	K3	
		K2	ESTRUCTURAL	K2	Frente de chevron	K2	46
TECTONICO EROSIVO	RELIEVE	R1	TECTONICO EROSIVO	R1	Relieve ondulado	R1	47
		R2	TECTONICO EROSIVO	R2	Relieve colinado muy bajo	R2	48
		R3	TECTONICO EROSIVO	R3	Relieve colinado bajo	R3	49
		R4	TECTONICO EROSIVO	R4	Relieve colinado medio	R4	50
		R5	TECTONICO EROSIVO	R5	Relieve colinado alto	R5	51
		R6	TECTONICO EROSIVO	R6	Relieve colinado muy alto	R6	52
		R7	TECTONICO EROSIVO	R7	Relieve montañoso	R7	53
		Ct	TECTONICO EROSIVO	Ct	Cerro testigo	Ct	54
		Ef	TECTONICO EROSIVO	Ef	Escarpe de falla	Ef	55
		Par	TECTONICO EROSIVO	Par	Picos y afloramientos rocosos	Par	56
VOLCANICO EROSIVO	EDIFICIO VOLCANICO	Kt	VOLCANICO EROSIVO	Kt	Crater	Kt	57
		Fvo	VOLCANICO EROSIVO	Fvo	Flancos de edificio volcanico	Fvo	58
		Kd	VOLCANICO EROSIVO	Kd	Caldera	Kd	59
		Flv	VOLCANICO EROSIVO	Flv	Flujos de lava	Flv	60
		Flp	VOLCANICO EROSIVO	Flp	Flujos de piroclastos	Flp	60
		Fld	VOLCANICO EROSIVO	Fld	Flujos de lodo	Fld	61
MODELADO GLACIAR	VALLE GLACIAR	Fvg	MODELADO GLACIAR	Fvg	Fondo de valle glaciar	Fvg	62
		Vvg	MODELADO GLACIAR	Vvg	Vertiente de valle glaciar	Vvg	63
		Art	MODELADO GLACIAR	Art	Arista	Art	64
		Rab	MODELADO GLACIAR	Rab	Rocas aborregadas	Rab	65
		Dro	MODELADO GLACIAR	Dro	Drumlins rocosos	Dro	66
	CIRCO GLACIAR	Fcg	MODELADO GLACIAR	Fcg	Fondo de circo glaciar	Fcg	67
		Pcg	MODELADO GLACIAR	Pcg	Pared de circo glaciar	Pcg	68
		Mfo	MODELADO GLACIAR	Mfo	Morrena de fondo	Mfo	69
		Mla	MODELADO GLACIAR	Mla	Morrena lateral	Mla	70
		Mfr	MODELADO GLACIAR	Mfr	Morrena de frente	Mfr	71

Fuente: CLRIRSEN, Semplades, Sigagro, Inigem. (2010) Proyecto: Generación de Geoinformacion para la Gestión del Territorio de Nivel Nacional.

Anexo 2: *Mapa; Afloramientos y calicatas del Área de Estudio*



Anexo 3: Ficha; Descripción del Afloramiento 1

REGISTRO DE AFLORAMIENTOS:

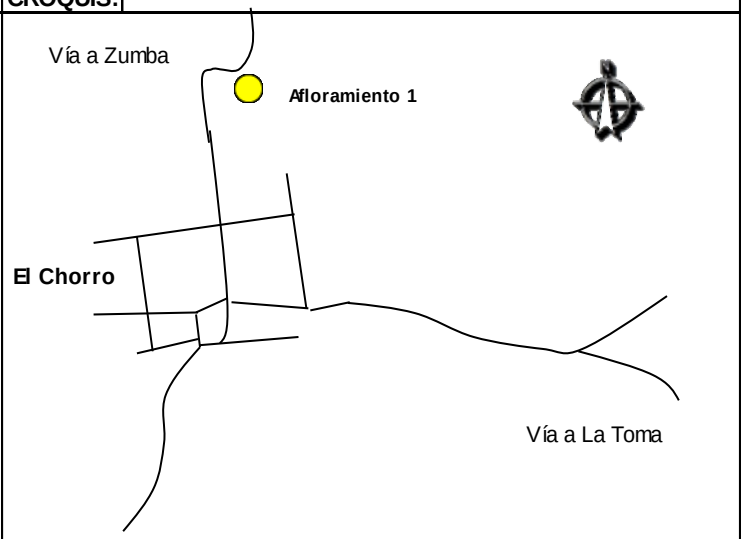
REGISTRO Nº:	**000-1**	**RESPONSABLE:**	Lizeth C. Sucunuta O.
CÓDIGO:	AFLORAMIENTO 1	**FECHA:**	04/09/2012
PROYECTO:	"Estudio geológico – geotécnico para la caracterización del movimiento de masa existente en la Cabecera Parroquial El Chorro, Cantón Chinchipe, Provincia de Zamora Chinchipe".		
TIPO DE AFLORAMIENTO:	Natural Artificial **X**		
CONTEXTO GEOMORFÓLOGICO:	Relieve montañoso, con escasa vegetación.		
DIMENSIONES (axh):	35m*12m		
DATOS ESTRUCTURALES:	Buzamiento 62˚ SW Rumbo 105˚		

X:	710150
Y:	9456851
Z:	1110 m.s.n.m

DESCRIPCIÓN LITOLÓGICA:

Contiene conglomerados de tipo coluvio-aluviales, que continen clastos subredondeados de tipo metamórfico y volcánico, con un diámetro de 3 – 10 cm, dentro una matriz limo arcilloso.
Muestra el contacto entre los conglomerados de tipo coluvio-aluviales y las areniscas blanquecinas de granulometría fina.
El conglomerado se rompe con varios golpes de martillo. (Moderadamente dura), mientras que las areniscas presentan una resistencia a la rotura media a baja y una fractura granular irregular de aspecto arenoso.
Se identifican minerales como el cuarzo, limonita, piroxeno y turmalina.

CROQUIS:



Anexo 4: Ficha; Descripción del Afloramiento 2

REGISTRO DE AFLORAMIENTOS:

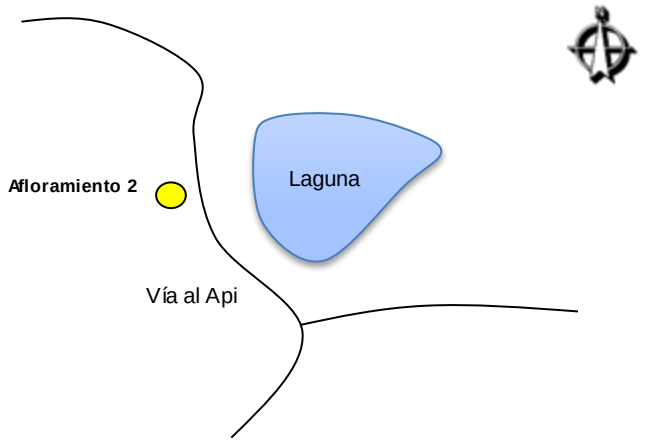
REGISTRO Nº:	**000-2**	**RESPONSABLE:**	Lizeth C. Sucunuta O.
CÓDIGO:	AFLORAMIENTO 2	**FECHA:**	04/09/2012
PROYECTO:	"Estudio geológico – geotécnico para la caracterización del movimiento de masa existente en la Cabecera Parroquial El Chorro, Cantón Chinchipe, Provincia de Zamora Chinchipe".		
TIPO DE AFLORAMIENTO:	Natural Artificial **X**	**Estratos**	
CONTEXTO GEOMORFÓLOGICO:	Relieve irregular, con escasa vegetación		
DIMENSIONES (axh):	28m*4m		
DATOS ESTRUCTURALES:	Buzamiento 51˚ SW Rumbo 95˚		

X:	710484
Y:	9457069
Z:	1125 m.s.n.m

DESCRIPCIÓN LITOLÓGICA:

Contiene areniscas de granulometría fina.
Presenta clastos de tipo metamórfico, se identidican minerales como cuarzo, magnetita, piroxeno, turmalina, otros.
Se distingue una coloración blanquecina.
Presenta una resistencia a la rotura media a baja.
Fractura granular irregular, aspecto arenoso ya que suele desmoronarse con facilidad.

CROQUIS:



Anexo 5: Ficha; Descripción del Afloramiento 3

REGISTRO DE AFLORAMIENTOS:

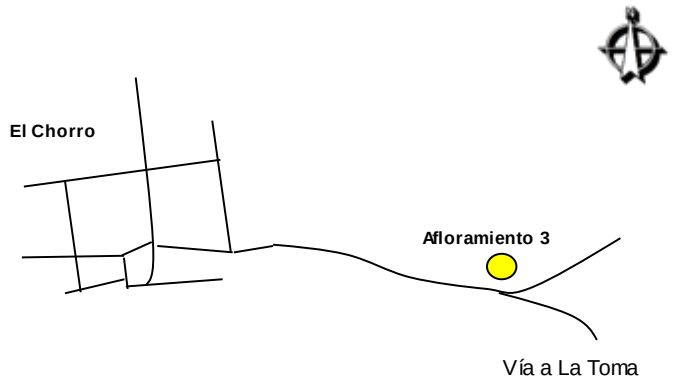
REGISTRO Nº:	**000-3**	**RESPONSABLE:**	Lizeth C. Sucunuta O.
CÓDIGO:	AFLORAMIENTO 3	**FECHA:**	04/09/2012
PROYECTO:	"Estudio geológico – geotécnico para la caracterización del movimiento de masa existente en la Cabecera Parroquial El Chorro, Cantón Chinchipe, Provincia de Zamora Chinchipe".		
TIPO DE AFLORAMIENTO:	Natural Artificial **X**		
CONTEXTO GEOMORFÓLOGICO:	Relieve montañoso, con vegetación arbustiva.		
DIMENSIONES (axh):	16m*5m		
DATOS ESTRUCTURALES:	–		

X:	710860
Y:	9456796
Z:	1147 m.s.n.m

DESCRIPCIÓN LITOLÓGICA:

Granodiorita meteorizada, presenta una coloración gris claro a rojiza por el alto contenido de óxido de hierro.
Se consideran muy frágiles y fracturados.
Se disgregan totalmente con un golpe del pico de martillo.
Se deshace con navaja, es muy blanda.
Presenta minerales tales como: cuarzo, olivino, limonita, moscovita, otros.

CROQUIS:



Anexo 6: Ficha; Descripción del Afloramiento 4

REGISTRO DE AFLORAMIENTOS:

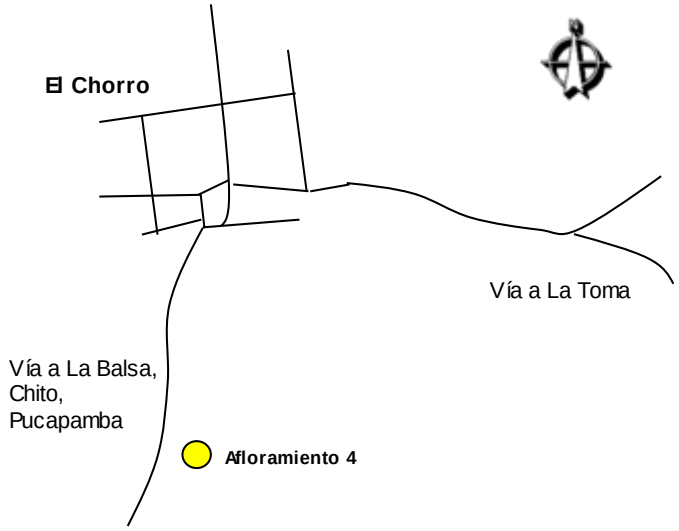
REGISTRO Nº:	**000-4**	**RESPONSABLE:**	Lizeth C. Sucunuta O.
CÓDIGO:	AFLORAMIENTO 4	**FECHA:**	04/09/2012
PROYECTO:	"Estudio geológico – geotécnico para la caracterización del movimiento de masa existente en la Cabecera Parroquial El Chorro, Cantón Chinchipe, Provincia de Zamora Chinchipe".		
TIPO DE AFLORAMIENTO:	Natural **X** Artificial **Rocoso**		
CONTEXTO GEOMORFÓLOGICO:	Relieve ondulado suave, con escasa vegetación.		
DIMENSIONES (axh):	5m*2m		
DATOS ESTRUCTURALES:	—		

X:	710166
Y:	9456164
Z:	1109 m.s.n.m

DESCRIPCIÓN LITOLÓGICA:

Tobas muy meteorizadas, de coloración blanquecina, se halla la presencia de clastos pequeños de tipo metamórfico e ígneo, sobre suelos residuales limo-arenosos.
Tiene aspecto arenoso, es áspera, con resistencia a la rotura baja.
Se desmorona facilmente.
Contiene minerales como: magnetita, cuarzo y biotita.

CROQUIS:



Anexo 7: Ficha; Descripción del Afloramiento 5

REGISTRO DE AFLORAMIENTOS:

REGISTRO Nº:	**000-5**	**RESPONSABLE:**	Lizeth C. Sucunuta O.
CÓDIGO:	AFLORAMIENTO 5	**FECHA:**	04/09/2012
PROYECTO:	"Estudio geológico – geotécnico para la caracterización del movimiento de masa existente en la Cabecera Parroquial El Chorro, Cantón Chinchipe, Provincia de Zamora Chinchipe".		
TIPO DE AFLORAMIENTO:	Natural Artificial **X**		
CONTEXTO GEOMORFÓLOGICO:	Relieve irregular, con escasa vegetación.		
DIMENSIONES (axh):	13m*6m		
DATOS ESTRUCTURALES:	—		

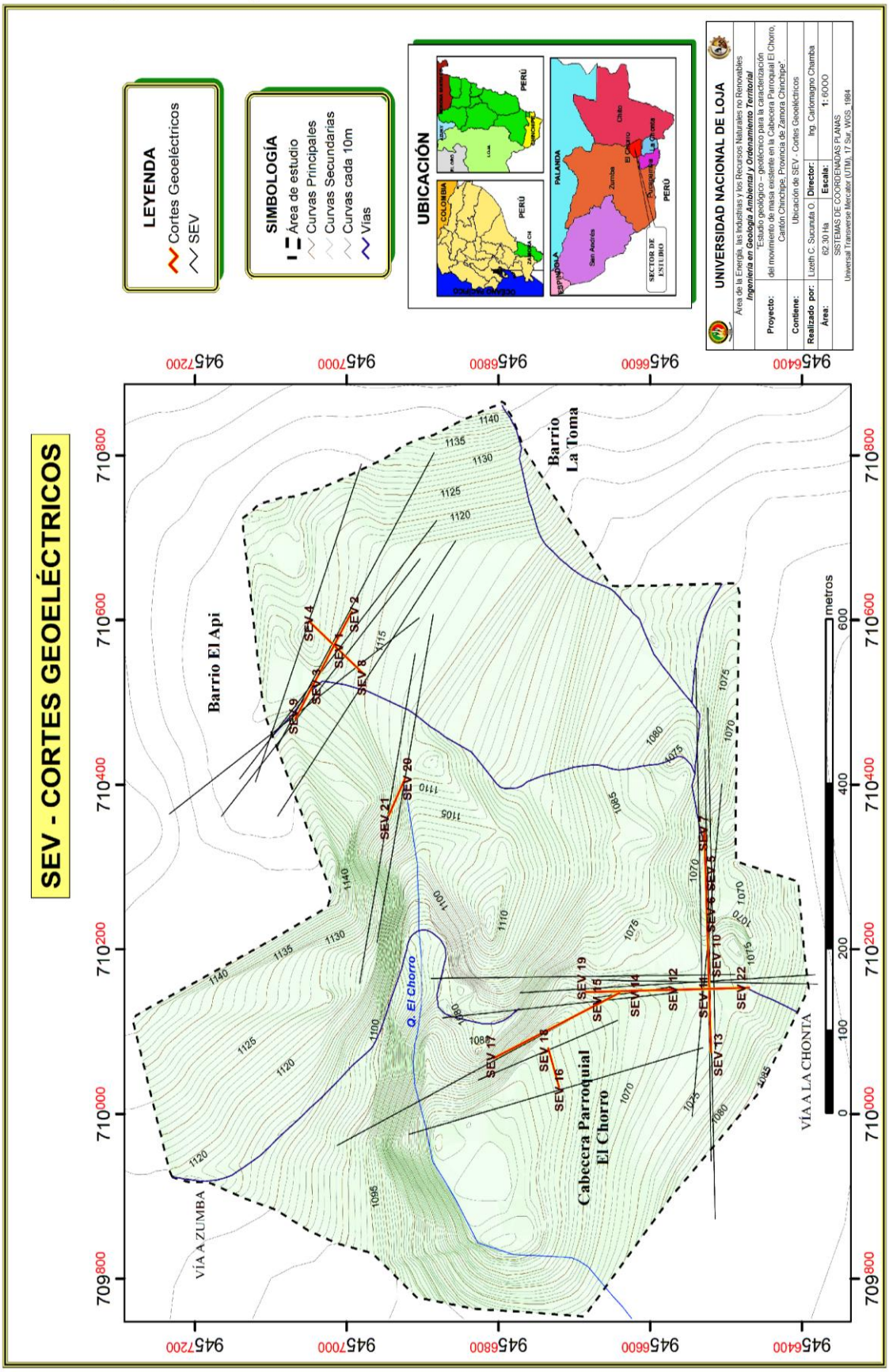
X:	710108
Y:	9456698
Z:	1114 m.s.n.m

DESCRIPCIÓN LITOLÓGICA:

Compuesto por areniscas de coloración blanquecina, presenta granulometría fina.
Presenta una resistencia a la rotura media, fractura granular irregular.
Se identifican minerales como el cuarzo, magnetita, piroxeno y turmalina.

CROQUIS:

Anexo 8: Mapa; SEV - Cortes geoeléctricos del Área de Estudio



Anexo 9: Medidas de resistividad en campo (SEV 1)

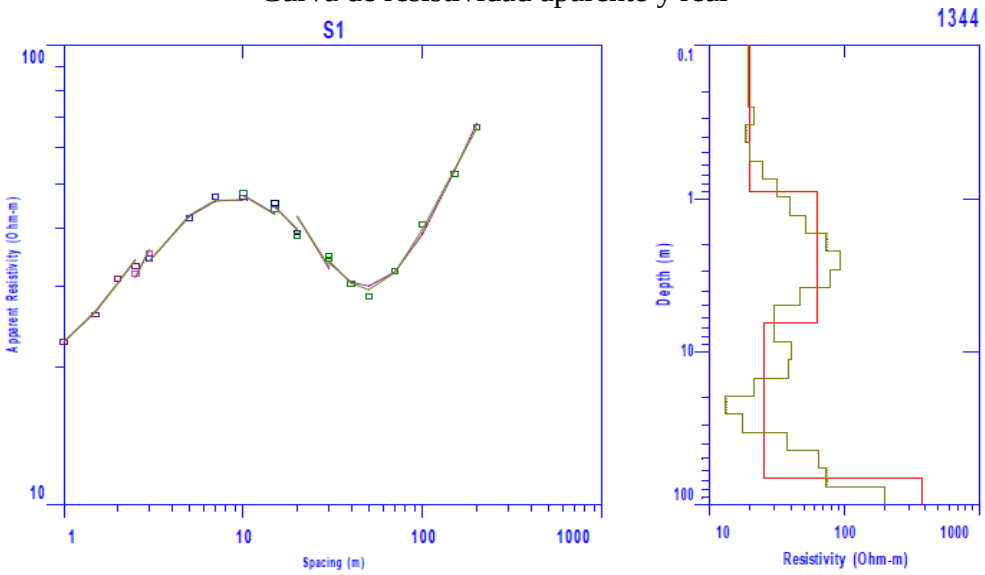
S1

Schlumberger Array

Northing: 9457013.0 Easting: 710566.0 Elevation: 1119.0

No.	Spacing (meters) AB/2	MN	Data Resistivity	Layered Model: Synthetic Resistivity	DIFFERENCE	Smooth Model: Synthetic Resistivity	DIFFERENCE
1	1.00	1.00	22.65	22.63	0.0762	22.60	0.232
2	1.50	1.00	25.95	26.28	-1.26	26.40	-1.74
3	2.00	1.00	31.09	30.37	2.34	30.37	2.32
4	2.50	1.00	33.15	34.14	-2.97	34.04	-2.69
5	2.50	2.00	31.91	31.25	2.06	31.23	2.12
6	3.00	1.00	35.19	35.97	-2.20	35.89	-1.98
7	3.00	2.00	34.37	33.95	1.22	33.89	1.39
8	5.00	2.00	42.16	42.46	-0.705	42.71	-1.30
9	7.00	2.00	46.88	45.83	2.24	46.07	1.72
10	10.00	2.00	46.68	46.18	1.07	46.01	1.44
11	10.00	5.00	47.84	47.22	1.28	47.12	1.49
12	15.00	2.00	43.98	43.08	2.05	42.86	2.55
13	15.00	5.00	45.38	44.68	1.53	44.45	2.03
14	20.00	5.00	39.18	39.64	-1.17	39.86	-1.75
15	20.00	20.00	38.56	42.48	-10.15	42.44	-10.03
16	30.00	5.00	34.80	32.75	5.89	33.08	4.93
17	30.00	20.00	34.23	33.73	1.47	34.01	0.663
18	40.00	20.00	30.25	30.50	-0.851	30.33	-0.291
19	50.00	20.00	28.39	29.94	-5.45	29.39	-3.50
20	70.00	20.00	32.29	32.13	0.515	32.01	0.878
21	100.0	20.00	40.77	38.89	4.62	39.82	2.33
22	150.0	20.00	52.57	53.18	-1.15	53.58	-1.91
23	200.0	20.00	66.51	67.66	-1.72	65.98	0.803

Curva de resistividad aparente y real



Anexo 10: Medidas de resistividad en campo (SEV 2)

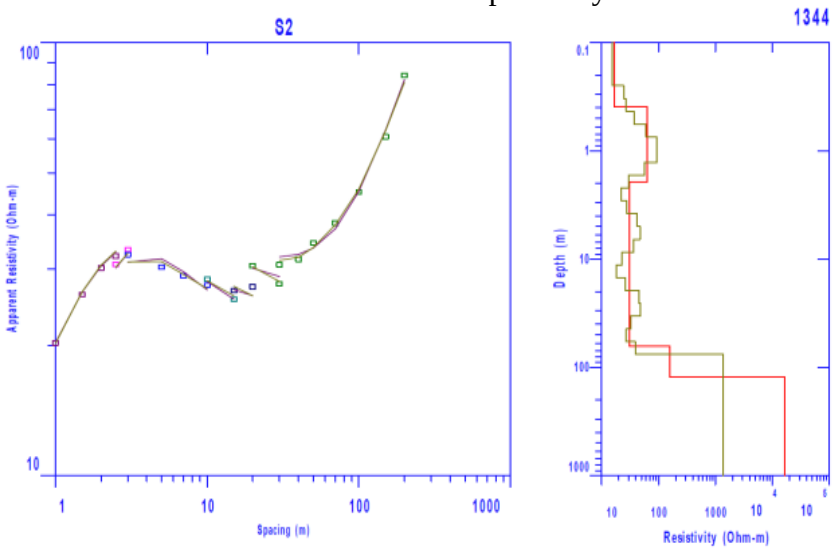
S2

Schlumberger Array

Northing: 9456991.0 Easting: 710625.0 Elevation: 1118.0

No.	Spacing (meters) AB/2	MN	Data Resistivity	Layered Model: Synthetic Resistivity	DIFFERENCE	Smooth Model: Synthetic Resistivity	DIFFERENCE
1	1.00	1.00	20.23	20.25	-0.0823	20.15	0.417
2	1.50	1.00	26.20	26.51	-1.18	26.54	-1.31
3	2.00	1.00	30.17	30.46	-0.978	30.62	-1.50
4	2.50	1.00	32.14	32.81	-2.06	32.96	-2.55
5	2.50	2.00	30.72	30.15	1.85	30.27	1.47
6	3.00	1.00	33.24	32.57	2.01	32.61	1.91
7	3.00	2.00	32.37	31.10	3.93	31.15	3.76
8	5.00	2.00	30.31	31.69	-4.54	31.21	-2.95
9	7.00	2.00	28.91	29.55	-2.21	29.12	-0.720
10	10.00	2.00	27.55	26.85	2.52	27.04	1.85
11	10.00	5.00	28.44	28.09	1.20	28.18	0.899
12	15.00	2.00	25.52	25.55	-0.116	26.02	-1.95
13	15.00	5.00	26.74	26.88	-0.523	27.36	-2.30
14	20.00	5.00	27.30	26.02	4.68	26.01	4.72
15	20.00	20.00	30.52	30.13	1.28	30.34	0.594
16	30.00	5.00	27.74	28.81	-3.84	28.07	-1.18
17	30.00	20.00	30.70	31.99	-4.17	31.41	-2.29
18	40.00	20.00	31.60	32.42	-2.60	31.93	-1.04
19	50.00	20.00	34.48	33.51	2.79	33.61	2.52
20	70.00	20.00	38.30	37.15	3.02	37.94	0.953
21	100.0	20.00	45.17	45.31	-0.316	45.88	-1.56
22	150.0	20.00	60.68	62.83	-3.54	62.54	-3.06
23	200.0	20.00	84.04	82.19	2.19	81.03	3.58

Curva de resistividad aparente y real



Anexo 11: Medidas de resistividad en campo (SEV 3)

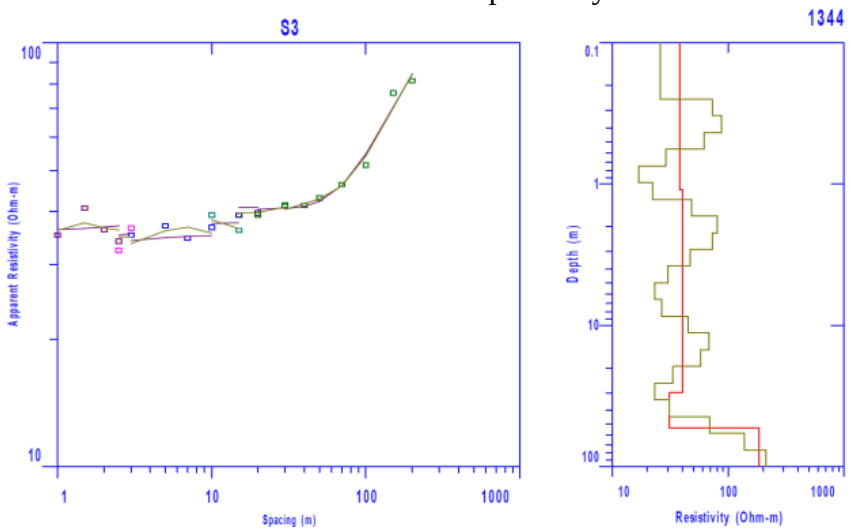
S3

Schlumberger Array

Northing: 9457036.0 Easting: 710522.0 Elevation: 1119.0

No.	Spacing (meters) AB/2	MN	Data Resistivity	Layered Model: Synthetic Resistivity	DIFFERENCE	Smooth Model: Synthetic Resistivity	DIFFERENCE
1	1.00	1.00	35.22	36.25	-2.92	36.10	-2.51
2	1.50	1.00	40.71	36.47	10.40	37.60	7.63
3	2.00	1.00	36.20	36.75	-1.52	36.59	-1.08
4	2.50	1.00	34.01	37.01	-8.83	36.17	-6.36
5	2.50	2.00	32.40	35.16	-8.49	34.85	-7.53
6	3.00	1.00	36.53	35.49	2.86	34.80	4.74
7	3.00	2.00	35.22	34.13	3.09	33.57	4.70
8	5.00	2.00	37.04	34.70	6.32	36.03	2.72
9	7.00	2.00	34.58	34.93	-0.996	36.74	-6.24
10	10.00	2.00	36.66	35.07	4.33	35.57	2.95
11	10.00	5.00	39.21	37.50	4.37	38.24	2.47
12	15.00	2.00	36.09	37.61	-4.21	36.44	-0.964
13	15.00	5.00	39.21	40.86	-4.20	39.69	-1.22
14	20.00	5.00	39.68	40.93	-3.16	39.77	-0.240
15	20.00	20.00	39.26	40.46	-3.04	39.78	-1.31
16	30.00	5.00	41.37	40.77	1.45	41.02	0.852
17	30.00	20.00	41.19	40.56	1.52	40.42	1.86
18	40.00	20.00	41.30	41.15	0.344	41.78	-1.17
19	50.00	20.00	43.03	42.25	1.80	42.84	0.437
20	70.00	20.00	46.36	46.09	0.581	46.01	0.755
21	100.0	20.00	51.45	54.65	-6.21	54.04	-5.03
22	150.0	20.00	76.14	70.40	7.53	70.00	8.06
23	200.0	20.00	81.32	84.29	-3.64	84.66	-4.10

Curva de resistividad aparente y real



Anexo 12: Medidas de resistividad en campo (SEV 4)

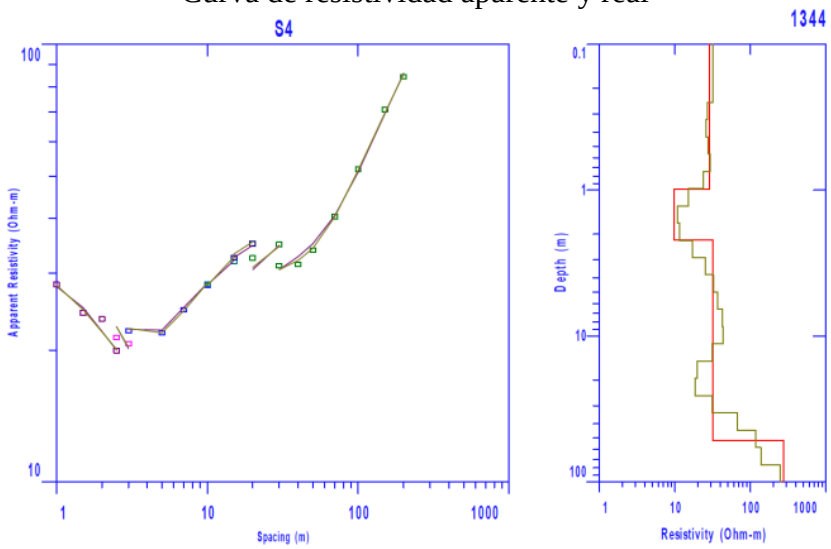
S4

Schlumberger Array

Northing: 9457052.0 Easting: 710599.0 Elevation: 1122.0

No.	Spacing (meters) AB/2	MN	Data Resistivity	Layered Model: Synthetic Resistivity	DIFFERENCE	Smooth Model: Synthetic Resistivity	DIFFERENCE
1	1.00	1.00	28.26	27.97	1.02	28.17	0.303
2	1.50	1.00	24.34	25.03	-2.82	24.76	-1.70
3	2.00	1.00	23.58	22.10	6.24	22.03	6.56
4	2.50	1.00	19.95	20.00	-0.232	20.09	-0.717
5	2.50	2.00	21.38	22.64	-5.87	22.62	-5.79
6	3.00	1.00	20.69	20.18	2.43	20.32	1.75
7	3.00	2.00	22.13	22.32	-0.876	22.42	-1.30
8	5.00	2.00	21.93	22.22	-1.30	21.92	0.065
9	7.00	2.00	24.75	25.05	-1.23	24.62	0.514
10	10.00	2.00	28.14	28.45	-1.09	28.44	-1.06
11	10.00	5.00	28.30	28.17	0.455	28.10	0.697
12	15.00	2.00	31.84	32.02	-0.566	32.65	-2.55
13	15.00	5.00	32.53	32.55	-0.0502	33.16	-1.91
14	20.00	5.00	35.04	34.71	0.937	35.37	-0.954
15	20.00	20.00	32.48	30.54	5.99	30.93	4.78
16	30.00	5.00	34.90	34.74	0.463	34.53	1.05
17	30.00	20.00	31.16	30.54	1.99	30.55	1.97
18	40.00	20.00	31.38	32.72	-4.27	32.07	-2.19
19	50.00	20.00	33.85	35.01	-3.42	34.16	-0.923
20	70.00	20.00	40.40	40.64	-0.591	40.35	0.116
21	100.0	20.00	51.80	51.02	1.51	51.56	0.472
22	150.0	20.00	70.90	69.22	2.37	69.58	1.85
23	200.0	20.00	84.35	85.86	-1.79	85.40	-1.24

