



UNIVERSIDAD NACIONAL DE LOJA

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

Ingeniería en Geología Ambiental y Ordenamiento Territorial

PROYECTO DE INVESTIGACIÓN

TÍTULO:

**“SUSCEPTIBILIDAD A DESLIZAMIENTOS EN LA
VÍA DE INTEGRACIÓN BARRIAL, SECTOR
PUNZARA CHICO, HASTA EL BARRIO
COFRADÍA”**

AUTOR:

Vladimir Alexander Burí Flores.

DIRECTOR:

Ing. Galo Alexander Guamán Jaramillo, Mg. Sc.

Previo a la obtención del
título de Ingeniero en
Geología Ambiental y
Ordenamiento Territorial.

Loja – Ecuador

2014

Loja, 09 de Junio de 2014

Ing. Galo Alexander Guamán Jaramillo, Mg.Sc.
**DOCENTE DE LA CARRERA DE INGENIERÍA EN GEOLOGÍA AMBIENTAL Y
ORDENAMIENTO TERRITORIAL DE LA UNIVERSIDAD NACIONAL DE LOJA.**

Certifica:

Haber dirigido y revisado detalladamente el presente trabajo de investigación del señor **Vladimir Alexander Buri Flores**, denominado **“SUSCEPTIBILIDAD A DESLIZAMIENTOS EN LA VÍA DE INTEGRACIÓN BARRIAL, SECTOR PUNZARA CHICO, HASTA EL BARRIO COFRADÍA”**, previo a la obtención del título de **Ingeniero en Geología Ambiental y Ordenamiento Territorial**.

En tal virtud autorizo la presentación correspondiente para el estudio por parte del tribunal competente y por consecuente para la sustentación pública dado que cumple con las disposiciones reglamentarias de graduación que exige la Universidad Nacional de Loja.



Ing. Galo Alexander Guamán Jaramillo, Mg.Sc.
DIRECTOR DE TESIS

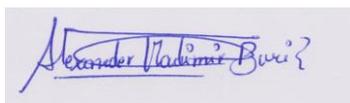
AUTORÍA

Yo **Vladimir Alexander Buri Flores** declaro ser autor del presente trabajo de tesis y eximo expresamente a la Universidad Nacional de Loja y 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 – Biblioteca Virtual.

Autor: Vladimir Alexander Buri Flores.

Firma:

A handwritten signature in blue ink, reading "Alexander Vladimir Buri Flores", enclosed in a light blue rectangular box.

Cédula: 1104267537

Fecha: 17 de Julio de 2014

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

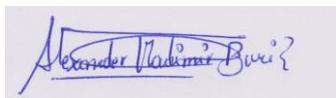
Yo Vladimir Alexander Buri Flores, declaro se autor de la tesis titulada: **“SUSCEPTIBILIDAD A DESLIZAMIENTOS EN LA VÍA DE INTEGRACIÓN BARRIAL, SECTOR PUNZARA CHICO, HASTA EL BARRIO COFRADÍA”**, como requisito para optar el grado de: **Ingeniero en Geología Ambiental y Ordenamiento Territorial**; autorizo 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, 17 días del mes de Julio del dos mil catorce.

Firma:



Autor: Vladimir Alexander Buri Flores

Dirección: Las Pitas (Alfredo Escarabay 26 – 05)

Correo Electrónico: vladach25@gmail.com

Teléfono: 07-261-6425

Celular: 0986433220

DATOS COMPLEMENTARIOS

Director de Tesis: Ing. Galo Alexander Guamán Jaramillo, Mg. Sc.

Tribunal de Grado: Ing. Jorge Enrique Gahona Pacheco, Mg. Sc
Ing. Walter Simón Tambo Encalada, Mg.Sc.
Ing. Julio Eduardo Romero Sigcho, Mg.Sc.

AGRADECIMIENTO

A Dios, quien con su mano me supo guiar día a día, para la culminación del proyecto de investigación.

A mis padres que gracias a su sacrificio diario, han sembrado en mi los valores para ser una mejor persona.

A la Universidad Nacional de Loja, específicamente a la carrera en Geología Ambiental y Ordenamiento Territorial, a su planta docente, que han permitido una formación integral, y la oportunidad de desarrollarnos como profesionales, para de esta forma, enfrentar cada uno de los obstáculos en la vida profesional.

Al Ing. Galo Alexander Guamán J. quien con su paciencia y experiencia me supo dirigir profesionalmente, para la realización del presente trabajo investigativo.

DEDICATORIA

A mis Padres,
A mi esposa Kathy,
A mi Hija Sheyla Naomi,
quienes con su amor me han
dado las fuerzas necesarias
para seguir a delante.

RESUMEN

El presente trabajo está orientado al estudio del grado de susceptibilidad a deslizamientos, los cuales pueden incidir de manera negativa a la población y a la ejecución de obras ingenieriles en el Sector punzara Chico, hasta el Barrio Cofradía, el mismo que se encuentra en la parroquia sucre, pertenecientes al Cantón y Provincia de Loja.

Para la elaboración de este trabajo, se realizó un conjunto de parámetros técnicos tanto en la obtención de datos de campo como de oficina, entre los cuales se puede mencionar el levantamiento topográfico, geológico, geomorfológico además de la aplicación de geofísica en este caso SEV (Sondeos Eléctricos Verticales), lo que permitió la determinación a través de resistividad eléctrica, la litología y estratos con presencia de agua, de esta forma correlacionando con el levantamiento geológico antes realizado.

Para la obtención del mapa de susceptibilidad se procedió a la aplicación del método heurístico, en combinación con los métodos de suma de rangos y el del valor esperado, en donde se consideraron los factores condicionantes de deslizamientos, a los que se agrupó en condiciones como son: intrínsecas (geología, geomorfología y pendiente), y como condición físico-biológica (Uso actual del suelo).

El análisis de susceptibilidad a deslizamientos se realizó mediante la evaluación del terreno, en donde se utilizó los insumos ya generados o variables tales como los componentes de la condición intrínseca, y físico-biológico, a los cuales se los procesó bajo secuencia del modelo de construcción "*model builder*".

Al mapa de susceptibilidad lo componen cinco clases de peligro, representando en porcentaje al área de estudio: Muy Bajo 51,36%, Bajo 13,49%, Medio 17,69%, Alto 9,04 % y Muy Alto 8,42%.

ABSTRACT

The present work is oriented to study the degree of susceptibility to landslides, which can affect negatively the population and the implementation of engineering works in Sector prick Chico until Guild Quarter, the same found in the sucre parish belonging to the Cantón Province and Loja.

For the preparation of this work, a set of technical parameters was performed both in the field data collection and office, among which one can mention the topographical, geological, geomorphological survey along with the application of geophysics in this case SEV (Vertical Electrical soundings), which allowed the determination through electrical resistivity, lithology and presence of water strata, thus correlating with the geological survey done before.

For obtaining susceptibility map proceeded to the application of the heuristic method, in combination with the methods rank sum and the expected value, where we considered determinants of slides, which were grouped in conditions such as : intrinsic (geology, geomorphology and slope), and as physical-biological (current land) condition.

Analysis of landslide susceptibility was performed by evaluating the field, where the already generated inputs or variables such as components of the intrinsic condition, and physical and biological was used, to which the processed low sequence construction model "model builder".

When susceptibility map is composed of five hazard classes, representing the percentage area of study: Very Low 51.36%, 13.49% Lower, Middle 17.69%, 9.04% and High Very High 8.42%.

Contenido

CERTIFICACIÓN	i
AUTORÍA	ii
CARTA DE AUTORIZACIÓN DE TESIS POR PARTE DEL AUTOR	iii
AGRADECIMIENTO	¡Error! Marcador no definido.
DEDICATORIA	v
RESUMEN	vi
ABSTRACT	vii
1. INTRODUCCIÓN	1
2. PROBLEMÁTICA	2
3. JUSTIFICACIÓN	3
4. OBJETIVOS	4
4.1. OBJETIVO GENERAL	4
4.2. OBJETIVOS ESPECIFICOS	4
5. REVISIÓN DE LITERATURA	5
5.1. Topografía	5
5.2. Geología	5
Litología	6
5.3. Amenazas Geológicas	6
5.3.1. Deslizamientos - Clasificación	6
5.3.2. Factores que afectan la estabilidad del terreno	8
5.3.2.1. Factores internos	9
5.3.2.2. Factores externos	9
5.3.3. Actividad y peligrosidad de los deslizamientos	9
5.3.4. Susceptibilidad	10
5.3.5. Zonificación de la susceptibilidad	11
5.3.6. Mapa de susceptibilidad a deslizamientos	11
5.3.7. Peligro	12
5.3.8. Riesgo	12
5.3.9. Vulnerabilidad	12
5.3.10. Métodos de estimación de la susceptibilidad del terreno a deslizamientos	13
5.3.11. Integración de los métodos de susceptibilidad de una ladera con los Sistemas de Información Geográfica	14

5.4.	Geomorfología	16
5.4.1.	Forma de la vertiente	17
5.4.2.	Morfometría	18
5.4.2.1.	Pendiente	18
5.4.2.2.	Desnivel relativo	18
5.4.2.3.	Longitud de la vertiente	19
5.4.3.	Levantamiento geomorfológico	20
5.4.4.	Paisaje y subpaisaje	20
5.4.5.	Forma del relieve	20
5.4.6.	Génesis	21
5.4.7.	Morfología	22
5.4.8.	Unidad morfológica	22
5.4.8.1.	Valle	22
5.4.8.2.	Terraza Aluvial	23
5.4.8.3.	Coluvión	24
5.4.8.4.	Garganta	24
5.4.8.5.	Encañonamiento	25
5.4.8.6.	Cuesta	25
5.5.	Ensayo de Campo	26
5.5.1.	Sondeo Eléctrico Vertical SEV	26
5.5.2.	Ley de ohm	27
5.5.3.	Medición de la resistividad	29
5.5.4.	Dispositivos lineales	29
5.5.5.	Software IPI2Win	30
6.	Caracterización General del Área de Estudio	32
6.1.	Ubicación geográfica y acceso	32
6.2.	Geomorfología	33
6.3.	Geología Regional	34
7.	MATERIALES Y MÉTODOS.	41
a)	Método de Campo	42
b)	Metodología de Oficina	42
7.1.	Validación de la información preexistente	42
7.2.	Etapas de campo	43
7.2.1.	Visita de campo	43
7.2.2.	Levantamiento topográfico	43
7.2.3.	Levantamiento Geológico	44

7.2.4.	Sondeos eléctricos verticales (SEV)	45
7.2.5.	Levantamiento geomorfológico	50
7.3.	Etapa de oficina procesamiento de la información	50
7.3.1.	Topografía	50
7.3.2.	Geología	53
7.3.3.	Sondeos eléctricos verticales (SEV)	55
7.3.4.	Geomorfología	55
7.3.5.	Mapa de Pendientes	59
7.3.6.	Mapa de Aspectos	61
7.3.7.	Mapa de Uso de suelo	61
7.3.8.	Cálculo del volumen deslizado	61
7.3.9.	Obtención del mapa de susceptibilidad	62
8.	Resultados.	68
8.1.	Topografía	68
8.2.	Geología	69
8.3.	Geomorfología	75
8.4.	Sondeos Eléctricos Verticales (SEV)	79
8.4.1.	SEV 1. Descripción del Sondeo 1	80
8.4.2.	SEV 2. Descripción del Sondeo 2	83
8.4.3.	SEV 3. Descripción del Sondeo 3	86
8.4.4.	SEV 4. Descripción del Sondeo 4	88
8.4.5.	SEV 5. Descripción del Sondeo 5	90
8.4.6.	SEV 6. Descripción del Sondeo 6	93
8.4.7.	SEV 7. Descripción del Sondeo 7	95
8.4.8.	Cortes Geoeléctricos	98
8.4.9.	Correlación de Resultados (SEV)	98
8.5.	Mapa de Pendientes	101
8.6.	Mapa Uso Actual del Suelo	101
8.7.	Mapa de Susceptibilidad	103
8.8.	Cálculo del volumen deslizado	105
9.	Discusión de Resultados	107
10.	Conclusiones	110
11.	Recomendaciones	113
12.	Bibliografía	115
ANEXOS		118

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla.5.1. Categorización de pendientes; CLIRSEN, 2012_____	18
Tabla.5.2. Categorización de desnivel relativo; CLIRSEN, 2012_____	19
Tabla.5.3. Categorización de longitud de vertiente_____	19
Tabla.5.4. Formas del relieve según su origen: Base conceptual de la cartografía geomorfológica y de movimientos en masa por tipo. (CLIRSEN)_____	21
Tabla.5.5. Morfología; Formas del relieve. Valle. Base conceptual de la cartografía geomorfológica y de movimientos en masa por tipo. (CLIRSEN)_____	22
Tabla.5.6. Morfología; Formas del relieve; Terraza Aluvial. Base conceptual de la cartografía geomorfológica y de movimientos en masa por tipo. (CLIRSEN)_____	23
Tabla.5.7. Morfología; Formas del relieve; Coluvión. Base conceptual de la cartografía geomorfológica y de movimientos en masa por tipo. (CLIRSEN)_____	24
Tabla.5.8. Morfología; Formas del relieve; Garganta. Base conceptual de la cartografía geomorfológica y de movimientos en masa por tipo. (CLIRSEN)_____	24
Tabla.5.9. Morfología; Formas del relieve; Encañonamiento. Base conceptual de la cartografía geomorfológica y de movimientos en masa por tipo. (CLIRSEN)_____	25
Tabla.5.10. Morfología; Formas del relieve; Cuesta. Base conceptual de la cartografía geomorfológica y de movimientos en masa por tipo. (CLIRSEN)_____	25
Tabla.5.11. Resistividades de diversos suelos, Dharmawidjaja, et al (2008) _____	29
Tabla.6.1. Coordenadas del área de estudio Sector Punzara Chico – Barrio Cofradía 32	
Tabla.7.1. Categorización de pendientes; CLIRSEN 2012 _____	58
Tabla.7.2. Criterios para determinar el grado de susceptibilidad a los deslizamientos (Sarkar y Kanungo, 2004)_____	62
Tabla.7.3. Componentes y su asignación de peso para las clases_____	64
Tabla.7.4. Pesos de Criterio usando el método de Suma de Rango. Janssen and van Herwijnen, 1994. _____	65

Tabla.8.1. Puntos de Afloramiento.	73
Tabla.8.2. Descripción de las unidades genéticas del sector de estudio Punzara Chico - Barrio Cofradía	74
Tabla.8.3. Coordenadas geográficas (DATUM WGS 84) de ubicación de los puntos SEV.	79
Tabla.8.4. Datos procesados SEV 1	81
Tabla.8.4. Datos procesados SEV 2	84
Tabla.8.5. Datos procesados SEV 3	87
Tabla.8.6. Datos procesados SEV 4	89
Tabla.8.7. Datos procesados SEV 5	92
Tabla.8.8. Datos procesados SEV 6	94
Tabla.8.9. Datos procesados SEV 7	97
Tabla.8.10. Correlación (SEV) Geología.	98
Tabla.8.11. Resultados Obtenidos en el modelamiento de pendientes.	100
Tabla.8.12. Usos del suelo Sector Punzara Chico-Barrio Cofradía.	101
Tabla.8.13. Maza desplazada deslizamientos.	104
Tabla.8.14. Coordenadas de los deslizamientos del sector de estudio.	104
Tabla.8.15. Tipos de deslizamientos del sector de estudio.	105

1. INTRODUCCIÓN

La geodinámica interna de la tierra, ha venido siendo uno de los precursores en la gran variedad de estructuras geológicas siendo de esta forma los constructores del relieve del planeta, en nuestro país se ha manifestado de forma extraordinaria y muestra de ello es la presencia de grandes formaciones geológicas como es la cordillera de los andes, las mismas que se modifican con el paso del tiempo.

En la región sur del Ecuador, existe una alta incidencia de fenómenos naturales lo que afectan de manera negativa en el crecimiento económico, infraestructura y deterioro de entornos ambientales, lo que trae consigo restricciones al desarrollo habitacional. En la ciudad de Loja, según estadísticas, los fenómenos que muestran el mayor grado de recurrencia, son los movimientos de masa, específicamente los deslizamientos, siendo los fenómenos naturales como factores condicionantes, desencadenantes y antrópicos contribuyentes a estas manifestaciones.

En nuestra ciudad este tipo de fenómenos se han presentado a lo largo del tiempo, debido a la característica de la geología, morfología, climatología y propiedades geomecánicas, los cuales son preliminarmente factores más importantes en la ocurrencia movimientos en masa, unido esto procesos antrópicos que altera la estabilidad del terreno, producen deslizamientos rotacionales, traslacionales, aluviones y flujos de suelo, llevándonos a la necesidad de implementar estudios y metodologías cuantitativas y cualitativas que permitan delimitar zonas de mayor susceptibilidad a deslizamientos en la ciudad de Loja.

2. PROBLEMÁTICA

La falta de previsión de instituciones encargadas del Ordenamiento Territorial en la ciudad de Loja, sumado a un conjunto de factores naturales, y climáticos del sector, los mismos que se manifiestan en épocas invernales, ha desencadenado un sin número de problemas en proyectos habitacionales, redes vitales que son emplazados y construidos de manera inadecuada, en zonas o áreas que son susceptibles a fenómenos de remoción en masa, teniendo un alto potencial de ser afectadas por alguno de estos factores.

Los barrios ubicados a lo largo de la vía de integración barrial como Punzara Chico, barrio Cofradía y nuevos proyectos urbanísticos, los mismos que son encaminados por instituciones públicas y privadas, y que debido a la demanda de espacio habitacional en la ciudad se están desarrollando en zonas susceptibles a deslizamientos, la mayoría de ellas se las ha ejecutado sin un estudio previo, y son el manifiesto de que no se ha tomado la debida responsabilidad en la planificación territorial, para de esta manera poder establecer de forma certera zonas de restricción e implementar códigos de construcción y la determinación de sectores aptos para la construcción de proyectos urbanísticos entre otros.

3. JUSTIFICACIÓN

En la ciudad de Loja, específicamente en el perímetro urbano que abarca (área= 5.533 ha) presenta un alto índice de inestabilidad, en donde se han podido valorar 33 barrios considerados como de alto riesgo a fenómenos geológicos y climatológicos, lo que ha ocasionado serios problemas económicos, sumado a esto la acción humana que contribuye a provocar movimientos de remoción en masa, ante esto, se ha visto en la necesidad de determinar la susceptibilidad a deslizamientos en el sector de Punzara Chico hasta el barrio cofradía, ubicado dentro de la hoy de Loja.

Esta información facilitará la toma de decisiones en lo que corresponde a zonificación y planes de ordenamiento territorial del Municipio de Loja, y entidades privadas que encaminan proyectos para el desarrollo Urbanístico, lo que proporcionará una visión clara del riesgo para elaborar en lo posterior planes, programas y proyectos inclinados a prever, prevenir y adoptar medidas de estabilización y control de deslizamientos; para de esta forma limitar y reducir los daños que pudiesen causar a personas y bienes en el futuro.

4. OBJETIVOS

4.1. OBJETIVO GENERAL

Desarrollar un mapa de susceptibilidad para el área de influencia de la vía interbarrial, en el sector “Punzara Chico hasta el Barrio Cofradía” pertenecientes a la Ciudad de Loja.

4.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- 1) Realizar el levantamiento topográfico y geológico a 200 metros a cada margen del eje de la vía de integración barrial, identificando los principales rasgos litológicos, geomorfológicos y estructurales.
- 2) Determinar el valor de la resistividad del subsuelo mediante geofísica (SEV) sondeos eléctricos verticales, a partir de mediciones en superficie.
- 3) Correlacionar la información obtenida para la elaboración de un mapa de susceptibilidad.

5. REVISIÓN DE LITERATURA

5.1. Topografía

Entendida como el conjunto de principios, métodos, instrumentos y procedimientos utilizados para la determinación del entorno, dimensiones y posición relativa de una porción limitada de la superficie terrestre, del fondo de los mares y del interior de las minas. (Aranha Domínguez, 1979).

5.2. Geología

La Geología es la ciencia que estudia el planeta Tierra en su conjunto, describe los materiales que la forman para averiguar su historia y su evolución e intenta comprender la causa de los fenómenos endógenos y exógenos. La unidad de tiempo en geología es el millón de años. ¹

El estudio de la Tierra de manera aislada fue objeto de interés en la antigüedad, pero la Geología como ciencia se inicia en los siglos XVII y XVIII obteniendo su mayor desarrollo en el siglo XX, donde diversas ramas de la Geología se encargan del anterior propósito.

En la actualidad las ciencias geológicas están adquiriendo mayor importancia para enfrentar la escasez de materias primas y energéticas y los problemas ambientales. Esto exige el conocimiento profundo de la geología del terreno y el concurso de personal especializado en geología, geotecnia, geofísica y geoquímica, entre otras disciplinas y profesiones.

¹ PDF; DUQUE ESCOBAR GONZALO; MANUAL DE GEOLOGÍA PARA INGENIEROS (Cap. 01) EL CICLO GEOLÓGICO

Los estudios geológicos son también necesarios en obras de ingeniería civil, como presas, autopistas y edificaciones y sobretodo en los trabajos relacionados con el ordenamiento del territorio y la conservación del medio ambiente.

Litología.- Es la parte de la geología que trata de las rocas, especialmente de su tamaño de grano, del tamaño de las partículas y de sus características físicas y químicas.

Entendemos por roca una masa de materia mineral coherente, consolidada y compacta. Se puede clasificar por su edad, su dureza o su génesis (ígneas, sedimentarias y metamórficas).

Cuando existen rocas masivas de un solo tipo, o con una estructura similar, la naturaleza de las rocas puede condicionar el relieve. Los tipos de relieve por causas litológicas más significativos son: el relieve cárstico, el relieve sobre rocas metamórficas y el relieve volcánico.²

Geología Estructural.- Estudia los procesos, mecánicos y los movimientos de la corteza terrestre además de estudiar las deformaciones y las causas que originaron las formas que presentan actualmente.³

5.3. Amenazas Geológicas

5.3.1. Deslizamientos - Clasificación

² PDF; Tupak Obando Dc. Geólogo, y Gestor Ambiental; LA PETROLOGÍA, PETROGRAFÍA Y LA HIDROLOGÍA DESDE EL PUNTO DE VISTA CIENTÍFICO; 2010.

³ Doc. Rojas Carrizales Grover A. Ing. Geología Estructural; Capitulo III; UNIVERSIDAD NACIONAL DE HUANCVELICA

Concepto:

Sharpe en 1938 definió los deslizamientos como la caída perceptible o movimiento descendente de una masa relativamente seca de tierra, roca o ambas.

Según Crozier (1986) un deslizamiento se define como el movimiento gravitacional hacia el exterior de la ladera y descendente de tierras o rocas sin la ayuda del agua como agente de transporte.

Clasificación.- Existen varias clasificaciones de deslizamientos, basadas todas ellas en el mecanismo de rotura y la naturaleza de los materiales involucrados (Varnes, 1984; Hutchinson, 1988; Cruden y Varnes 1996). La clasificación más utilizada es la propuesta por Corominas y García (1997) basada en las anteriores exceptuando lo que los autores definen como deformaciones sin rotura o previas a ésta.

El criterio básico que permite separar los distintos tipos de deslizamientos en la mayoría de las clasificaciones son los mecanismos de rotura. Se pueden encontrar cinco mecanismos principales:

-  Desprendimientos o caídas
-  Vuelcos
-  Deslizamientos como término concreto
-  Expansiones laterales y
-  Flujos

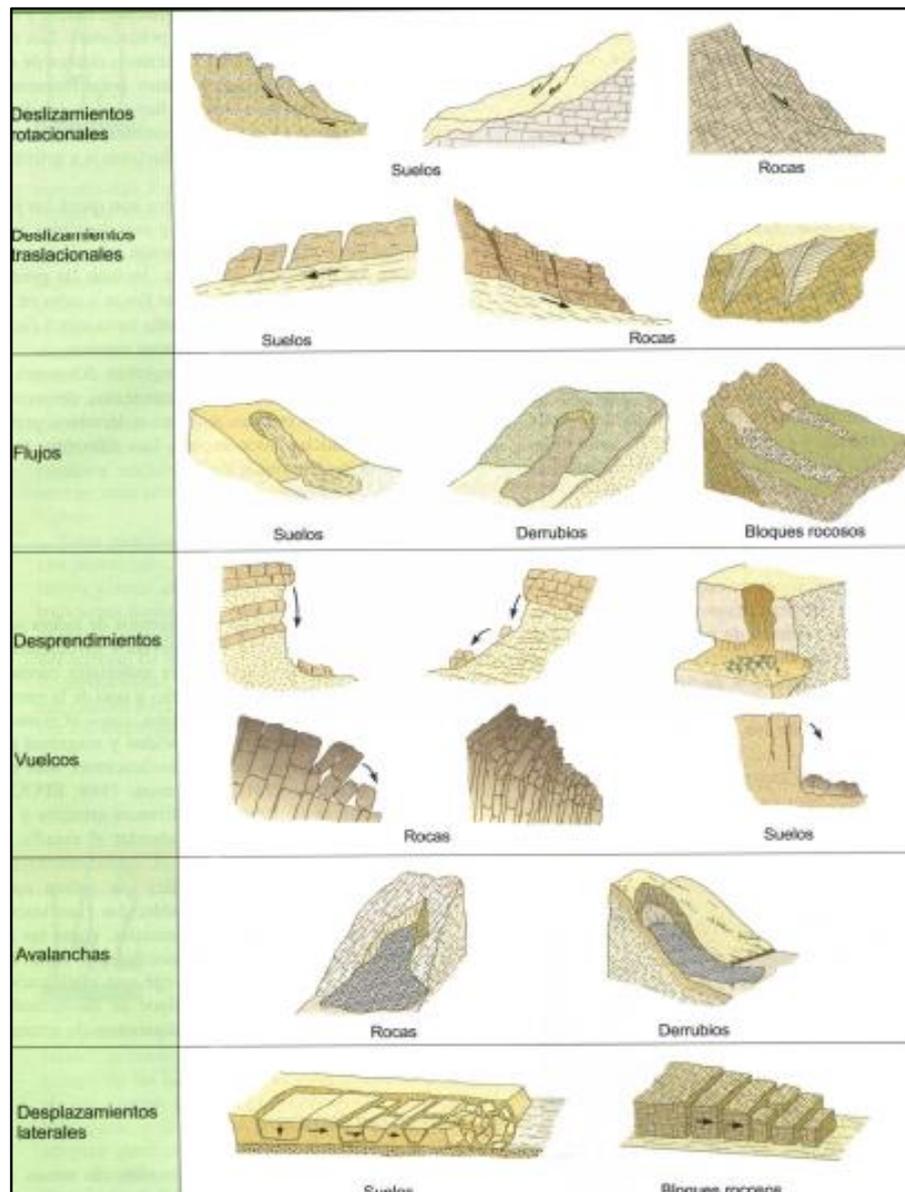


Fig.5.1. Tipos de movimientos de ladera.

Fuente: Tomado de González de Vallejo, 2002.

5.3.2. Factores que afectan la estabilidad del terreno

La estabilidad de las laderas está condicionada por la acción simultánea de una serie de factores. Desde un punto de vista físico los deslizamientos se producen como consecuencia de los desequilibrios existentes entre las fuerzas que actúan sobre un volumen de terreno. Los factores que influyen en la estabilidad de las laderas se pueden separar en dos grandes grupos (Ferrer, 1987):

5.3.2.1. Factores internos

Dentro de estos encontramos la morfología de la ladera y condiciones ambientales. En las características intrínsecas encontramos: litología, consolidación, espesor de los materiales y parámetros estructurales relativos a planos de debilidad. En las características extrínsecas: pendiente y su disposición respecto a discontinuidades geológicas, la orientación, y factores de tipo ambiental como cambios estacionales de temperatura, vegetación.

5.3.2.2. Factores externos

Actúan sobre el material y dan lugar a modificaciones en las condiciones iniciales de las laderas, provocando o desencadenando las roturas debido a las variaciones que ejercen en el estado de equilibrio de aquéllas. Tres tipos de acciones se incluyen aquí: la infiltración de agua en el terreno, las vibraciones y las modificaciones antrópicas.

La sacudida debida a terremotos naturales es una de los principales agentes que generan deslizamientos siendo capaces, en el caso de los terremotos más grandes, de desencadenar miles de deslizamientos a lo largo de áreas de más de 100.000 km² (Keefer, 1984).

5.3.3. Actividad y peligrosidad de los deslizamientos

Atendiendo al estado de actividad en que se encuentra un deslizamiento se pueden definir los siguientes términos (WP/WLL, 1993).

- **Deslizamiento activo.-** es el que se está moviendo en el momento de la observación.
- **Deslizamiento en suspenso.-** es el que se ha movido en los últimos 12 meses, pero actualmente no es activo.
- **Deslizamiento reactivado.-** es un deslizamiento activo que previamente ha sido inactivo (se conoce por reactivaciones de un deslizamiento).
- **Deslizamiento inactivo.-** es aquel que no se ha movido en los últimos 12 meses. Los inactivos se pueden subdividir en los siguientes estados:
 - Deslizamiento latente
 - Deslizamiento antiguo
 - Deslizamiento estabilizado
 - Deslizamiento relicto.

5.3.4. Susceptibilidad

Se entiende la “susceptibilidad a los deslizamientos” de una unidad de terreno, como la predisposición natural o potencialidad que dicha unidad tiene, para que al interior de ella se presenten fenómenos de remoción en masa, bajo la influencia de agentes tales como: altas precipitaciones, cortes naturales y/o artificiales, litología, sismos.⁴

⁴ Vásquez Morales Héctor Jaime. (2002). Evaluación de la susceptibilidad a los deslizamientos municipio de La Celia Departamento de Risaralda. Corporación Autónoma Regional de Risaralda CARDER. Pág.25.

Es la facilidad o propensión de determinadas zonas a generar movimientos en masa, o a ser impactadas por un evento. (Definición basada en EIRD2, 2007)⁵

5.3.5. Zonificación de la susceptibilidad

La susceptibilidad es la potencialidad de un terreno o área a la ocurrencia de procesos de movimientos en masa. Consiste en una evaluación de los factores condicionantes como: geología (unidades litológicas), pendiente del terreno, geomorfología, y uso actual del suelo, elaborados a partir de interpretación de fotografía aérea, trabajo de campo y compilación de eventos históricos. Todos a la escala de trabajo escogida.⁶

5.3.6. Mapa de susceptibilidad a deslizamientos

Indica la susceptibilidad relativa del terreno a sufrir un deslizamiento. Solamente tiene una componente espacial. A diferencia, un mapa de amenaza ante deslizamientos contiene información relacionada con la probabilidad temporal de ocurrencia frente a un evento detonante.

Muchos de los llamados “mapas de amenaza” son realmente “mapas de susceptibilidad” debido a la dificultad de conseguir información temporal para la evaluación de la amenaza (Cees Van Westen, UNU – ITC Escuela para el Manejo de la Geo-Información de los Desastres)⁷.

⁵ MANUAL METODOLÓGICO PARA LA EVALUACIÓN DE MOVIMIENTOS DE LADERA EN EL AMSS (EL SALVADOR, CA).2008. Programa IPGARAMSS.pág.9.

⁶ PDF; PAVÓN AYALA NATALY CRISTINA, GARZÓN COLLAHUAZO OSCAR VINICIO; EVALUACIÓN Y ZONIFICACIÓN DE SUSCEPTIBILIDAD Y AMENAZAS/PELIGROS POR FENÓMENOS DE REMOCIÓN EN MASA EN EL CANTÓN PALLATANGA, ESCALA 1:50.000. pág. 75. Quito enero 2014.

⁷ Guamán Jaramillo Galo Alexander. (2012). Aplicación de SIG para el Manejo de Riesgos Naturales en el Área Urbana de la Ciudad de Loja. (Tesis de Grado, Maestría en Sistemas de Información Geográfica), Quito. Universidad san Francisco de Quito.

El mapa de susceptibilidad o de amenazas permite desarrollar una aproximación del grado de peligrosidad por remoción en masa, a partir de los parámetros que presentan mayor influencia en las condiciones de inestabilidad, utiliza las demás variables elaboradas en la primera parte de este estudio, efectuando reclasificaciones en la tabla de datos alfanuméricos, mediante el uso del software Ilwis y Arcgis.

5.3.7. Peligro

“Peligro o factor de riesgo externo de un sujeto o sistema, representado por un peligro latente asociado con un fenómeno físico de origen natural, de origen tecnológico o provocado por el hombre, que puede manifestarse en un sitio específico, durante un tiempo de exposición determinado, produciendo efectos adversos en las personas, los bienes y/o el medio ambiente. Matemáticamente expresado como la probabilidad de exceder un nivel de ocurrencia de un evento con una cierta intensidad, en cierto sitio y en cierto período de tiempo”. (Cardona A. Ornar D, 1990).

5.3.8. Riesgo

Es todo proceso, situación u ocurrencia en el medio geológico, natural, inducido o mixto, que puede generar un daño económico o social para alguna comunidad, y en cuya previsión, prevención o corrección se emplearán criterios geológicos. (Ayala Carcedo, 1987).

5.3.9. Vulnerabilidad

“La predisposición intrínseca de un sujeto o elemento a sufrir daño, debido a posibles acciones externas”, o de otra forma: “es el grado de pérdida de un elemento o grupo de elementos bajo riesgo, resultado de la probable ocurrencia de un evento desastroso, expresada en una

escala que va de 0 (sin daño) a 1 (pérdida total).(Cardona A. Ornar,1990)

5.3.10. **Métodos de estimación de la susceptibilidad del terreno a deslizamientos**

La clasificación de los métodos empleados para evaluar la susceptibilidad de una ladera así como para la realización de mapas, varían según los autores (Coraminas, 1992).

Existen cuatro principales procedimientos utilizados en la evaluación y confección de mapas de susceptibilidad del terreno:

Los métodos determinísticos.- Se utilizan para el estudio de la estabilidad de una ladera o talud. Se fundamentan en métodos basados en el equilibrio límite o en modelos numéricos teniendo, una base física, lo que es de una gran ventaja respecto a otros métodos. Los datos de entrada son derivados de ensayos de laboratorio y se utilizan para determinar el factor de seguridad de la ladera. Estos métodos muestran un grado de fiabilidad alto, su principal inconveniente es su baja idoneidad para zonificaciones rápidas y áreas extensas regionalización. (Van Westen, 1994).

Los métodos heurísticos.- Se basan en el conocimiento de los factores que producen inestabilidad. Los factores son ordenados y ponderados según su importancia asumida o esperada en la formación de deslizamientos (Carrara, 1995). El principal inconveniente radica en que en la mayor parte de los casos, el conocimiento disponible entre los factores ambientales que pueden causar inestabilidad y los deslizamientos es subjetivo, dependiendo de la experiencia del experto.

Las aproximaciones probabilísticas.- Se basan en las relaciones observadas entre cada factor y la distribución de deslizamientos actual y pasada (Carrara 1995). Se utilizan cuando se dispone de abundante información, tanto cualitativa como cuantitativa.

Los métodos geomorfológicos.- Se basan en la determinación de condiciones de inestabilidad de ladera mediante técnicas geomorfológicas, cartografía y zonificación. La principal ventaja es la validez y detalle del análisis y mapa resultantes. El inconveniente de estos métodos es el alto grado de subjetividad dependiente de la experiencia del autor.