Curva de resistividad aparente y real



Anexo 13: Medidas de resistividad en campo (SEV 5)

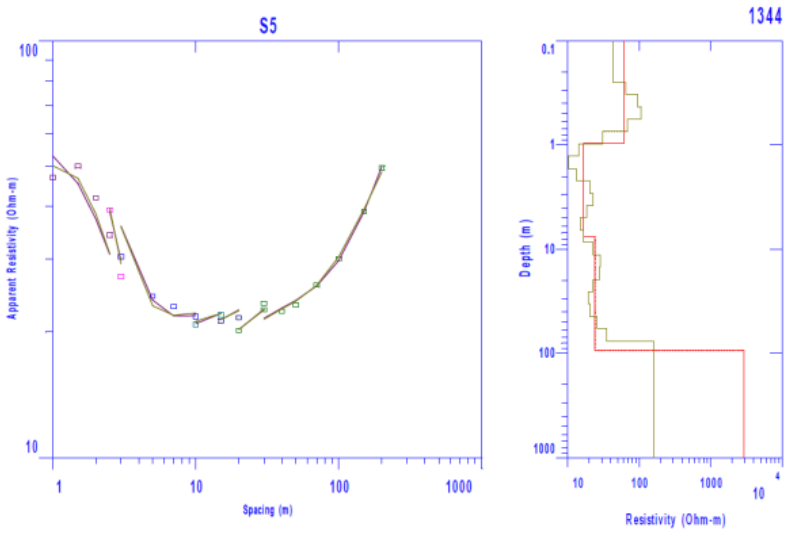
S5

Schlumberger Array

Northing: 9456517.0 Easting: 710287.0 Elevation: 1066.0

No.	Spacing (meters) AB/2	MN	Data Resistivity	Layered Model: Synthetic Resistivity	DIFFERENCE	Smooth Model: Synthetic Resistivity	DIFFERENCE
1	1.00	1.00	46.94	52.93	-12.74	50.14	-6.81
2	1.50	1.00	50.00	45.44	9.10	46.75	6.48
3	2.00	1.00	41.93	37.35	10.93	38.45	8.29
4	2.50	1.00	34.20	30.71	10.20	30.91	9.60
5	2.50	2.00	39.26	38.94	0.821	39.67	-1.03
6	3.00	1.00	27.19	29.76	-9.43	29.22	-7.45
7	3.00	2.00	30.35	35.92	-18.35	35.75	-17.81
8	5.00	2.00	24.41	23.85	2.30	23.11	5.32
9	7.00	2.00	23.01	21.86	4.98	21.94	4.62
10	10.00	2.00	21.79	21.88	-0.423	22.21	-1.95
11	10.00	5.00	20.86	20.94	-0.418	21.23	-1.80
12	15.00	2.00	21.99	22.15	-0.755	22.17	-0.826
13	15.00	5.00	21.30	21.40	-0.466	21.43	-0.631
14	20.00	5.00	21.67	22.61	-4.30	22.49	-3.78
15	20.00	20.00	20.18	20.26	-0.401	20.30	-0.606
16	30.00	5.00	23.43	22.69	3.12	22.59	3.57
17	30.00	20.00	22.64	21.57	4.71	21.46	5.19
18	40.00	20.00	22.43	22.84	-1.81	22.73	-1.31
19	50.00	20.00	23.25	23.82	-2.46	23.71	-1.98
20	70.00	20.00	25.90	25.79	0.431	25.87	0.098
21	100.0	20.00	30.00	29.67	1.11	30.33	-1.10
22	150.0	20.00	38.91	38.80	0.269	39.39	-1.24
23	200.0	20.00	49.51	49.88	-0.741	48.40	2.24

Curva de resistividad aparente y real



Anexo 14: Medidas de resistividad en campo (SEV 6)

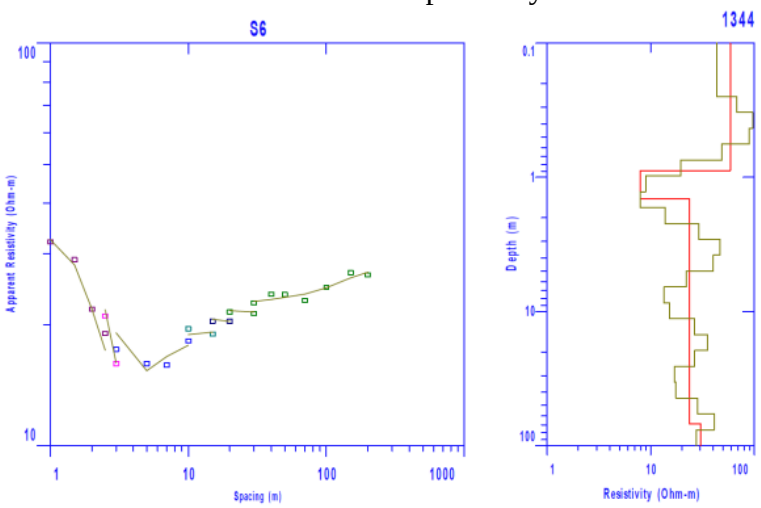
S6

Schlumberger Array

Northing: 9456520.0 Easting: 710237.0 Elevation: 1067.0

No.	Spacing (meters) AB/2	MN	Data Resistivity	Layered Model: Synthetic Resistivity	DIFFERENCE	Smooth Model: Synthetic Resistivity	DIFFERENCE
1	1.00	1.00	32.08			32.51	-1.32
2	1.50	1.00	28.96			28.11	2.94
3	2.00	1.00	21.84			21.89	-0.202
4	2.50	1.00	19.00			17.26	9.13
5	2.50	2.00	21.01			21.76	-3.57
6	3.00	1.00	15.99			16.06	-0.446
7	3.00	2.00	17.34			19.06	-9.93
8	5.00	2.00	15.99			15.35	4.01
9	7.00	2.00	15.86			16.66	-5.05
10	10.00	2.00	18.20			17.75	2.44
11	10.00	5.00	19.51			18.87	3.28
12	15.00	2.00	18.92			19.14	-1.15
13	15.00	5.00	20.36			20.60	-1.18
14	20.00	5.00	20.36			20.34	0.090
15	20.00	20.00	21.49			21.65	-0.733
16	30.00	5.00	21.30			21.47	-0.782
17	30.00	20.00	22.64			22.82	-0.792
18	40.00	20.00	23.80			23.08	3.02
19	50.00	20.00	23.73			23.35	1.57
20	70.00	20.00	22.96			23.80	-3.67
21	100.0	20.00	24.71			24.67	0.145
22	150.0	20.00	26.89			26.11	2.87
23	200.0	20.00	26.54			26.96	-1.60

Curva de resistividad aparente y real



Anexo 15: Medidas de resistividad en campo (SEV 7)

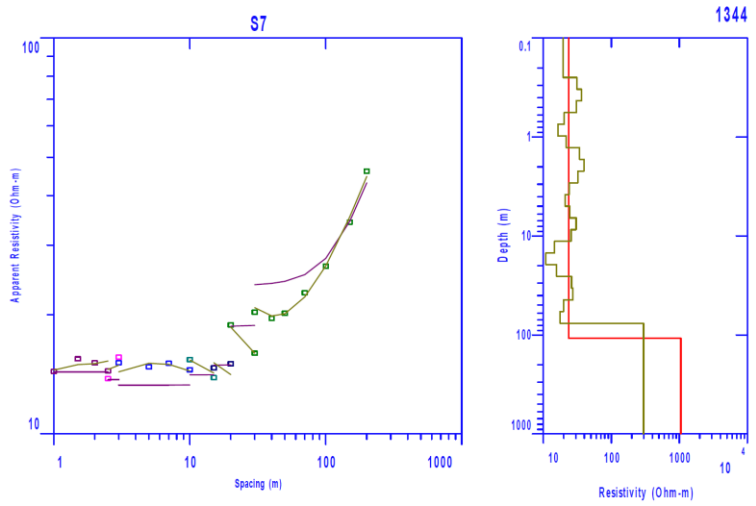
S7

Schlumberger Array

Northing: 9456533.0 Easting: 710335.0 Elevation: 1070.0

No.	Spacing (meters) AB/2	MN	Data Resistivity	Layered Model: Synthetic Resistivity	DIFFERENCE	Smooth Model: Synthetic Resistivity	DIFFERENCE
1	1.00	1.00	14.38	14.33	0.364	14.49	-0.745
2	1.50	1.00	15.47	14.33	7.37	14.96	3.30
3	2.00	1.00	15.12	14.33	5.21	15.05	0.475
4	2.50	1.00	14.42	14.33	0.612	15.28	-5.96
5	2.50	2.00	13.79	13.71	0.612	14.55	-5.47
6	3.00	1.00	15.62	13.71	12.22	14.91	4.54
7	3.00	2.00	15.14	13.28	12.22	14.35	5.21
8	5.00	2.00	14.76	13.28	10.00	15.08	-2.14
9	7.00	2.00	15.07	13.28	11.85	14.99	0.569
10	10.00	2.00	14.53	13.29	8.52	14.41	0.774
11	10.00	5.00	15.41	14.09	8.52	15.36	0.283
12	15.00	2.00	13.87	14.10	-1.67	14.25	-2.71
13	15.00	5.00	14.67	14.92	-1.66	15.13	-3.07
14	20.00	5.00	15.04	14.93	0.708	14.12	6.12
15	20.00	20.00	18.85	18.71	0.749	18.60	1.32
16	30.00	5.00	15.99	18.79	-17.49	15.99	0.036
17	30.00	20.00	20.29	23.82	-17.41	20.84	-2.70
18	40.00	20.00	19.58	24.00	-22.54	19.86	-1.38
19	50.00	20.00	20.18	24.29	-20.37	20.11	0.337
20	70.00	20.00	22.72	25.25	-11.11	22.18	2.39
21	100.0	20.00	26.53	27.76	-4.61	26.57	-0.131
22	150.0	20.00	34.27	34.43	-0.482	35.34	-3.12
23	200.0	20.00	46.12	43.07	6.61	44.71	3.05

Curva de resistividad aparente y real



Anexo 16: Medidas de resistividad en campo (SEV 8)

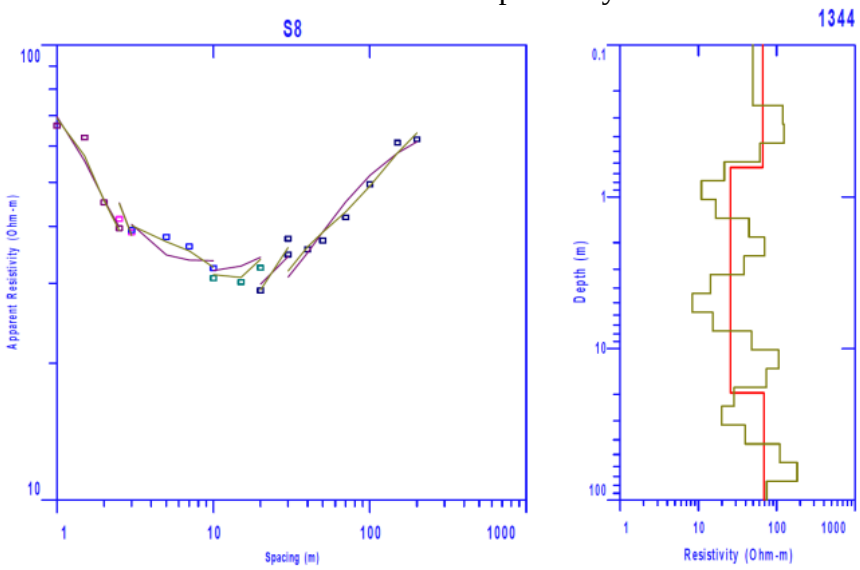
S8

Schlumberger Array

Northing: 9456975.0 Easting: 710532.0 Elevation: 1115.0

No.	Spacing (meters) AB/2	MN	Data Resistivity	Layered Model: Synthetic Resistivity	DIFFERENCE	Smooth Model: Synthetic Resistivity	DIFFERENCE
1	1.00	1.00	66.53	69.65	-4.68	69.04	-3.77
2	1.50	1.00	62.70	55.71	11.14	57.17	8.82
3	2.00	1.00	45.14	45.72	-1.27	45.55	-0.895
4	2.50	1.00	39.59	39.85	-0.652	39.14	1.14
5	2.50	2.00	41.50	45.05	-8.53	44.87	-8.10
6	3.00	1.00	38.83	38.33	1.28	38.15	1.76
7	3.00	2.00	39.23	40.39	-2.94	40.15	-2.33
8	5.00	2.00	37.91	34.59	8.73	37.00	2.38
9	7.00	2.00	36.15	33.71	6.74	35.31	2.30
10	10.00	2.00	32.37	33.61	-3.80	32.50	-0.397
11	10.00	5.00	30.77	31.96	-3.88	31.31	-1.78
12	15.00	5.00	30.16	32.70	-8.39	30.87	-2.34
13	20.00	5.00	32.42	34.19	-5.43	33.84	-4.37
14	20.00	20.00	28.92	29.83	-3.14	28.96	-0.150
15	30.00	5.00	37.59	34.31	8.72	35.90	4.48
16	30.00	20.00	34.70	30.93	10.85	31.89	8.07
17	40.00	20.00	35.60	34.99	1.69	36.06	-1.28
18	50.00	20.00	37.22	38.89	-4.46	38.83	-4.31
19	70.00	20.00	41.86	45.25	-8.10	43.03	-2.80
20	100.0	20.00	49.51	51.74	-4.50	49.02	0.975
21	150.0	20.00	61.07	57.94	5.12	57.95	5.12
22	200.0	20.00	62.13	61.35	1.26	64.14	-3.23

Curva de resistividad aparente y real



Anexo 17: Medidas de resistividad en campo (SEV 9)

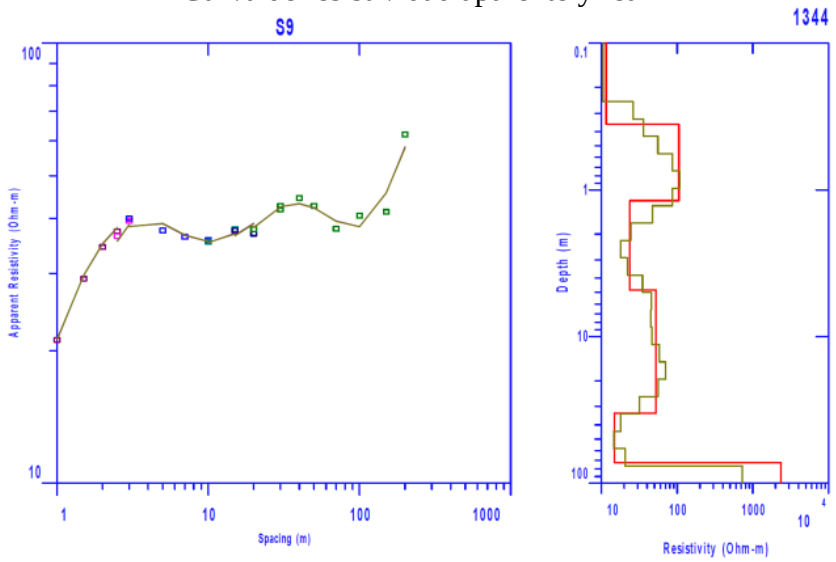
S9

Schlumberger Array

Northing: 9457071.0 Easting: 710488.0 Elevation: 1107.0

No.	Spacing (meters) AB/2	MN	Data Resistivity	Layered Model: Synthetic Resistivity	DIFFERENCE	Smooth Model: Synthetic Resistivity	DIFFERENCE
1	1.00	1.00	21.17	21.14	0.153	21.27	-0.453
2	1.50	1.00	29.15	29.70	-1.89	29.66	-1.76
3	2.00	1.00	34.41	35.05	-1.85	34.94	-1.53
4	2.50	1.00	37.38	38.14	-2.05	38.05	-1.81
5	2.50	2.00	36.43	35.52	2.47	35.44	2.71
6	3.00	1.00	39.44	38.71	1.85	38.68	1.94
7	3.00	2.00	39.94	38.36	3.96	38.30	4.09
8	5.00	2.00	37.52	38.86	-3.56	38.98	-3.86
9	7.00	2.00	36.30	36.56	-0.708	36.68	-1.06
10	10.00	2.00	35.73	35.41	0.892	35.45	0.805
11	10.00	5.00	35.33	35.21	0.358	35.25	0.237
12	15.00	2.00	37.80	36.98	2.16	36.83	2.56
13	15.00	5.00	37.55	36.62	2.47	36.48	2.84
14	20.00	5.00	36.92	38.99	-5.61	38.83	-5.18
15	20.00	20.00	37.79	38.18	-1.01	38.08	-0.768
16	30.00	5.00	41.93	42.40	-1.10	42.45	-1.23
17	30.00	20.00	42.69	42.51	0.442	42.50	0.458
18	40.00	20.00	44.46	43.14	2.97	43.25	2.72
19	50.00	20.00	42.72	42.22	1.16	42.29	1.01
20	70.00	20.00	37.88	39.45	-4.15	39.36	-3.90
21	100.0	20.00	40.55	38.29	5.57	38.27	5.63
22	150.0	20.00	41.38	45.65	-10.31	45.70	-10.45
23	200.0	20.00	62.07	58.16	6.29	57.73	6.98

Curva de resistividad aparente y real



Anexo 18: Medidas de resistividad en campo (SEV 10)

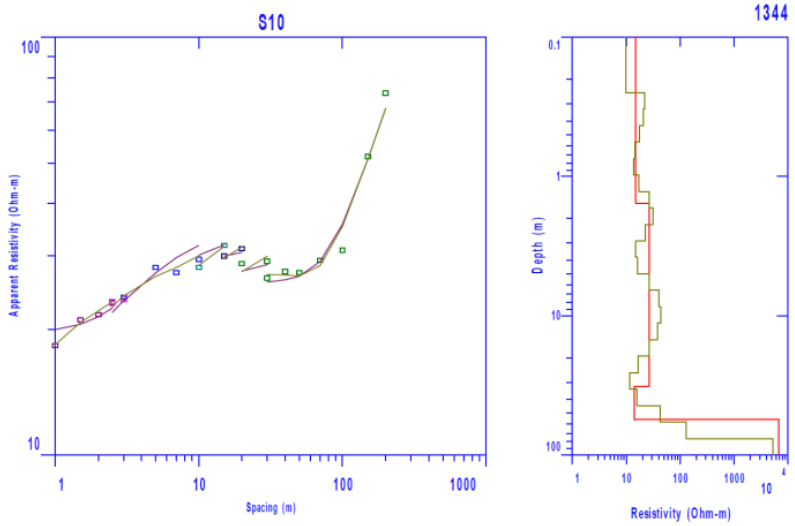
S10

Schlumberger Array

Northing: 9456523.0 Easting: 710195.0 Elevation: 1072.0

No.	Spacing (meters) AB/2	MN	Data Resistivity	Layered Model: Synthetic Resistivity	DIFFERENCE	Smooth Model: Synthetic Resistivity	DIFFERENCE
1	1.00	1.00	18.28	19.96	-9.18	18.36	-0.448
2	1.50	1.00	21.08	20.54	2.54	20.74	1.59
3	2.00	1.00	21.69	21.42	1.23	22.12	-1.96
4	2.50	1.00	23.23	22.47	3.29	23.26	-0.105
5	2.50	2.00	23.09	21.93	5.03	22.61	2.06
6	3.00	1.00	23.55	23.42	0.584	24.09	-2.28
7	3.00	2.00	23.86	23.34	2.17	24.02	-0.664
8	5.00	2.00	28.12	27.25	3.07	26.75	4.86
9	7.00	2.00	27.35	29.70	-8.59	28.11	-2.78
10	10.00	2.00	29.42	31.75	-7.90	29.96	-1.82
11	10.00	5.00	28.12	30.09	-7.00	28.42	-1.09
12	15.00	2.00	31.75	31.82	-0.212	31.55	0.631
13	15.00	5.00	29.93	29.92	0.00987	29.59	1.12
14	20.00	5.00	31.20	30.56	2.04	31.48	-0.900
15	20.00	20.00	28.71	27.55	4.01	27.46	4.32
16	30.00	5.00	29.09	28.55	1.85	29.91	-2.82
17	30.00	20.00	26.50	25.93	2.15	27.04	-2.01
18	40.00	20.00	27.48	26.26	4.44	26.98	1.81
19	50.00	20.00	27.35	26.77	2.12	26.81	1.97
20	70.00	20.00	29.23	29.06	0.597	28.41	2.79
21	100.0	20.00	30.90	35.67	-15.41	35.20	-13.90
22	150.0	20.00	51.80	50.96	1.61	50.90	1.72
23	200.0	20.00	73.48	67.56	8.05	67.57	8.03

Curva de resistividad aparente y real



Anexo 19: Medidas de resistividad en campo (SEV 11)

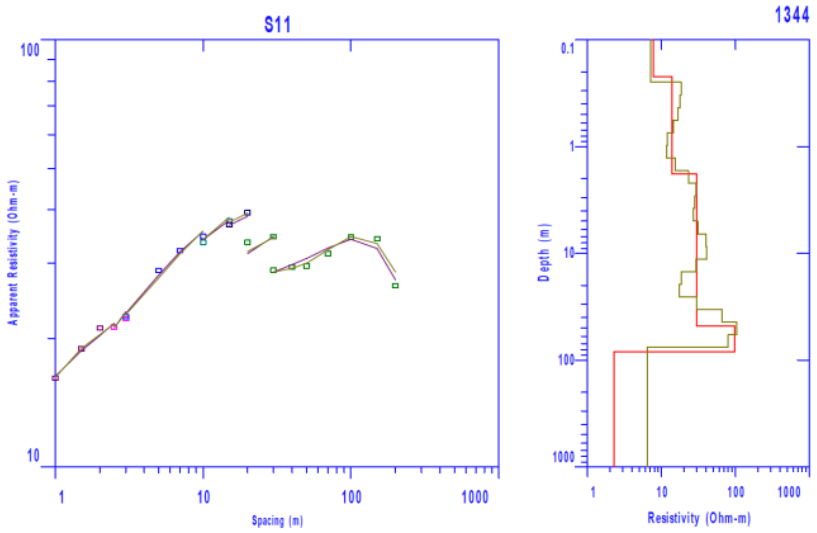
S11

Schlumberger Array

Northing: 9456521.0 Easting: 710144.0 Elevation: 1073.0

No.	Spacing (meters) AB/2	MN	Data Resistivity	Layered Model: Synthetic Resistivity	DIFFERENCE	Smooth Model: Synthetic Resistivity	DIFFERENCE
1	1.00	1.00	16.14	16.28	-0.915	16.18	-0.292
2	1.50	1.00	18.88	18.69	0.980	18.91	-0.167
3	2.00	1.00	21.15	20.27	4.12	20.39	3.59
4	2.50	1.00	21.23	21.68	-2.11	21.63	-1.85
5	2.50	2.00	21.26	21.13	0.595	21.15	0.501
6	3.00	1.00	22.24	23.08	-3.78	22.88	-2.90
7	3.00	2.00	22.49	22.86	-1.67	22.73	-1.06
8	5.00	2.00	28.85	28.09	2.64	27.67	4.07
9	7.00	2.00	32.10	31.90	0.602	31.57	1.64
10	10.00	2.00	34.62	35.60	-2.82	35.67	-3.01
11	10.00	5.00	33.54	34.03	-1.45	34.04	-1.49
12	15.00	2.00	37.67	37.75	-0.236	38.40	-1.96
13	15.00	5.00	36.85	36.78	0.181	37.38	-1.44
14	20.00	5.00	39.37	38.61	1.93	39.27	0.242
15	20.00	20.00	33.55	31.57	5.90	31.94	4.80
16	30.00	5.00	34.60	34.63	-0.0828	34.44	0.452
17	30.00	20.00	28.88	28.59	0.999	28.59	0.982
18	40.00	20.00	29.35	29.75	-1.37	29.17	0.610
19	50.00	20.00	29.53	30.74	-4.10	29.97	-1.48
20	70.00	20.00	31.56	32.54	-3.08	32.24	-2.13
21	100.0	20.00	34.52	34.11	1.17	34.61	-0.273
22	150.0	20.00	34.24	32.47	5.16	33.34	2.61
23	200.0	20.00	26.56	27.41	-3.22	28.60	-7.69

Curva de resistividad aparente y real



Anexo 20: Medidas de resistividad en campo (SEV 12)

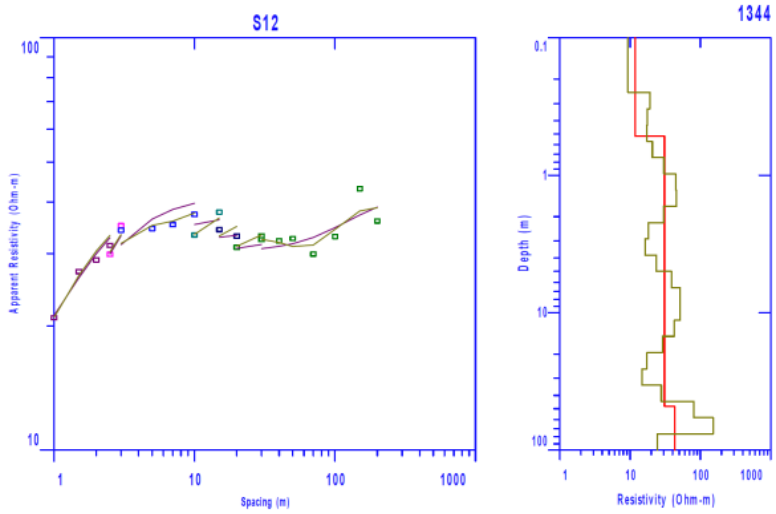
S12

Schlumberger Array

Northing: 9456567.0 Easting: 710157.0 Elevation: 1056.0

No.	Spacing (meters) AB/2	MN	Data Resistivity	Layered Model: Synthetic Resistivity	DIFFERENCE	Smooth Model: Synthetic Resistivity	DIFFERENCE
1	1.00	1.00	20.94	21.20	-1.24	20.96	-0.087
2	1.50	1.00	27.11	26.14	3.58	26.48	2.31
3	2.00	1.00	28.93	29.96	-3.56	30.40	-5.10
4	2.50	1.00	31.37	32.75	-4.37	33.18	-5.75
5	2.50	2.00	29.84	29.88	-0.143	30.24	-1.37
6	3.00	1.00	35.04	33.11	5.48	33.35	4.82
7	3.00	2.00	34.17	31.50	7.80	31.73	7.11
8	5.00	2.00	34.48	36.35	-5.42	35.08	-1.74
9	7.00	2.00	35.24	38.35	-8.81	35.92	-1.92
10	10.00	2.00	37.31	39.70	-6.39	37.59	-0.754
11	10.00	5.00	33.27	35.25	-5.94	33.36	-0.249
12	15.00	2.00	37.76	36.19	4.13	36.58	3.11
13	15.00	5.00	34.28	32.83	4.23	33.06	3.56
14	20.00	5.00	33.05	33.17	-0.372	34.88	-5.53
15	20.00	20.00	31.04	30.86	0.558	31.22	-0.580
16	30.00	5.00	33.09	31.53	4.69	33.27	-0.548
17	30.00	20.00	32.41	30.81	4.92	32.45	-0.127
18	40.00	20.00	32.17	31.21	2.96	31.88	0.888
19	50.00	20.00	32.61	31.67	2.89	31.17	4.41
20	70.00	20.00	29.91	32.79	-9.64	31.45	-5.16
21	100.0	20.00	32.98	34.64	-5.03	34.30	-4.01
22	150.0	20.00	43.07	37.18	13.66	38.02	11.72
23	200.0	20.00	35.96	38.86	-8.07	38.72	-7.69

Curva de resistividad aparente y real



Anexo 21: Medidas de resistividad en campo (SEV 13)

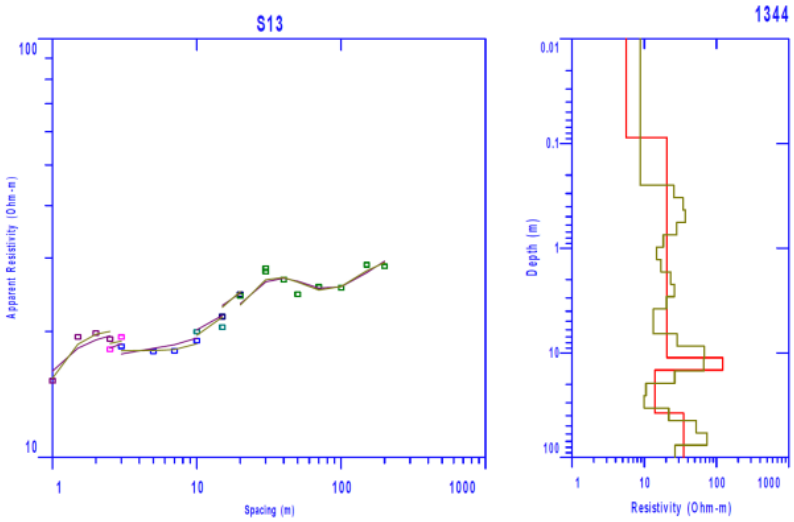
S13

Schlumberger Array

Northing: 9456514.0 Easting: 710075.0 Elevation: 1074.0

No.	Spacing (meters) AB/2	MN	Data Resistivity	Layered Model: Synthetic Resistivity	DIFFERENCE	Smooth Model: Synthetic Resistivity	DIFFERENCE
1	1.00	1.00	15.24	16.08	-5.48	15.46	-1.45
2	1.50	1.00	19.40	18.24	6.00	18.64	3.94
3	2.00	1.00	19.82	19.09	3.67	19.70	0.626
4	2.50	1.00	19.18	19.53	-1.81	20.01	-4.28
5	2.50	2.00	18.13	18.24	-0.629	18.72	-3.26
6	3.00	1.00	19.39	18.71	3.53	18.97	2.20
7	3.00	2.00	18.43	17.67	4.10	17.98	2.40
8	5.00	2.00	17.93	18.22	-1.66	18.01	-0.455
9	7.00	2.00	17.96	18.59	-3.51	18.11	-0.798
10	10.00	2.00	19.02	19.29	-1.42	18.69	1.70
11	10.00	5.00	19.97	20.18	-1.03	19.58	1.97
12	15.00	2.00	20.47	21.83	-6.67	21.64	-5.71
13	15.00	5.00	21.70	23.07	-6.29	22.83	-5.19
14	20.00	5.00	24.54	24.70	-0.664	24.91	-1.53
15	20.00	20.00	24.32	23.30	4.19	23.14	4.84
16	30.00	5.00	27.80	26.26	5.52	26.59	4.34
17	30.00	20.00	28.33	26.28	7.20	26.59	6.14
18	40.00	20.00	26.58	26.80	-0.834	26.91	-1.25
19	50.00	20.00	24.54	26.37	-7.46	26.23	-6.91
20	70.00	20.00	25.57	25.39	0.708	25.12	1.77
21	100.0	20.00	25.44	25.57	-0.488	25.61	-0.655
22	150.0	20.00	28.86	27.63	4.28	27.92	3.28
23	200.0	20.00	28.62	29.46	-2.92	29.22	-2.10

Curva de resistividad aparente y real



Anexo 22: Medidas de resistividad en campo (SEV 14)

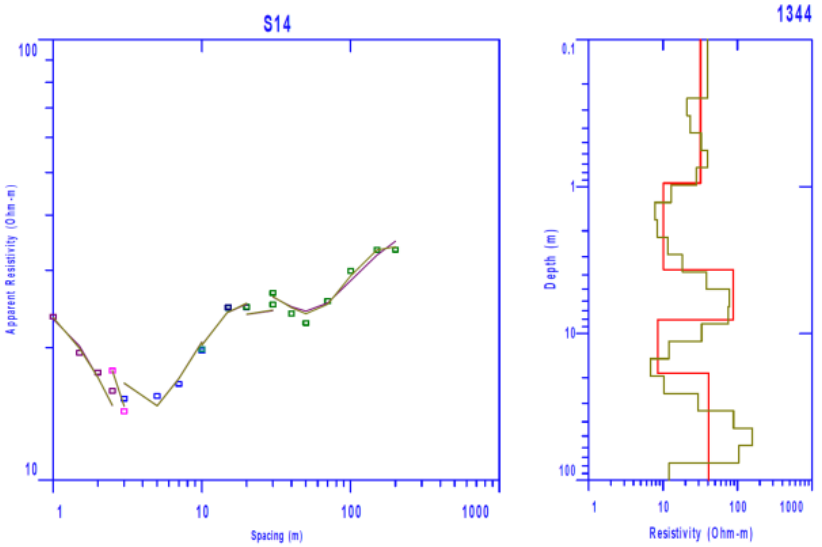
S14

Schlumberger Array

Northing: 9456623.0 Easting: 710147.0 Elevation: 1069.0

No.	Spacing (meters) AB/2	MN	Data Resistivity	Layered Model: Synthetic Resistivity	DIFFERENCE	Smooth Model: Synthetic Resistivity	DIFFERENCE
1	1.00	1.00	23.52	23.22	1.27	23.43	0.377
2	1.50	1.00	19.48	20.19	-3.65	19.94	-2.34
3	2.00	1.00	17.57	17.12	2.56	17.10	2.66
4	2.50	1.00	15.97	14.76	7.56	14.81	7.24
5	2.50	2.00	17.74	17.73	0.0660	17.73	0.079
6	3.00	1.00	14.35	14.71	-2.55	14.75	-2.81
7	3.00	2.00	15.32	16.59	-8.27	16.63	-8.55
8	5.00	2.00	15.53	14.77	4.91	14.74	5.06
9	7.00	2.00	16.55	17.04	-2.94	17.01	-2.76
10	10.00	2.00	19.70	20.63	-4.71	20.57	-4.40
11	10.00	5.00	19.84	20.29	-2.27	20.24	-2.00
12	15.00	2.00	24.64	24.16	1.96	24.18	1.88
13	15.00	5.00	24.72	24.06	2.68	24.07	2.62
14	20.00	5.00	24.71	25.12	-1.64	25.24	-2.14
15	20.00	20.00	24.76	23.79	3.90	23.82	3.76
16	30.00	5.00	25.05	24.26	3.14	24.35	2.81
17	30.00	20.00	26.63	26.04	2.18	26.13	1.85
18	40.00	20.00	23.92	24.77	-3.56	24.64	-3.02
19	50.00	20.00	22.76	24.20	-6.35	23.88	-4.91
20	70.00	20.00	25.50	25.27	0.909	25.10	1.59
21	100.0	20.00	29.88	28.40	4.96	29.11	2.58
22	150.0	20.00	33.33	32.42	2.72	33.32	0.038
23	200.0	20.00	33.38	34.89	-4.51	33.89	-1.52

Curva de resistividad aparente y real



Anexo 23: Medidas de resistividad en campo (SEV 15)

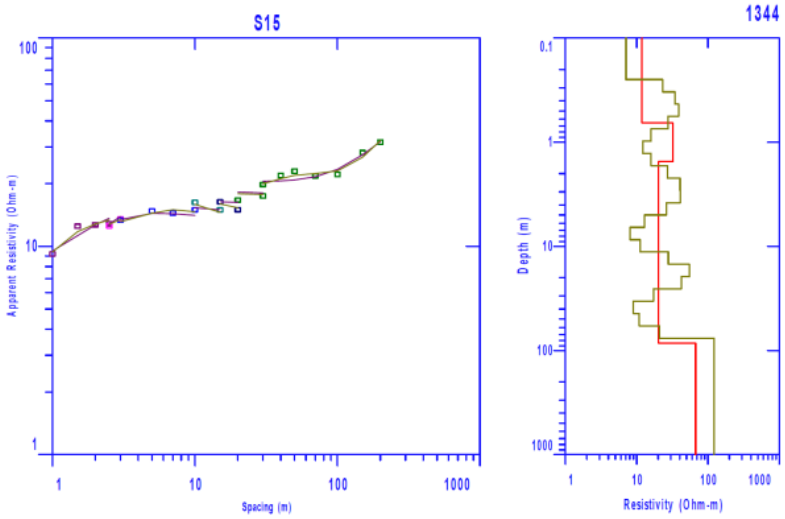
S15

Schlumberger Array

Northing: 9456673.0 Easting: 710141.0 Elevation: 1067.0

No.	Spacing (meters) AB/2	MN	Data Resistivity	Layered Model: Synthetic Resistivity	DIFFERENCE	Smooth Model: Synthetic Resistivity	DIFFERENCE
1	1.00	1.00	9.18	9.50	-3.46	9.40	-2.36
2	1.50	1.00	12.48	11.25	9.89	11.76	5.82
3	2.00	1.00	12.70	12.67	0.209	12.80	-0.810
4	2.50	1.00	12.86	13.64	-6.12	13.38	-4.07
5	2.50	2.00	12.53	12.81	-2.28	12.77	-1.92
6	3.00	1.00	13.53	13.89	-2.66	13.44	0.635
7	3.00	2.00	13.36	13.44	-0.609	13.12	1.76
8	5.00	2.00	14.77	14.40	2.48	14.43	2.27
9	7.00	2.00	14.46	14.33	0.869	14.98	-3.60
10	10.00	2.00	14.99	14.08	6.05	14.64	2.29
11	10.00	5.00	16.23	15.29	5.81	15.90	2.02
12	15.00	2.00	14.98	14.99	-0.0862	14.55	2.84
13	15.00	5.00	16.35	16.37	-0.172	15.97	2.31
14	20.00	5.00	14.99	16.25	-8.42	15.32	-2.17
15	20.00	20.00	16.68	18.22	-9.25	17.88	-7.19
16	30.00	5.00	17.44	18.04	-3.42	17.74	-1.66
17	30.00	20.00	19.82	20.52	-3.50	19.95	-0.645
18	40.00	20.00	21.90	20.61	5.91	21.13	3.53
19	50.00	20.00	22.93	20.83	9.18	21.92	4.41
20	70.00	20.00	21.79	21.58	0.930	22.37	-2.69
21	100.0	20.00	22.15	23.41	-5.66	23.02	-3.93
22	150.0	20.00	28.20	27.50	2.47	26.77	5.05
23	200.0	20.00	31.60	31.80	-0.642	32.18	-1.85

Curva de resistividad aparente y real



Anexo 24: Medidas de resistividad en campo (SEV 16)

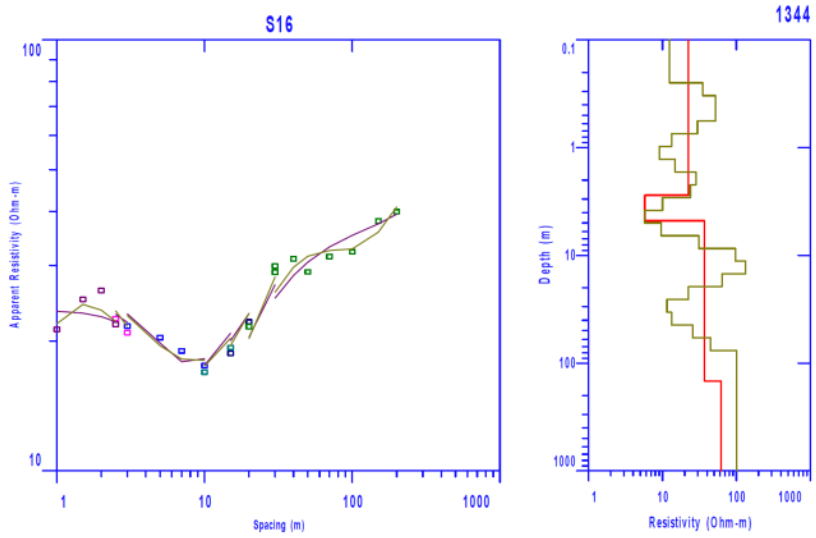
S16

Schlumberger Array

Northing: 9456719.0 Easting: 710032.0 Elevation: 1058.0

No.	Spacing (meters) AB/2	MN	Data Resistivity	Layered Model: Synthetic Resistivity	DIFFERENCE	Smooth Model: Synthetic Resistivity	DIFFERENCE
1	1.00	1.00	21.30	23.46	-10.16	21.94	-3.03
2	1.50	1.00	24.98	23.22	7.05	24.32	2.62
3	2.00	1.00	26.21	22.79	13.04	23.60	9.95
4	2.50	1.00	21.88	22.18	-1.38	22.22	-1.54
5	2.50	2.00	22.56	23.08	-2.30	23.51	-4.22
6	3.00	1.00	20.93	22.11	-5.66	21.61	-3.25
7	3.00	2.00	21.67	23.13	-6.75	22.91	-5.76
8	5.00	2.00	20.38	19.79	2.92	19.51	4.30
9	7.00	2.00	18.98	17.91	5.64	18.16	4.29
10	10.00	2.00	17.56	18.21	-3.70	18.05	-2.79
11	10.00	5.00	16.96	17.58	-3.65	17.50	-3.17
12	15.00	2.00	19.32	20.86	-7.92	20.31	-5.07
13	15.00	5.00	18.73	20.04	-7.02	19.54	-4.31
14	20.00	5.00	22.16	23.19	-4.64	23.18	-4.58
15	20.00	20.00	21.61	20.43	5.43	20.29	6.12
16	30.00	5.00	29.87	27.02	9.51	28.17	5.69
17	30.00	20.00	28.90	25.17	12.90	25.97	10.12
18	40.00	20.00	31.05	28.41	8.52	29.69	4.40
19	50.00	20.00	28.96	30.51	-5.37	31.48	-8.72
20	70.00	20.00	31.44	33.08	-5.22	32.45	-3.22
21	100.0	20.00	32.24	35.20	-9.19	32.73	-1.52
22	150.0	20.00	38.02	37.43	1.55	35.79	5.85
23	200.0	20.00	39.93	39.39	1.35	40.97	-2.60

Curva de resistividad aparente y real



Anexo 25: Medidas de resistividad en campo (SEV 17)

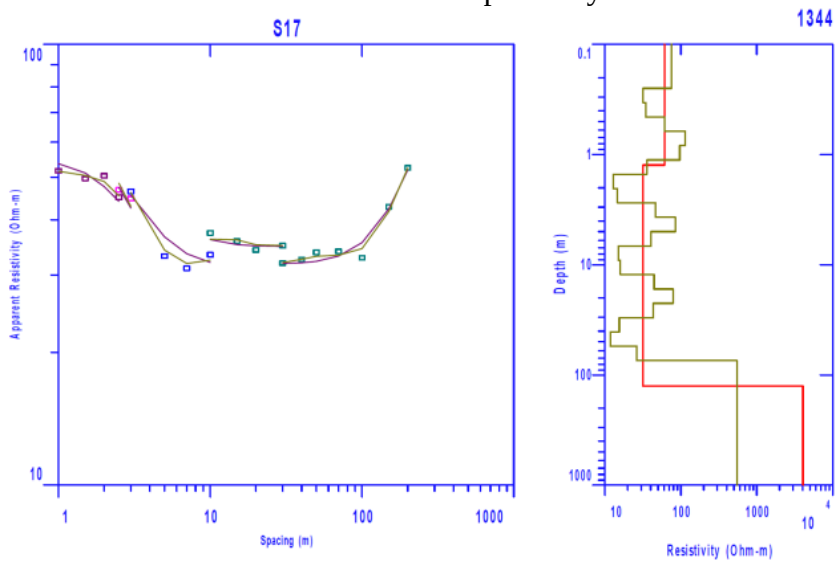
S17

Schlumberger Array

Northing: 9456829.0 Easting: 710057.0 Elevation: 1070.0

No.	Spacing (meters) AB/2	MN	Data Resistivity	Layered Model: Synthetic Resistivity	DIFFERENCE	Smooth Model: Synthetic Resistivity	DIFFERENCE
1	1.00	1.00	51.67	53.63	-3.78	51.56	0.223
2	1.50	1.00	49.61	51.10	-3.00	50.43	-1.65
3	2.00	1.00	50.34	47.59	5.46	48.87	2.92
4	2.50	1.00	44.99	44.05	2.08	45.33	-0.765
5	2.50	2.00	46.75	47.37	-1.34	48.42	-3.57
6	3.00	1.00	44.70	42.52	4.88	42.89	4.05
7	3.00	2.00	46.40	45.46	2.02	46.12	0.602
8	5.00	2.00	33.09	36.58	-10.54	34.14	-3.16
9	7.00	2.00	31.03	33.50	-7.97	31.84	-2.60
10	10.00	2.00	33.32	32.01	3.91	32.40	2.76
11	10.00	5.00	37.33	36.07	3.36	36.14	3.17
12	15.00	5.00	35.81	35.14	1.85	36.02	-0.594
13	20.00	5.00	34.18	34.90	-2.09	35.11	-2.71
14	30.00	5.00	34.93	34.83	0.287	34.95	-0.050
15	30.00	20.00	31.92	31.85	0.225	31.98	-0.193
16	40.00	20.00	32.50	31.95	1.70	32.54	-0.106
17	50.00	20.00	33.76	32.20	4.63	33.06	2.08
18	70.00	20.00	33.90	33.09	2.40	33.25	1.93
19	100.0	20.00	32.80	35.50	-8.23	34.42	-4.94
20	150.0	20.00	42.83	42.35	1.12	41.75	2.50
21	200.0	20.00	52.49	51.86	1.18	52.42	0.120

Curva de resistividad aparente y real



Anexo 26: Medidas de resistividad en campo (SEV 18)

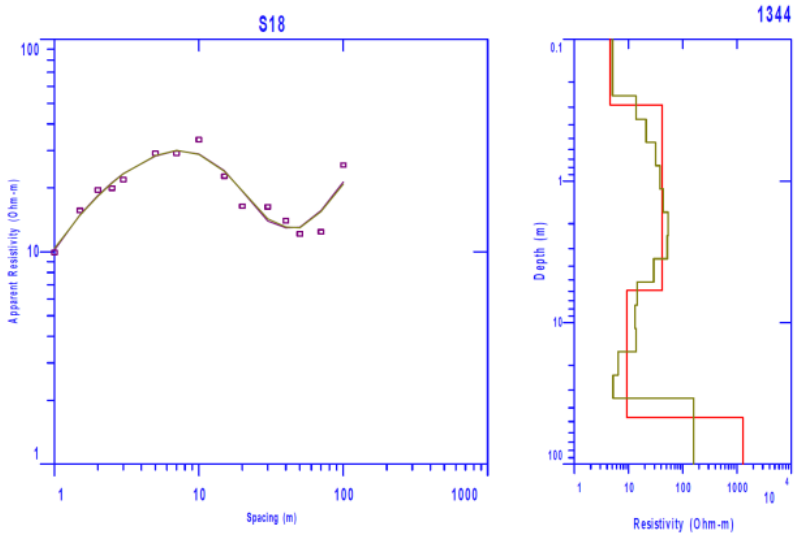
S18

Schlumberger Array

Northing: 9456734.0 Easting: 710080.0 Elevation: 1058.0

No.	Spacing (meters) AB/2	MN	Data Resistivity	Layered Model: Synthetic Resistivity	DIFFERENCE	Smooth Model: Synthetic Resistivity	DIFFERENCE
1	1.00	1.00	9.92	10.18	-2.62	10.38	-4.70
2	1.50	1.00	15.66	14.92	4.69	14.84	5.22
3	2.00	1.00	19.58	18.45	5.77	18.28	6.64
4	2.50	1.00	19.93	21.20	-6.36	21.05	-5.60
5	3.00	1.00	21.89	23.38	-6.82	23.30	-6.46
6	5.00	2.00	29.09	28.23	2.96	28.39	2.41
7	7.00	2.00	29.13	29.96	-2.85	30.06	-3.22
8	10.00	2.00	33.75	28.92	14.33	28.74	14.86
9	15.00	5.00	22.73	24.13	-6.18	23.94	-5.31
10	20.00	5.00	16.41	19.26	-17.35	19.37	-18.05
11	30.00	5.00	16.30	13.96	14.34	14.29	12.27
12	40.00	20.00	14.00	12.97	7.40	13.10	6.45
13	50.00	20.00	12.16	13.06	-7.39	12.98	-6.73
14	70.00	20.00	12.42	15.65	-26.04	15.46	-24.45
15	100.0	20.00	25.62	21.33	16.71	20.83	18.70

Curva de resistividad aparente y real



Anexo 27: Medidas de resistividad en campo (SEV 19)

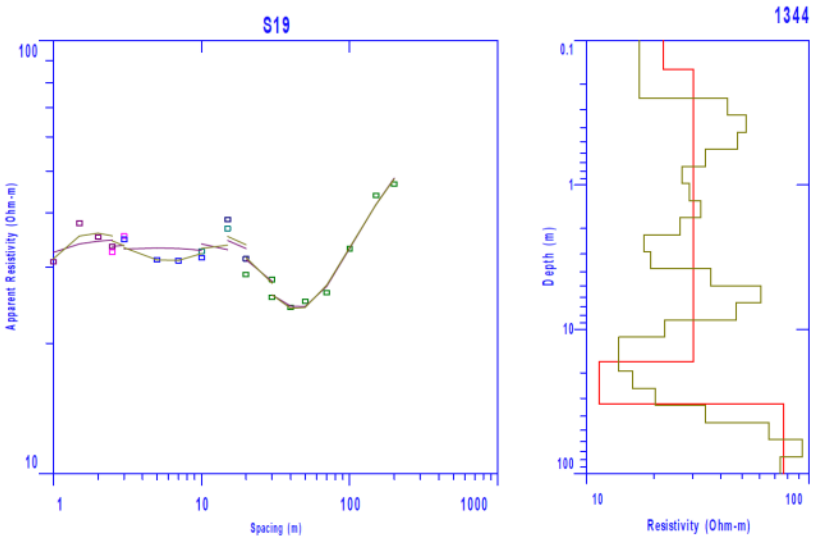
S19

Schlumberger Array

Northing: 9456686.0 Easting: 710168.0 Elevation: 1071.0

No.	Spacing (meters) AB/2	MN	Data Resistivity	Layered Model: Synthetic Resistivity	DIFFERENCE	Smooth Model: Synthetic Resistivity	DIFFERENCE
1	1.00	1.00	30.82	32.42	-5.19	31.33	-1.64
2	1.50	1.00	37.87	33.93	10.40	35.39	6.54
3	2.00	1.00	35.17	34.41	2.14	35.92	-2.13
4	2.50	1.00	33.49	34.63	-3.40	35.41	-5.74
5	2.50	2.00	32.48	33.47	-3.05	34.47	-6.13
6	3.00	1.00	35.37	33.69	4.75	33.61	4.97
7	3.00	2.00	34.75	33.04	4.90	33.27	4.26
8	5.00	2.00	31.18	33.19	-6.43	31.16	0.068
9	7.00	2.00	31.03	33.11	-6.70	31.09	-0.169
10	10.00	2.00	31.54	32.80	-3.98	32.23	-2.18
11	10.00	5.00	32.60	33.93	-4.07	33.12	-1.58
12	15.00	2.00	36.80	32.91	10.57	33.71	8.39
13	15.00	5.00	38.59	34.55	10.46	35.32	8.48
14	20.00	5.00	31.37	33.11	-5.55	33.77	-7.65
15	20.00	20.00	28.81	31.20	-8.31	31.55	-9.50
16	30.00	5.00	28.08	27.79	1.01	27.54	1.91
17	30.00	20.00	25.52	25.87	-1.33	25.86	-1.31
18	40.00	20.00	24.23	24.37	-0.576	24.08	0.583
19	50.00	20.00	25.01	24.32	2.76	24.20	3.24
20	70.00	20.00	26.19	27.08	-3.39	27.26	-4.09
21	100.0	20.00	33.10	33.12	-0.0697	33.28	-0.547
22	150.0	20.00	43.94	41.77	4.92	41.74	5.00
23	200.0	20.00	46.63	48.17	-3.30	47.95	-2.82

Curva de resistividad aparente y real



Anexo 28: Medidas de resistividad en campo (SEV 20)

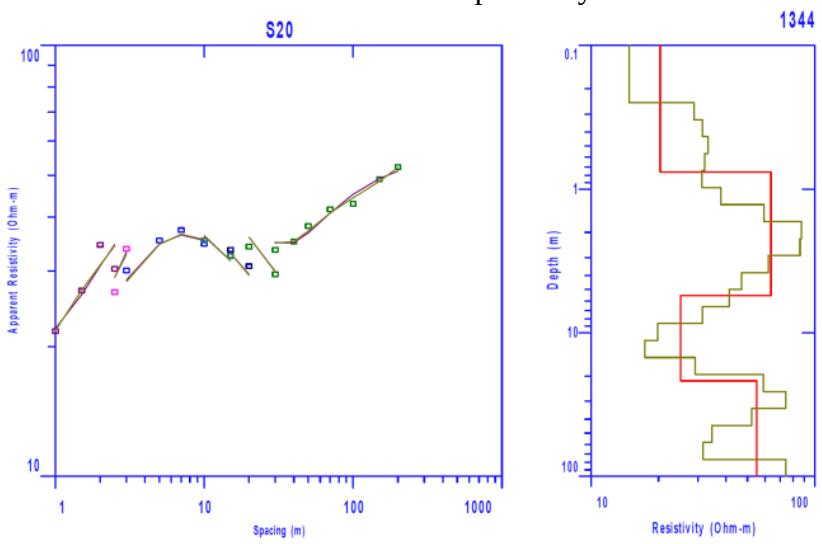
S20

Schlumberger Array

Northing: 9456922.0 Easting: 710410.0 Elevation: 1111.0

No.	Spacing (meters) AB/2	MN	Data Resistivity	Layered Model: Synthetic Resistivity	DIFFERENCE	Smooth Model: Synthetic Resistivity	DIFFERENCE
1	1.00	1.00	21.73	22.03	-1.39	21.78	-0.262
2	1.50	1.00	26.98	26.40	2.17	27.05	-0.254
3	2.00	1.00	34.48	30.79	10.71	30.96	10.22
4	2.50	1.00	30.33	34.53	-13.82	34.27	-12.96
5	2.50	2.00	26.76	28.95	-8.18	28.94	-8.15
6	3.00	1.00	33.74	33.12	1.82	32.75	2.94
7	3.00	2.00	30.06	28.56	4.99	28.31	5.81
8	5.00	2.00	35.26	34.64	1.76	34.55	2.01
9	7.00	2.00	37.28	36.32	2.59	36.47	2.18
10	10.00	2.00	34.66	35.27	-1.77	35.45	-2.28
11	10.00	5.00	35.32	36.05	-2.08	36.23	-2.58
12	15.00	2.00	32.49	31.67	2.51	31.68	2.50
13	15.00	5.00	33.57	32.97	1.79	32.99	1.74
14	20.00	5.00	30.74	29.41	4.30	29.26	4.79
15	20.00	20.00	34.14	35.89	-5.11	35.88	-5.10
16	30.00	5.00	29.43	29.90	-1.59	29.81	-1.28
17	30.00	20.00	33.54	34.90	-4.05	34.79	-3.70
18	40.00	20.00	35.08	34.90	0.525	35.08	-0.003
19	50.00	20.00	38.09	36.76	3.50	37.13	2.50
20	70.00	20.00	41.68	40.83	2.04	40.87	1.94
21	100.0	20.00	42.92	45.15	-5.21	44.31	-3.24
22	150.0	20.00	48.96	49.08	-0.261	48.37	1.19
23	200.0	20.00	52.18	51.10	2.06	52.12	0.123

Curva de resistividad aparente y real



Anexo 29: Medidas de resistividad en campo (SEV 21)

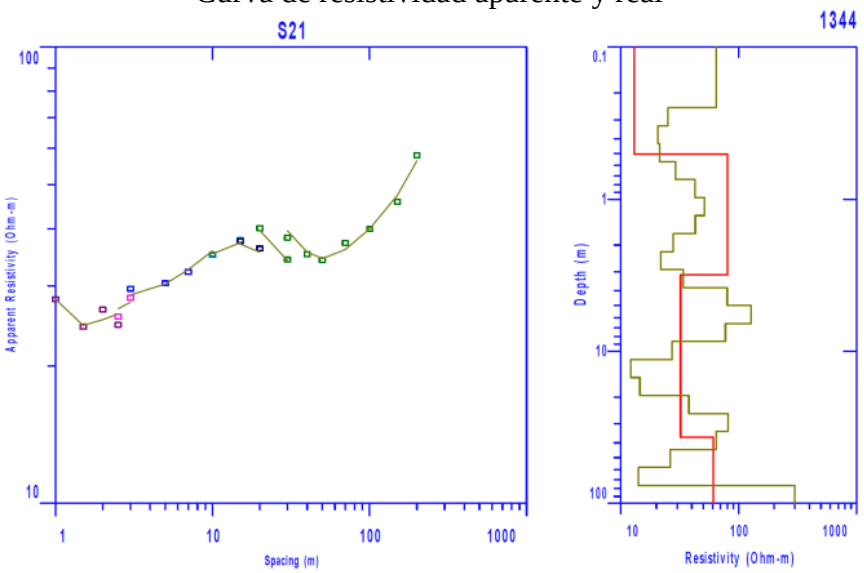
S21

Schlumberger Array

Northing: 9456945.0 Easting: 710362.0 Elevation: 1116.0

No.	Spacing (meters) AB/2	MN	Data Resistivity	Layered Model: Synthetic Resistivity	DIFFERENCE	Smooth Model: Synthetic Resistivity	DIFFERENCE
1	1.00	1.00	28.02			28.00	0.081
2	1.50	1.00	24.38			24.55	-0.716
3	2.00	1.00	26.59			25.27	4.96
4	2.50	1.00	24.63			26.02	-5.64
5	2.50	2.00	25.66			26.71	-4.07
6	3.00	1.00	28.25			27.59	2.31
7	3.00	2.00	29.54			28.63	3.05
8	5.00	2.00	30.38			30.26	0.373
9	7.00	2.00	32.14			32.54	-1.25
10	10.00	2.00	35.11			35.78	-1.90
11	10.00	5.00	35.03			35.23	-0.571
12	15.00	2.00	37.75			37.27	1.27
13	15.00	5.00	37.58			37.01	1.51
14	20.00	5.00	36.21			35.52	1.90
15	20.00	20.00	40.09			39.62	1.18
16	30.00	5.00	34.21			34.04	0.492
17	30.00	20.00	38.24			39.56	-3.44
18	40.00	20.00	35.19			35.53	-0.965
19	50.00	20.00	34.16			34.40	-0.678
20	70.00	20.00	37.21			36.01	3.21
21	100.0	20.00	39.92			39.96	-0.101
22	150.0	20.00	45.82			47.32	-3.28
23	200.0	20.00	57.94			56.32	2.79

Curva de resistividad aparente y real



Anexo 30: Medidas de resistividad en campo (SEV 22)

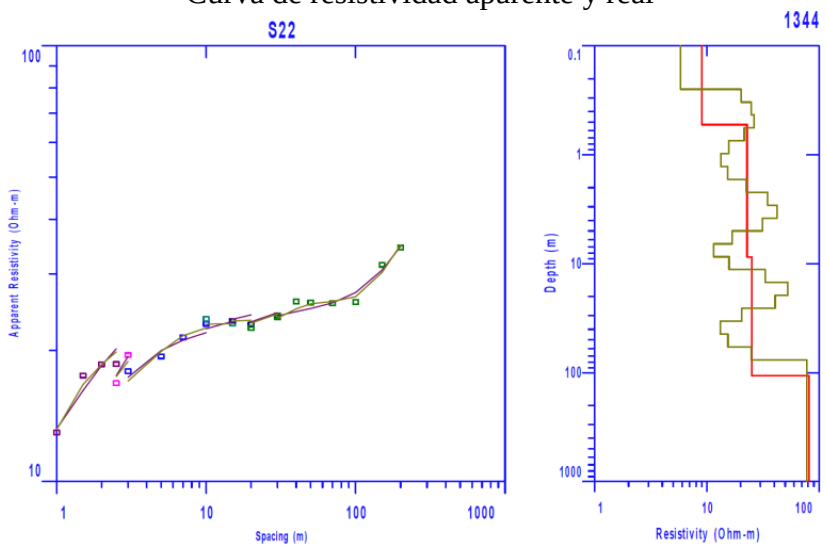
S22

Schlumberger Array

Northing: 9456474.0 Easting: 710156.0 Elevation: 1075.0

No.	Spacing (meters) AB/2	MN	Data Resistivity	Layered Model: Synthetic Resistivity	DIFFERENCE	Smooth Model: Synthetic Resistivity	DIFFERENCE
1	1.00	1.00	12.96	13.21	-1.91	13.17	-1.61
2	1.50	1.00	17.51	16.18	7.61	16.70	4.63
3	2.00	1.00	18.59	18.49	0.566	18.58	0.086
4	2.50	1.00	18.61	20.17	-8.41	19.84	-6.62
5	2.50	2.00	16.82	17.51	-4.09	17.41	-3.53
6	3.00	1.00	19.51	19.37	0.729	18.87	3.29
7	3.00	2.00	17.91	17.36	3.12	17.01	5.05
8	5.00	2.00	19.37	19.99	-3.18	19.90	-2.68
9	7.00	2.00	21.43	21.11	1.48	21.62	-0.853
10	10.00	2.00	23.03	21.96	4.61	22.51	2.22
11	10.00	5.00	23.61	22.42	5.07	22.96	2.75
12	15.00	2.00	23.08	23.31	-1.02	23.04	0.162
13	15.00	5.00	23.38	23.58	-0.867	23.36	0.085
14	20.00	5.00	22.95	24.13	-5.16	23.46	-2.22
15	20.00	20.00	22.52	23.26	-3.27	23.10	-2.55
16	30.00	5.00	24.08	24.41	-1.36	24.26	-0.749
17	30.00	20.00	23.83	24.00	-0.689	23.71	0.501
18	40.00	20.00	25.89	24.55	5.19	24.91	3.78
19	50.00	20.00	25.75	24.95	3.08	25.59	0.627
20	70.00	20.00	25.64	25.71	-0.268	25.90	-0.997
21	100.0	20.00	25.82	27.15	-5.14	26.56	-2.85
22	150.0	20.00	31.44	30.56	2.81	30.18	4.01
23	200.0	20.00	34.45	34.64	-0.558	34.95	-1.44

Curva de resistividad aparente y real

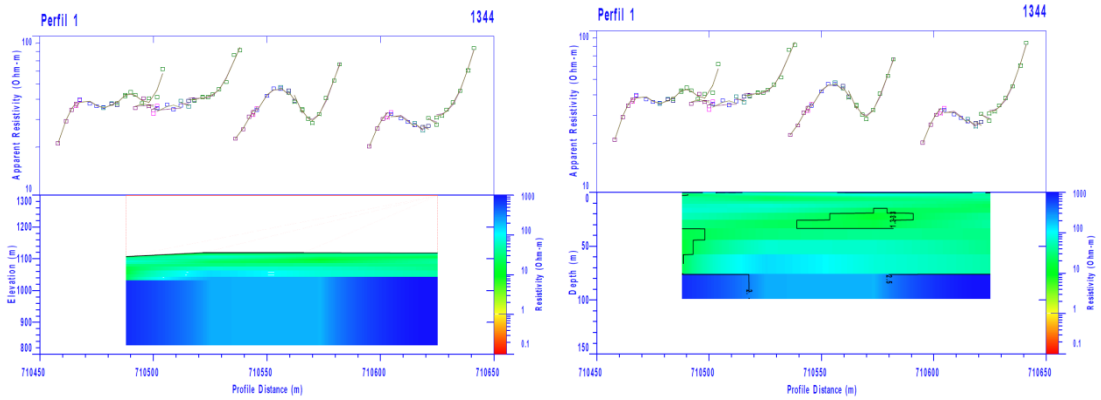


MATERIAL	RESISTIVIDAD (Ωm)
Basamento. Roca sana con diaclasas espaciadas	> 10000
Basamento. Roca fracturada	1500 -5000
Basamento. Roca fracturada saturada con agua corriente	100-2000
Basamento. Roca fracturada saturada con agua salada	1-100
Gruss no saturado	500-1000
Gruss saturado	40-60
Saprolito no saturado	200-500
Saprolito saturado	40-100
Gravas no saturadas	500-2000
Gravas saturadas	300-500
Arenas no saturadas	400-700
Arenas saturadas	100-200
Limos no saturados	100-200
Limos saturados	20-100
Limos saturados con agua salada	5-15
Arcillas no saturadas	20-40
Arcillas saturadas	5-20
Arcillas saturadas con agua salada	1-10
Andosoles secos	1000-2500
Andosoles no saturados	300-1000
Andosoles saturados	30-50
Limos	20-100
Humus	10-150
Turba húmeda	5-100
Arcilla plástica	50
Margas y arcillas compactas	100-200
Margas del jurásico	30-40
Arena arcillosa	50-500
Arena silícea	200-3000
Suelo pedregoso desnudo	300-5000
Calizas blandas	100-300
Calizas compactas	1000-5000
Calizas agrietadas	500-1000
Pizarras	50-300
Roca de mica y cuarzo	800

Fuente: Universidad Nacional de Colombia 2000 "Investigación de aguas subterráneas región Valles y San Nicolás". Medellín.