5.3.11. Integración de los métodos de susceptibilidad de una ladera con los Sistemas de Información Geográfica

S.I.G. es una herramienta perfectamente aplicable para realizar el análisis y la posterior cartografía de la susceptibilidad de la peligrosidad y/o del riesgo a deslizamientos. El desarrollo de los SIG ha incrementado enormemente la disponibilidad de las técnicas de evaluación de susceptibilidad a deslizamientos y su aplicación (Van Westen, 1994).

Un S.I.G. puede contener varios modelos de datos de los objetos geográficos: el modelo vectorial, modelo ráster, jerárquico-recursivo, todos ellos válidos para los mapas planos formados por puntos, líneas y polígonos. Cada modelo está mejor preparado para realizar unas determinadas tareas (Bosque, 1992).

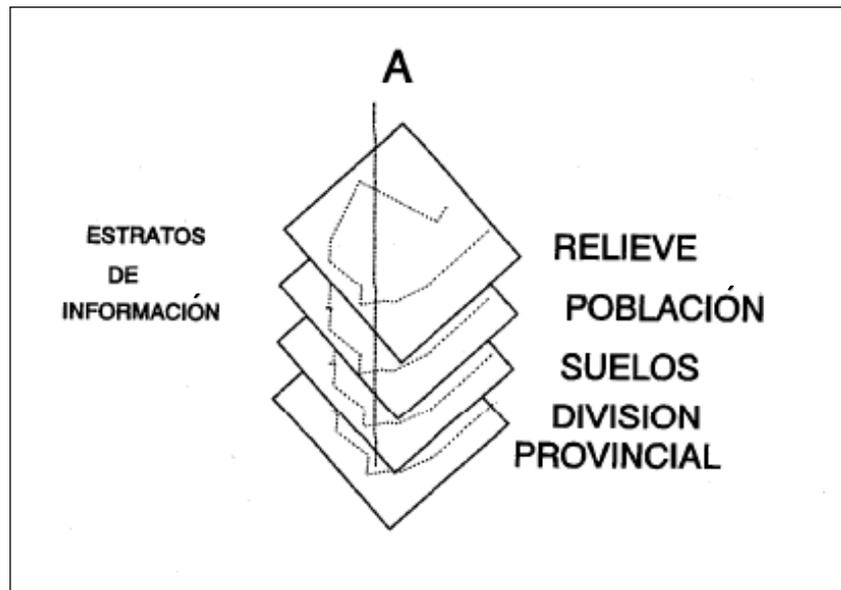


Fig.5.2. Estratos temáticos de un sistema de información Geográfica (Bosque, 1992).

En los años 90, con la oferta comercial y la ampliación de las capacidades de los SIG, han aumentado las aplicaciones sobre el análisis de susceptibilidad a los deslizamientos.

En 1994 Van Westen publicó un manual completo sobre la aplicación de un SIG en la zonificación de inestabilidad de laderas.

Unidad de terreno utilizada

Para realizar un mapa de susceptibilidad a los deslizamientos de una zona mediante un SIG es necesario seleccionar la unidad del terreno que se va a utilizar en el análisis. Se han propuesto varios métodos para definir la unidad del terreno (Meijerink, 1988).

Unidades geomorfológicas.- Se basan en límites morfológicos que frecuentemente reflejan diferencias geomorfológicas y geológicas. El principal inconveniente es la subjetividad de la técnica en la definición de las unidades. Son unidades definidas de forma manual que deben ser convertidas a formato digital para entrar en el SIG.

- Entrada de datos en un SIG - La entrada de datos en un SIG se puede agrupar a grandes rasgos en tres métodos distintos:

- Digitalización de datos analógicos (de tipo georreferenciado).- Puede realizarse con una tabla digitalizadora o bien escaneando la información de tipo vectorial georreferenciada (mapas), realizando con posterioridad los retoques pertinentes. Esta información entrará en el SIG en estructura vectorial y podrá ser manejada una vez se realice la topología.

- Entrada de base de datos temática.- Previamente existente en algún formato, y que está asociada a información georreferenciada que ya se dispone en formato digital. Esta información permitirá crear nuevos mapas conservando la topología inicial de la información georreferenciada a la que están asociados.

- Entrada e interpretación de imágenes satélite.- A partir de las cuales se dispone de información georreferenciada (normalmente en estructura ráster).

5.4. Geomorfología

Constituye una disciplina de síntesis orientada, especialmente hacia el estudio de uno de los componentes del medio natural (R. Coque, 1987).

Es la ciencia que estudia las formas de la superficie de la Tierra y los procesos que la crean y modelan (Summerfield, 1991).

La geomorfología se especializa en estructural (que atiende a la arquitectura geológica) y climática (que se interesa por el modelado), incorpora las técnicas estadísticas sedimentológicas, en laboratorio y, sobre todo, pierde su aislamiento para convertirse en una ciencia que

atiende múltiples factores e inserta el estudio del relieve al conjunto de relaciones naturales que explica globalmente la geografía física.⁸

5.4.1. Forma de la vertiente

Se refiere a la forma de vertiente o ladera. Es importante para deducir la litología y proveer mayor información como, por ejemplo, la erosión.

- a. Cóncava, Convexa.
- b. Nichos semicirculares.
- c. Pendientes escalonadas.
- d. Relieve irregular.
- e. Bloques inclinados.
- f. Grietas.
- g. Cambios de pendiente.
- h. Rectilínea.

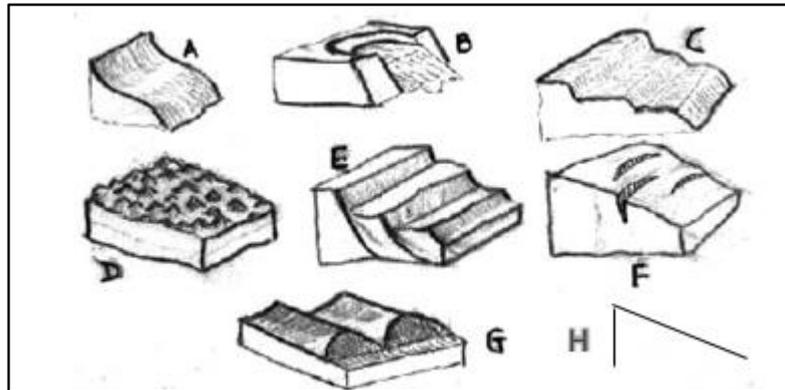


Fig.5.3. Forma de la vertiente.⁹

⁸ PDF; Duque Escobar Gonzalo; MANUAL DE GEOLOGÍA PARA INGENIEROS; Cap. 20. Geomorfología.

⁹ PDF; Duque Escobar Gonzalo; MANUAL DE GEOLOGÍA PARA INGENIEROS; Cap. 20. Geomorfología.

5.4.2. Morfometría

Corresponde al análisis cuantitativo del relieve, es decir los aspectos medibles de la descripción de las formas del relieve (Summerfield, 1991; Tricart, 1965). Las variables morfométricas deben estar acordes con los datos que provee el Modelo Digital de Terreno (MDT).

5.4.2.1. Pendiente

Se refiere al grado de inclinación de las vertientes con relación a la horizontal; está expresado en porcentaje.

Tabla.5.1. Categorización de pendientes.

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

Fuente: CLIRSEN, 2012.

5.4.2.2. Desnivel relativo

El desnivel relativo corresponde a la altura existente entre la parte más baja y más alta de las formas de relieve. En la ficha de campo se asigna con un visto el tipo de desnivel por cada forma de relieve analizada, de acuerdo a los siguientes parámetros:

Tabla.5.2. Categorización de desnivel relativo.

Tipo	Código
0 a 5 m	1
5 a 15 m	2
15 a 25m	3
25 a 50 m	4
50 a 100 m	5
100 a 200 m	6
200 a 300 m	7
> a 300 m	8

Fuente: CLIRSEN, 2012.

5.4.2.3. Longitud de la vertiente.

Corresponde a la distancia inclinada existente entre la parte más alta y la más baja de una forma del relieve, la misma que se mide en metros.

Tiene una relación directa principalmente con los procesos de erosión y movimientos en masa.

Tabla.5.3. Categorización de longitud de vertiente.

Tipo	Código	Descripción
< a 15 m	V1	Muy corta
15 a 50 m	V2	Corta
50 a 250 m	V3	Moderadamente larga
250 a 500 m	V4	Larga
> a 500 m	V5	Muy larga

Fuente: Van Zuidam, R. 1985.

5.4.3. Levantamiento geomorfológico

El levantamiento geomorfológico es la subdivisión del territorio de acuerdo a las formas del relieve.

5.4.4. Paisaje y subpaisaje

Son áreas homogéneas por sus características físicas, bióticas y por su relación con procesos ecológicos donde el fundamento es la interrelación o articulación de los elementos: relieve, litología, suelos, uso del suelo y vegetación (Acosta, 2009). El paisaje no es la simple suma de elementos geográficos separados, sino que es el resultado de las combinaciones dinámicas, a veces inestables de elementos físicos, biológicos y antropológicos, que concatenados hacen del paisaje un cuerpo único, indisociable, en perpetua evolución (Winkell, 1997).

5.4.5. Forma del relieve

Una forma del relieve o geoforma es una porción del paisaje constituida por una misma roca o material superficial y con características similares en cuanto a su génesis (origen como por ejemplo deposicional o volcánico), morfología (aspectos descriptivos como por ejemplo valle o dique), morfometría (aspectos cuantitativos como pendiente y desnivel vertical) y morfodinámica (procesos que actúan en el desarrollo de la forma, como por ejemplo movimientos en masa y erosión) (Modificado de Van Zuidam, 1985).

Conforme a la escala de trabajo se estudian los siguientes aspectos geomorfológicos: génesis, morfología, y morfodinámica, estos cuatro aspectos describen lo que se concibe como forma de relieve o geoforma.

5.4.6. Génesis

Se refiere al proceso responsable de la creación de la forma del relieve (Gustavsson, 2005).

Describe las formas del relieve según su origen, el cual puede corresponder de cuatro a seis categorías como se observa en la tabla siguiente.

Tabla.5.4. Formas del relieve según su origen

Denominación	Cod	Descripción
Deposicional	Dep	Se refiere a formas originadas en el transporte por agentes erosivos como el agua, el hielo o el viento, que constituyen medios de acarreo.
Denudativo	Den	Incluye un grupo de procesos de desgaste de la superficie terrestre. En este contexto, el principal proceso identificable como forma de relieve son los coluviones y coluvio aluviales, formas originadas en la acción de la gravedad en combinación con el transporte de las aguas.
Estructural	Est	Obedece a un patrón organizado del buzamiento de los estratos y al plegamiento de rocas sedimentarias consolidadas y metamórficas de origen sedimentario.
Tectónico erosivo	Tec	Corresponde a levantamientos tectónicos que generan formas montañosas y colinadas de diversa altura y pendientes, y que aún conservan rasgos reconocibles de las estructuras originales a pesar de haber sido afectadas en grado variable por los procesos erosivos.
Volcánico	Vol	Son formas producidas por erupciones volcánicas que han sufrido los efectos de la denudación y que aún conservan rasgos definidos de sus formas iniciales. Las rocas ígneas extrusivas, lavas y piroclastos, constituyen los materiales parentales que conforman el soporte de este tipo de geoformas
Antrópico	An	Intervención del Hombre en el modelamiento del paisaje.

Fuente: Base conceptual de la cartografía geomorfológica y de movimientos en masa por tipo. (Clirsen).

5.4.7. Morfología

La Morfología o morfografía en el diccionario es definido como la descripción científica de las formas (SOED, 1970). En este estudio se utiliza este término para describir los aspectos descriptivos, cualitativos de la forma del relieve.

5.4.8. Unidad morfológica

Define el tipo de la forma del relieve a través de un nombre representativo, en marcado en el análisis de las características del paisaje y subpaisaje:

5.4.8.1. Valle

Tabla.5.5. Tipos de relieves en función a Valle

Código	Origen	Forma del Relieve	Descripción
Va	Deposicional	Valle fluvial	Forma de relieve alargada con pendiente, relativamente plana no superior al 5% y de sección transversal estrecha en algunos casos, intercalada entre áreas de relieve más alto y que tiene como eje a un río que fluye generalmente en forma sinuosa. Suele ser inundable en época de invierno.
Vi	Deposicional	Valle indiferenciado	Corresponden a valles de fondo plano, que permanecen inundados gran parte del año y que se caracterizan por la ausencia de una dinámica fluvial permanente convirtiéndose en zonas hidromórficas que atestiguan la intensidad del relleno reciente con ríos o esteros prácticamente estancados

Vv	Deposicional	Valle en V	Los valles en V se deben a la acción simultánea de la erosión lateral y de la erosión lineal. Se trata de valles jóvenes, es decir, que están sometidos a procesos de denudación o erosión intensos. Por lo general presentan pendientes que exceden el 100%.
----	--------------	------------	---

Fuente: Base conceptual de la cartografía geomorfológica y de movimientos en masa por tipo. (Clirsen).

5.4.8.2. Terraza Aluvial

Tabla.5.6. Tipos de relieves en función a Terraza Aluvial.

Cód	Origen	Forma del Relieve	Descripción
Tb	Deposicional	Terraza baja y cauce actual	Comprende tanto el lecho del río como el nivel directamente superior (terrazza baja), ya que resultan difícilmente discriminables. Están sujetos a una dinámica constante especialmente en época lluviosa. Suele estar sujeta a las crecidas del río.
Tm	Deposicional	Terraza media	Superficie plana limitada por un escarpe, ubicada por encima de la terraza baja; corresponde a un antiguo nivel de sedimentación del río. Presenta pendientes de hasta 5%, debido a que ha sido ya modelado por los agentes erosivos.
Ta	Deposicional	Terraza alta	Se ubica sobre la terraza media y corresponde al nivel más antiguo de depositación del río. Presenta un disectamiento acentuado y vegetación más frondosa que los niveles inferiores.
Ti	Deposicional	Terrazas indiferenciadas.	Superficies planas, remanentes de anteriores niveles de sedimentación ubicadas por encima del nivel máximo de las aguas de un río, en las que no se puede determinar los diferentes niveles de terraza a partir del nivel actual de sedimentación.

Fuente: Base conceptual de la cartografía geomorfológica y de movimientos en masa por tipo. (Clirsen).

5.4.8.3. Coluvión

Tabla.5.7. Tipos de relieves en función a Valle.

Código	Origen	Forma del Relieve	Descripción
Cr	Deposicional	Coluvión reciente.	Está compuesto por materiales detríticos, transportados desde las partes altas de las laderas por acción de la gravedad y depositados en las partes intermedias o al pie de las mismas. Los materiales depositados son de carácter angular poco clasificados y sin estratificación, con pequeñas cantidades de material de grano fino. Presenta un bajo grado de disección.
Can	Deposicional	Coluvión Antiguo	De origen similar al coluvión reciente, se diferencia por el mayor grado de disección, con presencia de vegetación pionera más desarrollada, que indica cierto nivel de madurez o antigüedad.

Fuente: Base conceptual de la cartografía geomorfológica y de movimientos en masa por tipo. (Clirsen).

5.4.8.4. Garganta

Tabla.5.8. Tipos de relieves en función a Garganta.

Código	Origen	Forma del Relieve	Descripción
Gr	Denudativo	Garganta	Caracterizado por laderas pronunciadas, las cuales poseen desniveles superiores a los 15 m. y pendientes mayores al 25%. Se origina a partir de un proceso de erosión por un curso de aguas. Sus pendientes son más pronunciadas que aquellas de los relieves circundantes.
Grp	Denudativo	Garganta con presencia de valles indiferenciados	Asociación de garganta y valles indiferenciados, que no se pueden diferenciar en la cartografía.

Grt	Denudativo	Garganta con presencia de terrazas	Asociación de garganta y terrazas difícilmente separables. Se encuentra formado por un curso de aguas que ha originado diferentes niveles de sedimentación.
-----	------------	------------------------------------	---

Fuente: Base conceptual de la cartografía geomorfológica y de movimientos en masa por tipo. (Clirsen).

5.4.8.5. Encañonamiento

Tabla.5.9. Tipos de relieves en función a Encañonamiento.

Código	Origen	Forma del Relieve	Descripción
Ec	Denudativo	Encañonamiento	Formado por un curso de aguas que a través de un proceso de erosión, excava en terrenos blandos de origen sedimentario una incisión lineal de tendencia rectilínea con vertientes casi verticales y desniveles de hasta 50 m. Posee carácter estructural, dirigido por levantamientos tectónicos y por descensos del nivel base.

Fuente: Base conceptual de la cartografía geomorfológica y de movimientos en masa por tipo. (Clirsen).

5.4.8.6. Cuesta

Tabla.5.10. Tipos de relieves en función a Cuesta.

Código	Origen	Forma del Relieve	Descripción
C1	Estructural	Superficie de cuesta	Ladera estructural de una cuesta, la cual está formada por series monoclinales de escaso buzamiento, formada como consecuencia de la degradación parcial de los estratos sedimentarios suavemente plegados.
FC2	Estructural	Frente de Cuesta	Corresponde a la vertiente más escarpada y de menor longitud que presenta una cuesta, y que usualmente tiene pendientes

			mayores al 70%, y un desnivel relativo > a 50 m.
FC3	Estructural	Vertiente de cuesta	Constituyen las laderas inferiores de una cuesta estructural. Sus pendientes oscilan entre el 12 y 25 % con desniveles relativos de hasta 25 m.

Fuente: Base conceptual de la cartografía geomorfológica y de movimientos en masa por tipo. (Clirsen).

5.5. Ensayos de Campo

Geofísica

La Geofísica es una ciencia natural que utiliza los postulados fundamentales de la Física para investigar el comportamiento de algunos componentes de nuestro planeta como el campo magnético, la densidad de las rocas, su capacidad para conducir la corriente eléctrica y las ondas sísmicas, el movimiento de los continentes y los fondos marinos, entre otras.¹⁰

5.5.1. Sondeo Eléctrico Vertical SEV

La finalidad del sondeo eléctrico vertical (SEV) consiste en 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 utiliza sobre todo para detectar y establecer los límites de capas horizontales de suelo estratificado. Los Sondeos Eléctricos Verticales exploran el subsuelo en una sola dimensión (solo en profundidad). GEOSUB; (Hidrogeología Ambiental).