Anexo 31: Cortes geoeléctricos

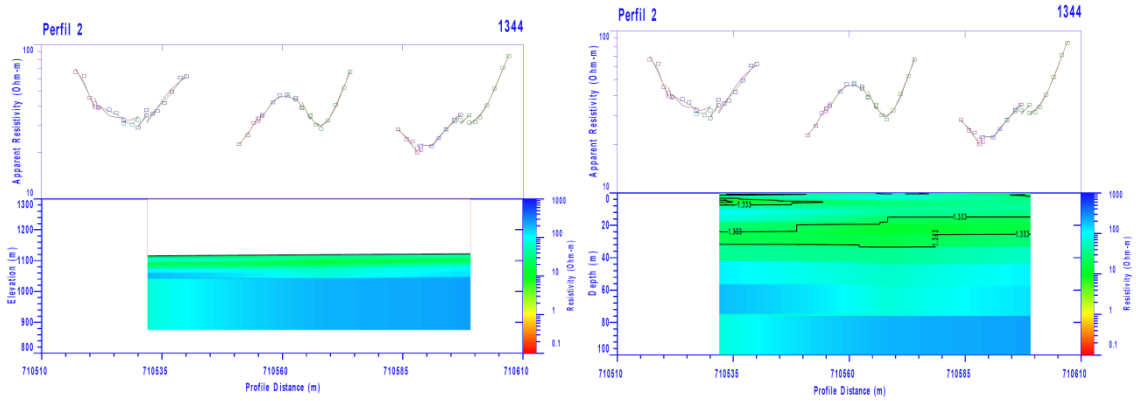
Corte geoeléctrico 1:



Características Perfil 1

Capas Nº	Profundidad (m)	Resistividad (Ω-m)	Geología Asumida
I	1 a 75	5 a 100	Arcillas, arenas y limos.
II	75 a Indefinido	200 a 1000	Conglomerados

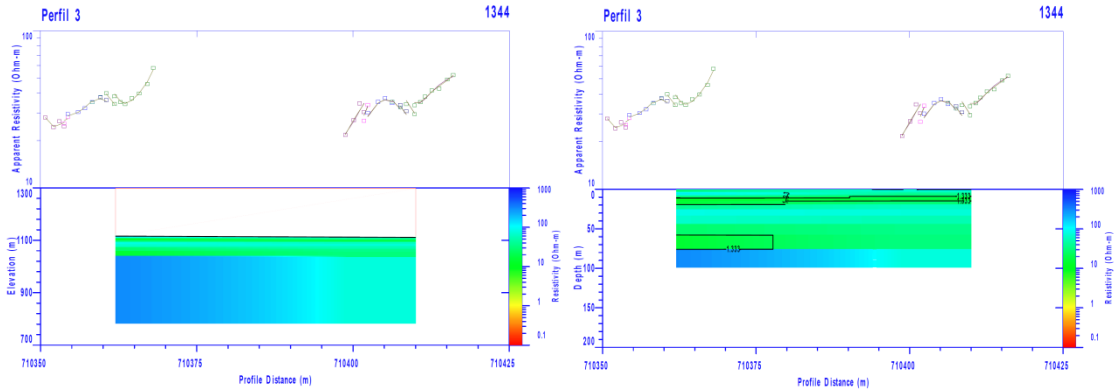
Corte geoeléctrico 2:



Características Perfil 2

Capas Nº	Profundidad (m)	Resistividad (Ω-m)	Geología Asumida
I	1 a 24	40 a 80	Suelo vegetal arcilloso areno-arcilloso, En el extremo del perfil se aprecia un lente estratigráfico conformado por arcillas.
II	24 a 33	5 a 10	Arcillas, arcillas limosas o arenosas.
III	33 a 76	50 a 100	Conglomerados en matriz arenosa-limosa.
IV	76	100	Conglomerados

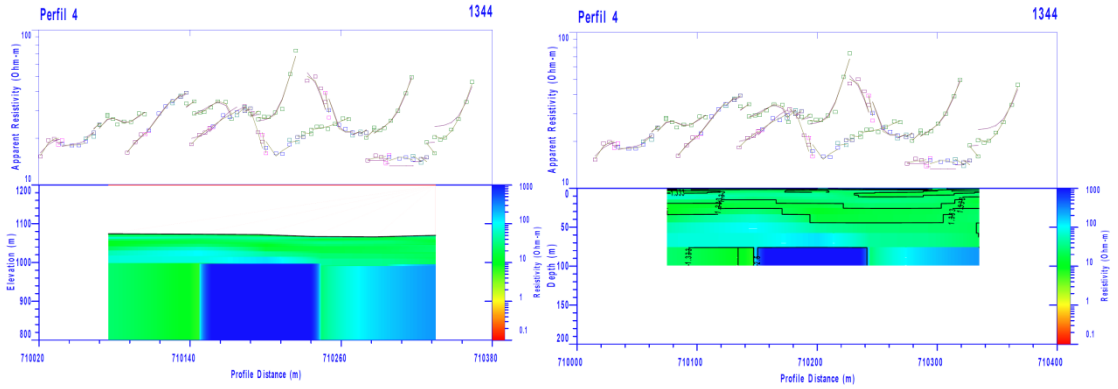
Corte geoeléctrico 3:



Características Perfil 3

Capas Nº	Profundidad (m)	Resistividad (Ω-m)	Geología Asumida
I	1 a 10	20 a 80	Suelo arcilloso-arenoso.
II	10 a 20	10	Arcillas, arcillas limosas o arenosas.
III	20 a 75	5 a 80	Arcillas, arenas, limos.
IV	75	80 a 200	Conglomerados, sobre una matriz arenosa - limosa.

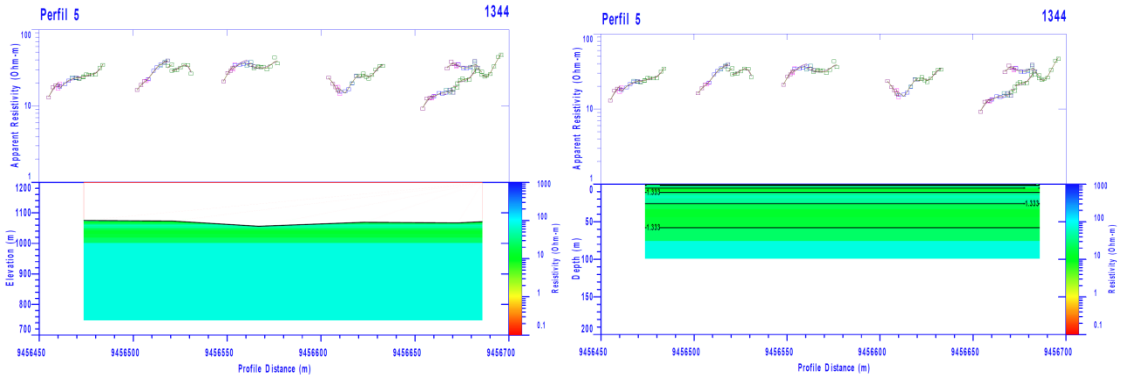
Corte geoeléctrico 4:



Características Perfil 4

Capas Nº	Profundidad (m)	Resistividad (Ω-m)	Geología Asumida
I	1 a 25	30 a 80	Suelos arenosos
II	10 a 42	5 a 10	Arcillas, limos
III	42 a 73	60 a 200	Arcilla, arenas, limos, clastos de conglomerados.
IV	73	1000	Rocas fracturadas

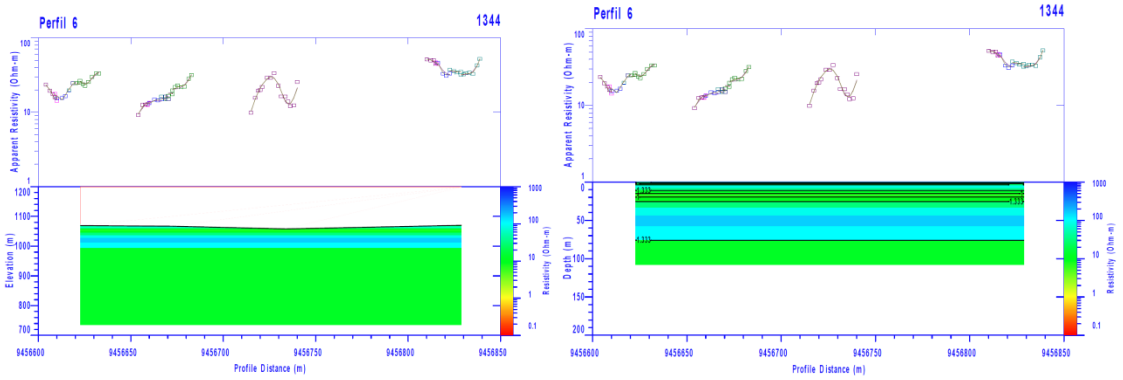
Corte geoeléctrico 5:



Características Perfil 5

Capas Nº	Profundidad (m)	Resistividad (Ω-m)	Geología Asumida
I	1 a 5	30	Areniscas, limos con clastos sueltos
II	5 a 10	10	Arenas y limos
III	10 a 26	50 a 100	Arenas, limos, clastos, conglomerados.
IV	26 a 75	5 a 10	Arcillas arenosas o limosas.
V	75 a Indefinido	80	Areniscas y/o conglomerados

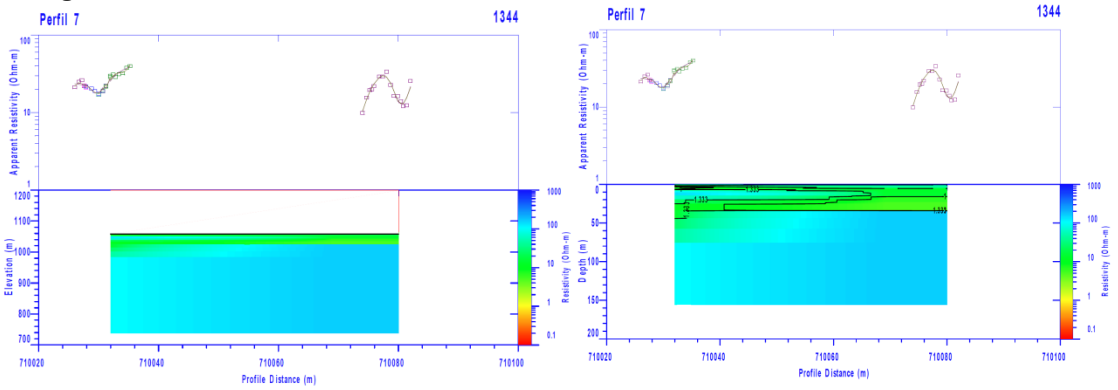
Corte geoeléctrico 6:



Características Perfil 6

Capas Nº	Profundidad (m)	Resistividad (Ω-m)	Geología Asumida
I	1 a 4	20	Areniscas, limos
II	5 a 12	30	Arenas y limos
III	12 a 26	50 a 100	Arenas, limos, clastos, conglomerados.
IV	26 a 80	5 a 10	Arcillas arenosas o limosas.
V	75 a Indefinido	80	Areniscas

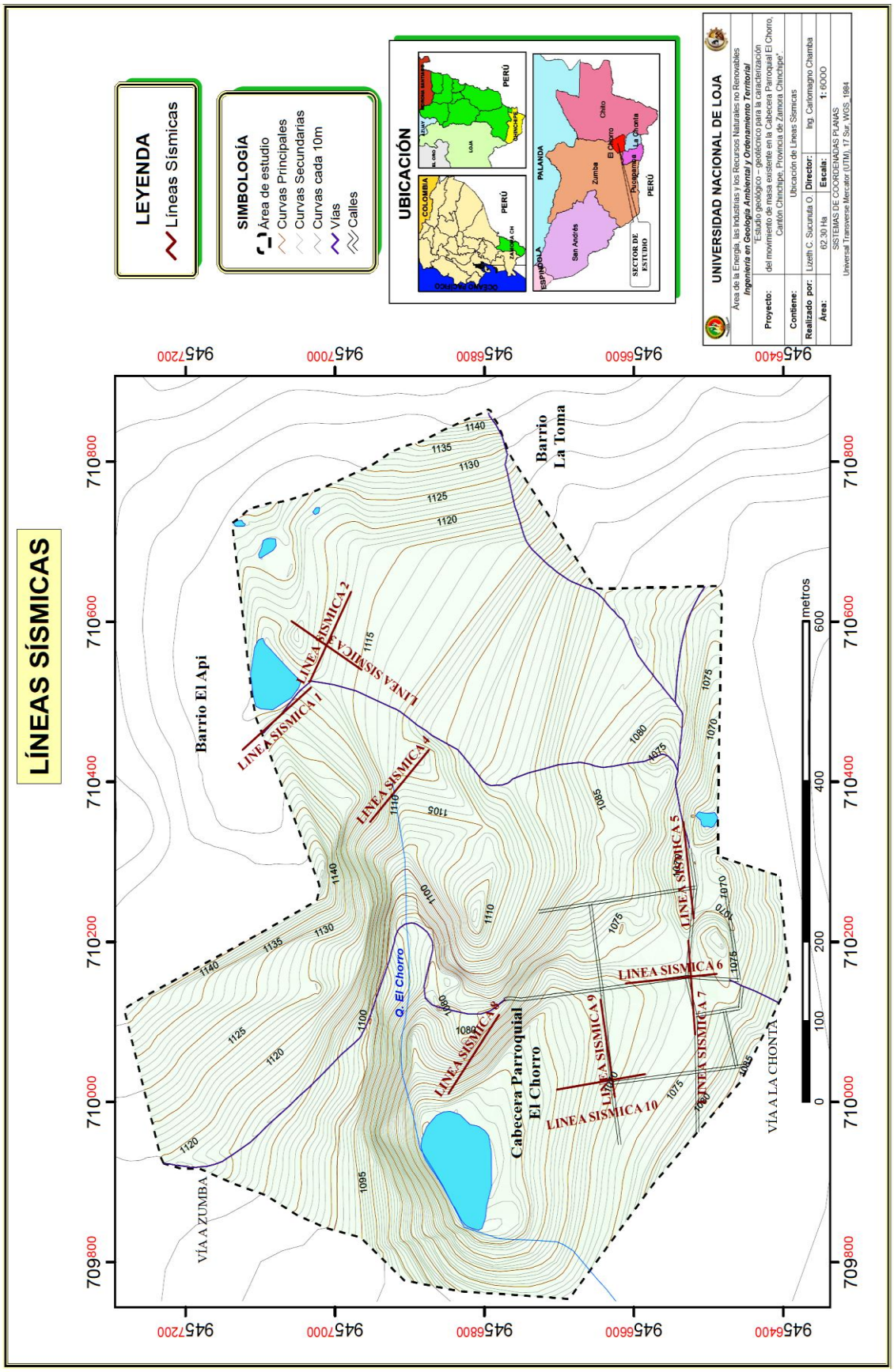
Corte geoeléctrico 7:



Características Perfil 7

Capas Nº	Profundidad (m)	Resistividad (Ω-m)	Geología Asumida
I	1 a 12	40 a 80	Suelo vegetal arcilloso areno-arcilloso
II	12 a 31	5 a 10	Arcillas, arcillas limosas o arenosas
III	31 a 66	50 a 100	Conglomerados en matriz arenosa-limosa.
IV	66 a Indefinido	100	Conglomerados, en matriz arenosa, limos.

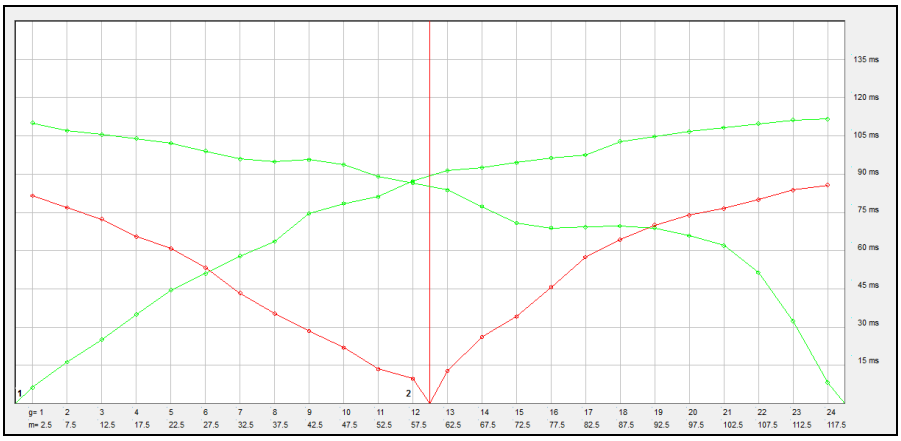
Anexo 32: Mapa; Líneas Sísmicas del Área de Estudio



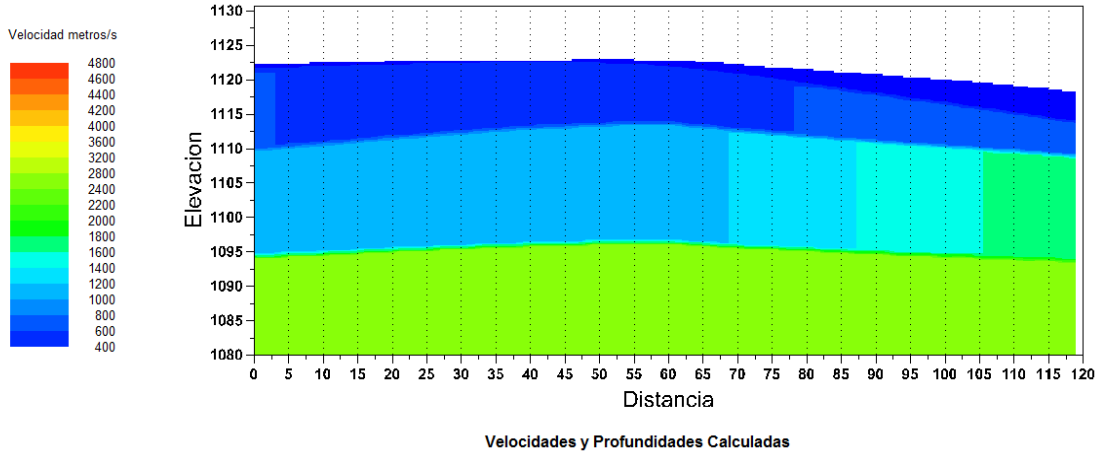
Anexo 33: Dromocronas, Perfiles sísmicos y acelerogramas.

Línea sísmica 1 (LS1)

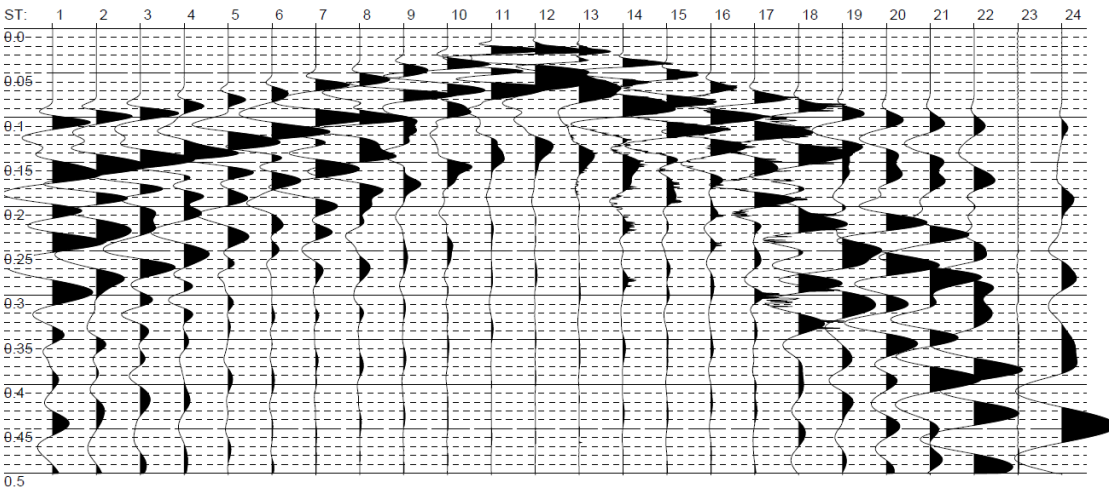
Dromocrona:



Perfil sísmico:

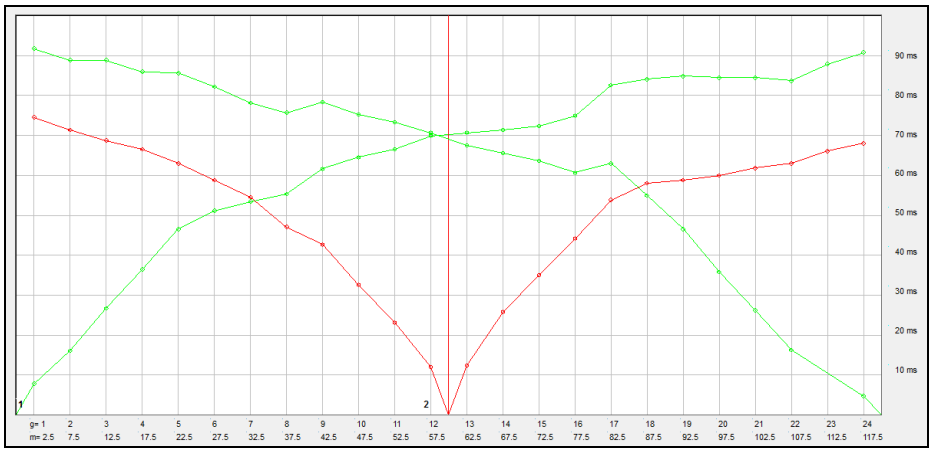


Acelerograma - Disparo intermedio:

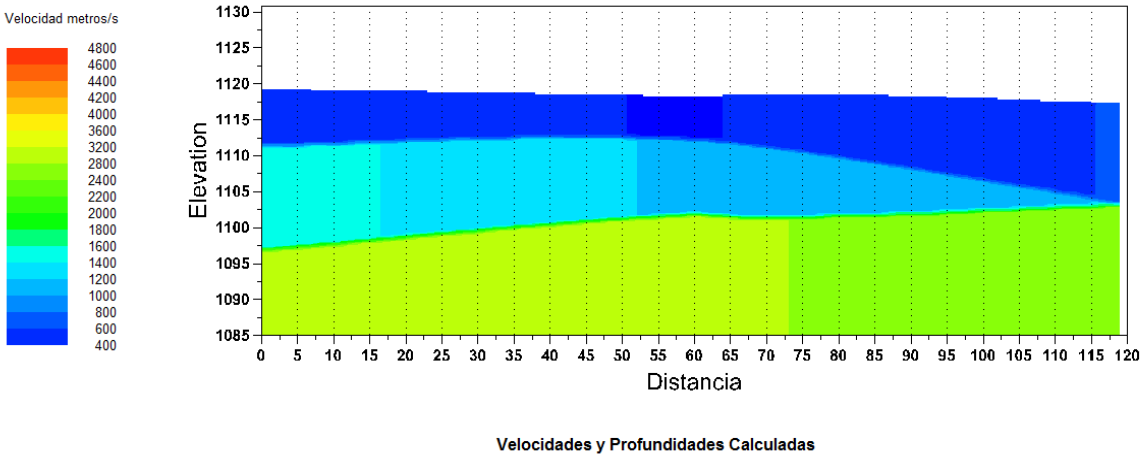


Línea sísmica 2 (LS2)

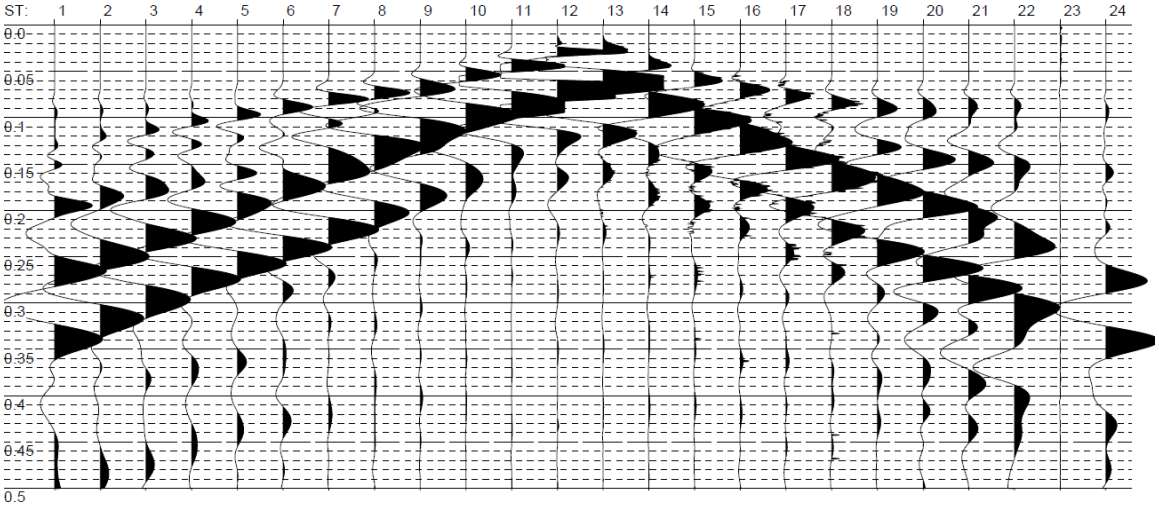
Dromocrona:



Perfil sísmico:

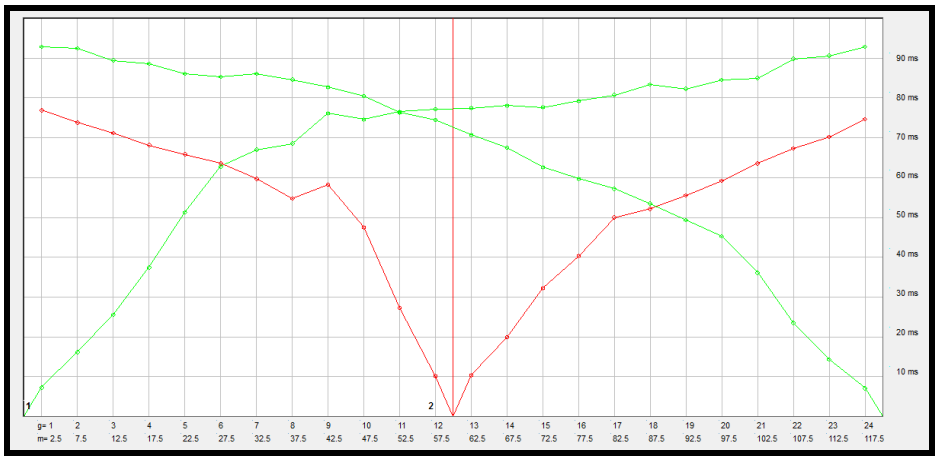


Acelerograma - Disparo intermedio:

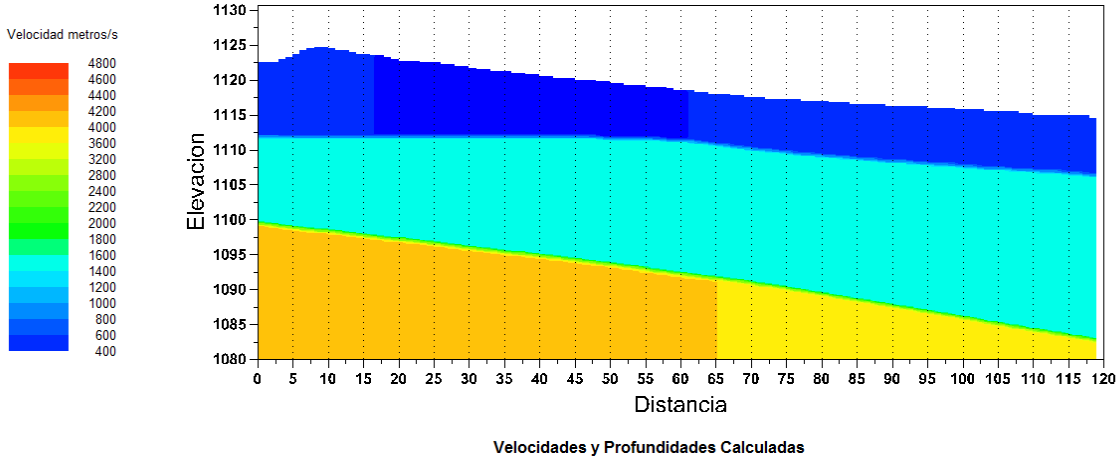


Línea sísmica 3 (LS3)

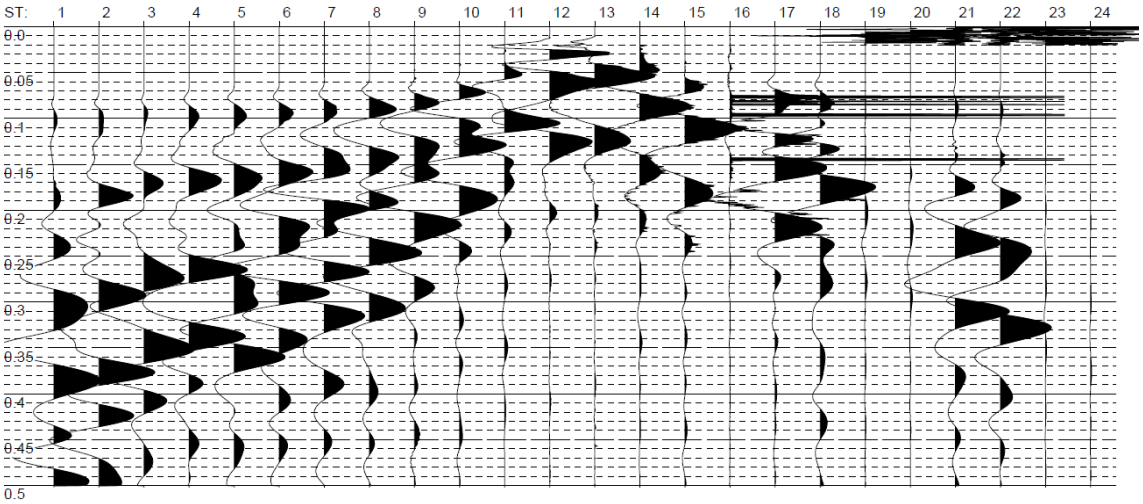
Dromocrona:



Perfil sísmico:

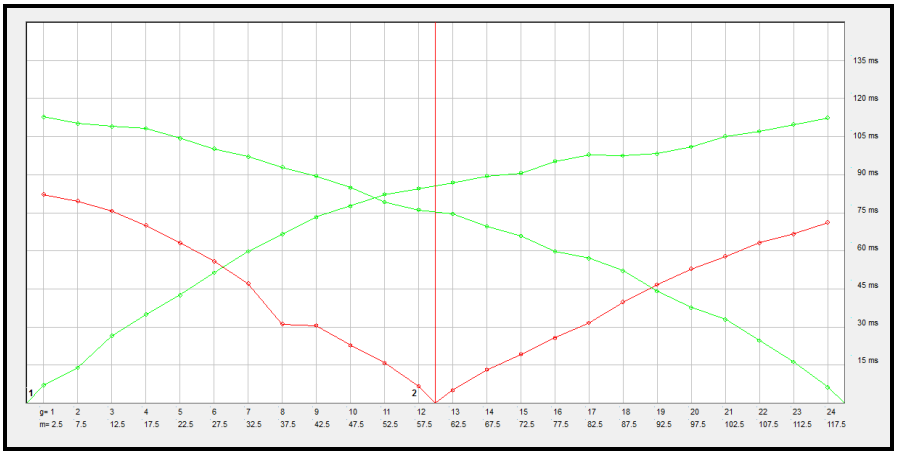


Acelerograma - Disparo intermedio:

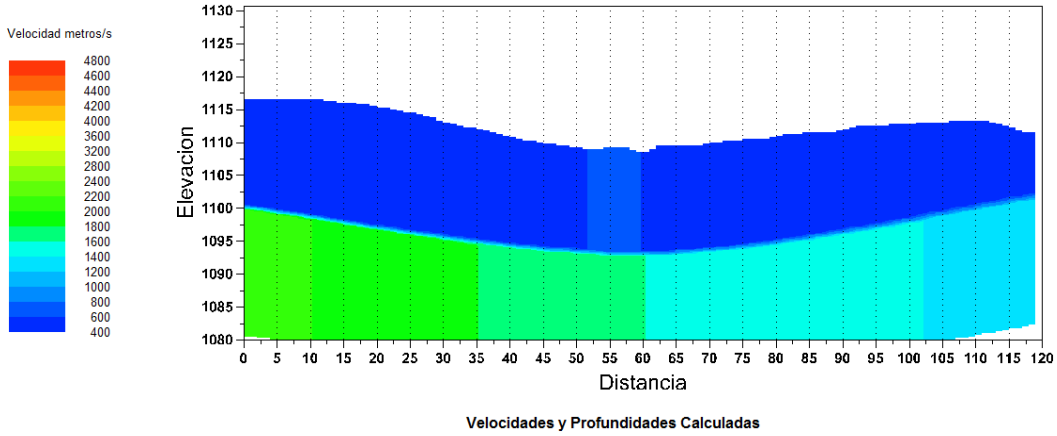


Línea sísmica 4 (LS4)

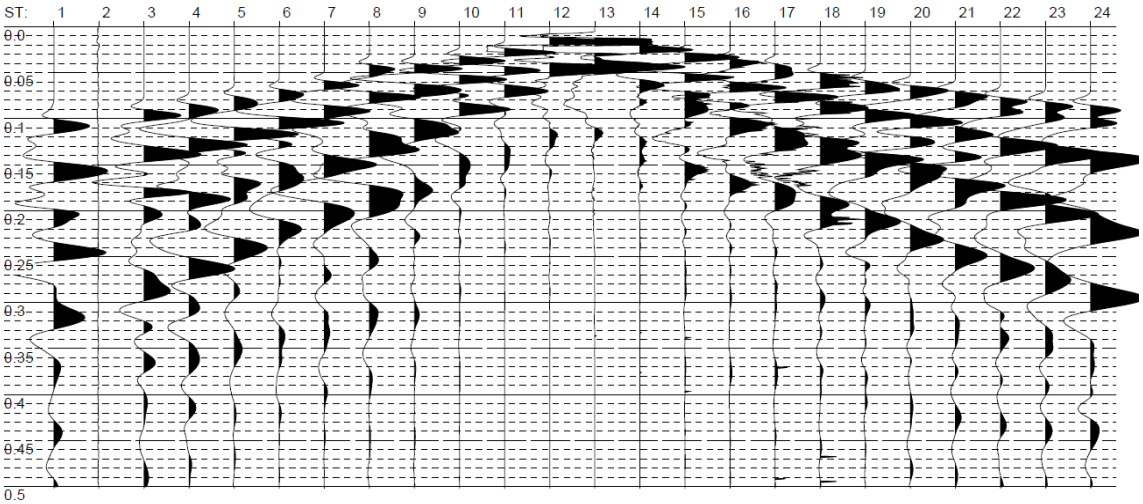
Dromocrona:



Perfil sísmico:

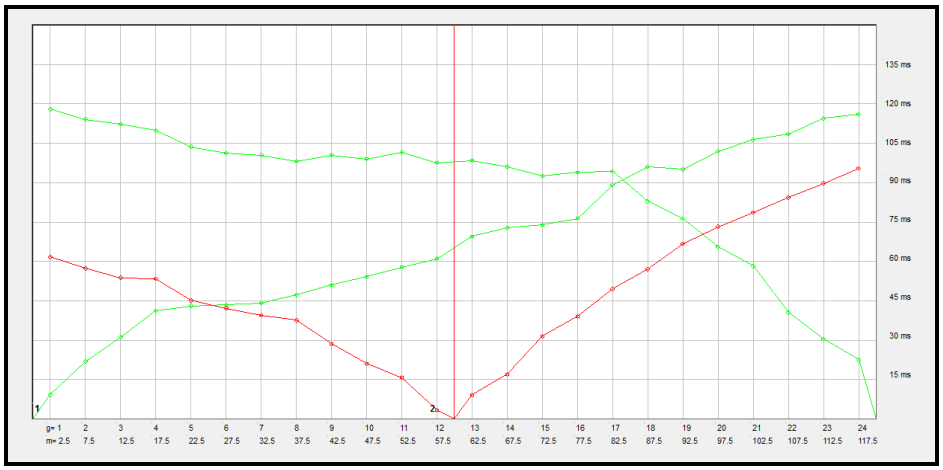


Acelerograma - Disparo intermedio:

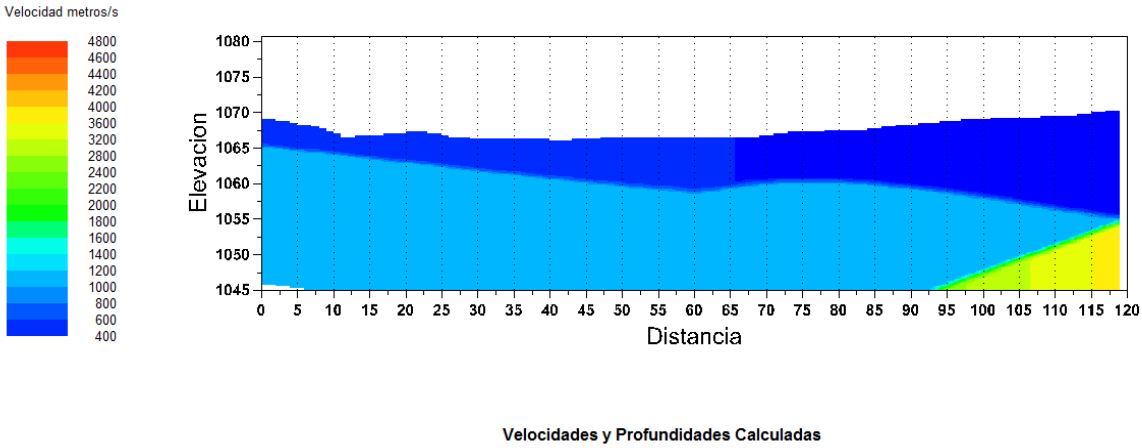


Línea sísmica 5 (LS5)

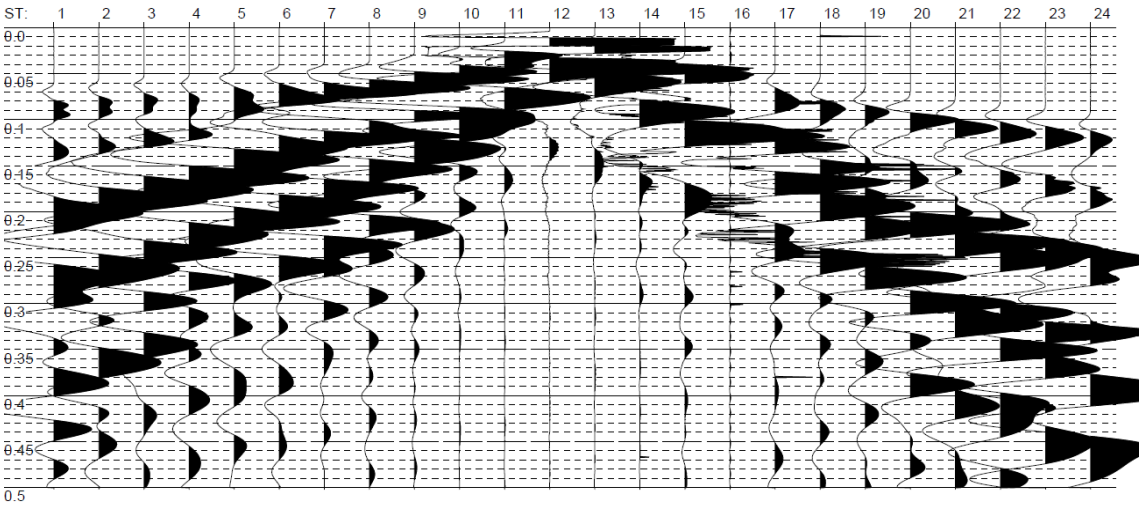
Dromocrona:



Perfil sísmico:

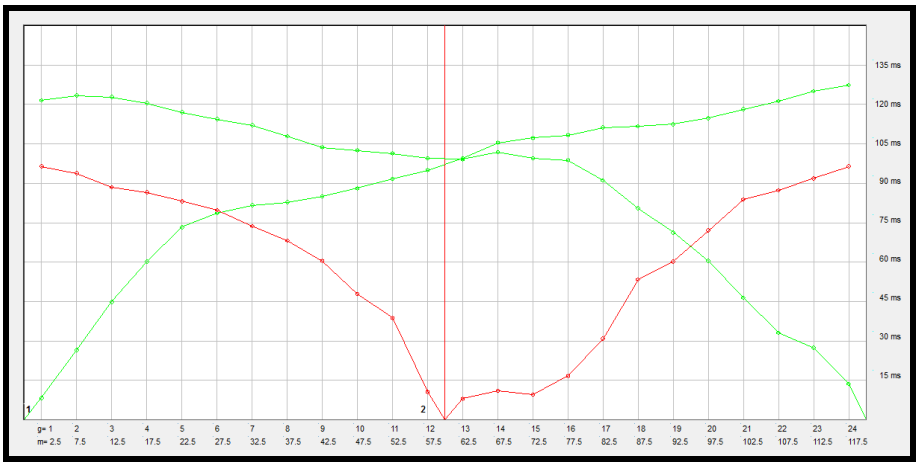


Acelerograma - Disparo intermedio:

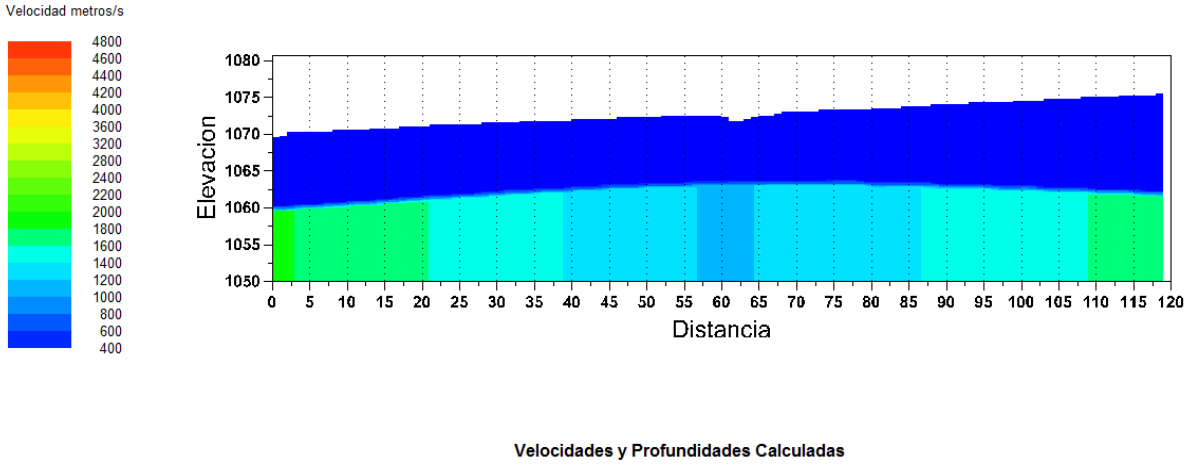


Línea sísmica 6 (LS6)

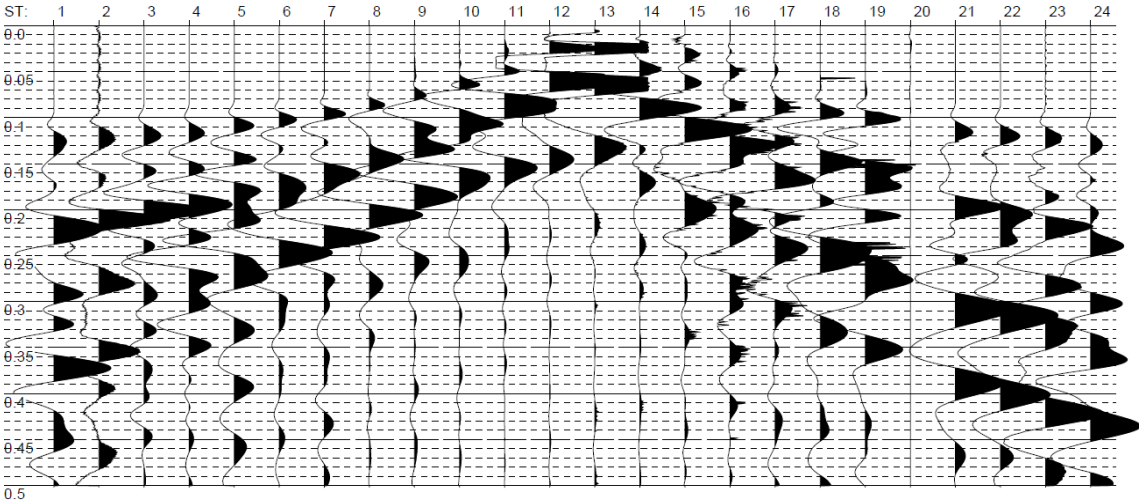
Dromocrona:



Perfil sísmico:

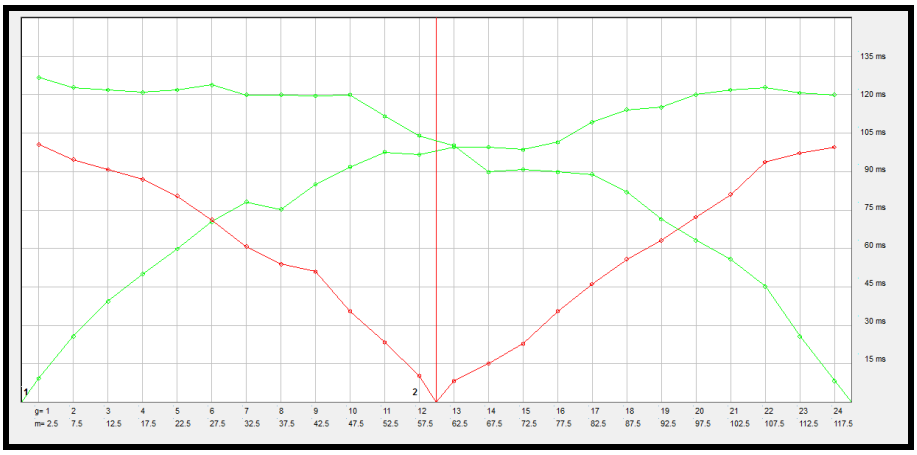


Acelerograma - Disparo intermedio:

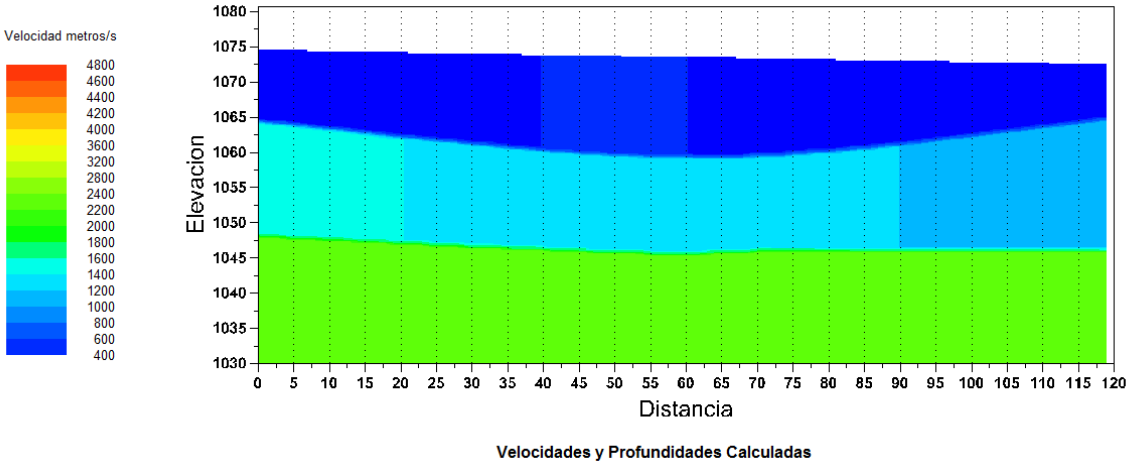


Línea sísmica 7 (LS7)

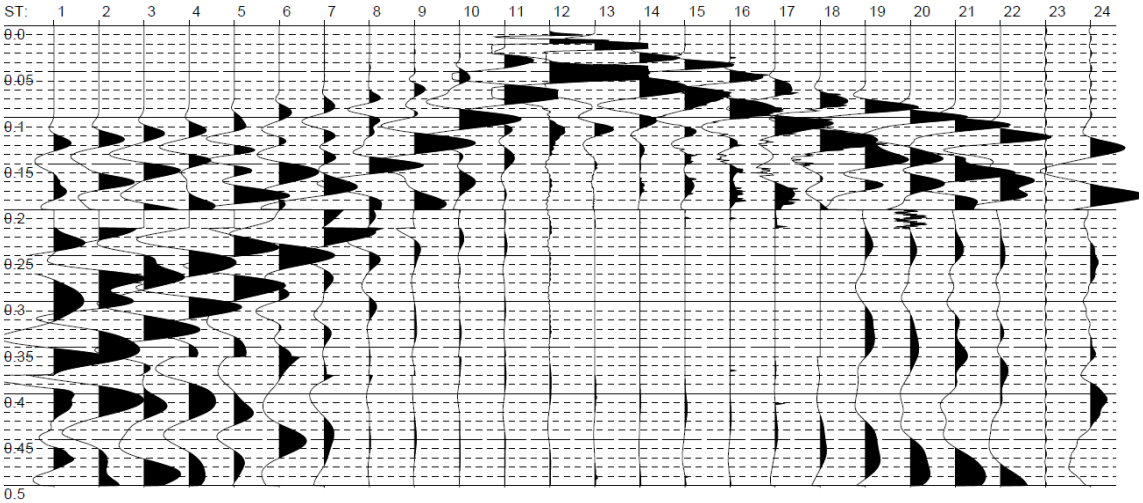
Dromocrona:



Perfil sísmico:

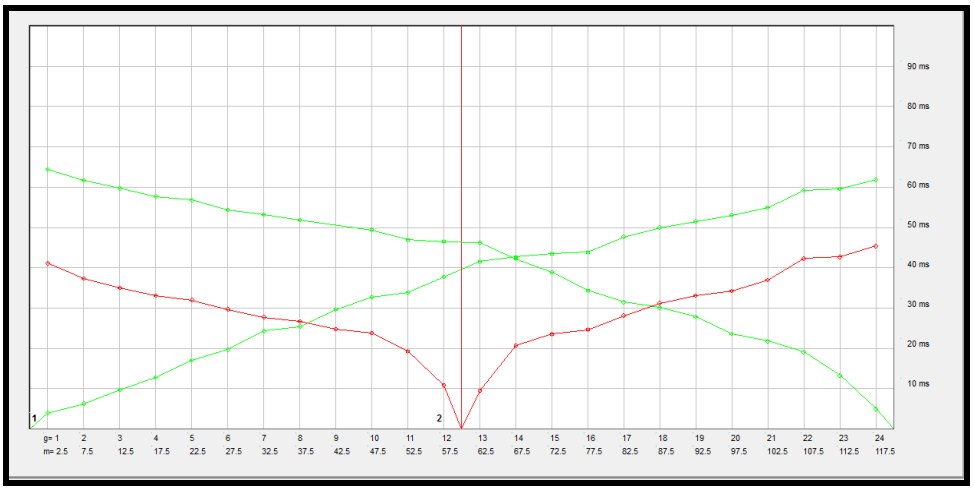


Acelerograma - Disparo intermedio:

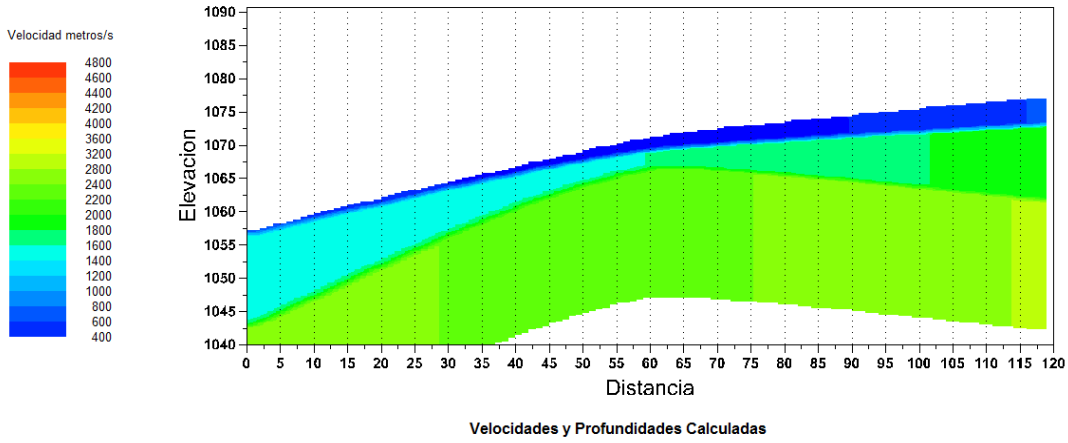


Línea sísmica 8 (LS8)

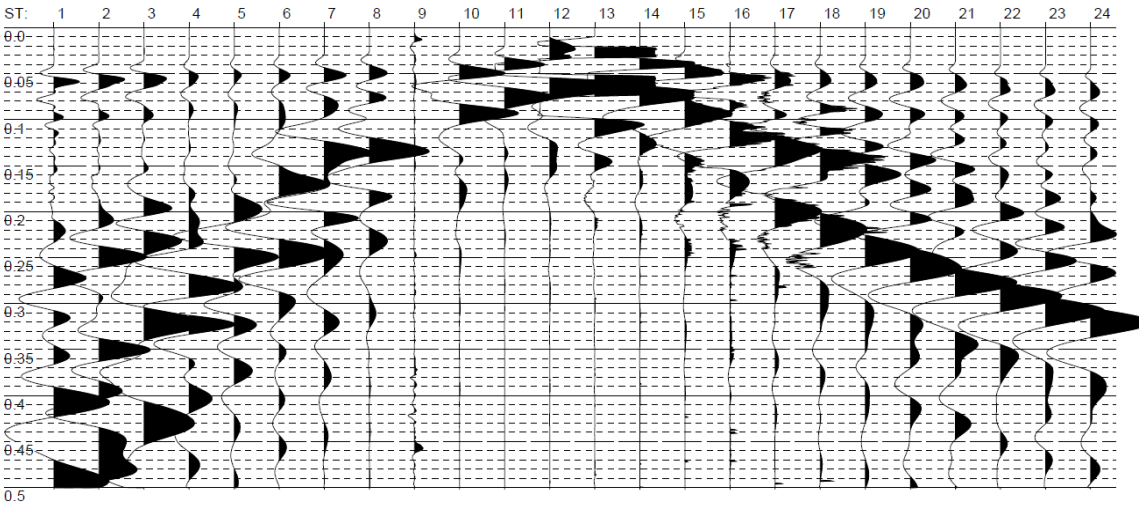
Dromocrona:



Perfil sísmico:

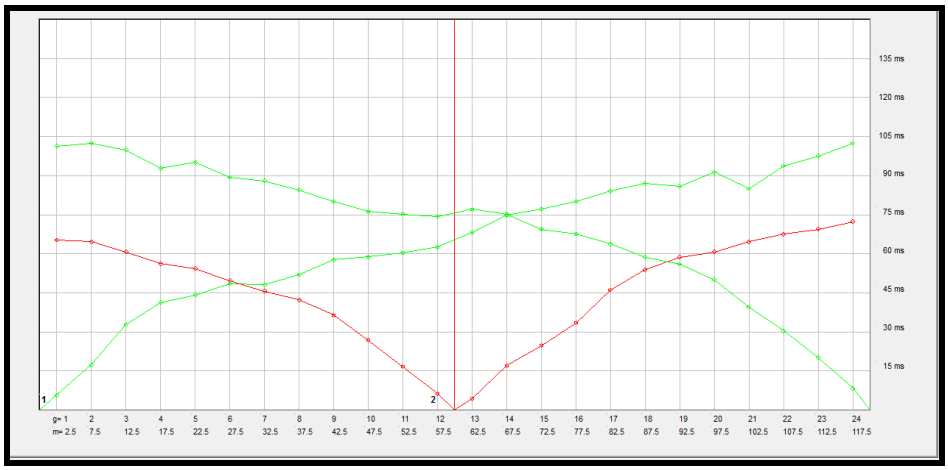


Acelerograma - Disparo intermedio:

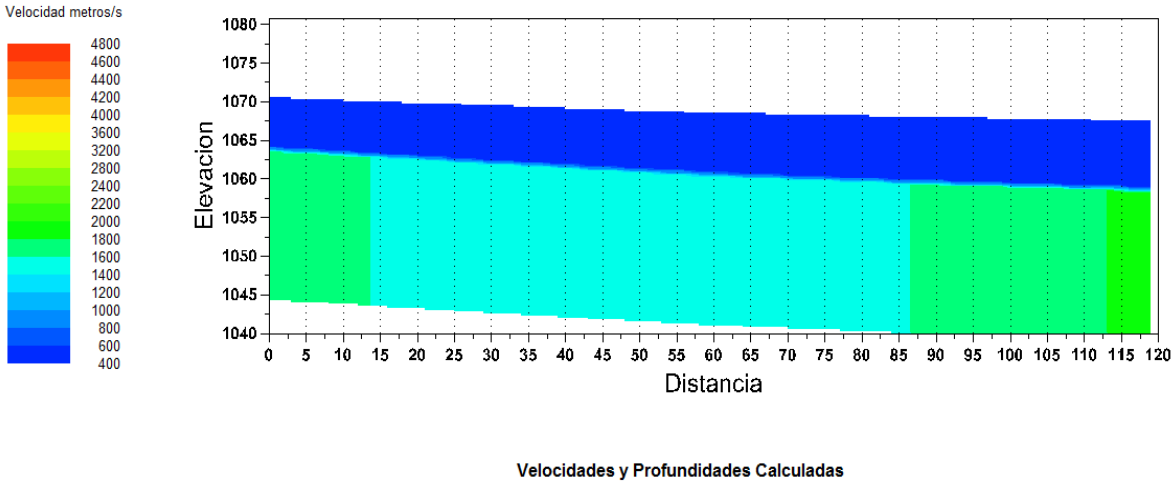


Línea sísmica 9 (LS9)

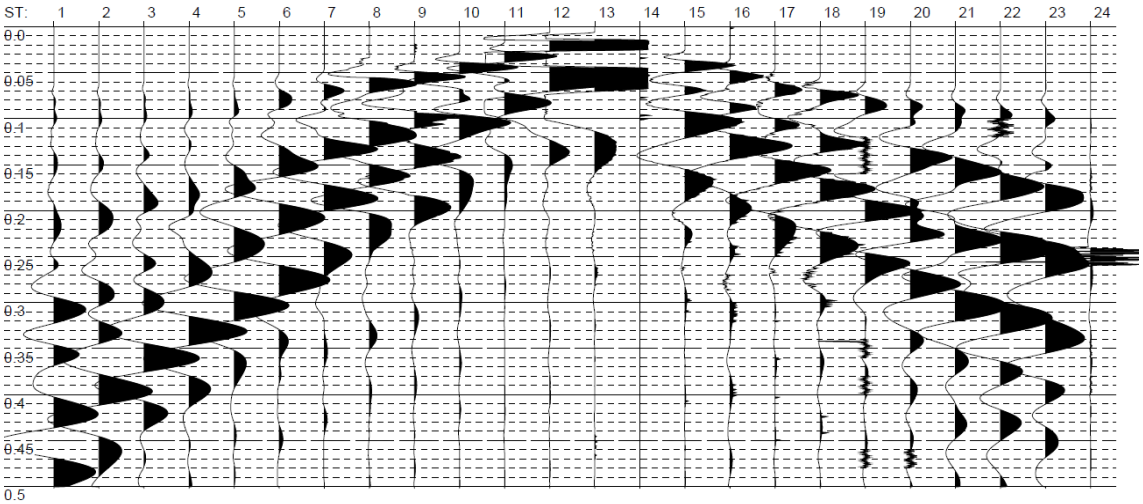
Dromocrona:



Perfil sísmico:

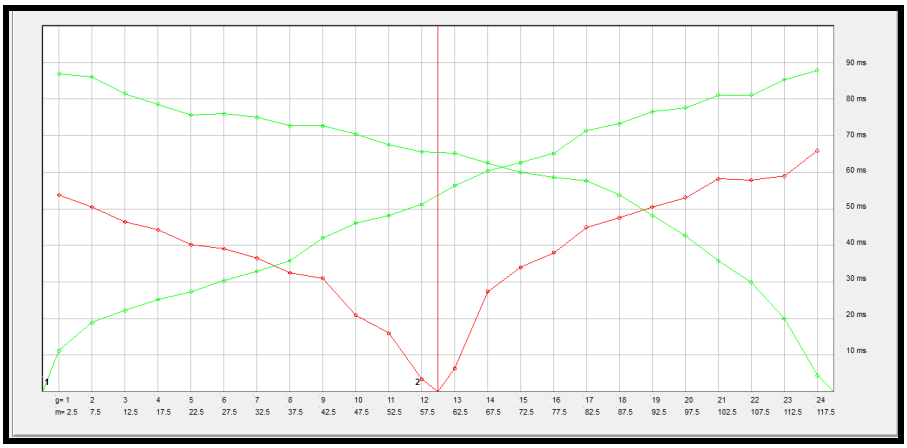


Acelerograma - Disparo intermedio:

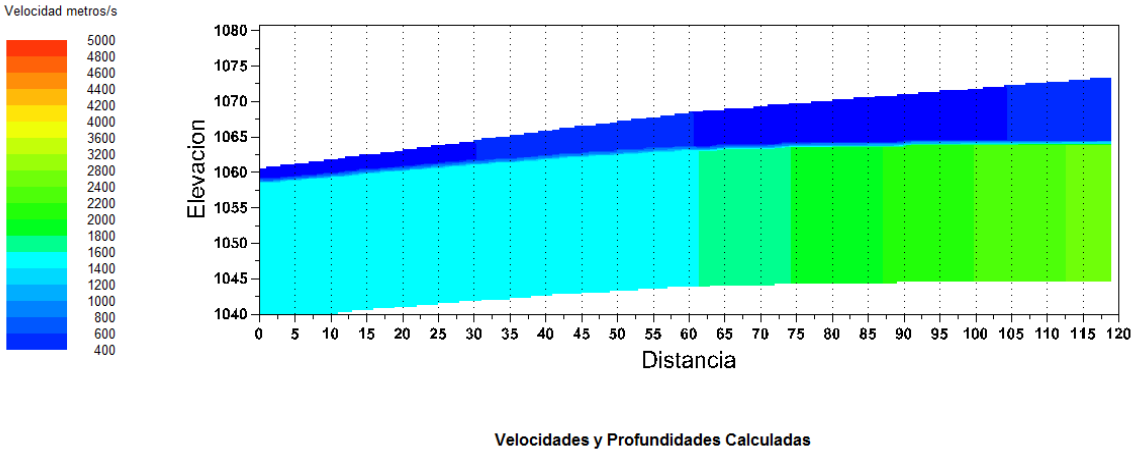


Línea sísmica 10 (LS10)