¹⁰ Auge Miguel Dr. Geól; Profesor Titular de Hidrogeología Universidad de Buenos Aires; 2008.

5.5.2. Ley de ohm

La Ley de Ohm, postulada por el físico y matemático alemán Georg Simón Ohm, es una de las leyes fundamentales de la electrodinámica, estrechamente vinculada a los valores de las unidades básicas presentes en cualquier circuito eléctrico, estableciendo lo siguiente:

“El flujo de corriente en ampere que circula por un circuito eléctrico cerrado, es directamente proporcional a la tensión o voltaje aplicado, e inversamente proporcional a la resistencia en ohm de la carga que tiene conectada”.

$$I = \frac{E}{R}$$

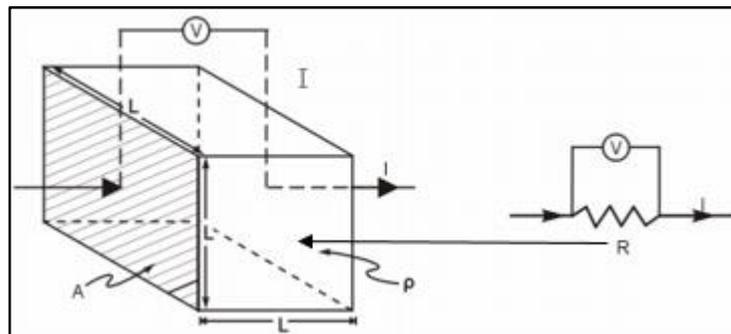


Fig.5.4. Principio de la Ley de Ohm.

En donde tenemos:

R (ρ) = Resistencia o resistividad

A = Área o Sección (s)

I = Intensidad o flujo de corriente.

V = Voltaje o tensión (E)

L = Longitud

Debido a la existencia de materiales que dificultan más que otros el paso de la corriente eléctrica a través de los mismos, cuando el valor de su resistencia varía, el valor de la intensidad de corriente en

ampere también varía de forma inversamente proporcional. Es decir, a medida que la resistencia aumenta la corriente disminuye y, viceversa, cuando la resistencia al paso de la corriente disminuye la corriente aumenta, siempre que para ambos casos el valor de la tensión o voltaje se mantenga constante.

En el caso de la prospección geoelectrica, es la resistividad de las rocas o sedimentos.

$$\Delta V = I \cdot \frac{\rho \cdot L}{S}$$

La resistividad de los suelos tiene un margen de variación muy amplio, un mismo suelo puede presentar diferentes resistividades con el tiempo debido a factores como la temperatura o la humedad, siendo el último el más determinante. Por tanto, es difícil estimar la composición del subsuelo solamente a partir de la medida de resistividad. A continuación una tabla con valores de resistividad de varios suelos y rocas.

Tabla.5.11. Resistividades de diversos suelos

Naturaleza del material	Resistividad ($\Omega \cdot m$)
Terrenos pantanosos	De algunas unidades a 30
Limos	20 a 100
Humus	10 a 150
Turba	50
Margas y arcillas compactadas	100 a 200
Arenas arcillosa	30 a 40
Arena silícea	50 a 500
Suelos con boleos cubierto de césped	200 a 3000
Suelo con boleos	300 a 500
Suelo con boleos	1500 a 3000
Calizas blandas	100 a 300
Calizas compactas	1000 a 5000
Calizas agrietadas	500 a 1000
Pizarras.	800
Rocas de mica y cuarzo	1500 a 10000
Granitos y gneis procedente de alteración	100 a 600
Granitos y gres muy alterados	2000 a 3000

Fuente: Dharmawidjaja, et al (2008)

Los valores de resistividad que se tienen para limos, por ejemplo, varían entre 20 y 100 ohms-m. Es importante resaltar el hecho de que en la mayoría de las referencias el valor de resistividad que se muestra para una arcilla plástica es de 50 ohms-m; sin embargo, este valor depende del contenido de agua al que se esté haciendo referencia, lo cual no se menciona en algunos de los documentos consultados.

5.5.3. **Medición de la resistividad**

Las mediciones se realizan directamente en el terreno, abarcando un volumen significativamente mayor del medio a investigar, además con los registros de campo, no se genera alteración en las propiedades físicas e hidráulicas de las rocas o sedimentos. Su mayor limitación es el costo, el tiempo y la interpretación, que se complica a medida que el medio natural se aparta de los requisitos teóricos (homogeneidad e isotropía) que tipifican al medio ideal.

5.5.4. **Dispositivos lineales**

En cualquier dispositivo electródico, si conocemos el factor geométrico g , la corriente eléctrica I inyectada por los electrodos A y B, y la diferencia de potencial entre los electrodos M y N, podemos calcular la resistividad aparente. Entre los dispositivos tetraelectródicos lineales más utilizados tenemos el siguiente:

Los electrodos de inyección de corriente (A y B) y los de medición del potencial (M y N) se disponen alineados, de acuerdo a las configuraciones propuestas por Schlumberger y Wenner.

Dispositivo Schlumberger

Se trata de una composición simétrica de los electrodos AMNB dispuestos en línea, donde la distancia de los electrodos detectores MN es mucho menor que la de los inyectores AB (Figura.5.4). En la práctica, $AB > 5MN$.

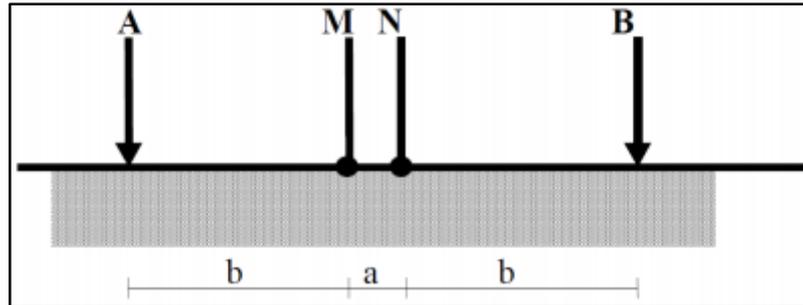


Fig.5.5. Arreglo dispositivo Schlumberger para la constante (k).

La fórmula de la constante K es la siguiente:

$$K = \pi \frac{b(b+a)}{a}$$

La fórmula de resistividad aparente es:

$$\rho_a = k \frac{\Delta V}{I}$$

La idea del dispositivo Schlumberger consiste, en utilizar una distancia $MN = a$ muy corta distancia, de tal modo que pueda tomarse como válida la ecuación anterior.

5.5.5. Software IPI2Win

IPI2Win está diseñado para la interpretación automática o semi-automática de datos de sondeo eléctrico vertical obtenidos con

varios de los arreglos utilizados con más frecuencia en la prospección eléctrica.¹¹

IPI2Win está diseñado para la interpretación 1D de las curvas de sondeo eléctrico vertical a lo largo de un perfil. Su enfoque a la obtención de un resultado geológico en la característica que distingue a IPI2Win de otros programas populares de inversión automática.

Debido a la variación de la solución dado por el criterio del interpretador es posible elegir, entre un juego de soluciones equivalentes, la que mayor se ajuste tanto a los datos geofísicos.

Mediante la comparación de varias definiciones de la estructura geológica a lo largo del perfil y no del resultado de un sondeo aislado se determina la mejor aproximación in IPI2Win. Esta aproximación provee la oportunidad de utilizar la información geológica a priori, extrayendo la mayor cantidad de datos posible en situaciones geológicas complejas.

¹¹ PDF; Universidad Estatal de Moscú Facultad de Geología Departamento de Geofísica; GEOSCAN-M Ltd; Moscú, 2000.

6. Caracterización General del Área de Estudio

6.1. Ubicación geográfica y acceso

El sector de estudio se encuentra ubicada en el cantón y provincia de Loja, específicamente en la Parroquia Sucre que se encuentra dentro del perímetro urbano suroccidente de la urbe. Fig. (6.1), su ubicación geográfica está localizada en la región andina Sur-oriental del Ecuador.

La región en donde se encuentra ubicada el sector Punzara Chico - Barrio Cofradía, es el de la cuenca sedimentaria de Loja, que se halla comprendida entre elevaciones que varían entre los 2.200 y 2.400 m.s.n.m sobre el nivel del mar (Punzara Grande y Chico) al sur del área, y los 2 600 m.s. n. m., en el flanco oeste de la cordillera Chonta Cruz, ramal de la cordillera de los Andes en el lado oeste; y pertenece a la micro cuenca hidrográfica del río Malacatos de la ciudad de Loja; se encuentra la formación Quillollaco que está formada básicamente por conglomerados muy granulados con muy pocas intercalaciones de arenisca.

El conglomerado son detritos sostenidos los que se encuentran compuestos de clastos metamórficos semi-redondeados, en la siguiente tabla se muestra la ubicación exacta del sector de estudio.

Tabla.6.1. Coordenadas del Sector Punzara Chico – Barrio Cofradía.

Sector	Coordenadas			Observaciones
	Y	X	Z	
<i>Punzara Chico</i>	9554052.52	698031.18	2265.462	Se encuentra Ubicado en la vía de integración barrial Km 1.5.
<i>Barrio Cofradía</i>	9555153.86	697409.62	2292.365	Se ubica en la vía de integración barrial km 2.5.

Tabla.6.1. Coordenadas del Sector Punzara Chico – Barrio Cofradía.

Fuente: El Autor.

El acceso principal a las urbanizaciones, se lo realiza por la vía aérea desde Quito y/o Guayaquil, hasta la ciudad de Catamayo (Aeropuerto Camilo Ponce Enríquez), después de esto se debe continuar luego por vía terrestre, 33,39 km a través de la carretera Catamayo - Loja.

Desde la ciudad de Loja se puede acceder por medio de la Avenida de Integración Barrial en dirección Norte - Sur, a la altura de la entrada del relleno sanitario y la quebrada la alumbre que desemboca al río Malacatos la misma que pasa por la ciudadela Esteban Godoy y la Argelia; se ubica el sector de Punzara Chico y el Barrio Cofradía.

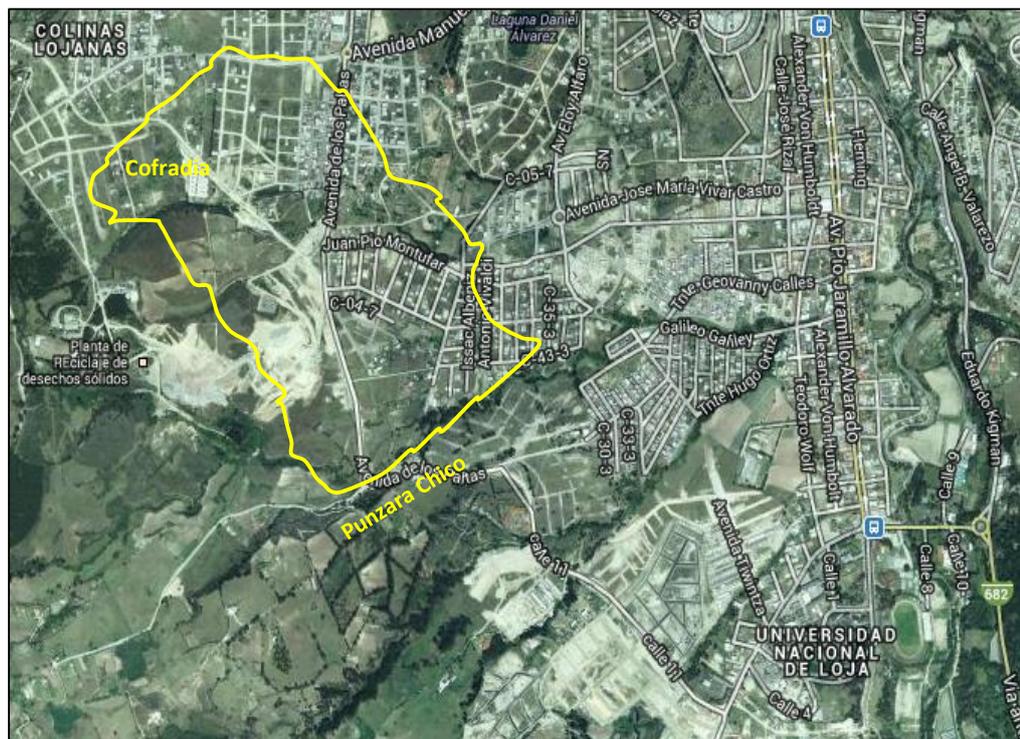


Fig.6.1. Mapa de Ubicación del sector Punzara Chico - Barrio Cofradía.

6.2. Geomorfología

La provincia de Loja, ubicada al Sur de los Andes Ecuatorianos, presenta un relieve muy irregular (accidentado) donde se encuentran amplios valles que aparecieron como resultado de los procesos de formación de las

montañas durante la orogénesis, sufriendo cambios en las rocas para determinar la estructura geológica actual.¹²

En lo que concierne al cantón Loja, se obtiene un relieve de colinas que se ha desarrollado sobre diferentes tipos de rocas muy resistentes a la erosión, donde sus alturas van de 2 116 a 3 788 m.s.n.m, presentando de esta manera una variedad relieves donde actualmente se asientan poblaciones, en el cual hay fuertes pendientes y taludes bien pronunciados, las mismas que se ven afectados tanto por factores bióticos como abióticos de los cuales se consideran propiamente geográficos aquellos abióticos de origen exógeno, tales como el suelo que en su mayoría se encuentra erosionado, donde también podemos destacar la acción antrópica sobre los relieves como es la construcción de la vías hasta la edificación de distintos tipos de vivienda.

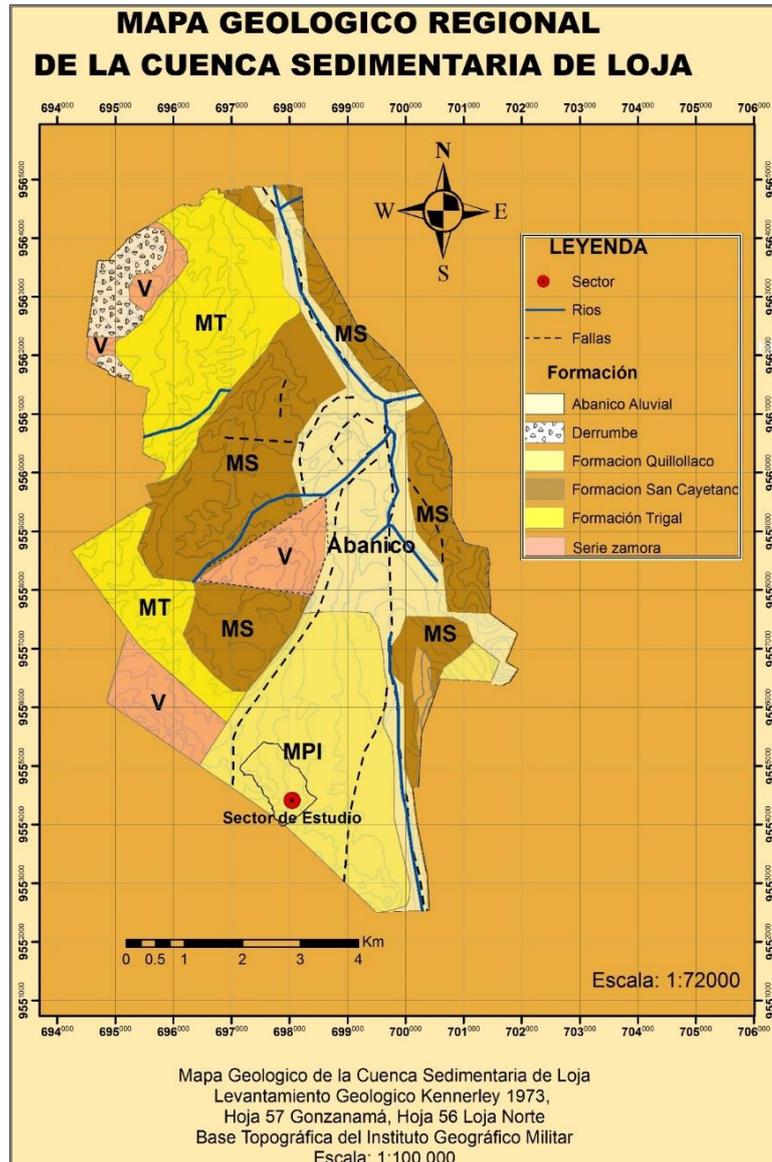
6.3. Geología Regional

La cuenca de Loja está depositada discordantemente sobre el basamento metamórfico de la Unidad Chigüinda de edad Devoniano a Permiano. La cuenca sedimentaria es de origen lacustre de época Miocénica (26 millones de años); las rocas más antiguas de época Paleoceno (65 millones de años), están constituyendo el basamento de la cuenca y afloran a la superficie, alrededor de la ciudad (ambas épocas - Mioceno y Paleoceno - pertenecen al período terciario).

Toda la serie terciaria, incluso los depósitos cuaternarios más recientes de este valle han sido afectados por movimientos de compresión, que han originado levantamientos o hundimientos.

¹² Kennerley, JB., Almeida, L., 1975 Mapa Geológico del Ecuador, hoja de Loja (56), escala 1:100.000. Instituto Geográfico Militar (IGM)

Así, han aparecido pliegues más suaves en el lado occidental de la hoya y con pronunciada pendiente en la parte oriental, lo cual ha originado serios problemas en la construcción de obras civiles. (Kernnerley, 1982; Geo-Loja 2007). A continuación se realiza una descripción de las diferentes formaciones que se encuentran ocupando la hoya de Loja. (Fig.6.2).