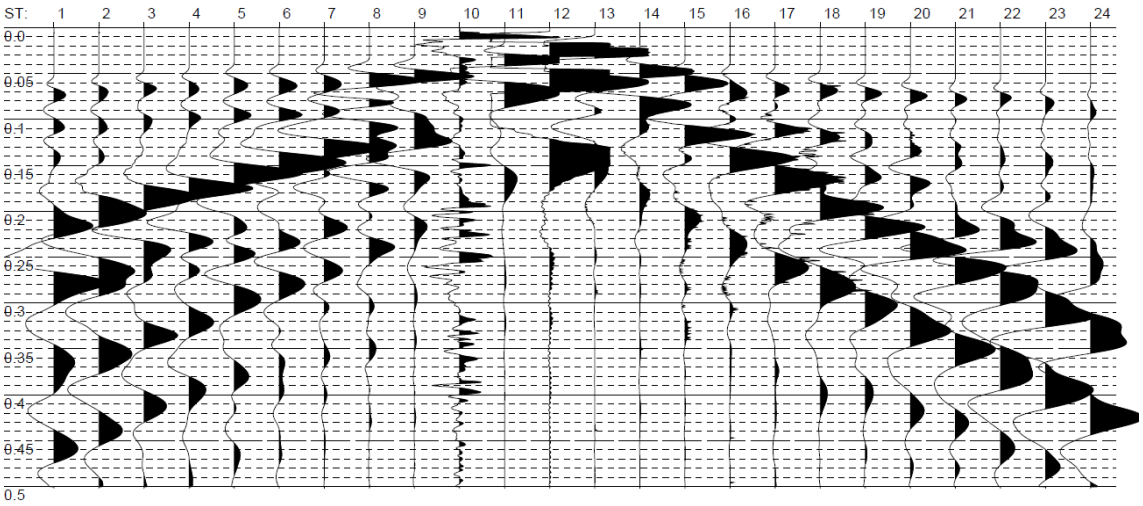
Dromocrona:



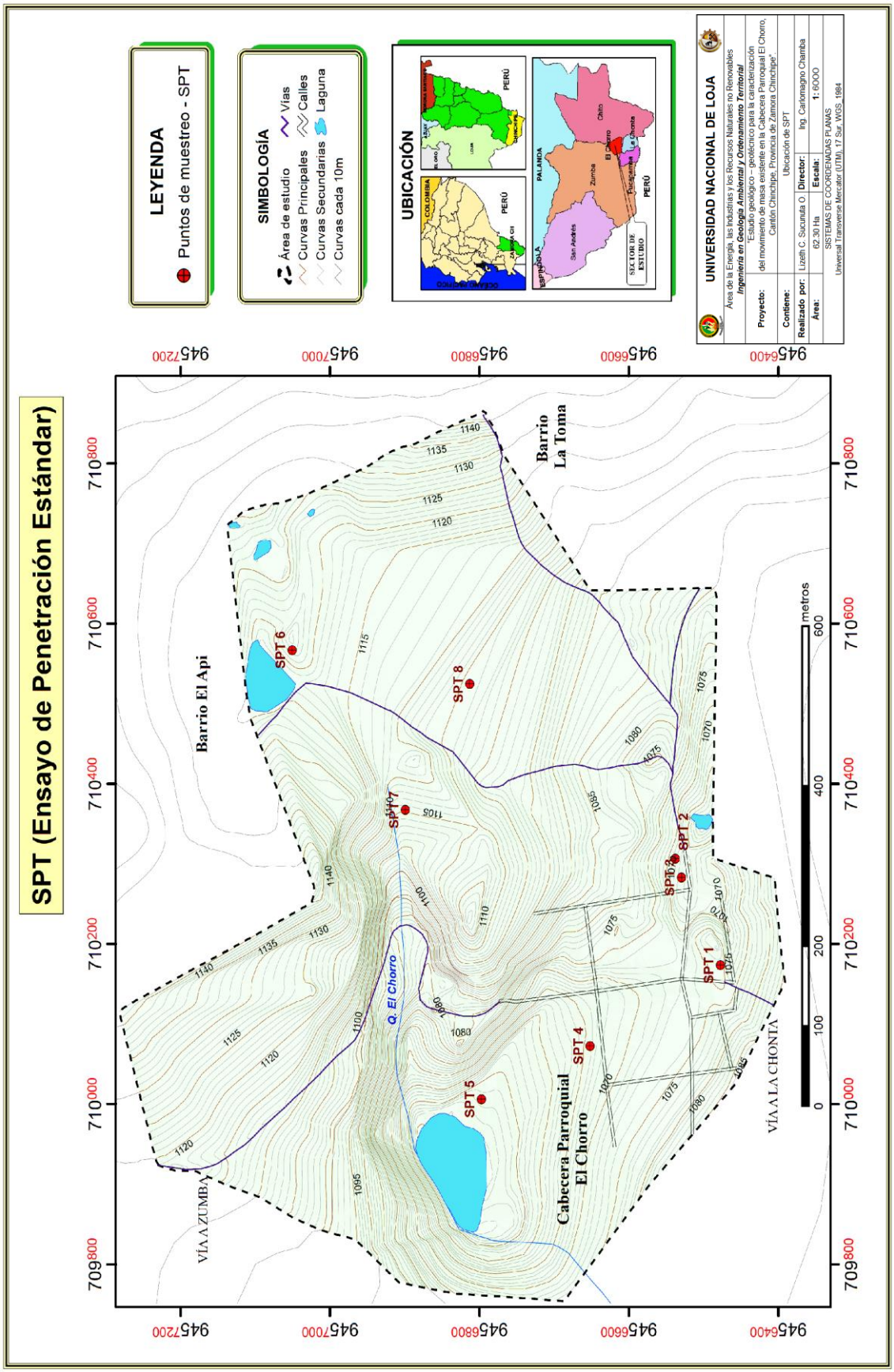
Perfil sísmico:



Acelerograma - Disparo intermedio:



Anexo 34: Mapa; SPT área de estudio



Anexo 35: Fichas; Ensayos de SPT

ESTSUELCON CIA. LTDA.

ESTUDIOS DE SUELOS, LABORATORIO, CONSTRUCCIÓN Y CONSULTORIA

Tele-fax: 2540594. Celular: 093883061-099692335 Email: estsuelcon@gmail.com

ENSAYOS DE CLASIFICACION

PROY. : **ESTUDIO GEOLOGICO GEOTECNICO DE LA ZONA DE INESTABILIDAD EN LA CABECERA PARROQUIAL EL CHORRO**
OBRA : ESTUDIO DE SUELOS
UBIC. : ZUMBA - PARROQUIA EL CHORRO POZO : 3
FECHA : MAYO-2012 OPERADOR O.C PROFUND.: 1.00 m.

	GOLPES	PESO HM.	SECO	DE CAPS	w %	RESULTADO
1.- CONTENIDO DE AGUA		87.26	75.89	24.01	21.92	
		96.53	83.96	27.29	22.18	22.05
2.- LIM. LIQUIDO	36	32.93	28.75	19.60	45.68	
	27	39.61	35.69	27.29	46.67	
	23	29.95	26.65	19.69	47.41	
	16	30.66	27.02	19.52	48.53	47.00
3.- LIMITE PLASTICO		24.65	23.72	19.51	22.09	
		24.83	23.82	19.23	22.00	22.05

4.- GRANULOMETRIA

PESO IN= 284.38 (H/S) H
PESO INICIAL DE CALCULO: 233.01

TAMIZ	PESO R.	% R.A.	% PASA
1 1/2"	0.00	0.00	100
1"	0.00	0.00	100
3/4"	0.00	0.00	100
1/2"	0.00	0.00	100
3/8"	4.19	1.80	98
No. 4	11.42	6.70	93
No. 10	10.67	11.28	89
No. 40	35.97	26.72	73
No. 200	36.79	42.51	57

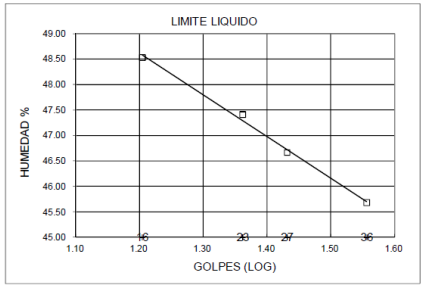
COLOR= CAFÉ CLARO

5.- CLASIFICACION.-

GRAVA= 7 %
ARENA= 36 %
FINOS= 57 %

LL = 47.00 %
LP = 22.00 %
IP = 25.00 %

CLASIFICACION:
SUCS = CL
AASHTO= A-7-6
IG(86)= 12
IG(45)= 11



Ing. Diego I. Castillo
Laboratorio

ESTSUELCON CIA. LTDA.

ESTUDIOS DE SUELOS, LABORATORIO, CONSTRUCCIÓN Y CONSULTORIA

Tele-fax: 2540594. Celular: 093883061-099692335 Email: estsuelcon@gmail.com

ENSAYOS DE CLASIFICACION

PROY. : **ESTUDIO GEOLOGICO GEOTECNICO DE LA ZONA DE INESTABILIDAD EN LA CABECERA PARROQUIAL EL CHORRO**
OBRA : ESTUDIO DE SUELOS
UBIC. : ZUMBA - PARROQUIA EL CHORRO POZO : 3
FECHA : MAYO-2012 OPERADOR O.C PROFUND.: 2.00 m.

	GOLPES	PESO HM.	SECO	DE CAPS	w %	RESULTADO
1.- CONTENIDO DE AGUA		80.57	69.31	24.58	25.17	
		79.12	68.68	27.11	25.11	25.14
2.- LIM. LIQUIDO	33	39.24	35.32	27.29	48.82	
	27	32.70	28.57	20.37	50.37	
	21	37.73	33.46	25.27	52.14	
	17	41.29	36.56	27.85	54.31	50.99
3.- LIMITE PLASTICO		28.63	26.89	19.63	23.97	
		29.74	27.73	19.23	23.65	23.81

4.- GRANULOMETRIA

PESO IN= 242.77 (H/S) H
PESO INICIAL DE CALCULO: 193.99

TAMIZ	PESO R.	% R.A.	% PASA
1 1/2"	0.00	0.00	100
1"	0.00	0.00	100
3/4"	0.00	0.00	100
1/2"	12.89	6.64	93
3/8"	1.82	7.58	92
No. 4	4.09	9.69	90
No. 10	3.07	11.27	89
No. 40	16.40	19.73	80
No. 200	30.12	35.25	65

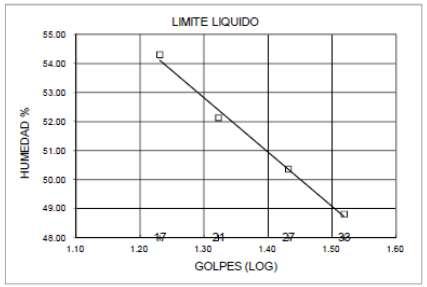
COLOR= CAFÉ CLARO

5.- CLASIFICACION.-

GRAVA= 10 %
ARENA= 26 %
FINOS= 65 %

LL = 51.00 %
LP = 24.00 %
IP = 27.00 %

CLASIFICACION:
SUCS = CH1
AASHTO= A-7-6
IG(86)= 16
IG(45)= 14



Ing. Diego I. Castillo
Laboratorio

ESTSUELCON CIA. LTDA.
ESTUDIOS DE SUELOS, LABORATORIO, CONSTRUCCIÓN Y CONSULTORIA
Tele-fax: 2540594. Celular: 093883061-099692335 Email: estsuelcon@gmail.com

ENSAYOS DE CLASIFICACION

PROY. : **ESTUDIO GEOLOGICO GEOTECNICO DE LA ZONA DE INESTABILIDAD EN LA CABECERA PARROQUIAL EL CHORRO**
OBRA : ESTUDIO DE SUELOS
UBIC. : ZUMBA - PARROQUIA EL CHORRO POZO : 3
FECHA : MAYO-2012 OPERADOR O.C PROFUND.: 3.00 m.

	GOLPES	PESO HM.	SECO	DE CAPS	w %	RESULTADO
1.- CONTENIDO DE AGUA		81.72	74.23	27.29	15.96	
		93.26	83.75	25.28	16.26	16.11
2.- LIM. LIQUIDO	33	42.64	38.90	27.62	33.16	
	27	36.70	32.56	20.38	33.99	
	23	34.30	30.36	19.04	34.81	
	17	42.95	38.90	27.81	36.52	34.47
3.- LIMITE PLASTICO		35.49	33.95	27.24	22.95	
		34.82	33.42	27.31	22.91	22.93

4.- GRANULOMETRIA

PESO IN= 317.32 (H/S) H
PESO INICIAL DE CALCULO: 273.29

TAMIZ	PESO R.	% R.A.	% PASA
1 1/2"	0.00	0.00	100
1"	0.00	0.00	100
3/4"	0.00	0.00	100
1/2"	28.13	10.29	90
3/8"	9.59	13.80	86
No. 4	11.95	18.17	82
No. 10	17.50	24.58	75
No. 40	44.68	40.93	59
No. 200	50.50	59.41	41

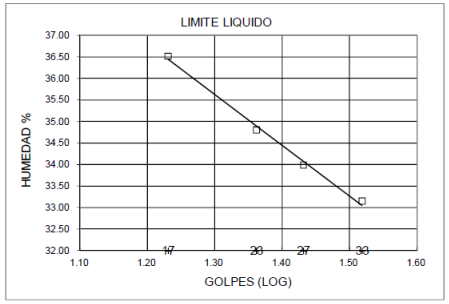
COLOR= CAFÉ CLARO

5.- CLASIFICACION.-

GRAVA= 18 %
ARENA= 41 %
FINOS= 41 %

LL = 34.00 %
LP = 23.00 %
IP = 11.00 %

CLASIFICACION:
SUCS = SC
AASHTO= A-6
IG(86)= 1
IG(45)= 1



Ing. Diego I. Castillo
Laboratorio

ESTSUELCON CIA. LTDA.
ESTUDIOS DE SUELOS, LABORATORIO, CONSTRUCCIÓN Y CONSULTORIA
Tele-fax: 2540594. Celular: 093883061-099692335 Email: estsuelcon@gmail.com

ENSAYOS DE CLASIFICACION

PROY. : **ESTUDIO GEOLOGICO GEOTECNICO DE LA ZANA DE INESTABILIDAD EN LA CABECERA PARROQUIAL EL CHORRO**
OBRA : ESTUDIO DE SUELOS
UBIC. : ZUMBA - PARROQUIA EL CHORRO POZO : 8
FECHA : MAYO-2012 OPERADOR O.C PROFUND.: 1.00 m.

	GOLPES	PESO HM.	SECO	DE CAPS	w %	RESULTADO
1.- CONTENIDO DE AGUA		88.21	79.18	27.81	17.58	
		79.84	71.55	25.27	17.91	17.75
2.- LIM. LIQUIDO	38	44.80	40.10	27.05	36.02	
	30	35.72	31.43	19.80	36.89	
	23	34.54	30.34	19.08	37.30	
	18	40.49	36.30	25.27	37.99	37.17
3.- LIMITE PLASTICO		24.74	23.86	19.55	20.42	
		24.57	23.74	19.66	20.34	20.38

4.- GRANULOMETRIA

PESO IN= 287.62 (H/S) H
PESO INICIAL DE CALCULO: 244.27

TAMIZ	PESO R.	% R.A.	% PASA
1 1/2"	0.00	0.00	100
1"	0.00	0.00	100
3/4"	0.00	0.00	100
1/2"	0.00	0.00	100
3/8"	0.00	0.00	100
No. 4	9.31	3.81	96
No. 10	9.51	7.70	92
No. 40	47.38	27.10	73
No. 200	48.31	46.88	53

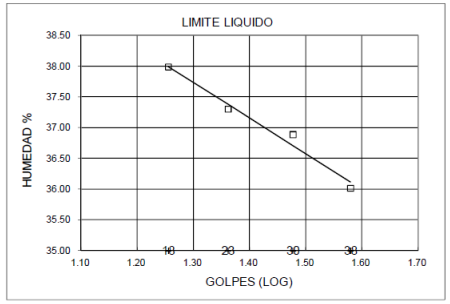
COLOR= CAFÉ OSCURO

5.- CLASIFICACION.-

GRAVA= 4 %
ARENA= 43 %
FINOS= 53 %

LL = 37.00 %
LP = 20.00 %
IP = 17.00 %

CLASIFICACION:
SUCS = CL
AASHTO= A-6
IG(86)= 6
IG(45)= 6



Ing. Diego I. Castillo
Laboratorio

ESTSUELCON CIA. LTDA.

ESTUDIOS DE SUELOS, LABORATORIO, CONSTRUCCIÓN Y CONSULTORIA

Tele-fax: 2540594. Celular: 093883061-099692335 Email: estsuelcon@gmail.com

ENSAYOS DE CLASIFICACION

PROY. : **ESTUDIO GEOLOGICO GEOTECNICO DE LA ZANA DE INESTABILIDAD EN LA CABECERA PARROQUIAL EL CHORRO**
OBRA : ESTUDIO DE SUELOS
UBIC. : ZUMBA - PARROQUIA EL CHORRO POZO : 8
FECHA : MAYO-2012 OPERADOR O.C PROFUND.: 2.00 m.

	GOLPES	PESO HM.	SECO	DE CAPS		RESULTADO
1.- CONTENIDO DE AGUA		93.81	81.21	27.84	23.61	
		74.58	63.89	19.17	23.90	23.76
2.- LIM. LIQUIDO	35	42.05	38.35	27.85	35.24	
	29	41.98	38.12	27.62	36.76	
	23	41.25	37.33	27.12	38.39	
	18	35.67	31.34	20.36	39.44	37.57
3.- LIMITE PLASTICO		24.20	23.20	19.03	23.98	
		25.83	24.64	19.68	23.99	23.99

4.- GRANULOMETRIA

PESO IN= 266.84 (H/S) H
PESO INICIAL DE CALCULO: 215.62

TAMIZ	PESO R.	% R.A.	% PASA
1 1/2"	0.00	0.00	100
1"	0.00	0.00	100
3/4"	0.00	0.00	100
1/2"	0.00	0.00	100
3/8"	0.00	0.00	100
No. 4	2.29	1.06	99
No. 10	5.93	3.81	96
No. 40	34.92	20.01	80
No. 200	43.88	40.36	60

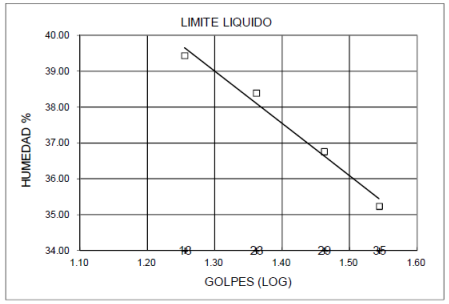
COLOR= CAFÉ CLARO

5.- CLASIFICACION.-

GRAVA= 1 %
ARENA= 39 %
FINOS= 60 %

LL = 38.00 %
LP = 24.00 %
IP = 14.00 %

CLASIFICACION:
SUCS = CL
AASHTO= A-6
IG(86)= 7
IG(45)= 7



Ing. Diego I. Castillo
Laboratorio

ESTSUELCON CIA. LTDA.

ESTUDIOS DE SUELOS, LABORATORIO, CONSTRUCCIÓN Y CONSULTORIA

Tele-fax: 2540594. Celular: 093883061-099692335 Email: estsuelcon@gmail.com

ENSAYOS DE CLASIFICACION

PROY. : **ESTUDIO GEOLOGICO GEOTECNICO DE LA ZANA DE INESTABILIDAD EN LA CABECERA PARROQUIAL EL CHORRO**
OBRA : ESTUDIO DE SUELOS
UBIC. : ZUMBA - PARROQUIA EL CHORRO POZO : 8
FECHA : MAYO-2012 OPERADOR O.C PROFUND.: 3.00 m.

	GOLPES	PESO HM.	SECO	DE CAPS		RESULTADO
1.- CONTENIDO DE AGUA		78.59	67.94	19.72	22.09	
		66.49	58.68	20.22	20.31	21.20
2.- LIM. LIQUIDO	34	34.38	32.31	27.15	40.12	
	27	35.87	33.37	27.28	41.05	
	23	36.00	33.51	27.49	41.36	
	18	34.88	32.62	27.29	42.40	41.21
3.- LIMITE PLASTICO		35.35	33.88	27.59	23.37	
		33.41	32.22	27.01	22.84	23.11

4.- GRANULOMETRIA

PESO IN= 205.03 (H/S) H
PESO INICIAL DE CALCULO: 169.17

TAMIZ	PESO R.	% R.A.	% PASA
1 1/2"	0.00	0.00	100
1"	0.00	0.00	100
3/4"	0.00	0.00	100
1/2"	2.84	1.68	98
3/8"	0.00	1.68	98
No. 4	5.28	4.80	95
No. 10	4.80	7.64	92
No. 40	23.35	21.44	79
No. 200	34.16	41.63	58

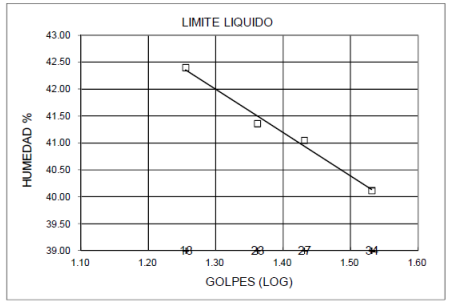
COLOR= CAFÉ

5.- CLASIFICACION.-

GRAVA= 5 %
ARENA= 37 %
FINOS= 58 %

LL = 41.00 %
LP = 23.00 %
IP = 18.00 %

CLASIFICACION:
SUCS = CL
AASHTO= A-7-6
IG(86)= 8
IG(45)= 8



Ing. Diego I. Castillo
Laboratorio

ESTSUELCON CIA. LTDA.
ESTUDIOS DE SUELOS, LABORATORIO, CONSTRUCCIÓN Y CONSULTORIA
Tele-fax: 2540594. Celular: 093883061-099692335 Email: estsuelcon@gmail.com

ENSAYOS DE CLASIFICACION

PROY. : **ESTUDIO GEOLOGICO GEOTECNICO DE LA ZANA DE INESTABILIDAD EN LA CABECERA PARROQUIAL EL CHORRO**
OBRA : ESTUDIO DE SUELOS
UBIC. : ZUMBA - PARROQUIA EL CHORRO POZO : 9
FECHA : MAYO-2012 OPERADOR O.C PROFUND.: 1.00 m.

	GOLPES	PESO HM.	SECO	DE CAPS		RESULTADO
1.- CONTENIDO DE AGUA		86.21	74.23	19.07	21.72	
		82.11	71.00	20.16	21.85	21.79
2.- LIM. LIQUIDO	32	34.22	30.84	19.70	30.34	
	27	32.64	29.73	20.36	31.06	
	22	40.82	37.54	27.24	31.84	
	15	38.90	35.67	25.99	33.37	31.34
3.- LIMITE PLASTICO		33.37	32.43	27.29	18.29	
		36.41	35.11	27.81	17.81	18.05

4.- GRANULOMETRIA

PESO IN= 231.63 (H/S) H
PESO INICIAL DE CALCULO: 190.19

TAMIZ	PESO R.	% R.A.	% PASA
1 1/2"	0.00	0.00	100
1"	0.00	0.00	100
3/4"	0.00	0.00	100
1/2"	0.00	0.00	100
3/8"	0.00	0.00	100
No. 4	0.00	0.00	100
No. 10	3.35	1.76	98
No. 40	26.53	15.71	84
No. 200	47.08	40.46	60

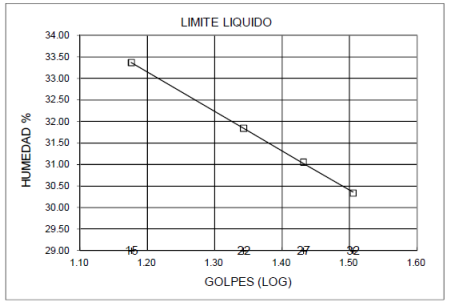
COLOR= CAFÉ OSCURO

5.- CLASIFICACION.-

GRAVA= 0 %
ARENA= 40 %
FINOS= 60 %

LL = 31.00 %
LP = 18.00 %
IP = 13.00 %

CLASIFICACION:
SUCS = CL
AASHTO= A-6
IG(86)= 6
IG(45)= 6



Ing. Diego I. Castillo
Laboratorio

ESTSUELCON CIA. LTDA.
ESTUDIOS DE SUELOS, LABORATORIO, CONSTRUCCIÓN Y CONSULTORIA
Tele-fax: 2540594. Celular: 093883061-099692335 Email: estsuelcon@gmail.com

ENSAYOS DE CLASIFICACION

PROY. : **ESTUDIO GEOLOGICO GEOTECNICO DE LA ZANA DE INESTABILIDAD EN LA CABECERA PARROQUIAL EL CHORRO**
OBRA : ESTUDIO DE SUELOS
UBIC. : ZUMBA - PARROQUIA EL CHORRO POZO : 9
FECHA : MAYO-2012 OPERADOR O.C PROFUND.: 2.00 m.

	GOLPES	PESO HM.	SECO	DE CAPS		RESULTADO
1.- CONTENIDO DE AGUA		75.22	65.66	19.48	20.70	
		86.73	75.70	19.64	19.68	20.19
2.- LIM. LIQUIDO	32	34.63	31.03	19.50	31.22	
	26	43.01	39.28	27.68	32.16	
	21	35.93	32.07	20.34	32.91	
	18	39.78	36.23	25.62	33.46	32.23
3.- LIMITE PLASTICO		24.68	23.88	19.61	18.74	
		32.77	31.96	27.52	18.24	18.49

4.- GRANULOMETRIA

PESO IN= 243.13 (H/S) H
PESO INICIAL DE CALCULO: 202.29

TAMIZ	PESO R.	% R.A.	% PASA
1 1/2"	0.00	0.00	100
1"	0.00	0.00	100
3/4"	0.00	0.00	100
1/2"	0.00	0.00	100
3/8"	0.00	0.00	100
No. 4	0.12	0.06	100
No. 10	2.30	1.20	99
No. 40	20.26	11.21	89
No. 200	34.39	28.21	72

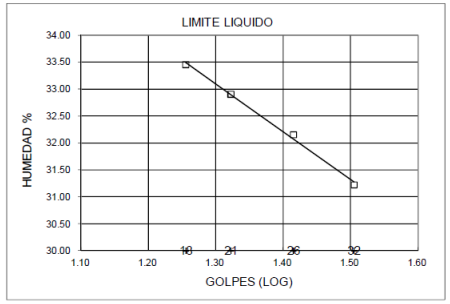
COLOR= CAFÉ OSCURO

5.- CLASIFICACION.-

GRAVA= 0 %
ARENA= 28 %
FINOS= 72 %

LL = 32.00 %
LP = 18.00 %
IP = 14.00 %

CLASIFICACION:
SUCS = CL
AASHTO= A-6
IG(86)= 10
IG(45)= 9



Ing. Diego I. Castillo
Laboratorio

ESTSUELCON CIA. LTDA.
ESTUDIOS DE SUELOS, LABORATORIO, CONSTRUCCIÓN Y CONSULTORIA
Tele-fax: 2540594. Celular: 093883061-099692335 Email: estsuelcon@gmail.com

ENSAYOS DE CLASIFICACION

PROY. : **ESTUDIO GEOLOGICO GEOTECNICO DE LA ZANA DE INESTABILIDAD EN LA CABECERA PARROQUIAL EL CHORRO**
OBRA : ESTUDIO DE SUELOS
UBIC. : ZUMBA - PARROQUIA EL CHORRO POZO : 9
FECHA : MAYO-2012 OPERADOR O.C PROFUND.: 3.00 m.

	GOLPES	PESO HM.	SECO	DE CAPS		RESULTADO
1.- CONTENIDO DE AGUA		60.78	56.03	27.53	16.67	
		70.43	64.32	28.76	17.18	16.92
2.- LIM. LIQUIDO	31	37.82	35.15	27.17	33.46	
	26	36.49	33.84	26.00	33.80	
	23	37.01	34.53	27.50	35.28	
	19	27.76	25.49	19.24	36.32	34.55
3.- LIMITE PLASTICO		31.74	30.49	24.12	19.62	
		35.52	34.15	27.21	19.74	19.68

4.- GRANULOMETRIA

PESO IN= 200.38 (H/S) H
PESO INICIAL DE CALCULO: 171.38

TAMIZ	PESO R.	% R.A.	% PASA
1 1/2"	0.00	0.00	100
1"	0.00	0.00	100
3/4"	0.00	0.00	100
1/2"	0.00	0.00	100
3/8"	4.73	2.76	97
No. 4	5.76	6.12	94
No. 10	8.35	10.99	89
No. 40	33.85	30.75	69
No. 200	46.24	57.73	42

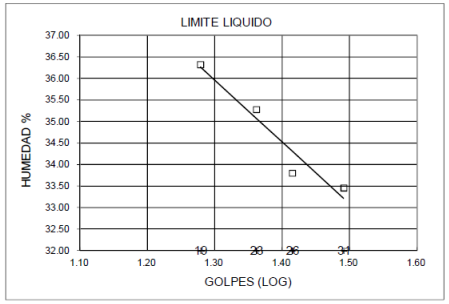
COLOR= CAFÉ CLARO

5.- CLASIFICACION.-

GRAVA= 6 %
ARENA= 52 %
FINOS= 42 %

LL = 35.00 %
LP = 20.00 %
IP = 15.00 %

CLASIFICACION:
SUCS = SC
AASHTO= A-6
IG(86)= 3
IG(45)= 3



Ing. Diego I. Castillo
Laboratorio

ESTSUELCON CIA. LTDA.
ESTUDIOS DE SUELOS, LABORATORIO, CONSTRUCCIÓN Y CONSULTORIA
Tele-fax: 2540594. Celular: 093883061-099692335 Email: estsuelcon@gmail.com

ENSAYOS DE CLASIFICACION

PROY. : **ESTUDIO GEOLOGICO GEOTECNICO DE LA ZANA DE INESTABILIDAD EN LA CABECERA PARROQUIAL EL CHORRO**
OBRA : ESTUDIO DE SUELOS
UBIC. : ZUMBA - PARROQUIA EL CHORRO POZO : 9
FECHA : MAYO-2012 OPERADOR O.C PROFUND.: 4.00 m.

	GOLPES	PESO HM.	SECO	DE CAPS		RESULTADO
1.- CONTENIDO DE AGUA		91.83	79.23	27.72	24.46	
		90.31	77.96	25.57	23.57	24.02
2.- LIM. LIQUIDO	30	40.67	37.23	27.30	34.64	
	27	40.68	37.20	27.75	36.83	
	23	34.95	32.30	25.27	37.70	
	17	38.35	35.07	27.23	41.84	37.12
3.- LIMITE PLASTICO		26.09	24.89	19.60	22.68	
		26.25	24.96	19.32	22.87	22.78

4.- GRANULOMETRIA

PESO IN= 267.26 (H/S) H
PESO INICIAL DE CALCULO: 215.50

TAMIZ	PESO R.	% R.A.	% PASA
1 1/2"	0.00	0.00	100
1"	0.00	0.00	100
3/4"	0.00	0.00	100
1/2"	0.00	0.00	100
3/8"	4.19	1.94	98
No. 4	3.73	3.68	96
No. 10	5.70	6.32	94
No. 40	41.90	25.76	74
No. 200	50.41	49.15	51

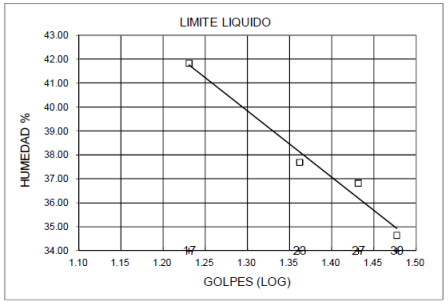
COLOR= CAFÉ CLARO

5.- CLASIFICACION.-

GRAVA= 4 %
ARENA= 45 %
FINOS= 51 %

LL = 37.00 %
LP = 23.00 %
IP = 14.00 %

CLASIFICACION:
SUCS = CL
AASHTO= A-6
IG(86)= 5
IG(45)= 5



Ing. Diego I. Castillo
Laboratorio

ESTSUELCON CIA. LTDA.
ESTUDIOS DE SUELOS, LABORATORIO, CONSTRUCCIÓN Y CONSULTORIA
Tele-fax: 2540594. Celular: 093883061-099692335 Email: estsuelcon@gmail.com

ENSAYOS DE CLASIFICACION

PROY. : **ESTUDIO GEOLOGICO GEOTECNICO DE LA ZANA DE INESTABILIDAD EN LA CABECERA PARROQUIAL EL CHORRO**
OBRA : ESTUDIO DE SUELOS
UBIC. : ZUMBA - PARROQUIA EL CHORRO POZO : 10
FECHA : MAYO-2012 OPERADOR O.C PROFUND.: 1.00 m.

	GOLPES	PESO HM.	SECO	DE CAPS	RESULTADO
1.- CONTENIDO DE AGUA		77.06	65.08	19.79	26.45
		75.17	63.66	19.24	25.91 26.18
2.- LIM. LIQUIDO	32	40.09	36.51	27.29	38.83
	26	29.25	26.30	18.85	39.60
	22	37.95	34.85	27.34	41.28
	16	30.31	27.30	20.20	42.39 40.14
3.- LIMITE PLASTICO		28.21	26.46	20.06	27.34
		28.44	26.63	19.97	27.18 27.26

4.- GRANULOMETRIA

PESO IN= 288.19 (H/S) H
PESO INICIAL DE CALCULO: 228.39

TAMIZ	PESO R.	% R.A.	% PASA
1 1/2"	0.00	0.00	100
1"	59.50	26.05	74
3/4"	0.00	26.05	74
1/2"	7.86	29.49	71
3/8"	0.00	29.49	71
No. 4	2.50	30.59	69
No. 10	5.33	32.92	67
No. 40	21.56	42.36	58
No. 200	18.83	50.61	49

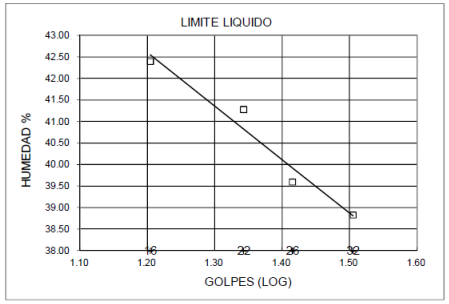
COLOR= CAFÉ CLARO

5.- CLASIFICACION.-

GRAVA= 31 %
ARENA= 20 %
FINOS= 49 %

LL = 40.00 %
LP = 27.00 %
IP = 13.00 %

CLASIFICACION:
SUCS = ML
AASHTO= A-6
IG(86)= 4
IG(45)= 4



Ing. Diego I. Castillo
Laboratorio

ESTSUELCON CIA. LTDA.
ESTUDIOS DE SUELOS, LABORATORIO, CONSTRUCCIÓN Y CONSULTORIA
Tele-fax: 2540594. Celular: 093883061-099692335 Email: estsuelcon@gmail.com

ENSAYOS DE CLASIFICACION

PROY. : **ESTUDIO GEOLOGICO GEOTECNICO DE LA ZANA DE INESTABILIDAD EN LA CABECERA PARROQUIAL EL CHORRO**
OBRA : ESTUDIO DE SUELOS
UBIC. : ZUMBA - PARROQUIA EL CHORRO POZO : 10
FECHA : MAYO-2012 OPERADOR O.C PROFUND.: 2.00 m.

	GOLPES	PESO HM.	SECO	DE CAPS	RESULTADO
1.- CONTENIDO DE AGUA		92.52	79.22	27.28	25.61
		91.57	78.33	27.15	25.87 25.74
2.- LIM. LIQUIDO	33	41.68	37.81	27.53	37.65
	27	40.22	36.75	27.84	38.95
	23	40.73	36.94	27.58	40.49
	17	38.11	34.63	26.41	42.34 39.65
3.- LIMITE PLASTICO		25.90	24.66	19.34	23.31
		23.65	22.77	19.03	23.53 23.42

4.- GRANULOMETRIA

PESO IN= 233.00 (H/S) H
PESO INICIAL DE CALCULO: 185.31

TAMIZ	PESO R.	% R.A.	% PASA
1 1/2"	0.00	0.00	100
1"	0.00	0.00	100
3/4"	17.84	9.63	90
1/2"	6.77	13.28	87
3/8"	0.00	13.28	87
No. 4	4.24	15.57	84
No. 10	7.44	19.58	80
No. 40	36.63	39.35	61
No. 200	30.25	55.68	44

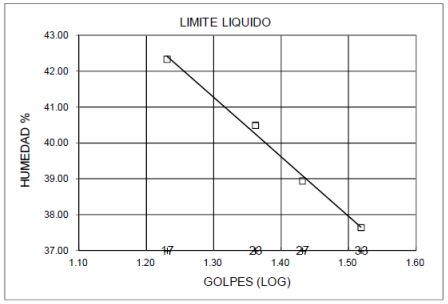
COLOR= CAFÉ CLARO

5.- CLASIFICACION.-

GRAVA= 16 %
ARENA= 40 %
FINOS= 44 %

LL = 40.00 %
LP = 23.00 %
IP = 17.00 %

CLASIFICACION:
SUCS = SC
AASHTO= A-6
IG(86)= 4
IG(45)= 4



Ing. Diego I. Castillo
Laboratorio

ESTSUELCON CIA. LTDA.

ESTUDIOS DE SUELOS, LABORATORIO, CONSTRUCCIÓN Y CONSULTORIA

Tele-fax: 2540594. Celular: 093883061-099692335 Email: estsuelcon@gmail.com

ENSAYOS DE CLASIFICACION

PROY. : **ESTUDIO GEOLOGICO GEOTECNICO DE LA ZANA DE INESTABILIDAD EN LA CABECERA PARROQUIAL EL CHORRO**
OBRA : ESTUDIO DE SUELOS
UBIC. : ZUMBA - PARROQUIA EL CHORRO POZO : 10
FECHA : MAYO-2012 OPERADOR O.C PROFUND.: 3.00 m.

	GOLPES	PESO HM.	SECO	DE CAPS	w %	RESULTADO
1.- CONTENIDO DE AGUA		75.22	64.25	19.04	24.26	
		69.19	60.27	24.11	24.67	24.47
2.- LIM. LIQUIDO	34	39.77	36.21	25.30	32.63	
	29	34.23	30.65	19.97	33.52	
	21	36.33	34.08	27.75	35.55	
	19	28.15	25.87	19.50	35.79	34.38
3.- LIMITE PLASTICO		26.05	24.61	19.63	28.92	
		28.91	26.72	19.13	28.85	28.88

4.- GRANULOMETRIA

PESO IN= 255.51 (H/S) H
PESO INICIAL DE CALCULO: 205.28

TAMIZ	PESO R.	% R.A.	% PASA
1 1/2"	0.00	0.00	100
1"	0.00	0.00	100
3/4"	0.00	0.00	100
1/2"	0.00	0.00	100
3/8"	2.68	1.31	99
No. 4	8.04	5.22	95
No. 10	16.85	13.43	87
No. 40	51.86	38.69	61
No. 200	41.25	58.79	41

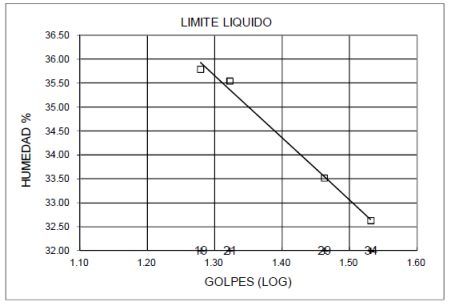
COLOR= CAFÉ CLARO

5.- CLASIFICACION.-

GRAVA= 5 %
ARENA= 54 %
FINOS= 41 %

LL = 34.00 %
LP = 29.00 %
IP = 5.00 %

CLASIFICACION:
SUCS = SM
AASHTO= A-4
IG(86)= 1
IG(45)= 1



Ing. Diego I. Castillo
Laboratorio

ESTSUELCON CIA. LTDA.

ESTUDIOS DE SUELOS, LABORATORIO, CONSTRUCCIÓN Y CONSULTORIA

Tele-fax: 2540594. Celular: 093883061-099692335 Email: estsuelcon@gmail.com

ENSAYOS DE CLASIFICACION

PROY. : **ESTUDIO GEOLOGICO GEOTECNICO DE LA ZANA DE INESTABILIDAD EN LA CABECERA PARROQUIAL EL CHORRO**
OBRA : ESTUDIO DE SUELOS
UBIC. : ZUMBA - PARROQUIA EL CHORRO POZO : 10
FECHA : MAYO-2012 OPERADOR O.C PROFUND.: 4.00 m.

	GOLPES	PESO HM.	SECO	DE CAPS		RESULTADO
1.- CONTENIDO DE AGUA		71.74	62.99	24.01	22.45	
		86.95	75.79	27.28	23.01	22.73
2.- LIM. LIQUIDO	31	39.29	35.90	26.45	35.87	
	27	36.28	32.99	24.02	36.68	
	23	35.86	33.10	25.64	37.00	
	17	39.22	36.00	27.61	38.38	36.80
3.- LIMITE PLASTICO		32.33	31.46	27.53	22.14	
		31.88	31.14	27.75	21.83	21.98

4.- GRANULOMETRIA

PESO IN= 138.70 (H/S) H
PESO INICIAL DE CALCULO: 113.02

TAMIZ	PESO R.	% R.A.	% PASA
1 1/2"	0.00	0.00	100
1"	0.00	0.00	100
3/4"	0.00	0.00	100
1/2"	3.20	2.83	97
3/8"	0.00	2.83	97
No. 4	2.25	4.82	95
No. 10	6.28	10.38	90
No. 40	27.32	34.55	65
No. 200	28.67	59.92	40

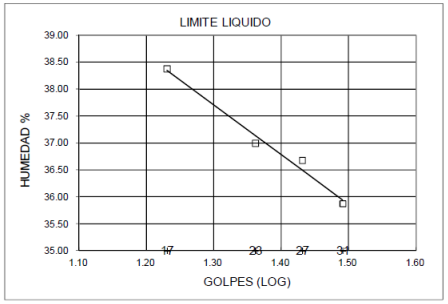
COLOR= CAFÉ CLARO

5.- CLASIFICACION.-

GRAVA= 5 %
ARENA= 55 %
FINOS= 40 %

LL = 37.00 %
LP = 22.00 %
IP = 15.00 %

CLASIFICACION:
SUCS = SC
AASHTO= A-6
IG(86)= 2
IG(45)= 2



Ing. Diego I. Castillo
Laboratorio

ESTSUELCON CIA. LTDA.
ESTUDIOS DE SUELOS, LABORATORIO, CONSTRUCCIÓN Y CONSULTORIA
Tele-fax: 2540594. Celular: 093883061-099692335 Email: estsuelcon@gmail.com

ENSAYOS DE CLASIFICACION

PROY. : **ESTUDIO GEOLOGICO GEOTECNICO DE LA ZANA DE INESTABILIDAD EN LA CABECERA PARROQUIAL EL CHORRO**
OBRA : ESTUDIO DE SUELOS
UBIC. : ZUMBA - PARROQUIA EL CHORRO POZO : 14
FECHA : MAYO-2012 OPERADOR O.C PROFUND.: 1.00 m.

	GOLPES	PESO HM.	SECO	DE CAPS	w %	RESULTADO
1.- CONTENIDO DE AGUA		103.43	91.46	20.74	16.93	
		96.91	85.97	19.70	16.51	16.72
2.- LIM. LIQUIDO	32	40.79	37.84	26.45	25.90	
	28	39.67	36.44	24.12	26.22	
	23	40.51	37.05	24.06	26.64	
	18	41.72	38.64	27.29	27.14	26.44
3.- LIMITE PLASTICO		26.62	25.62	20.15	18.28	
		25.04	24.13	19.01	17.77	18.03

4.- GRANULOMETRIA

PESO IN= 407.76 (H/S) H
PESO INICIAL DE CALCULO: 349.36

TAMIZ	PESO R.	% R.A.	% PASA
1 1/2"	0.00	0.00	100
1"	0.00	0.00	100
3/4"	0.00	0.00	100
1/2"	2.14	0.61	99
3/8"	8.94	3.17	97
No. 4	13.62	7.07	93
No. 10	21.72	13.29	87
No. 40	105.05	43.36	57
No. 200	72.36	64.07	36

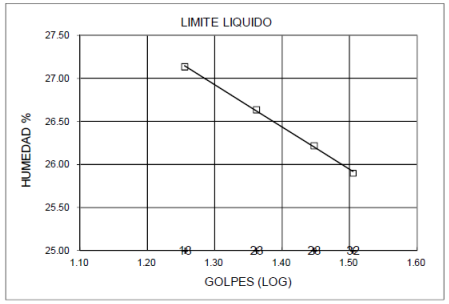
COLOR= CAFÉ OSCURO

5.- CLASIFICACION.-

GRAVA= 7 %
ARENA= 57 %
FINOS= 36 %

LL = 26.00 %
LP = 18.00 %
IP = 8.00 %

CLASIFICACION:
SUCS = SC
AASHTO= A-4
IG(86)= 0
IG(45)= 0



Ing. Diego I. Castillo
Laboratorio

ESTSUELCON CIA. LTDA.
ESTUDIOS DE SUELOS, LABORATORIO, CONSTRUCCIÓN Y CONSULTORIA
Tele-fax: 2540594. Celular: 093883061-099692335 Email: estsuelcon@gmail.com

ENSAYOS DE CLASIFICACION

PROY. : **ESTUDIO GEOLOGICO GEOTECNICO DE LA ZANA DE INESTABILIDAD EN LA CABECERA PARROQUIAL EL CHORRO**
OBRA : ESTUDIO DE SUELOS
UBIC. : ZUMBA - PARROQUIA EL CHORRO POZO : 14
FECHA : MAYO-2012 OPERADOR O.C PROFUND.: 2.00 m.

	GOLPES	PESO HM.	SECO	DE CAPS	w %	RESULTADO
1.- CONTENIDO DE AGUA		78.30	70.12	20.17	16.38	
		82.60	73.95	20.35	16.14	16.26
2.- LIM. LIQUIDO	32	37.27	33.82	20.00	24.96	
	27	35.60	32.36	19.47	25.14	
	21	37.17	33.54	19.20	25.31	
	18	33.62	30.69	19.21	25.52	25.19
3.- LIMITE PLASTICO		25.41	24.59	19.03	14.75	
		26.41	25.49	19.35	14.98	14.87

4.- GRANULOMETRIA

PESO IN= 489.21 (H/S) H
PESO INICIAL DE CALCULO: 420.80

TAMIZ	PESO R.	% R.A.	% PASA
1 1/2"	0.00	0.00	100
1"	30.47	7.24	93
3/4"	0.00	7.24	93
1/2"	4.45	8.30	92
3/8"	9.23	10.49	90
No. 4	17.87	14.74	85
No. 10	23.33	20.28	80
No. 40	91.79	42.10	58
No. 200	85.57	62.43	38

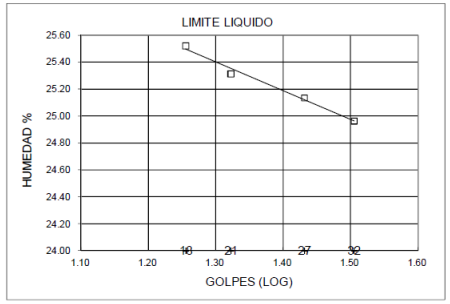
COLOR= CAFÉ OSCURO

5.- CLASIFICACION.-

GRAVA= 15 %
ARENA= 48 %
FINOS= 38 %

LL = 25.00 %
LP = 15.00 %
IP = 10.00 %

CLASIFICACION:
SUCS = SC
AASHTO= A-4
IG(86)= 1
IG(45)= 1



Ing. Diego I. Castillo
Laboratorio

ESTSUELCON CIA. LTDA.
ESTUDIOS DE SUELOS, LABORATORIO, CONSTRUCCIÓN Y CONSULTORIA
Tele-fax: 2540594. Celular: 093883061-099692335 Email: estsuelcon@gmail.com

ENSAYOS DE CLASIFICACION

PROY. : **ESTUDIO GEOLOGICO GEOTECNICO DE LA ZANA DE INESTABILIDAD EN LA CABECERA PARROQUIAL EL CHORRO**
OBRA : ESTUDIO DE SUELOS
UBIC. : ZUMBA - PARROQUIA EL CHORRO POZO : 14
FECHA : MAYO-2012 OPERADOR O.C PROFUND.: 3.00 m.

	GOLPES	PESO HM.	SECO	DE CAPS	w %	RESULTADO
1.- CONTENIDO DE AGUA		92.51	79.45	19.49	21.78	
		97.68	84.02	20.35	21.45	21.62
2.- LIM. LIQUIDO	32	43.42	40.21	27.20	24.67	
	26	45.45	41.86	27.59	25.16	
	22	41.53	38.10	24.83	25.85	
	17	35.19	31.84	19.15	26.40	25.36
3.- LIMITE PLASTICO		26.99	25.99	19.50	15.41	
		24.86	24.17	19.64	15.23	15.32

4.- GRANULOMETRIA

PESO IN= 374.93 (H/S) H
PESO INICIAL DE CALCULO: 308.29

TAMIZ	PESO R.	% R.A.	% PASA
1 1/2"	0.00	0.00	100
1"	26.09	8.46	92
3/4"	0.00	8.46	92
1/2"	0.00	8.46	92
3/8"	6.51	10.57	89
No. 4	18.16	16.47	84
No. 10	15.64	21.54	78
No. 40	62.88	41.94	58
No. 200	61.88	62.01	38

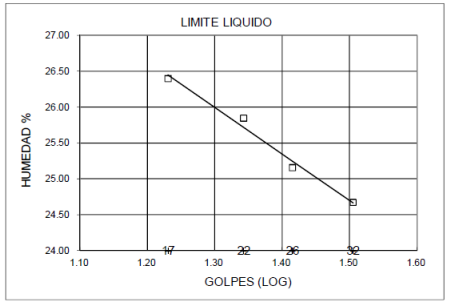
COLOR= CAFÉ

5.- CLASIFICACION.-

GRAVA= 16 %
ARENA= 46 %
FINOS= 38 %

LL = 25.00 %
LP = 15.00 %
IP = 10.00 %

CLASIFICACION:
SUCS = SC
AASHTO= A-4
IG(86)= 1
IG(45)= 1



Ing. Diego I. Castillo
Laboratorio

ESTSUELCON CIA. LTDA.
ESTUDIOS DE SUELOS, LABORATORIO, CONSTRUCCIÓN Y CONSULTORIA
Tele-fax: 2540594. Celular: 093883061-099692335 Email: estsuelcon@gmail.com

ENSAYOS DE CLASIFICACION

PROY. : **ESTUDIO GEOLOGICO GEOTECNICO DE LA ZANA DE INESTABILIDAD EN LA CABECERA PARROQUIAL EL CHORRO**
OBRA : ESTUDIO DE SUELOS
UBIC. : ZUMBA - PARROQUIA EL CHORRO POZO : 17
FECHA : MAYO-2012 OPERADOR O.C PROFUND.: 1.00 m.

	GOLPES	PESO HM.	SECO	DE CAPS		RESULTADO
1.- CONTENIDO DE AGUA		79.49	74.75	27.58	10.05	
		70.50	65.64	27.60	12.78	11.41
2.- LIM. LIQUIDO	32	41.63	38.86	27.05	23.45	
	27	34.21	31.28	19.49	24.85	
	23	39.92	37.36	27.61	26.26	
	15	40.29	37.34	27.04	28.64	25.34
3.- LIMITE PLASTICO		22.91	22.38	19.73	20.00	
		24.22	23.57	20.37	20.31	20.16

4.- GRANULOMETRIA

PESO IN= 188.44 (H/S) H
PESO INICIAL DE CALCULO: 169.14

TAMIZ	PESO R.	% R.A.	% PASA
1 1/2"	0.00	0.00	100
1"	0.00	0.00	100
3/4"	12.00	7.09	93
1/2"	12.04	14.21	86
3/8"	15.73	23.51	76
No. 4	11.78	30.48	70
No. 10	13.72	38.59	61
No. 40	28.43	55.40	45
No. 200	35.70	76.51	23

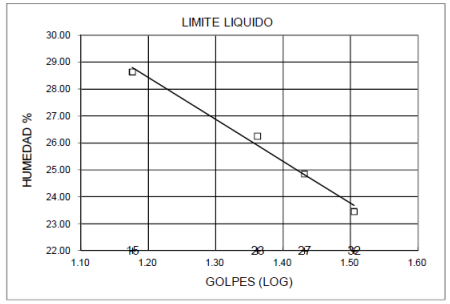
COLOR= CAFÉ CLARO

5.- CLASIFICACION.-

GRAVA= 30 %
ARENA= 46 %
FINOS= 23 %

LL = 25.00 %
LP = 20.00 %
IP = 5.00 %

CLASIFICACION:
SUCS = SC
AASHTO= A-1-b
IG(86)= 0
IG(45)= 0



Ing. Diego I. Castillo
Laboratorio

ESTSUELCON CIA. LTDA.
ESTUDIOS DE SUELOS, LABORATORIO, CONSTRUCCIÓN Y CONSULTORIA
Tele-fax: 2540594. Celular: 093883061-099692335 Email: estsuelcon@gmail.com

ENSAYOS DE CLASIFICACION

PROY. : **ESTUDIO GEOLOGICO GEOTECNICO DE LA ZANA DE INESTABILIDAD EN LA CABECERA PARROQUIAL EL CHORRO**
OBRA : ESTUDIO DE SUELOS
UBIC. : ZUMBA - PARROQUIA EL CHORRO POZO : 17
FECHA : MAYO-2012 OPERADOR O.C PROFUND.: 2.00 m.

	GOLPES	PESO HM.	SECO	DE CAPS		RESULTADO
1.- CONTENIDO DE AGUA		74.70	69.24	27.79	13.17	
		78.71	72.48	24.57	13.00	13.09
2.- LIM. LIQUIDO	32	41.63	38.86	27.05	23.45	
	27	34.21	31.28	19.49	24.85	
	23	39.92	37.36	27.61	26.26	
	15	40.29	37.34	27.04	28.64	25.34
3.- LIMITE PLASTICO		27.70	26.34	19.46	19.77	
		29.65	28.12	20.41	19.84	19.81

4.- GRANULOMETRIA

PESO IN= 179.54 (H/S) H
PESO INICIAL DE CALCULO: 158.76

TAMIZ	PESO R.	% R.A.	% PASA
1 1/2"	0.00	0.00	100
1"	0.00	0.00	100
3/4"	0.00	0.00	100
1/2"	0.00	0.00	100
3/8"	1.29	0.81	99
No. 4	10.04	7.14	93
No. 10	14.84	16.48	84
No. 40	31.16	36.11	64
No. 200	44.02	63.84	36

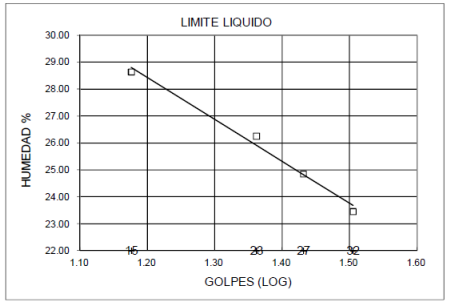
COLOR= CAFÉ CLARO

5.- CLASIFICACION.-

GRAVA= 7 %
ARENA= 57 %
FINOS= 36 %

LL = 25.00 %
LP = 20.00 %
IP = 5.00 %

CLASIFICACION:
SUCS = SC
AASHTO= A-4
IG(86)= 0
IG(45)= 0



Ing. Diego I. Castillo
Laboratorio

ESTSUELCON CIA. LTDA.
ESTUDIOS DE SUELOS, LABORATORIO, CONSTRUCCIÓN Y CONSULTORIA
Tele-fax: 2540594. Celular: 093883061-099692335 Email: estsuelcon@gmail.com

ENSAYOS DE CLASIFICACION

PROY. : **ESTUDIO GEOLOGICO GEOTECNICO DE LA ZANA DE INESTABILIDAD EN LA CABECERA PARROQUIAL EL CHORRO**
OBRA : ESTUDIO DE SUELOS
UBIC. : ZUMBA - PARROQUIA EL CHORRO POZO : 17
FECHA : MAYO-2012 OPERADOR O.C PROFUND.: 3.00 m.

	GOLPES	PESO HM.	SECO	DE CAPS		RESULTADO
1.- CONTENIDO DE AGUA		78.38	69.85	27.62	20.20	
		82.08	72.75	27.30	20.53	20.36
2.- LIM. LIQUIDO	32	38.19	35.17	27.30	38.37	
	27	29.13	26.13	18.47	39.16	
	22	36.85	33.58	25.29	39.45	
	17	30.56	27.50	20.11	41.41	39.38
3.- LIMITE PLASTICO		35.00	33.34	26.44	24.06	
		27.83	26.13	19.12	24.25	24.15

4.- GRANULOMETRIA

PESO IN= 190.93 (H/S) H
PESO INICIAL DE CALCULO: 158.63

TAMIZ	PESO R.	% R.A.	% PASA
1 1/2"	0.00	0.00	100
1"	0.00	0.00	100
3/4"	16.79	10.58	89
1/2"	21.25	23.98	76
3/8"	0.00	23.98	76
No. 4	4.42	26.77	73
No. 10	4.65	29.70	70
No. 40	15.32	39.36	61
No. 200	27.51	56.70	43

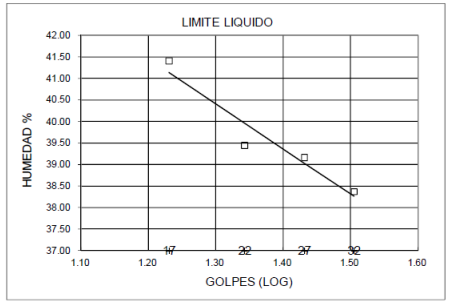
COLOR= CAFÉ CLARO

5.- CLASIFICACION.-

GRAVA= 27 %
ARENA= 30 %
FINOS= 43 %

LL = 39.00 %
LP = 24.00 %
IP = 15.00 %

CLASIFICACION:
SUCS = SC
AASHTO= A-6
IG(86)= 3
IG(45)= 3



Ing. Diego I. Castillo
Laboratorio

ESTSUELCON CIA. LTDA.
ESTUDIOS DE SUELOS, LABORATORIO, CONSTRUCCIÓN Y CONSULTORIA
Tele-fax: 2540594. Celular: 093883061-099692335 Email: estsuelcon@gmail.com

ENSAYOS DE CLASIFICACION

PROY. : **ESTUDIO GEOLOGICO GEOTECNICO DE LA ZANA DE INESTABILIDAD EN LA CABECERA PARROQUIAL EL CHORRO**
OBRA : ESTUDIO DE SUELOS
UBIC. : ZUMBA - PARROQUIA EL CHORRO POZO : 19
FECHA : MAYO-2012 OPERADOR O.C PROFUND.: 1.00 m.

	GOLPES	PESO HM.	SECO	DE CAPS	w %	RESULTADO
1.- CONTENIDO DE AGUA		90.84	84.08	27.28	11.90	
		74.73	69.72	27.58	11.89	11.90
2.- LIM. LIQUIDO	33	39.91	37.37	27.81	26.57	
	28	31.61	29.01	19.34	26.89	
	23	41.99	38.84	27.26	27.20	
	16	39.55	36.69	26.43	27.88	27.07
3.- LIMITE PLASTICO		30.75	30.19	26.00	13.37	
		26.18	25.40	19.72	13.73	13.55

4.- GRANULOMETRIA

PESO IN= 426.57 (H/S) H
PESO INICIAL DE CALCULO: 381.22

TAMIZ	PESO R.	% R.A.	% PASA
1 1/2"	0.00	0.00	100
1"	0.00	0.00	100
3/4"	31.96	8.38	92
1/2"	29.20	16.04	84
3/8"	4.11	17.12	83
No. 4	9.36	19.58	80
No. 10	16.68	23.95	76
No. 40	66.29	41.34	59
No. 200	73.63	60.65	39

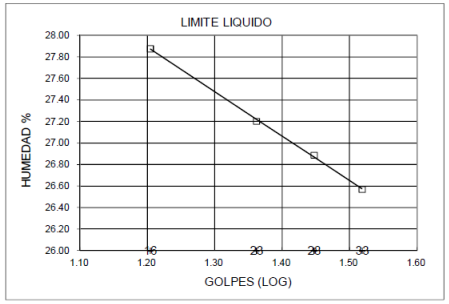
COLOR= CAFÉ OSCURO

5.- CLASIFICACION.-

GRAVA= 20 %
ARENA= 41 %
FINOS= 39 %

LL = 27.00 %
LP = 14.00 %
IP = 13.00 %

CLASIFICACION:
SUCS = SC
AASHTO= A-6
IG(86)= 2
IG(45)= 2



Ing. Diego I. Castillo
Laboratorio

ESTSUELCON CIA. LTDA.
ESTUDIOS DE SUELOS, LABORATORIO, CONSTRUCCIÓN Y CONSULTORIA
Tele-fax: 2540594. Celular: 093883061-099692335 Email: estsuelcon@gmail.com

ENSAYOS DE CLASIFICACION

PROY. : **ESTUDIO GEOLOGICO GEOTECNICO DE LA ZANA DE INESTABILIDAD EN LA CABECERA PARROQUIAL EL CHORRO**
OBRA : ESTUDIO DE SUELOS
UBIC. : ZUMBA - PARROQUIA EL CHORRO POZO : 19
FECHA : MAYO-2012 OPERADOR O.C PROFUND.: 2.00 m.

	GOLPES	PESO HM.	SECO	DE CAPS	w %	RESULTADO
1.- CONTENIDO DE AGUA		79.15	70.95	27.76	18.99	
		85.51	76.37	27.53	18.71	18.85
2.- LIM. LIQUIDO	32	44.73	40.04	27.30	36.81	
	27	42.82	38.65	27.60	37.74	
	22	36.53	31.59	19.04	39.36	
	16	31.53	28.17	19.97	40.98	38.34
3.- LIMITE PLASTICO		31.37	28.66	20.23	32.15	
		35.44	33.53	27.53	31.83	31.99

4.- GRANULOMETRIA

PESO IN= 267.14 (H/S) H
PESO INICIAL DE CALCULO: 224.77

TAMIZ	PESO R.	% R.A.	% PASA
1 1/2"	0.00	0.00	100
1"	0.00	0.00	100
3/4"	0.00	0.00	100
1/2"	0.00	0.00	100
3/8"	1.72	0.77	99
No. 4	2.37	1.82	98
No. 10	8.67	5.68	94
No. 40	69.90	36.78	63
No. 200	56.36	61.85	38

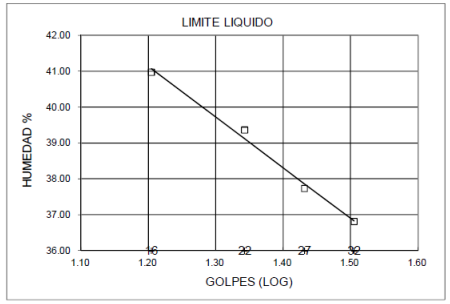
COLOR= CAFÉ CLARO

5.- CLASIFICACION.-

GRAVA= 2 %
ARENA= 60 %
FINOS= 38 %

LL = 38.00 %
LP = 32.00 %
IP = 6.00 %

CLASIFICACION:
SUCS = SM
AASHTO= A-4
IG(86)= 1
IG(45)= 1



Ing. Diego I. Castillo
Laboratorio

ESTSUELCON CIA. LTDA.