Basamento Metamórfico

Unidad Chiguinda

El metamorfismo de la parte Sur de la Cordillera Central o Real de Los Andes, es denominado Serie Zamora, la edad determinada es el Paleozoico. Este tipo de roca forman el basamento de las cuencas de Loja y Malacatos-Vilcabamba, esta serie metamórfica se compone de filitas esquistos gráficas, cuarcitas y metalimonitas que pertenecen a la Unidad Chiguinda de edad Devoniano a Permiano; y el grado de rocas metamórficas esquistos biotíticos, moscovíticos, gneis a la Unidad Agoyan de edad Paleozoica.

Serie Sedimentaria

Formación Trigal

El nombre de Trigal es introducido por Alvarado en 1967. El tipo yace en la localidad de la Cuenca de Loja en el río Trigal (694.900 - 9'559.850) a lo largo de carretera Loja-Catamayo. La formación se encuentra presente en un área relativamente pequeña a lo largo de la margen Nor-Occidental de la cuenca.

La litología se compone de areniscas de grano grueso con láminas finas de conglomerados y capas menores de limonita, los conglomerados son compuestos por pequeños clastos de origen volcánico. La arenisca se presenta con una estratificación horizontal. La potencia de la formación varía desde los 50 m. en el Oeste a los 150 m. hacia el Este en el contacto con la Formación La Banda.

La Formación Trigal se encuentra descansando discordante en las rocas metamórficas paleozoicas Unidades Chiguinda y Agoyan, y sobrepuesta a la Formación La Banda, ambos concordante y discordante. El contacto entre la Formación Trigal y la parte occidental de la Formación San Cayetano en la parte Oriental de la cuenca es formado por la falla de cobijadura.

Formación la Banda

En el sector Nor-occidental de la cuenca de Loja afloran intervalos de caliza, los cuales yacen a lo largo de la carretera Loja-Cuenca cerca de la quebrada La Banda (696.900-9'561.250) esta formación se encuentra presente solo al Nor-oeste de la cuenca, donde forma un intervalo muy persistente. Los intervalos de caliza son:

- Calizas masivas con contenido de moluscos y ostrapodos.
- Secuencia rítmica de escasas láminas finas de lutitas carbonatadas y calizas.
- Areniscas amarillas de granulado fino.

Los intervalos tienen un espesor de 10 a 20 m., y de forma continua horizontal

La Formación La Banda se encuentra sobreyaciendo a la Formación Trigal, localmente con un contacto insignificante y sobrepuesto a la Formación Belén. La presencia de moluscos y foraminíferos indica una depositación marina poco profunda en un ambiente estuario. La edad determinada es del Mioceno Medio Tardío.

Formación Belén

Este tipo localizado yace cerca del sector denominado Belén (697.400-9'560.400) de la cuenca de Loja en la parte Nor-occidental, esta formación Belén se encuentra descansando concordantemente sobre la formación La Banda. El límite lo constituye un cambio gradual desde una caliza predominante a arenisca. El contacto entre las Formaciones Belén y San Cayetano está conformado por una falla de cobijadura limitado hacia el Oeste. La Formación Quillollaco descansa en una discordancia angular en la Formación Belén.

La formación Belén se encuentra constituida por gruesas capas de areniscas de coloración marrón y grano granulado que contiene lentes de conglomerado horizontalmente estratificado y depósitos de desfase. La edad asumida es del Mioceno Inferior la potencia estimada es de 300 m. Esta formación descansa concordante con la formación la Banda.

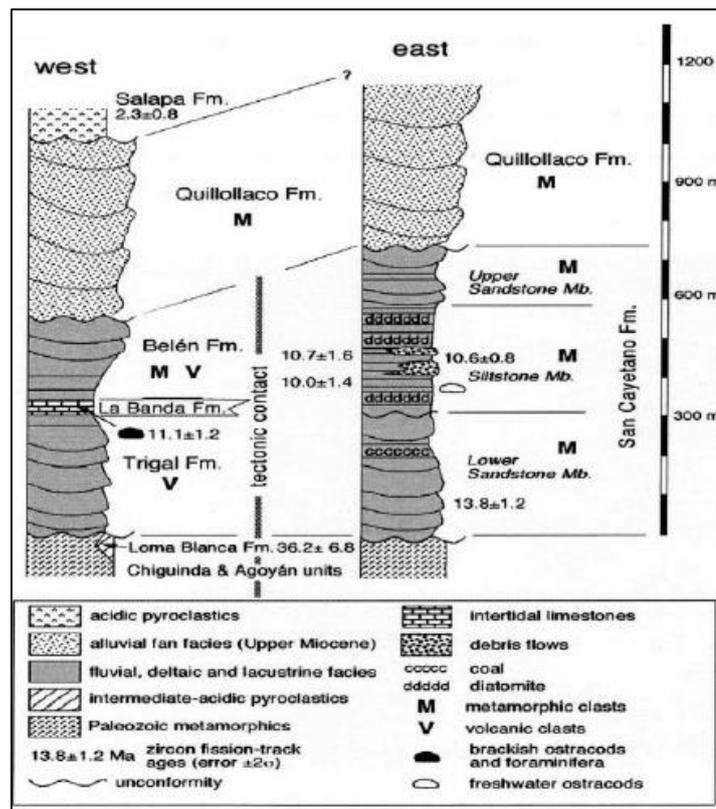


Fig.6.3. Columna Estratigráfica de la Cuenca sedimentaria de Loja.
Fuente: Hungerbuhler 1997.

Formación San Cayetano

Yace en el sector de San Cayetano (700.300-9'596.000). Se encuentra presente solo al Este de la cuenca del Loja. Esta formación se la puede dividir en tres miembros con límites transaccionales.

El miembro inferior de arenisca de coloración marrón claro algunas capas de conglomerados y lutitas. La parte superior el grado de areniscas es fino con lutitas de coloración marrón gris y blanca, abundantes capas de diatomita y algunos piroclastos horizontales. El miembro medio se lo puede considerar de transición entre el superior e inferior está compuesto por areniscas de grano medio, lutitas silicificadas y diatomitas.

La determinación de la potencia de la formación es compleja a su plegamiento fuerte estimándose la misma en 800 m. La Formación San Cayetano se encuentra descansando discordante a la Unidad Metamórfica Chiguinda y Formación Quillollaco. La edad estimativa es del Mioceno Tardío.

Formación Quillollaco

El nombre formación Quillollaco es usado solo para sedimentos de la cuenca de Loja, con disposición para evitar confusión. El nombre geográfico del tipo localizado es deletreado Quilluyacu, pero Quillollaco es registrado por Kennerly (1973). Se encuentra aflorando en el sector de la Quebrada Quillollaco ubicada en la Hoya de Loja (699.700-9'550.200), la formación está presente en toda la cuenca, excepto en el borde Nor-occidental.

La formación Quillollaco está formada básicamente por conglomerados muy granulados con muy pocas intercalaciones de arenisca. El conglomerado son detritos sostenidos. Los que se encuentran compuestos

de clastos metamórficos redondeados: filitas, cuarcitas, vetas de cuarzo, y esquistos de hasta 50 cm en diámetro.

Las capas de conglomerados son de hasta 4 metros de espesor y a veces canalizadas. Hay también intercalaciones de brechas de matriz sostenida con clastos metamórficos. Estas brechas aparecen principalmente a lo largo del margen Oriental de la cuenca. En la parte central de la cuenca, Oeste de la ciudad de Loja, las capas de conglomerados son predominantes.

Hacia el sector Sur de la cuenca la potencia llega a alcanzar un máximo de 600 metros, mientras que la parte central, solo están presente 100 metros, a lo largo de la margen del Este de la cuenca el espesor es de 500 metros. La formación Quillollaco yace con discordancia angular en la que la mayor parte de la cuenca a las formaciones Trigal, Belén y San Cayetano y esta sobrepuesta por depósitos cuaternarios. La edad de esta formación es estimada perteneciente al Mioceno tardío.

Formación Salapa

Depósitos piroclásticos que se encuentran aflorando en el Nor-oeste y parte Sur de la cuenca de Loja, los mismos se encuentran yaciendo claramente en el sector de Salapa en el Nor- oeste de la cuenca.

La formación Salapa se encuentra descansando discordante en las rocas metamórficas paleozoicas que bordean la cuenca de Loja y la potencia estimada de 100 m. Esta formación se encuentra compuesta por tobas ricas en vidrio. Las tobas en algunos sectores se presentan fuertemente alterada transformada completamente en caolinita.

7. MATERIALES Y MÉTODOS

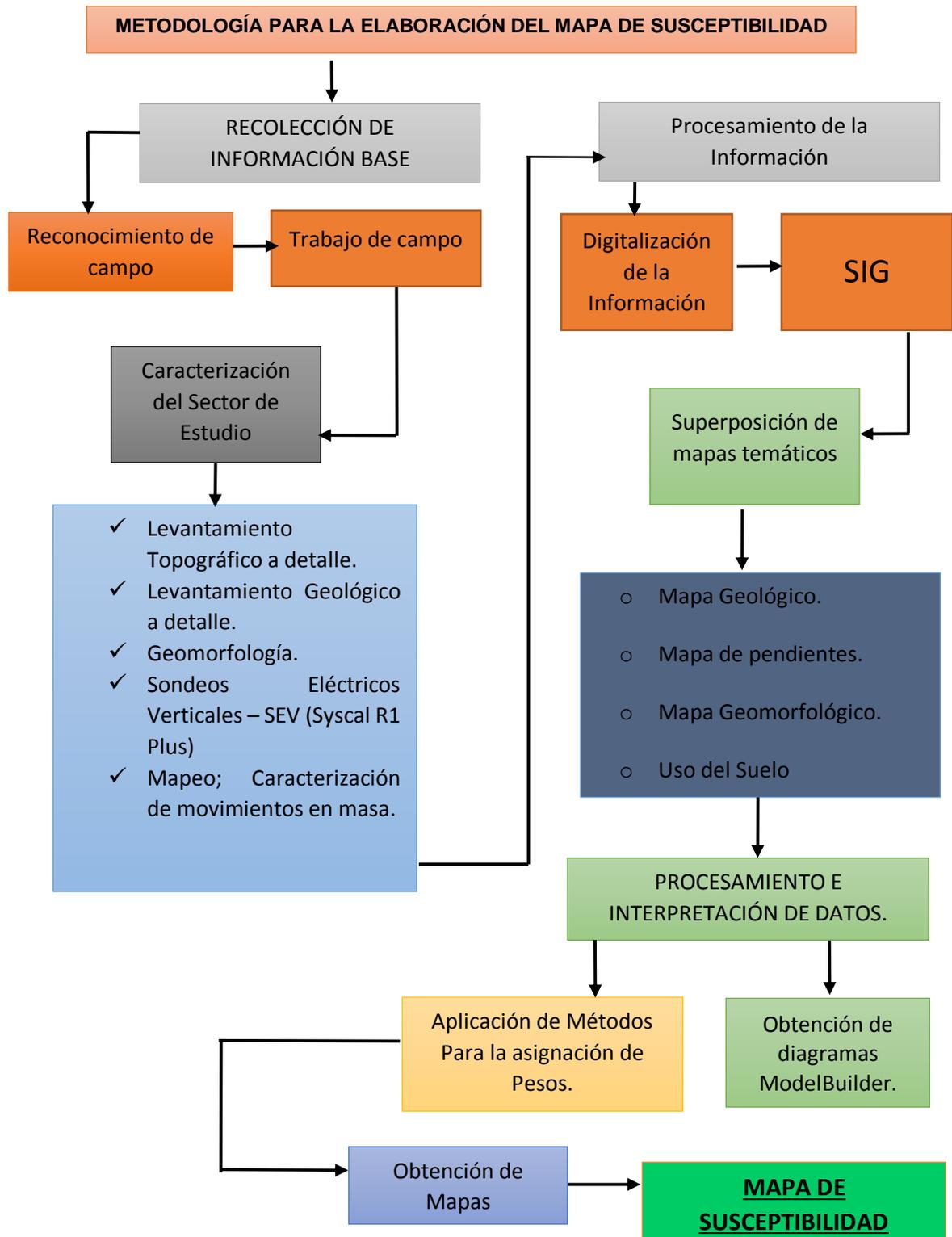


Fig.7.1. Diagrama de flujo de la metodología empleada para el desarrollo del proyecto.

Es así que partiendo del diagrama de flujo, en el sector de estudio la metodología que se empleó consta de dos etapas definidas las cuales se describen a continuación:

- a) **Método de Campo.**- En esta etapa se realizó una visita de campo en el sector de estudio, para el inicio de las labores y operaciones.

- b) **Metodología de Oficina.**- Los sistemas de información geográfica permitió el análisis mediante superposición de mapas temáticos de los diferentes factores condicionantes, en base a información levantada de campo y pre-existente.

Las fases de análisis que se utilizó son: elección de las variables, análisis de las variables, obtención de los resultados y representación de los mismos en mapas y mapa de susceptibilidad correlacionando la esta información.

7.1. Validación de la información preexistente

La información recopilada consta de mapas topográfico, geológicos, geomorfológicos y estudios preexistentes, de la cuenca sedimentaria de Loja, esta bibliografía permitió obtener una visión general del sector de estudio y de esta forma poder establecer la metodología a utilizar.

Sin embargo esta información consta de una escala muy grande, por lo que fue necesario planificar la campaña de levantamiento topográfico, geológico, y del relieve observando las geoformas, para luego proceder al sondeo eléctrico vertical y otros trabajos descritos a continuación.

7.2. Etapa de campo

7.2.1. Visita de campo

En primera instancia se realizó una visita de reconocimiento, en donde se delimitó visualmente el área de estudio y de esta forma planificar los trabajos posteriores.

7.2.2. Levantamiento topográfico

Se realizó una planificación de trabajo, para luego proceder inicialmente con el levantamiento topográfico como base fundamental del proyecto, y para tal fin se utilizó la estación total TRIMBLE S3 (Fig.7.2) y la estación GPS R4 TRIMBLE que se comunica con una estación base a través de Bluetooth (Fig.7.3), esta estación además permitió dar un punto de partida GPS, para la estación total S3 y así realizar el levantamiento con la ayuda del prismas obteniendo así datos sobre los cambios de pendientes del terreno.

Para los cambios de estación y estaciones auxiliares se las realizó con la misma estación total, tomando en cuenta que las estaciones siguientes se deben visualizar para de esta forma corregir entre sí.



Fig.7.2. Estación robótica S3 TRIMBLE.



Fig.7.3. Estación GPS R4 TRIMBLE

Una vez levantados los datos de campos se los descarga con el software del equipo, pasándolos a estos datos a un formato Excel, para luego ser triangulados, la información descargada contiene (X, Y, Z) la misma que esta georreferenciada en coordenadas UTM WGS-84, zona 17 Sur.

7.2.3. Levantamiento Geológico

En la siguiente etapa se realizó el levantamiento geológico estructural, (ver fichas Anexo 10), para lo cual se procedió al mapeo y ubicación de afloramientos en: vías, taludes naturales como antrópicos, quebradas, y caminatas por el sector lo que permitió visualizar la geología, y de esta forma realizar su descripción.



Fig.7.4. Descripción de afloramientos.



Fig.7.5. Toma de datos estructurales

Además se procedió a la caracterización de movimientos en masa, (ver fichas Anexo 11) clasificándolos a cada movimiento según las características que presentan, toda esta información se encuentra en las libretas de campo donde están su ubicación en coordenadas UTM, y descripción geológica, lo que ha permitido el realizar el mapa final con la ayuda del software arcgis 10.1.

Entre los materiales utilizados en el levantamiento geológico tenemos: GPS Magellan Mobile Mapper, martillo geológico, distanciometro láser, brújula geológica Brunton, libreta de campo, cartas topográficas, HCL al 10%, cámara fotográfica, lupa 30x, lapice de colores, flexómetro.

7.2.4. **Sondeos eléctricos verticales (SEV)**

Antes de realizar las labores de campo se hizo una visita de reconocimiento a las posibles áreas de estudio para este método, además del análisis previo de la información obtenida, tales como mapas topográficos, geológicos, informes, etc.

Se procedió a la toma de datos reales de resistividad aparente del subsuelo, permitiéndonos conocer la presencia de agua en los estratos y geo-eléctricamente de que están compuestas las capas del subsuelo.

Este método de prospección geoelectrica nos permite evidenciar cambios en la resistividad del suelo, aunque no permite determinar de manera exacta la litología, sin embargo estos valores se los puede asociar con valores de tipos de rocas y suelos a través de tablas de resistividad de rocas, agua, suelos.

La inyección de corriente y la medida de la diferencia de potencial eléctrico se lo realiza clavando los electrodos en el suelo, estos están conectados por cables al generador de corriente alterna Syscal Junior/ R1 Plus (Standard & Switch (48-72) Versión). Ver (fig.7.6.).

Para la colocación de los electrodos se templó una piola, esto permitió que la alineación de cada una de los electrodos fuera lo más recto posible.



Fig.7.6. Syscal Junior/ R1 Plus (Standard & Switch (48-72) Versión).

Estos electrodos en la forma como se los ubique se denominan arreglos o configuración.

El Syscal Junior/ R1 Plus (Standard & Switch (48-72) Versión), lo que hace es generar una corriente alterna que la envía a la Fuente transformadora para convertirla en continua, que a su vez pasa a las electrodos metálicos, y que a su vez en el mismo equipo pasa por un sistema de amperímetros conectados en serie para medir la I_a .

La corriente de I_a penetrara por el punto A en el subsuelo, esta regresará por el electrodo B, con una I_b volviendo al dispositivo para cerrar el circuito.

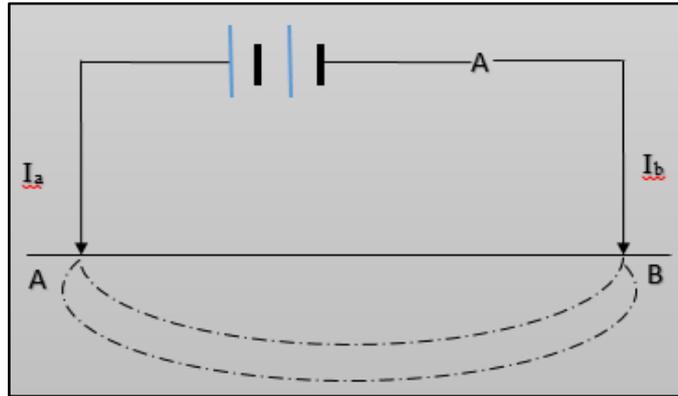


Fig.7.7. Circuito de emisión de corriente.

La medida de potencial lo hacen los amperímetros que se encuentran ubicados en el dispositivo en el momento que pasa la corriente desde el Punto A al B.

El arreglo o configuración empleado es el de Schlumberger el cual se trata de una composición simétrica de los electrodos AMNB dispuestos en línea, donde la distancia de los electrodos detectores MN es mucho menor que la de los inyectores AB, las ventajas 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, además de que la medición es más expedita, ya que sólo se desplazan los electrodos de corriente.

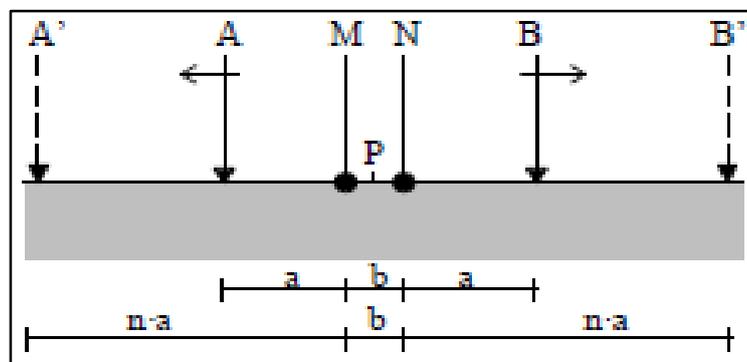


Fig.7.8. Sondeo Schlumberger. Los electrodos A y B se abren progresivamente mientras M y N están fijos.

Para la configuración de este método se necesita como máximo 4 personas capacitadas y calificadas para la ubicación de estos electrodos y para la verificación y cambio del mismo.



Fig.7.9. Configuración de electrodos

Una vez hecho el arreglo se procedió a la toma de datos en el campo, con la ayuda de una ficha para los espaciamientos tanto de AB y MN (Ver Anexo. 11) para en lo posterior pasarlos al programa IPI2Win, desarrollado por la Moscow State University, Geological Faculty, Department Of Geophysics. El cual permite realizar interpretaciones interactivas automatizadas y/o semi-automatizadas de Sondeos Eléctricos Verticales a partir de datos obtenidos por cualquiera de los arreglos más populares utilizados en la prospección eléctrica y realizar de esta forma la interpretación de la curva y los perfiles Geoeléctricos.



Fig.3.10. Toma de datos SEV.

Además se empleó para toma de la resistividad los siguientes materiales:

- Medidor de Resistividad eléctrica
SYSCAL R1 PLUS
- 12 Electrodos
- Carretes de alambre de 350m
- conectores
- GPS Magellan
- Brújula Brunton
- Martillo de goma.
- Varillas
- Machetes
- 2 Cintas de 50m.
- Piola
- Camara fotográfica
- Libreta de campo.

7.2.5. Levantamiento geomorfológico

La metodología empleada se fundamenta en la generación de información primaria, obtenida con la observación de las geoformas que presenta el terreno del sector de estudio, y a partir de fotointerpretación, tomando como material de referencia cartas geológicas, topográficas, modelos digitales del terreno, e información secundaria.

7.3. Etapa de oficina procesamiento de la información

7.3.1. Topografía

Una vez obtenida la información de campo, se procedió a importar los datos al software Arcgis 10.1 para su triangulación y de esta forma generar el mapa topográfico, para crear las curvas de nivel se parte de un Modelo TIN el mismo que se lo obtiene de los puntos o datos de campo que se encuentran en Excel, para esto se utiliza la herramienta en 3D análisis, crear TIN de entidades, obteniendo un modelo Raster de elevación (Fig.3.10), luego en el Arctoolbox → herramientas de 3D análisis → superficie triangulada → curvas de nivel de superficie (Fig.7.11), creando de esta forma las curvas de nivel, cada 1m las curvas secundarias y a cada 5m las principales.

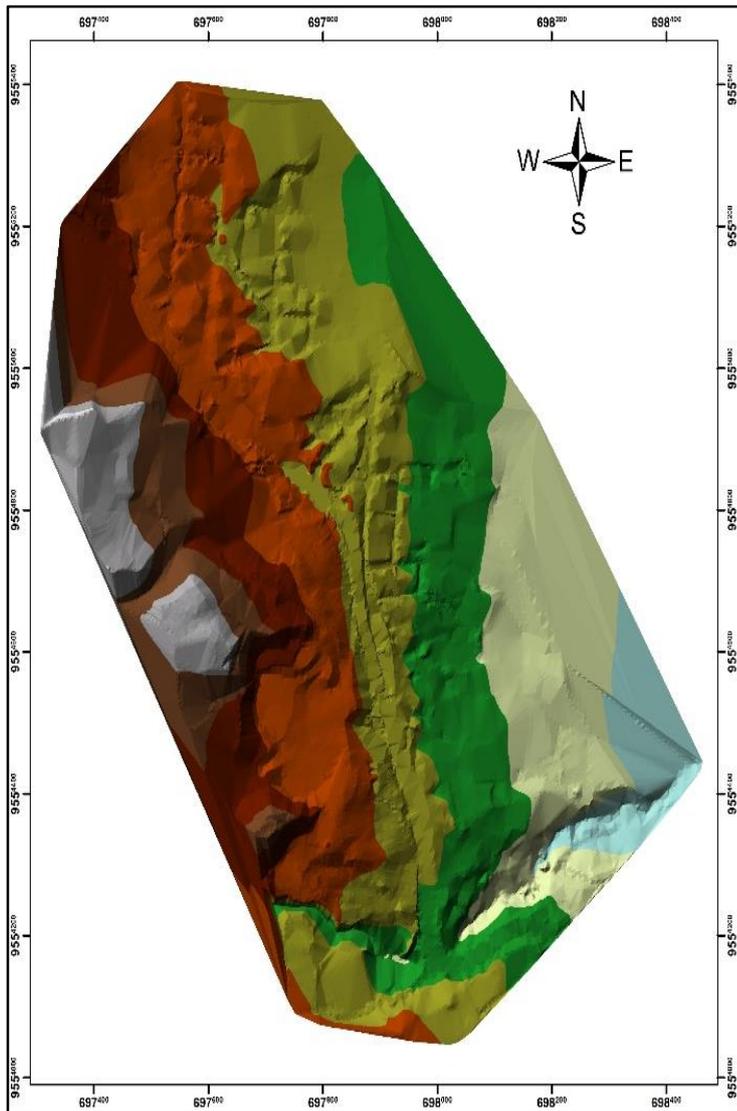


Fig.7.11. Raster de elevación (Modelo TIN). interpolación de puntos.

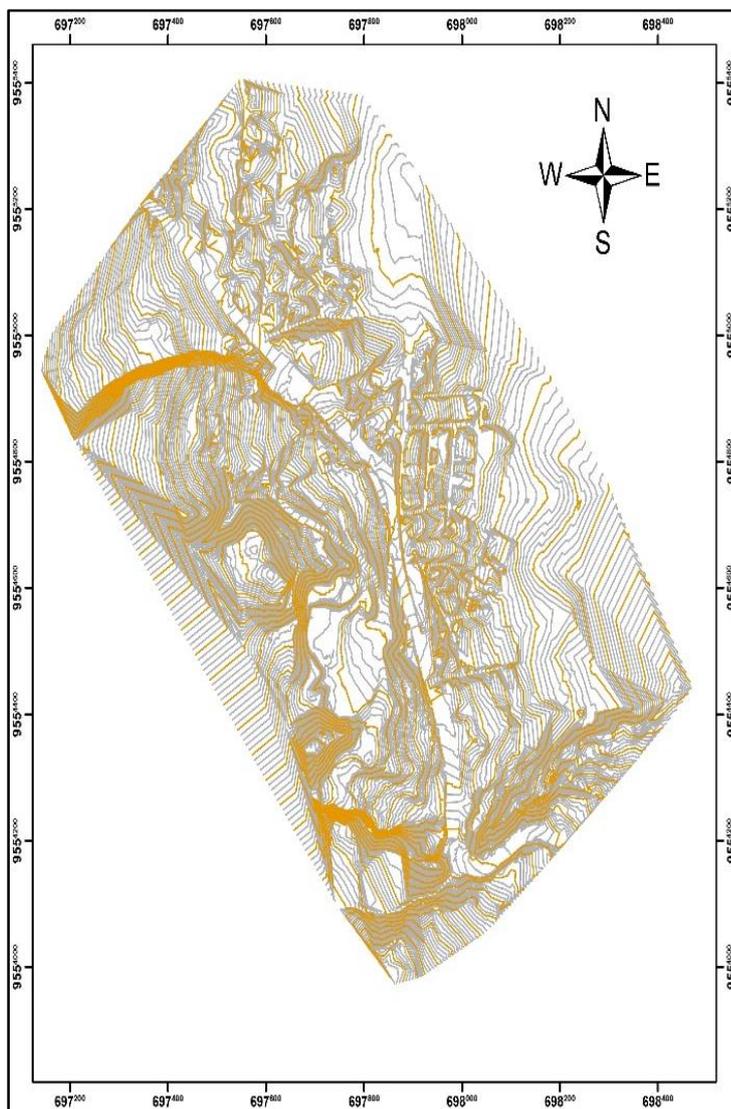


Fig.7.12. Curvas principales y secundarias obtenidas, del Modelo TIN.

Luego se procedió a dibujar la infraestructura, áreas de cultivo, quebrada, deslizamientos y vías, con lo que se dio fin a la elaboración del mapa topográfico (Fig.7.13).

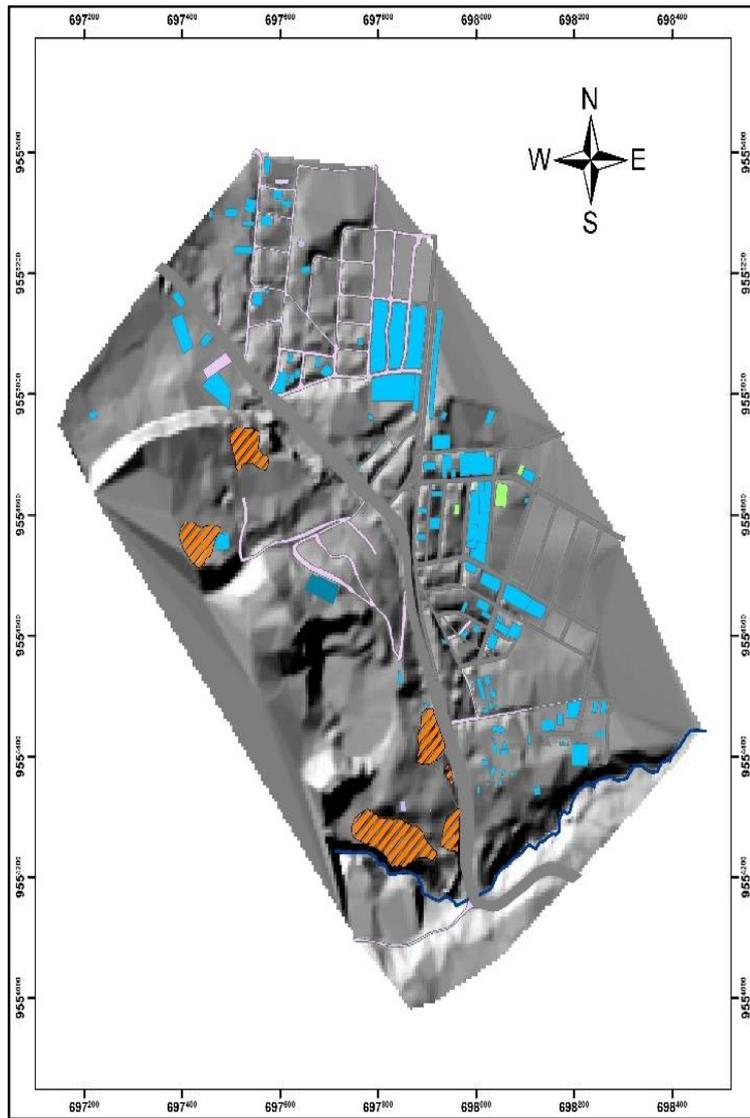


Fig.7.13. Infraestructura del sector de estudio.

7.3.2. Geología

Una vez tomados los datos de campo se procedió a colocarlos en la base topográfica, para diferenciar con colores las distintas litologías que existen en el sector, además de ubicar los datos estructurales.

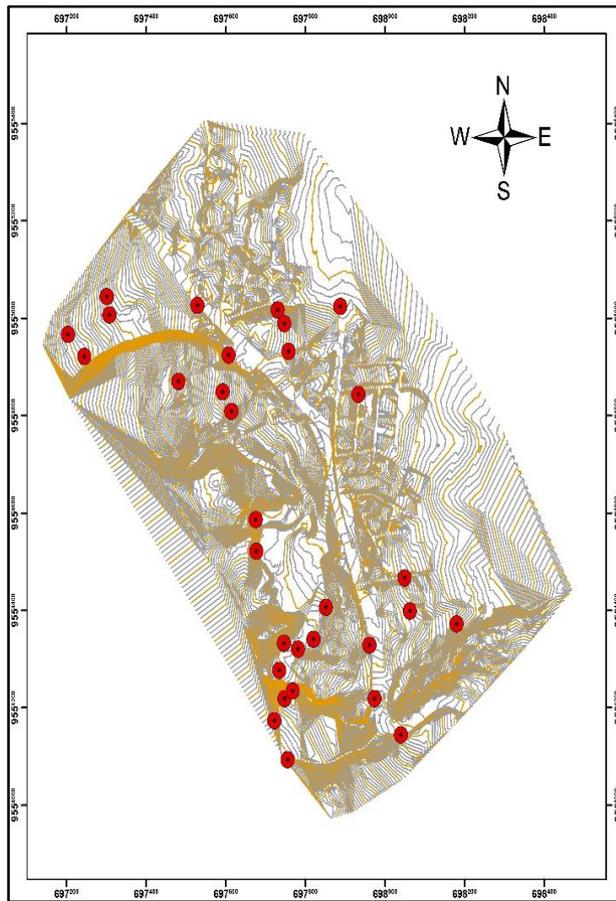


Fig.7.14. Puntos de afloramiento para mapa Geológico en base topográfica.

En función a los puntos de afloramiento se empezó a dibujar la litología dándole los colores y tomando como base los colores del mapa geológico Gonzanamá 1:100000, hoja 57 del Instituto geográfico Militar.

Para dibujar las litologías se procede a crear un shep de polígonos y se relaciona la topografía y el reconocimiento de campo, para de esta forma darle la nomenclatura a cada polígono.

Esta nomenclatura fue hecha en función al mapa geológico regional y autoría propia, describiéndola de la siguiente forma:

- MPI – QLL1
- MPI – QLL2
- MPI – QLL3
- CVN.

7.3.3. **Sondeos eléctricos verticales (SEV)**

Con los datos en el equipo se descargó con el programa Prosys II, de este programa se los convirtió a formato Excel para ser separados por líneas para mayor facilidad.

Con el software IPI2Win, se pegan los datos tales como: ROhm, I, Volt, y de esta forma se obtiene la curva de resistividad aparente. Cabe destacar que el programa para el modelamiento de la curva agrupa las lecturas para dar los parámetros de resistividad aparente, el espesor y profundidad tope de los estratos.

A partir de esta curva se agrupan mínimo dos de estos resultados para proceder a la elaboración del perfil geoelectrico, dándonos en una gama de colores las resistividades desde la más baja, a la más alta con el espesor del estrato.

7.3.4. **Geomorfología**

Para la elaboración del mapa de Geomorfología se utilizó herramientas de modelamiento digital, complementadas con la información que se obtuvo de campo.

Las etapas del mismo se muestran a continuación en el siguiente diagrama de flujo, donde se ha especificado las herramientas empleadas para la obtención del mapa y más adelante se explica detalladamente en que consiste cada una.

Esta metodología fue implementada por CLIRSEN en proyectos tales como Generación de Geo-información para la gestión del territorio a nivel nacional 2010.

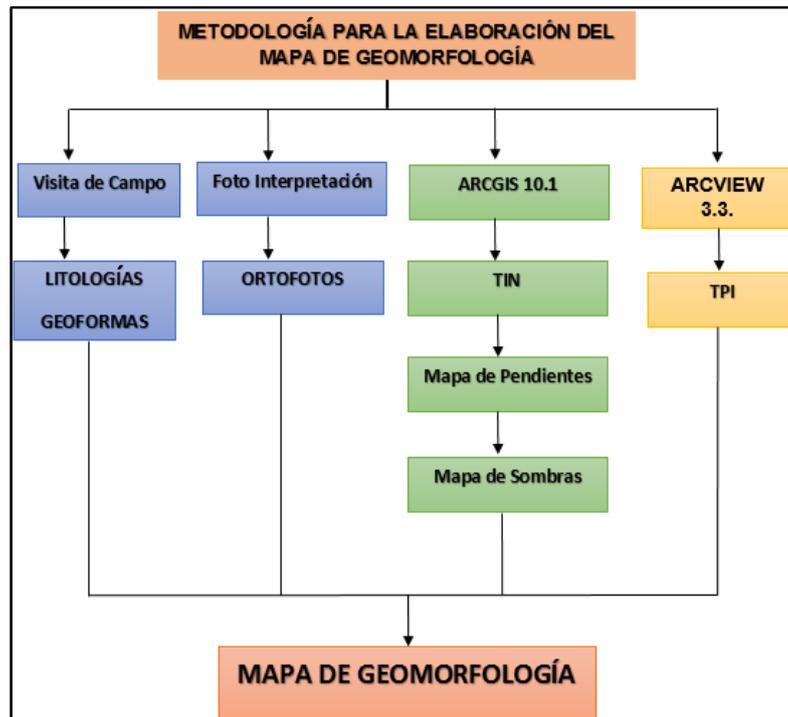


Fig.7.15. Diagrama de flujo, para la elaboración del Mapa de Geomorfología.