ESTUDIOS DE SUELOS, LABORATORIO, CONSTRUCCIÓN Y CONSULTORIA

Tele-fax: 2540594. Celular: 093883061-099692335 Email: estsuelcon@gmail.com

ENSAYOS DE CLASIFICACION

PROY. : **ESTUDIO GEOLOGICO GEOTECNICO DE LA ZANA DE INESTABILIDAD EN LA CABECERA PARROQUIAL EL CHORRO**
OBRA : ESTUDIO DE SUELOS
UBIC. : ZUMBA - PARROQUIA EL CHORRO POZO : 20
FECHA : MAYO-2012 OPERADOR O.C PROFUND.: 1.00 m.

	GOLPES	PESO HM.	SECO	DE CAPS	w %	RESULTADO
1.- CONTENIDO DE AGUA		87.00	73.27	26.42	29.31	
		87.57	74.13	27.61	28.89	29.10
2.- LIM. LIQUIDO	33	40.23	35.82	24.10	37.63	
	26	41.80	37.67	27.29	39.79	
	20	42.96	38.55	27.85	41.21	
	16	40.99	37.02	27.68	42.51	39.70
3.- LIMITE PLASTICO		23.49	22.39	19.53	38.46	
		23.78	22.63	19.62	38.21	38.33

4.- GRANULOMETRIA

PESO IN= 408.49 (H/S) H
PESO INICIAL DE CALCULO: 316.42

TAMIZ	PESO R.	% R.A.	% PASA
1 1/2"	0.00	0.00	100
1"	0.00	0.00	100
3/4"	0.00	0.00	100
1/2"	25.73	8.13	92
3/8"	0.00	8.13	92
No. 4	11.41	11.74	88
No. 10	28.54	20.76	79
No. 40	64.75	41.22	59
No. 200	59.24	59.94	40

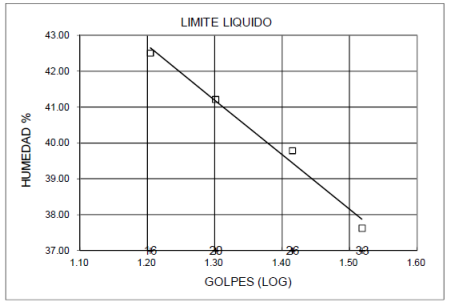
COLOR= CAFÉ CLARO

5.- CLASIFICACION.-

GRAVA= 12 %
ARENA= 48 %
FINOS= 40 %

LL = 40.00 %
LP = 38.00 %
IP = 2.00 %

CLASIFICACION:
SUCS = SM
AASHTO= A-4
IG(86)= 1
IG(45)= 1



Ing. Diego I. Castillo
Laboratorio

ESTSUELCON CIA. LTDA.

ESTUDIOS DE SUELOS, LABORATORIO, CONSTRUCCIÓN Y CONSULTORIA

Tele-fax: 2540594. Celular: 093883061-099692335 Email: estsuelcon@gmail.com

ENSAYOS DE CLASIFICACION

PROY. : **ESTUDIO GEOLOGICO GEOTECNICO DE LA ZANA DE INESTABILIDAD EN LA CABECERA PARROQUIAL EL CHORRO**
OBRA : ESTUDIO DE SUELOS
UBIC. : ZUMBA - PARROQUIA EL CHORRO POZO : 20
FECHA : MAYO-2012 OPERADOR O.C PROFUND.: 2.00 m.

	GOLPES	PESO HM.	SECO	DE CAPS		RESULTADO
1.- CONTENIDO DE AGUA		74.45	59.81	19.34	36.17	
		83.68	66.91	19.53	35.39	35.78
2.- LIM. LIQUIDO	31	30.27	27.25	20.31	43.52	
	27	30.17	27.05	20.09	44.83	
	23	27.51	24.69	18.50	45.56	
	16	29.88	26.71	20.09	47.89	45.07
3.- LIMITE PLASTICO		28.56	26.30	20.74	40.65	
		33.30	30.78	24.58	40.65	40.65

4.- GRANULOMETRIA

PESO IN= 196.41 (H/S) H
PESO INICIAL DE CALCULO: 144.65

TAMIZ	PESO R.	% R.A.	% PASA
1 1/2"	0.00	0.00	100
1"	0.00	0.00	100
3/4"	0.00	0.00	100
1/2"	0.00	0.00	100
3/8"	0.00	0.00	100
No. 4	0.00	0.00	100
No. 10	1.99	1.38	99
No. 40	17.04	13.16	87
No. 200	38.77	39.96	60

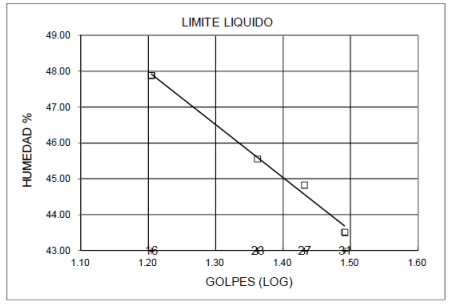
COLOR= CAFÉ CLARO

5.- CLASIFICACION.-

GRAVA= 0 %
ARENA= 40 %
FINOS= 60 %

LL = 45.00 %
LP = 41.00 %
IP = 4.00 %

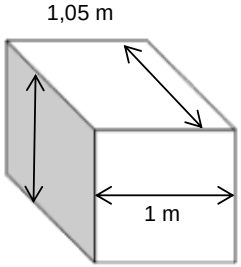
CLASIFICACION:
SUCS = ML
AASHTO= A-5
IG(86)= 6
IG(45)= 6



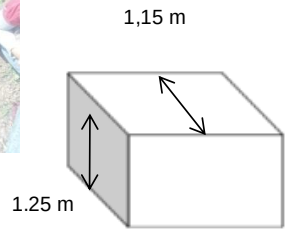
Ing. Diego I. Castillo
Laboratorio

Anexo 36: Ficha; Descripción de calicatas

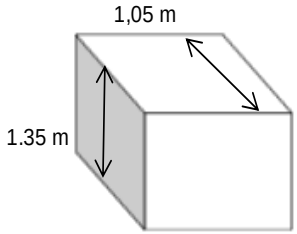
	FICHA TÉCNICA DE CALICATA		**REALIZA:**	Lizeth Sucunuta	**C - 1**
			CONTROLA:	Ing. Arturo Guantan	**REFERENCIA:** Calicata 1
	Sector:	EL CHORRO	**X:**	709942	**FECHA:**
			Y:	9457060	**MÁQUINA:**
			Z:	1089 m.s.n.m.	
	Documentación:		**GPS:**	Garmin Oregon 450	

COLUMNA ESTRATIGRÁFICA				NATURALEZA DEL TERRENO Y CARACTERÍSTICAS GEOTÉCNICAS MACRO:	ESQUEMA DE LA CALICATA
ESCALA:	**SIMBOLOGíA**	**PROFUNDIDAD (m)**	**MUESTRA:**		
		0.05		Cobertura vegetal. Presencia humus y vegetación herbácea: pastos	
		0.3		Material arcilloso, de color negro, granulometria fina (< 2mm), sin clastos visibles de roca natural. Fácil penetración y compactación media.	
		0.75 - ?		Areniscas - arcillosas de color café por efectos de presencia de oxido de hierro, con presencia de minerales como feldespatos, magnetita, piroxeno y cuarzo, además existen clastos metamórficos (Ø=1-2cm). Esta zona está compuesta por la desintegración de tobas tipo arenosas de granulometría gruesa, y presenta grandes bloques de tobas. Resistencia mecánica evidente. Se asume f> 4, debido a la presencia de grandes clastos de rocas, por ello los elementos adoptados para realizar dicha calicata no pudieron sobrepasar esta capa.	1.10 m 

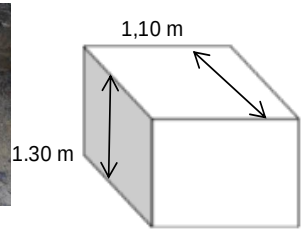
	FICHA TÉCNICA DE CALICATA		REALIZA:	Lizeth Sucunuta	C - 2	
			CONTROLA:	Ing. Arturo Guantan	REFERENCIA:	Calicata 2
	Sector:	EL CHORRO	X:	710093	FECHA:	
			Y:	9456989	MÁQUINA:	
			Z:	1089 m.s.n.m.		
	Documentación:		GPS:	Garmin Oregon 450		

COLUMNA ESTRATIGRÁFICA				NATURALEZA DEL TERRENO Y CARACTERÍSTICAS GEOTÉCNICAS MACRO:	ESQUEMA DE LA CALICATA
ESCALA:	SIMBOLOGíA	PROFUNDIDAD (m)	MUESTRA:		
		0.70		Cobertura vegetal. Presencia humus, material orgánico de color negro, de consistencia arcillosa, granulometria fina (< 2mm), sin clastos visibles de roca natural. Fácil penetración y compacidad suelta.	
		0.15		Transición entre el suelo superficial y la presencia de areniscas producto de la desintegración de tobas, constituyendose un horizonte arenoso y con presencia de clastos centimétricos producto de las tobas arenosas, dicho horizonte es de compacidad suelta, consistencia blanda y una excavabilidad media.	
		0.40 - ?		Areniscas de coloración café, con presencia de minerales como feldespatos, limonita, magnetita, piroxeno y cuarzo; esta zona está compuesta por la desintegración de tobas tipo arenosas de granulometría gruesa, además se encuentra saturado de agua, por ello se asume una consistencia muy blanda y excavabilidad fácil.	

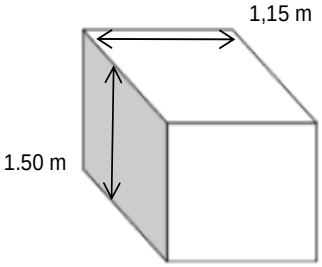
	FICHA TÉCNICA DE CALICATA		**REALIZA:**	Lizeth Sucunuta	**C - 3**	
			CONTROLA:	Ing. Arturo Guantan	**REFERENCIA:**	Calicata 3
	Sector:	EL CHORRO	**X:**	710585	**FECHA:**	
			Y:	9457029	**MÁQUINA:**	
			Z:	1100 m.s.n.m.		
	Documentación:		**GPS:**	Garmin Oregon 450		

COLUMNA ESTRATIGRÁFICA				NATURALEZA DEL TERRENO Y CARACTERÍSTICAS GEOTÉCNICAS MACRO:	ESQUEMA DE LA CALICATA
ESCALA:	**SIMBOLOGíA**	**PROFUNDIDAD (m)**	**MUESTRA:**		
		0.10		Cobertura vegetal. Presencia humus, material orgánico de color negro, de consistencia arcillosa, compacidad media y excavabilidad fácil.	
		0.55		Arcillas de coloración negra, transición entre el suelo superficial y la desintegración de clastos compuestos de cuarcitas, en este horizonte existe la presencia de concreciones de oxidaciones de limonita, presenta una compacidad, consistencia y una excavabilidad media.	
		0.70 - ?		Clastos subredondeados de cuarcitas (Ø=3 cm), sobre una matriz arcillo limosa.	

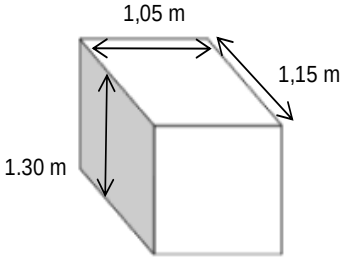
	FICHA TÉCNICA DE CALICATA		**REALIZA:**	Lizeth Sucunuta	**C - 4**	
			CONTROLA:	Ing. Arturo Guantan	**REFERENCIA:**	Calicata 4
	Sector:	EL CHORRO	**X:**	710723	**FECHA:**	
			Y:	9456962	**MÁQUINA:**	
			Z:	1098 m.s.n.m.		
	Documentación:		**GPS:**	Garmin Oregon 450		

COLUMNA ESTRATIGRÁFICA				NATURALEZA DEL TERRENO Y CARACTERÍSTICAS GEOTÉCNICAS MACRO:	ESQUEMA DE LA CALICATA
ESCALA:	**SIMBOLOGíA**	**PROFUNDIDAD (m)**	**MUESTRA:**		
		0.05		Cobertura vegetal. Presencia de material orgánico de color negro, de consistencia arcillo limosa, fácil excavación, compacidad suelta y consistencia blanda.	
		0.85		Arcillas y limos de color gris oscuro. Presencia de material cohesivo (> 40% de arcillas) se deforma con presión en la mano, lo que indica plasticidad y compactación.	
		0.40 - ?		Clastos ígneos con oxidaciones de hierro, sobre una matriz arcillosa de coloración naranja, además es una zona muy húmeda, existe la presencia de aguas subterráneas, a pesar de ser un estrato húmedo se encuentra muy compacto, su resistencia mecánica es evidente, se asume f> 4, ya que los elementos mecanicos no pudieron sobrepasar esta capa.	

	FICHA TÉCNICA DE CALICATA		**REALIZA:**	Lizeth Sucunuta	**C - 5**	
			CONTROLA	Ing. Arturo Guantan	**REFERENCIA:**	Calicata 5
	Sector:	EL CHORRO	**X:**	710614	**FECHA:**	
			Y:	9456751	**MÁQUINA:**	
			Z:	1084 m.s.n.m.		
	Documentación:		**GPS:**	Garmin Oregon 450		

COLUMNA ESTRATIGRÁFICA				NATURALEZA DEL TERRENO Y CARACTERÍSTICAS GEOTÉCNICAS MACRO:	ESQUEMA DE LA CALICATA
ESCALA:	**SIMBOLOGíA**	**PROFUNDIDAD (m)**	**MUESTRA:**		
		0.60		Materia orgánica de color negro, compuesta por arcilla, de granulometria fina (< 2mm), sin clastos visibles de roca natural. Fácil penetración y compactación media (forma bolon). Presenta gran cantidad de raíces de plantas.	
		0.90 - ?		Material arcillo limoso con clastos milimétricos de cuarcita, este material se deforma con presión en la mano, lo que indica tener una consistencia bastante plástica, y una compacidad muy suelta.	

	FICHA TÉCNICA DE CALICATA		**REALIZA:**	Lizeth Sucunuta	**C - 6**
			CONTROLA:	Ing. Arturo Guantan	**REFERENCIA:** Calicata 6
	Sector:	EL CHORRO	**X:**	710417	**FECHA:**
			Y:	9456606	**MÁQUINA:**
			Z:	1061 m.s.n.m.	
	Documentación:		**GPS:**	Garmin Oregon 450	

COLUMNA ESTRATIGRÁFICA				NATURALEZA DEL TERRENO Y CARACTERÍSTICAS GEOTÉCNICAS MACRO:	ESQUEMA DE LA CALICATA
ESCALA:	**SIMBOLOGíA**	**PROFUNDIDAD (m)**	**MUESTRA:**		
		0.45		Materia orgánica, compuesta por limo y arenisca, sin clastos visibles de roca natural. Fácil penetración y compactación media. Presenta gran cantidad de raíces de plantas.	
		0.30		Zona de transición entre el suelo superficial, compuesto de limo y arenisca, dicho horizonte es de compacidad suelta, consistencia blanda y una excavabilidad facil.	
		0.55 - ?		Material arenoso, con clastos centimétricos de cuarcitas con oxidaciones de hierro, este material indica tener una consistencia bastante plástica, una compacidad muy suelta y una excavabilidad media.	

Anexo 36: Fichas; Descripción de movimientos de masa

FORMATO PARA INVENTARIO DE MOVIMIENTOS EN MASA

NOMBRE DEL ENCUESTADOR: Lizeth C. Sucunuta O. FECHA Día: 10 Mes: 9 Año: 2012 INSTITUCIÓN: _____ Código del Evento: 1

LOCALIZACIÓN GEOGRÁFICA Y DOCUMENTAL DEL EVENTO

POR DIVISIÓN POLÍTICA

PAÍS	Ecuador
Dpto./Prov./Edo.	
Municipio/Ciudad	Zumba
Localidad	El Chorro

COORDENADAS

Sitio	
Norte/Lat.	9456919
Este/Long.	710004
Proyección	UTM-17 Sur, WGS_1984
Altura sitio (m.s.n.m.)	1071

REFERENTES GEOGRÁFICOS

DOCUMENTACIÓN

Mapa/Plancha No.	Año	Escala	Editor	Foto No.	Año	Escala	Editor

ACTIVIDAD DEL MOVIMIENTO

FECHAS DE OCURRENCIA

	DD / MM / AA
Último Movimiento:	/ /
Anteriores:	/ /
	/ /
Edad (años):	

ESTADO

X	Activo
	Reactivado
	Latente
	Estabilizado
	Relicto

ESTILO

	Único
X	Sucesivo
	Múltiple

DISTRIBUCIÓN

	Retrogresivo
X	Progresivo
	Ensanchandose
	Confinado
	Enjambre

LITOLOGÍA Y ESTRATIGRAFÍA

DESCRIPCIÓN

Litología perteneciente a la Fm. Quillollaco (conglomerado desplazado sobre areniscas) .

ESTRUCTURA	ORIENTACIÓN DB	ORIENTACIÓN BZ	>2	2 - 0,6	0,6-0,2	0,2-0,06	<0,06
						X	

DB: Dirección de buzamiento BZ: Buzamiento

CLASIFICACIÓN DEL MOVIMIENTO

TIPO DE MOVIMIENTO

1	2	
		Caída
		Volcamiento
X		Deslizamiento rotacional
		Deslizamiento traslacional
		Propagación lateral
		Reptación
		Colapso
		Flujo

NOTA

1 = Primer movimiento

2 = Segundo movimiento

MATERIAL

1	2		%1	%2
		Roca		
X		Detritos	35	
X		Tierra	10	
		Suelos ingenieria		
		Bloques		
X		Cantos	10	
X		Grava		
X		Arena	40	
		Finos		
X		M.O.	5	

M.O: Materia orgánica, turba

Humedad del suelo

1	2	
		Seco
		Lig. Húmedo
		Húmedo
		Muy húmedo
X		Mojado

Plasticidad

		Alta
X		Media
		Baja
		No plástico

Origen del suelo 1

	Residual
X	Sedimentario (*)
	Coluvial
	Volcánico

* Tipo suelo sedimentario:

Clasificación USCS

OTRAS CARACTERÍSTICAS

	Movimiento canalizado
X	Movimiento No canalizado
	Licuación
	Otra .....Describir

VELOCIDAD

	Extr. Rápido	(>5 m/s)	
	Muy rápido	(>3 m/min)	Vmáx.
E	Rápido	(>1,8 m/hr))	
	Moderado	(> 13 m/mes)	Vmedia
	Lento	(> 1,6 m/año)	
	Muy lento	(> 16 mm/año)	
	Ext. Lento	(< 16 mm/año)	

M: Medida
C: Calculada
E: Estimada

CLASIFICACIÓN DEL MOVIMIENTO

Sistema de Clasificación:

NOMBRE DEL MOVIMIENTO:

MORFOMETRÍA

GENERAL

Diferencia de altura corona a punta (m)	40
Longitud horizontal corona a punta (m)	74
Fahrböschung (°)	
Pendiente de ladera en post-falla (°)	
Pendiente ladera en pre-falla (°)	
Dirección del movimiento (°)	173° SE
Azimut del talud (°)	75°

DIMENSIONES

Profundidad de superficie de falla, Dr (m)		Volúmen inicial (m3)	
Ancho de la superficie de falla Wr (m)	172	Volúmen desplazado (m3)	
Longitud de superficie de falla Lr (m)	55	Area inicial (Km2)	
Espesor de masa desplazada Dd (m)	7.5	Area total afectada (Ha)	1
Ancho de la masa desplazada Wd (m)	60	Distancia de viaje (km)	
Longitud de masa desplazada Ld (m)	52	Run up (m)	
Longitud total, L (m)	74		

DEFORMACIÓN DEL TERRENO

Modo		Severidad	
	Ondulacion		Leve
X	Escalonamiento	X	Media
			Pronunciada
			Severa
			Muy severa

GEOFORMA

CAUSAS DEL MOVIMIENTO

C		C	D		C	D	
	Material plástico débil			Movimiento tectónico			Socavación de pata del talud por oleaje
	Material sensible			Sismo: M ___ E ___ De ___ P ___			Socavación de márgenes de rios
X	Material colapsible			Erupción volcánica			Excavación de la pata del talud
	Material meteorizado	X		Lluvias : mm24h= ___ mm48h= ___ mm72h= ___			Carga en la corona del talud
	Material fallado por corte			Viento	X		Erosion subterránea (disolución, tubificación)
	Material fisurado o agrietado			Deshielo			Irrigación
	Orientación desfavorable de discontinuidades			Avance/retroceso de glaciares			Mantenimiento deficiente sistema de drenaje
	Contraste en permeabilidad de materiales			Rompimiento de lagos en cráteres			Escapes de agua de tuberias
	Contraste de rigidez de materiales			Rompimiento de presas			Minería
	Meteorización por congelamiento/deshielo			Desembalse rápido de presas			Disposición deficiente de estériles/escombros
	Meterorización por expansión/contracción			Erosión de pata de talud por glaciares			Vibración artificial (tráfico, explosiones, hincado de pilotes)
	Deforestación o ausencia de vegetación			Socavación de pata del talud por corriente agua			

COBERTURA Y USO DEL SUELO

Tipo cobertura		%	Tipo uso		%
X	Veg. Herbacea	85	X	Ganaderia	30
	Bosque/Selva			Area protegida	
X	Matorrales	15		Agricola	
	Cuerpo agua			Recreación	
	Cultivos			Zona arquelógica	
	Construcciones			Zona industrial	
	Sin cobertura			Vivienda	
				Vias	
				Mineria	

NOTAS: C: Condicionante, D: Detonante mm24h: lluvia acumulada en las 24 horas antes del movimiento M: magnitud del sismo, E: Escala del sismo (ML, Ms, mb, Mw), De: Distancia al epicentro (Km), P: Profundidad (Km)

ANEXO FOTOGRÁFICO

Fotografía N°1. Evidencias del deslizamiento rotacional, provocado por relieve abrupto.

Fotografía N° 2. Desplazamiento de los conglomerados sobre las areniscas.

Fotografía N°3 Presencia de escorrentía de agua en el deslizamiento.

FORMATO PARA INVENTARIO DE MOVIMIENTOS EN MASA

NOMBRE DEL ENCUESTADOR: Lizeth C. Sucunuta O. FECHA Día: 10 Mes: 9 Año: 2012 INSTITUCIÓN _____ Código del Evento 2

LOCALIZACIÓN GEOGRÁFICA Y DOCUMENTAL DEL EVENTO

POR DIVISIÓN POLÍTICA

PAÍS	Ecuador
Dpto./Prov./Edo.	
Municipio/Ciudad	Zumba
Localidad	El Chorro

COORDENADAS

Sitio	
Norte/Lat.	9457056
Este/Long.	710702
Proyección	UTM-17 Sur, WGS_1984
Altura sitio (m.s.n.m.)	1126

REFERENTES GEOGRÁFICOS

DOCUMENTACIÓN

Mapa/Plancha No.	Año	Escala	Editor	Foto No.	Año	Escala	Editor

ACTIVIDAD DEL MOVIMIENTO

FECHAS DE OCURRENCIA

	DD / MM / AA
Último Movimiento:	/ /
Anteriores:	/ /
	/ /
Edad (años):	

ESTADO

X	Activo
	Reactivado
	Latente
	Estabilizado
	Relicto

ESTILO

X	Único
	Sucesivo
	Multiple

DISTRIBUCIÓN

	Retrogresivo
	Progresivo
	Ensanchandose
	Confinado
	Enjambre

LITOLOGÍA Y ESTRATIGRAFÍA

DESCRIPCIÓN

Litología perteneciente a la Fm. Quillollaco y al Intrusivo de Zamora (suelo residual arcilo limoso, granodiorita meteorizada)

ESTRUCTURA / ORIENTACIÓN / ESPACIAMIENTO (m)

ESTRUCTURA	DB	BZ	>2	2 - 0,6	0,6-0,2	0,2-0,06	<0,06
						X	

DB: Dirección de buzamiento BZ: Buzamiento

CLASIFICACIÓN DEL MOVIMIENTO

TIPO DE MOVIMIENTO

1	2	
		Caída
		Volcamiento
		Deslizamiento rotacional
		Deslizamiento traslacional
		Propagación lateral
X		Reptación
		Colapso
		Flujo

NOTA

1 = Primer movimiento

2 = Segundo movimiento

MATERIAL

1	2		%1	%2
		Roca		
X		Detritos	5	
X		Tierra	40	
Suelos ingenieria				
		Bloques		
X		Cantos	3	
		Grava		
		Arena		
X		Finos	40	
X		M.O.	12	

M.O: Materia orgánica, turba

Humedad del suelo

1	2	
		Seco
		Lig. Húmedo
X		Húmedo
		Muy húmedo
	X	Mojado

Plasticidad

		Alta
	X	Media
		Baja
		No plástico

Origen del suelo 1

X	Residual
	Sedimentario (*)
	Coluvial
	Volcánico

* Tipo suelo sedimentario:

Clasificación USCS

OTRAS CARACTERÍSTICAS

	Movimiento canalizado
	Movimiento No canalizado
X	Licuación
	Otra .....Describir

VELOCIDAD

	Extr. Rápido	(>5 m/s)	
	Muy rápido	(>3 m/min)	Vmáx.
	Rápido	(>1,8 m/hr))	
	Moderado	(> 13 m/mes)	Vmedia
	Lento	(> 1,6 m/año)	
E	Muy lento	(> 16 mm/año)	
	Ext. Lento	(< 16 mm/año)	

M: Medida
C: Calculada
E: Estimada

CLASIFICACIÓN DEL MOVIMIENTO

Sistema de Clasificación:

NOMBRE DEL MOVIMIENTO:

MORFOMETRÍA

GENERAL

Diferencia de altura corona a punta (m)	
Longitud horizontal corona a punta (m)	
Fahrböschung (°)	
Pendiente de ladera en post-falla (°)	
Pendiente ladera en pre-falla (°)	
Dirección del movimiento (°)	**147° SE**
Azimut del talud (°)	

DIMENSIONES

Profundidad de superficie de falla, Dr (m)		Volúmen inicial (m3)	
Ancho de la superficie de falla Wr (m)		Volúmen desplazado (m3)	
Longitud de superficie de falla Lr (m)		Area inicial (Km2)	
Espesor de masa desplazada Dd (m)		Area total afectada (ha)	1,7
Ancho de la masa desplazada Wd (m)	**123**	Distancia de viaje (km)	
Longitud de masa desplazada Ld (m)		Run up (m)	
Longitud total, L (m)	**170**		

DEFORMACIÓN DEL TERRENO

Modo		Severidad	
X	Ondulacion		Leve
	Escalonamiento		Media
		X	Pronunciada
			Severa
			Muy severa

GEOFORMA

CAUSAS DEL MOVIMIENTO

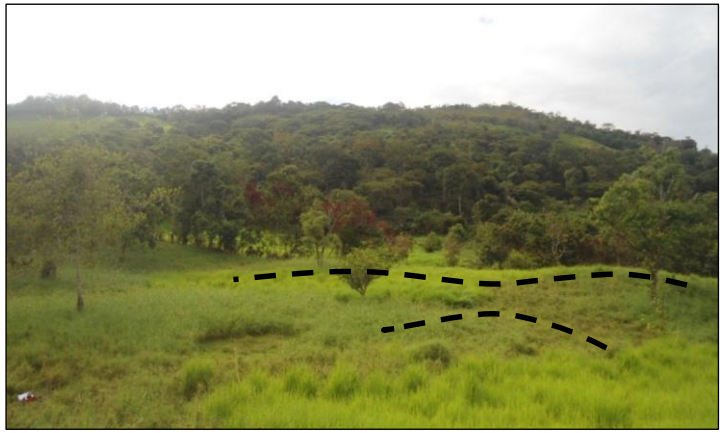
C		C	D		C	D	
	Material plástico débil			Movimiento tectónico			Socavación de pata del talud por oleaje
	Material sensible			Sismo: M ___ E ___ De ___ P ___			Socavación de márgenes de rios
	Material colapsible			Erupción volcánica			Excavación de la pata del talud
X	Material meteorizado		X	Lluvias : mm24h= ___ mm48h= ___ mm72h= ___			Carga en la corona del talud
	Material fallado por corte			Viento	X		Erosion subterránea (disolución, tubificación)
	Material fisurado o agrietado			Deshielo			Irrigación
	Orientación desfavorable de discontinuidades			Avance/retroceso de glaciares			Mantenimiento deficiente sistema de drenaje
X	Contraste en permeabilidad de materiales			Rompimiento de lagos en cráteres			Escapes de agua de tuberias
	Contraste de rigidez de materiales			Rompimiento de presas			Minería
	Meteorización por congelamiento/deshielo			Desembalse rápido de presas			Disposición deficiente de estériles/escombros
	Meterorización por expansión/contracción			Erosión de pata de talud por glaciares			Vibración artificial (tráfico, explosiones, hincado de pilotes)
	Deforestación o ausencia de vegetación			Socavación de pata del talud por corriente agua			

COBERTURA Y USO DEL SUELO

Tipo cobertura		%	Tipo uso		%
X	Veg. Herbacea	80	X	Ganaderia	97
	Bosque/Selva			Area protegida	
X	Matorrales	7	X	Agricola	3
X	Cuerpo agua	10		Recreación	
X	Cultivos	3		Zona arquelógica	
	Construcciones			Zona industrial	
	Sin cobertura			Vivienda	
				Vias	
				Mineria	

NOTAS: C: Condicionante, D: Detonante mm24h: lluvia acumulada en las 24 horas antes del movimiento M: magnitud del sismo, E: Escala del sismo (ML, Ms, mb, Mw), De: Distancia al epicentro (Km), P: Profundidad (Km)

ANEXO FOTOGRÁFICO



Fotografía N° 1. Deformaciones del terreno, zona inestable.

Fotografía N° 2. Presencia de focos de agua sobre el movimiento de masa (propagación lateral)

CERTIFICA

Que la Srta. LIZETH CAROLINA SUCUNUTA ORDÓÑEZ, con C.I. N° 190059999-2, participó en el proyecto geológico – geotécnico en la Cabecera Parroquial El Chorro del Cantón Chinchipe, Provincia de Zamora Chinchipe, denominado ***"Estudio geológico –geotécnico para la caracterización del movimiento de masa existente en la Cabecera Parroquial El Chorro del cantón Chinchipe, provincia de Zamora Ch"***, previo a **optar el título de Ingeniera** en Geología Ambiental y Ordenamiento Territorial de la CARRERA DE INGENIERIA AMBIENTAL Y ORDENAMIENTO TERRITORIAL del Área de la Energía, las Industrias y los Recursos Naturales no Renovables de la Universidad Nacional de Loja.

Es todo cuanto puedo certificar en honor a la verdad.

El Chorro, 11 de Junio de 2012

Atentamente,

REPÚBLICA DEL ECUADOR
H. JUNTA PARROQUIAL "EL CHORRO"
PRESIDENCIA

Sr. Walter Villacís
PRESIDENTE DEL GOBIERNO PARROQUIAL EL CHORRO

Loja, 05 de Enero del 2016

Lic. Janessy Mikaela Rodas Ordóñez

CERTIFICA

Haber traducido el resumen de tesis denominado **"Estudio geológico – geotécnico para la caracterización del movimiento de masa existente en la cabecera parroquial El Chorro, Cantón Chinchipe, Provincia de Zamora Chinchipe";** de la Señorita egresada Lizeth Carolina Sucunuta Ordóñez.

Se expide el presente, a solicitud del interesado para los fines que considere convenientes.

Lic. Janessy Mikaela Rodas Ordóñez
190080580-3

GOLDEN Bridge®
CORP. S.A.

ENGLISH FOR EVERYONE

Awards this Certificate to

Jannesy Mikaela Rodas Ordóñez

in Recognition to the successful completion of our

ENGLISH For Everyone Program

Given in *Loja* On *December 20th, 2013*

GOLDEN BRIGE CORPORATION S.A. COBRICORP Gerencia General Administrativa ECUADOR

General Manager

ACADEMIC COORDINATOR ENGLISH FOR EVERYONE

Service Development Coordinator