Para generar el mapa Geomorfológico se parte de un modelo digital de elevación MDE, el cual permite además crear un mapa de pendientes, reclasificado de acuerdo a las pendientes indicadas anteriormente en la (tabla 5.1.), de categorización de pendientes.

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 modelo servirá además para generar un mapa de índice de posición Topográfica TPI usando para ello software ARCVIEW 3.3, mostrándonos el mapa líneas de quiebre y curvaturas del terreno esencial para delinear las geoformas.

El proceso para realizar un TPI empieza cargando el Raster creado o (DEM) en Arcview 3.3, activamos la extensión TPI.

A continuación, se especifica el tipo de zona usar para generar el TPI, en este caso se escogió el círculo ya que permite definir las zonas de acuerdo a una longitud de radio que se extiende hacia fuera desde el centro de la celda, de esta forma gráfica las formas con respecto a su radio de acción, al mismo que se le asigna un valor de la celda, en este caso de 15, así el programa triangulaba las formas, obteniendo el TPI final.



Fig.7.16. Definición del tipo de zona.

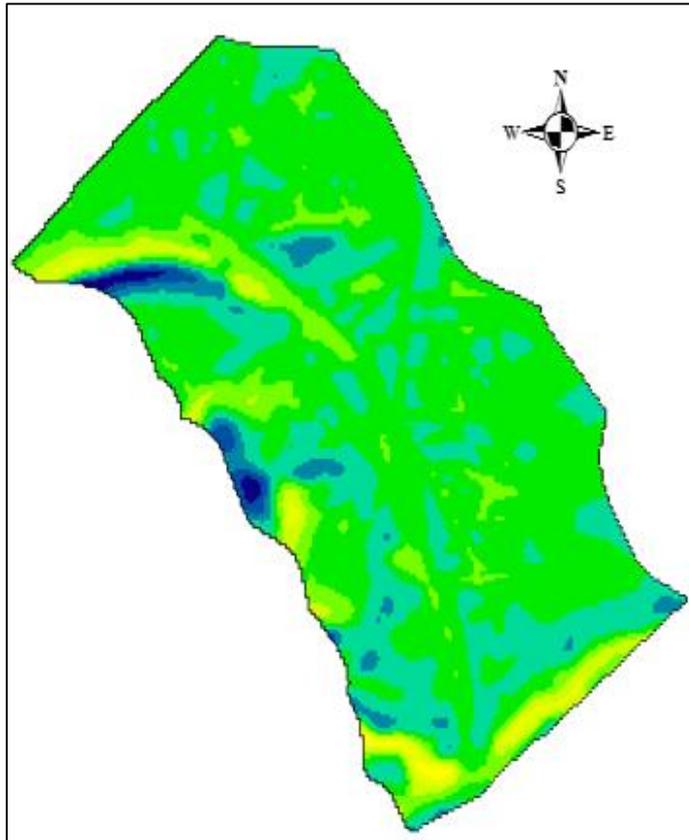


Fig.7.17. TPI; Generado a partir del DEM.

Con los TPI listos, el mapa de pendientes, el TIN, mapa de sombras y ayuda de fotografías aéreas del sector de estudio que se obtuvo a través de la página web de Instituto geográfico militar y la información de observación obtenida de campo se procedió a dibujar las geoformas, de este modo se correlaciono toda la información antes mencionado en el Arcgis 10.1 y de esta forma se tiene el mapa de Geomorfología.

Sumado a esto se realizó cortes a cada geoforma, para relacionar el desnivel relativo, y ubicar la nomenclatura que es de autoría propia basado en los nombres, la cual se la elaboro en función a los paisajes representativos.

Para elaborar este mapa se crea un shapefile de polígono y dentro de esto se creó los siguientes campos de información del mapa.

- Gran Paisaje
- Región
- Litología
- Unidad Genética
- Pendientes.
- Litología
- Desnivel Relativo
- Buzamiento Descripción

7.3.5. Mapa de Pendientes

Para la elaboración del mapa de pendientes se utilizó el software Arcgis 10.1, en donde se partió de un modelo de elevación TIN, y se utilizó la herramienta Arctoolbox → herramientas de 3D análisis → Conversión desde TIN a Raster, luego se utilizó en la misma herramienta → Conversión → Superficie de Raster → Pendiente, este mapa se lo empleara en la reclasificación, Herramientas de Spatial Analyst → reclasificación, en este caso se empleó una clasificación en % de acuerdo a la tabla 5.1, ya que permite obtener más zonas de pendientes y de esta forma obtener un mapa de pendientes a detalle:

Tabla.7.1. Categorización de pendientes.

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

Fuente: CLIRSEN; 2012.

Después de haber obtenido el mapa reclasificado en 8 categorías, a este Raster también se le puede volver a dar 5 categorías para la asignación de pesos para la elaboración del mapa de susceptibilidad, este paso se lo realiza ingresando a Herramientas de Spatial Analyst → reclasificación → reclasificar, en la celda donde dice Único se hace clic y se procede agrupar de las 8 categorías a 5.

El resultado sería un mapa de pendientes en cinco categorías pero en porcentaje.

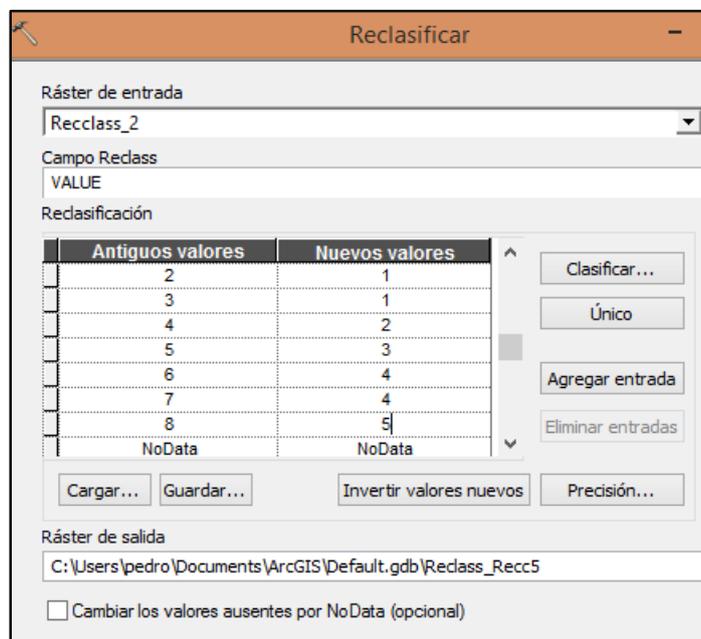


Fig.7.18. Asignación de 5 Categorías a la anterior reclasificación.

Con la nueva reclasificación se pasó de Modelo Raster a Polígono, esto con ayuda de las herramienta de conversión → desde Raster a polígono, de esta forma se hizo el último paso que fue el de aplicarle DISSOLVE, para agrupar las categorías y así asignarle colores.

7.3.6. Mapa de Aspectos

Para la elaboración del mapa de aspectos se utilizó el Raster del sector de estudio y con ayuda de la Herramientas de Spatial Analyst → Superficie → Orientación, obtenemos el mapa (Ver. Anexo 5).

7.3.7. Mapa de Uso de suelo

Para la obtención del mapa de Uso de suelos se dibujó los polígonos con respecto a los puntos topográficos obtenidos en el levantamiento de campo, estos en su descripción señalan sitios de cultivos, edificaciones, y sumado a esto la visita de campo, la ayuda de fotografías aéreas permitió la obtención del mapa antes mencionado, delimitando de esta forma zonas urbana, cultivos de maíz, pastos naturales entre otros usos.

7.3.8. Cálculo del volumen deslizado

Para el cálculo del volumen deslizado se trabajó con el software Arcgis 10.1 en donde se procede a la resta de dos modelos de elevación digital, se obtuvo con la herramienta 3D Análisis, → superficie triangulada → diferencia de superficie, para esto se parte de un modelo de elevación TIN a partir de la curvas de Nivel, y el área del de deslizamiento.

Luego se interpoló el shape de deslizamiento con el TIN, y se resta con la herramienta erase las curvas con el polígono de deslizamiento interpolado, de esta forma se construyó el segundo TIN sin las curvas de los sectores de deslizamiento.

Se volvió a interpolar el shape de deslizamiento con los dos TIN, utilizando editar TIN, para como paso final la resta de los dos TIN.

7.3.9. Obtención del mapa de susceptibilidad

Para la obtención del mapa de susceptibilidad se emplearon algunos criterios tales como:

Los métodos indirectos, se basan en criterios de expertos para dividir el área de estudio en clases de peligro, por lo que la subjetividad inherente a su elaboración (como consecuencia de la asignación de pesos) es un aspecto importante a tener en cuenta (Bonachea, 2006).

El método de suma de rangos y el método de valor esperado, consideran valores matemáticamente comprobados según corresponda el número de variables. Está considerado en este tipo de método indirecto (Janssen and van Herwijnen, 1994).¹³

En conjunto con este criterio se realizó el análisis para la obtención de mapa de susceptibilidad y con ayuda de sistemas de información geográfica (SIG), esto permitió realizar la superposición de mapas temáticos partiendo de una base de datos obtenidos en campo referentes del área de estudio, las etapas para la elaboración del mapa de susceptibilidad son las siguientes.

Etapas 1: Con la información digital que se generó formato (shape) del área de estudio se procedió a la obtención de los mapas preliminares siendo estos los factores condicionantes tales como:

- **Mapa Geológico.**
- **Mapa de pendientes.**
- **Mapa Geomorfológico.**

¹³ - Tambo Encalada Walter Simón. Ing. (2011). Estudio del Peligro de Deslizamiento del Norte de la Ciudad de Loja. (Tesis de Grado, Máster en Geografía, Medio Ambiente y Ordenamiento Territorial). La Habana Cuba.pág.22.

- **Mapa de deslizamientos**
- **Mapa de uso del suelo.**

La información considerada para el análisis de la susceptibilidad a deslizamientos es el de Sarkar y Kanungo (2004), cuyos criterios se ven a continuación en la tabla:

Tabla.7.2. Criterios para determinar el grado de susceptibilidad a los deslizamientos (Sarkar y Kanungo, 2004).

Susceptibilidad	Criterio
Muy alta	Laderas con zonas de falla, escarpes, masas de suelo altamente meteorizadas y saturadas y discontinuidades desfavorables donde han ocurrido deslizamientos o existe una alta posibilidad de que ocurran.
Alta	Laderas que tienen zonas de falla, meteorización alta a moderada y discontinuidades desfavorables donde han ocurrido deslizamientos o existe la posibilidad de que ocurran.
Moderada	Laderas con algunas zonas de falla, erosión intensa o materiales parcialmente saturados, donde no han ocurrido deslizamientos, pero no existe completa seguridad de que no ocurran.
Baja	Laderas que tienen algunas fisuras, materiales parcialmente erosionados, no saturados, con discontinuidades favorables, donde no existen indicios que permitan predecir deslizamientos.
Muy baja	Laderas de pendientes bajas no meteorizadas con discontinuidades. No favorables; que no presentan ningún síntoma de que puedan ocurrir deslizamientos ¹⁴

De la clasificación se utilizó los 5 criterios, de los seis establecido por Kanungo.

¹⁴ PDF; Suarez Jaime; Capítulo 13 Zonificación de Susceptibilidad Amenaza y Riesgo, pag.535.

Etapa 2: Una vez generada y analizada esta información, se aplicó el método Heurístico para agrupar en variables:

Variables

a) Condición intrínseca:

- Mapa Geológico
- Mapa Pendientes
- Geomorfología

b) Condición Físico-Biológica:

- Uso Actual del Suelo

El Método Heurístico, se basa en categorizar y ponderar los factores causantes de inestabilidad según la influencia esperada de estos en la generación de deslizamiento (Brabbet al 1972; Nilsen et al 1979; Anbalagan 1992. Este método es conocido como indirecto, los resultados de los cuales se pueden extrapolar a zonas sin deslizamientos con una combinación de factores similar. Un procedimiento de este tipo es el análisis cualitativo basado en la combinación de mapas de factores (Lucini, 1973; Stevenson 1977; Bosi, 1984). Cada uno de estos factores forma un mapa que se combinara con los demás para el mapa final.

Etapa 3: A los componentes de las variables se le asigna un peso, en donde se les da un valor numérico a cada factor en función de su importancia en la probabilidad de que se produzcan deslizamientos de una zona y del riesgo de estos para la actividad humana, el rango va de (1 a 5).

Tabla.7.3. Componentes y su asignación de peso para las clases

Clases	Pesos
Componentes muy bajos para que se produzcan deslizamientos.	1
Componentes menos favorables para que se produzcan deslizamientos.	2
Componentes desfavorables para que se produzcan deslizamientos.	3
Componentes severos considerando, características entre ellas, geológicas, pendientes, geomorfológicas que presentan sean muy peligros a deslizamientos.	4
Componentes muy severos considerando que características entre ellas, geológicas, pendientes, geomorfológicas que presentan sean altamente peligrosos a deslizamientos.	5

Fuente: El Autor

Esto se aplica igual a los componentes de la Condición Físico-Biológica, y se debe unir con el mapa de pendientes y orientación de la pendiente, con el motivo de obtener una visión más clara y poder asignarle los pesos.

Etapa 4: A cada una de los componentes de las variables (Mapa Geológico, Geomorfológico el que se utilice), se procede a rasterizar, en la caja de herramientas ArcToolbox, se selecciona Herramientas de conversión, A-Raster, de entidad A-Raster, ubicando de esta forma el shape que se está utilizando y ubicando en la casilla campo, los pesos.

Etapa 5: Una vez obtenido los mapas Raster, se deberá realizar la suma ponderada de las variables o mapas que contiene la condición intrínseca, considerando un peso de 0.60 para el mapa geológico, 0,25 al mapa de pendientes, y al mapa geomorfológico de 0,15, sumando 1. Y de igual forma se le dio una ponderación de 1 al mapa de Uso Actual del suelo perteneciente a la condición físico- biológica.

Ya asignados los pesos por el método heurístico, se procedió asignarle pesos a la condición intrínseca y físico-biológica, por el método de suma de rango, considerando el número de criterio 2.

Tabla.7.4. Pesos de Criterio usando el método de Suma de Rango.

Número de Criterio	Pesos de Criterio usando el método de Suma de Rango					
#	W1	W2	W3	W4	W5	W6
2	0.66	0.33				
3	0.50	0.33	0.17			
4	0.40	0.30	0.20	0.10		
5	0.33	0.27	0.20	0.13	0.07	
6	0.29	0.24	0.19	0.14	0.10	0.05

Fuente: Janssen and van Herwijnen, 1994.

En este caso se dio a la condición intrínseca 0.66 y a la condición Físico- Biológica 0.33, sumando de esta manera 1.

De esta forma se obtiene el mapa de susceptibilidad al cual se le aplicara la Herramienta Spatial Análisis, Reclasificar para que lo reclasifique en 5 categorías, después se utilizó las Herramientas de conversión, desde Raster a polígono, y por último se le aplicara el Dissolve manager, por el Grid-Cod, y aplicar los colores del mapa, quedándonos el mapa de susceptibilidad final.

Etapas 6: El análisis se lo realizó a través de la herramienta ModelBuilder, que es una aplicación que se utiliza para crear, editar y administrar modelos. Los modelos son flujos de trabajo que encadenan secuencias de herramientas de geo-procesamiento y suministran la salida de una herramienta a otra herramienta como entrada. ModelBuilder también se puede considerar un lenguaje de programación visual para crear flujos de trabajo.

ModelBuilder es muy útil para construir y ejecutar flujos de trabajo sencillos, pero también proporciona métodos avanzados para ampliar

la funcionalidad de ArcGIS, ya que permite crear y compartir los modelos a modo de herramienta.¹⁵

¹⁵ Página Web; ArcGIS Resource Center; desktop; dirección:
<http://help.arcgis.com/es/arcgisdesktop/10.0/help../index.html#//002w00000001000000>.

8. Resultados

8.1. Topografía

Luego de haber realizado el levantamiento topográfico los resultados que se obtienen son de planimetría a poligonal abierta del sector, de esta forma se pudo representar viviendas, cultivos, vías, entre otras infraestructuras, además se ha podido obtener los siguientes datos:

- a) A partir del trabajo de campo en el levantamiento topográfico se levantó un aproximado de 94,16 ha, y 1533,68m lineales de la vía de integración Barrial.
- b) Para la descripción, en el sector de estudio se lo dividió en dos partes; En la primera encontramos que en dirección Sur-Oeste la topografía es accidentada con una cota partiendo desde la vía de integración barrial que va desde 2256 m.s.n.m, hasta una máxima de 2366,767m.s.n.m; En la segunda parte partiendo desde la misma vía en sentido Sur-Este desde 2256m.s.n.m, hasta 2190m.s.n.m. dándonos una topografía levemente accidentada.
- c) La topografía sirvió como base para el levantamiento Geológico, en donde se pudo ubicar los puntos de afloramiento, así también permitió la ubicación de los puntos para el sondeo eléctrico vertical, además de permitir la elaboración del mapa de pendientes.

Se obtuvo un mapa topográfico a una escala 1: 4000, referenciado en el sistema WGS – 84, Zona 17 Sur, con una equidistancia entre curvas principales de 5m y las secundarias a 1m, como se observa en el Anexo 1.

8.2. Geología

El sector de estudio se encuentra al borde Occidental de la cuenca sedimentaria de Loja, una vez recorrido y descrito cada uno de los afloramientos en el sector de estudio se lo dividió en tres zonas de acuerdo a la litología presente (Ver. Anexo 2), la cual a pesar de tener un mismo origen ha sido formado en diferentes ambientes geológicos estas secuencias son:

- a) **Conglomerados de matriz areno arcillosos (MPI-QLL1).**- En esta zona se pudo evidenciar conglomerados con una matriz mayormente areno - arcillosa, además de la presencia de óxidos de hierro, dándoles de esta forma una coloración amarillo – rojiso, con diámetros de los clastos que van desde 2cm de \varnothing hasta 20 cm.

Estos conglomerados por forman las partes más altas del sector, debido a que son más consolidados y de mayor resistencia a diferentes procesos de erosión tales como, el agua, el viento.



Fig.8.1. Afloramiento Conglomerado Amarillo-rojiso

También se pudo observar un escarpe de una altura de 44m que pudo haberse formado primero por un proceso sísmico que a su vez está dentro del proceso singenético o sea en la formación de la cuenca sedimentaria, que dio como resultado que se agrietara dando una zona de debilidad el cual se han ido abriendo cada vez más con el paso del agua, además el tipo de depositación para su formación se lo puede atribuir a la formación de origen fluvial que vino depositando por estratos las capas de conglomerado pero en un régimen turbulento.



Fig.8.3. Escarpe

También se encontró dentro de esta zona sectores en los cuales se evidenciaban algunas capas de arcillolitas con espesores entre 15 cm y 30 cm de coloración grisácea.



Fig.8.4. Capas de arcillolita.

Un escarpe de 40m de altura formado por erosión diferencial, permite observar toda la secuencia donde prevalece su resistencia a la erosión.



Fig.8.5. Escarpe erosión diferencial.

- b) **Conglomerados con matriz mayormente arcillosa (MPI-QLL2).**- Esta zona se puede evidenciar a unos metros hacia arriba de la vía de integración barrial los conglomerados tienen mayor contenido de arcillas que forman la matriz. Los clastos son mal sorteados, y pudo haberse originado por transporte desde la parte superior. Se evidencia un bajo nivel de

estratificación lo que permite suponer que tuvo un régimen muy turbulento al momento de la depositación.



Fig.8.6. Clastos con mayor matriz arcillosa.

- c) **Arcillas Negras, Areniscas, Arcillolita, Micro-conglomerados MPI-QLL3.**- Esta secuencia se caracteriza por la presencia de capas de arcillas negras en superficie, areniscas, arcillolitas grises que prevalecen en esta secuencia.

La presencia de micro-conglomerado generalmente forma lentes de hasta 3m de largo.

Toda la secuencia muestra una alternancia de capas donde los micro-conglomerados yacen debajo de arenisca y arcillas grises, la parte basal de esta secuencia al parecer es arcillolita.



Fig.8.7. Arcillas negras, Arcillolitas, areniscas, micro conglomerado.

- d) **Gneis, Cuarzitas, arcillas, (Coluvión, CVN).**- En la quebrada la Alumbre, la secuencia conglomeratica ha sido disectada y forma un amplio valle de aproximadamente 79m de ancho y un desnivel de 35m de altura, este valle ha sido rellenado por un coluvión, el cual contienen gneis, arcillas y cuarzo, que en la actualidad tiene una potencia aproximada de 15m. La formación de este valle limitado por escarpes conglomeraticos es incierto, sin embargo puede ser singenético donde todo el bloque fallo debido quizás a fuerzas tectónicas y fue depositado hacia bajo de la secuencia conglomeratica, posteriormente fue disectada por corrientes fluviales y finalmente fue cubierto parcialmente por enormes coluviones provenientes de la parte alta de la cordillera.

Así mismo la presencia de coluviones está presentes en los deslizamientos 2,3 y 4, del sector.



Fig.8.8. Coluvión

A continuación en la (tabla 8.1) siguiente se describe los puntos de afloramientos tomados en el campo y medidas estructurales de algunos de los mismos, que se los puede apreciar con mejor detalle en el Anexo.

Tabla.8.1. Puntos de Afloramiento

Y	X	Z	Tipo	Orientación
9554092,54	697755,788	2274,345	Afloram. 1	
9554172,774	697722,965	2257,285	Afloram. 2	
9554218,234	697748,17	2254,375	Afloram. 3	N10E /16 °
9554218,097	697974,322	2240,24	Afloram. 4	
9554339,102	697966,961	2259,552	Afloram. 5	
9554332,182	697746,432	2286,395	Afloram. 6	
9554842,877	697933,32	2249,065	Afloram. 7	
9554520,784	697677,505	2288,806	Afloram.8	
9554579,044	697687,433	2272,77	Afloram. 9	S103°O/ 32
9554143,621	698040,309	2245,976	Paleo - Cause 10	
9554869,866	697481,645	2322,003	Afloram.11	
9554932,128	697618,816	2291,496	Aflorami.12	S23°E/21 °
9555026,167	697529,44	2294,944	Afloram.13	

9554371,41	698180,482	2230,7	Afloram.14	
9555023,561	697888,525	2239,288	Afloram.15	
9555016,44	697730,741	2259,026	Afloram.16	
9554225,766	697768,388	2264,092	Afloram.17	

Fuente: El Autor.

8.3. Geomorfología

En el sector de estudio se pudo determinar distintas geoformas entre las cuales se describen en la siguiente (tabla 8.2)

Tabla.8.2. Descripción de las unidades genéticas del sector de estudio Punzara Chico - Barrio Cofradía.

Gran Paisaje	Unidad Genética	Pendiente %
Encañonamiento	Formas de Denudativo	70 - 100%
Escarpes	Formas de Origen Estructural	40 -70 %
Relieve colinado alto	Formas de Origen Tectónico Erosivo	40 - 100%
Laderas Cóncavas	Formas de Origen Estructural	12 - 40 %
Superficies de cuevas superiores	Formas de Origen Estructural	12 - 40 %
Relieve plano	Formas de Origen Antrópico Erosivo	5 - 12 %
Escarpes	Formas de Origen Estructural	70 - 100%
Escarpe	Formas de Origen Estructural	40 ->100 %
Garganta	Formas de Origen Denudativo	25 - 70%
Laderas dinámicas	Formas de Origen Depositional	25 - 40 %
Superficies de cuevas	Formas de Origen Estructural	2 - 25 %
Superficies de cuevas	Formas de Origen Estructural	12 - 25 %
Superficies de cuevas	Formas de Origen Estructural	12 - 40 %
Superficies de cuevas	Formas de Origen Estructural	25 - 40 %
Laderas Cóncavas	Formas de Origen Estructural	5 - 12 %

Garganta	Formas de Origen Denudativo	25 - 40 %
Laderas Cóncavas	Formas de Origen Estructural	12 - 40 %
Superficies de cuestras	Formas de Origen Estructural	5 - 40 %

Fuente: El Autor.

En función a su unidad genética en el sector se pudo evidenciar lo siguiente:

Formas de Origen Denudativo

Se observa generalmente que son denudadas de cimas agudas, formando escarpes subverticales en con un drenaje paralelo, producidas en conglomerado con matriz arcillo arenoso y presencia de capas de Arcillolita, encontrándose dentro de esta unidad genética paisajes como: encañonamiento, garganta, con pendientes entre 25 y > 100%.

Encañonamiento

Se ha podido observar la presencia de encañonamiento que en el sector en la parte sur occidental esto formado por un curso de aguas que a través de un proceso de erosión, excava en terrenos blandos de origen sedimentario una incisión lineal de tendencia rectilínea con vertientes casi verticales y desniveles de hasta 40 m, este tipo de paisajes se ha desarrollado en conglomerado de matriz arcillo arenoso, capas de arcillolita, con pendientes de 70 a 100%.

Garganta

Este tipo de paisaje hace manifiesto un paisaje en el sector caracterizado por laderas pronunciadas, las cuales poseen desniveles superiores a los 15 m. y pendientes mayores al 25%.

Se origina a partir de un proceso de erosión por un curso de aguas. Sus pendientes son más pronunciadas que aquellas de los relieves circundantes, están desarrolladas en conglomerado de matriz arcillo arenoso y sedimentos fluviales, con presencia de cantos mal sorteados semi redondeados.

Formas de Origen Estructural

Escarpes Esc2

Se observó superficies de forma recta con pendientes inclinadas a moderadamente escarpadas, producidas en conglomerado de matriz arcillo arenoso, capas de arcillolita con pendientes entre 40 - 100 %, este paisaje es producido de forma estructural por la resistencia a la erosión de los materiales duros, mostrando una secuencia monoclinial.

Laderas Cóncavas

Están asentadas en este paisaje urbanizaciones, estas laderas cóncavas tienen una pendiente medianamente suave de 12 a 40%, las mismas que están desarrolladas en una litología de conglomerado con matriz mayormente arcillosa, sedimentos fluviales, cantos semi redondeado, mal sorteados, con poca erosión.

Superficies de cuevas superiores

Se observó laderas estructurales la cual está formada por series monoclinales de escaso buzamiento, como consecuencia de la degradación parcial de los estratos sedimentarios suavemente plegados, con presencia de pendientes que van desde 12 – 40%, desarrollada en

conglomerado con matriz mayormente arcillosa, sedimentos fluviales, cantos semi redondeado, mal sorteados.

Escarpe Esc1

En el sector de estudio se pudo observar formas subverticales generalmente denudadas de cimas agudas por acción del agua, viento, lo que da este tipo de paisajes, las pendientes oscilan entre 40 – >100%, además se considera erosión diferencial.

Superficies de cuestras

Este tipo de paisaje hace referencia en el sector de estudio a superficies de forma recta con pendientes inclinadas a moderadamente escarpadas, limitadas por escarpes, las mismas que están ocupadas por urbanizaciones y proyectos urbanísticos sus pendientes van de 12 – 40%, estas se desarrollan en conglomerados matriz mayormente arcillosa, areniscas.

Formas de Origen Depositional

Laderas Dinámicas

En este tipo de paisaje observado que está compuesto por materiales detríticos, transportados desde las partes altas de las laderas por acción de la gravedad y depositados en las partes intermedias o al pie de las mismas. Los materiales depositados son de carácter angular poco clasificados y sin estratificación, con pequeñas cantidades de material de grano fino, a estos se los considera como coluviones, con pendientes que oscilan entre 25 – 40 %.

Formas de Origen Tectónico Erosivo

Relieve colinado Alto

Se encuentra representando en el sector formas montañosas y colinadas de diversa altura y pendientes, en el sector de estudio aún conserva los rasgos reconocibles de las estructuras originales a pesar de haber sido afectada por procesos antrópicos como la extracción de áridos en la cantera municipal, tiene pendientes que varía entre 40 – 100%.

Formas de Origen Antrópico

Relieve Plano

Se evidencia paisaje plano por la presencia de cantera municipal de Loja, el cual en la extracción de áridos a modelado de esta forma el relieve con pendientes entre 5 – 12% desarrollados en conglomerado matriz arcillo arenoso capas de arcillolita.

La descripción de la geomorfología se la observa representada con más detalle en el Anexo 3.

8.4. Sondeos Eléctricos Verticales (SEV)

Los resultados del procesamiento de los datos de campo para cada S.E.V; se describen a continuación en las siguientes figuras y tablas.

Para la realización de estos Sondeo Eléctrico Vertical se lo hizo con el arreglo Schlumberger de 4 electrodos.

Tabla.8.3. Coordenadas geográficas (DATUM WGS 84) de ubicación de puntos SEV.

SEV	Y	X	Z	LINEAS
SEV # 1	9554320	697782	2280	LINEA 1
	9554280	697735		
SEV # 2	9554410	697852	2291	LINEA 2
	9554340	697821		
SEV # 3	9554470	698050	2234	LINEA 3
	9554400	698063		
SEV # 4	9554850	697593	2281	LINEA 4
	9554810	697615		
SEV # 5	9554990	697748	2270	LINEA 5
	9554930	697758		
SEV # 6	9555044	697302	2307	LINEA 6
	9555006	697308		
SEV # 7	9554966	697204	2324	LINEA 7
	9554921	697245.8		

Fuente: El Autor

8.4.1. SEV 1. Descripción del Sondeo 1

Está ubicado en la parte superior de la vía de reintegración barrial al flanco Oeste de la Hoya de Loja, la línea 1 tiene la cota de 2280 m.s.n.m, esta tiene una abertura máxima AB/2 fue de 31.60 m.

Derivado de la comparación y análisis de las curvas obtenidas con el software IPI2Win, se obtuvo el siguiente modelo, el cual consta de 3 capas:

La primera capa con una ρ igual a 235 Ω -m hasta una profundidad de 0.831 m, corresponde a un “Suelo pedregoso cubierto de césped”. Sigue una capa de “roca, suelo pedregoso desnudo o grava” de ρ igual a 3.183 Ω -m y un espesor de 1.52 m y profundidad tope de 2.36, continúa una capa indefinida de arenas arcillosas de ρ igual a 73.7 Ω -m.

A continuación en la (Fig.8.6.) se observa las lecturas de la resistividad eléctrica y se muestra la curva interpretada, y en la (Fig.8.7.) Se muestra la tabla de la curva con la resistividad real, el espesor, la profundidad y el error el cual representa la diferencia relativa entre la curva teórica y la curva de campo de resistividad aparente.

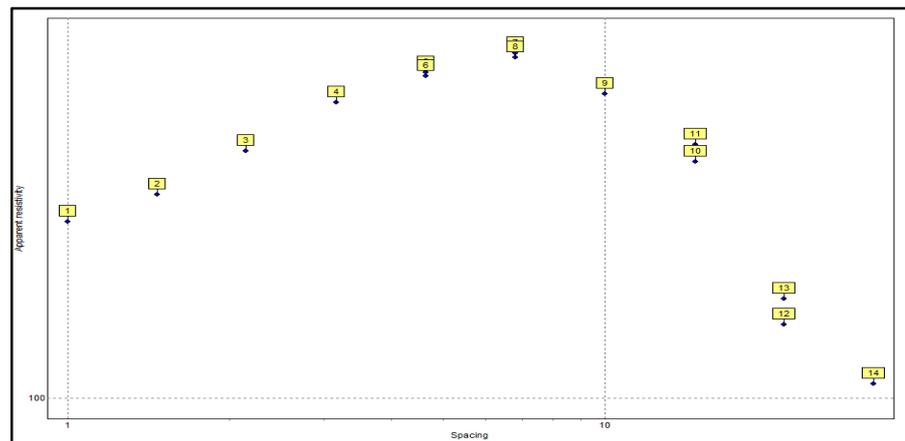


Fig.8.6. Puntos de lecturas obtenidas en el campo resistividad eléctrica.

Fuente: El Autor

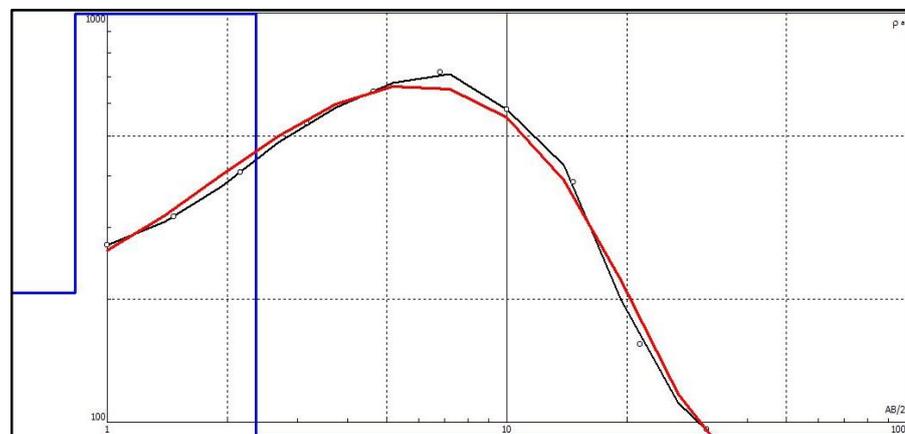


Figura.8.7. Curva Interpretada Línea 1

Fuente: El Autor

Tabla.8.4. Datos procesados SEV 1

AB/2	MN	K	Rho(a)
1	0.4	7.5398	277.22
1.47	0.4	16.658	324.05
2.15	0.4	35.991	416.41
3.16	0.4	78.113	552.06
4.64	0.4	168.78	655.99
4.64	1	66.852	642.21
6.81	0.4	363.92	733.41
6.81	1	144.91	717.23
10	1	313.37	580.14
14.7	1	678.08	391.79
14.7	4	166.58	433.3
21.5	1	1451	152.85
21.5	4	359.91	177.77
31.6	4	781.13	108.73

Fuente: El Autor.

N	p	h	d	Alt
1	235	0.831	0.831	-0.8313
2	3183	1.52	2.36	-2.356
3	73.7			

Figura.8.8. Tabla de la curva del SEV 1; con la resistividad real, el espesor, la profundidad y el error.

Fuente: El Autor

8.4.2. SEV 2. Descripción del Sondeo 2

En este sondeo la abertura máxima de AB/2 fue de 31,60 metros. Con los datos de campo se procedió a realizar el procesamiento de los datos con el Software IPI2Win, se consiguió el modelo con 6,61% de error, describiéndose esta línea a continuación con sus resistividades:

1. Gneis, Granitos – Gneis procedentes de alteración ρ igual a 1668 Ω -m con un espesor de 1,77 m.
2. Suelos pedregosos, con boleos o bolos (superior a 200 mm) a 224 Ω -m hasta los 1,246 m. de profundidad tope de 20.8 y de espesor 19.8 m.
3. Finalmente la última capa con resistividad de 10.688 Ω -m. está resistividad está dentro de rocas (metamórficas Gneis, Granitos – Gneis procedentes de alteración) en este caso coluvión, capa indefinida.

A continuación en la (Fig.8.9) se observa las lecturas de la resistividad eléctrica y se muestra la curva interpretada, y en la (Fig.8.10) Se muestra la tabla de la curva con la resistividad real, el espesor, la profundidad y el error el cual representa la diferencia relativa entre la curva teórica y la curva de campo de resistividad aparente.

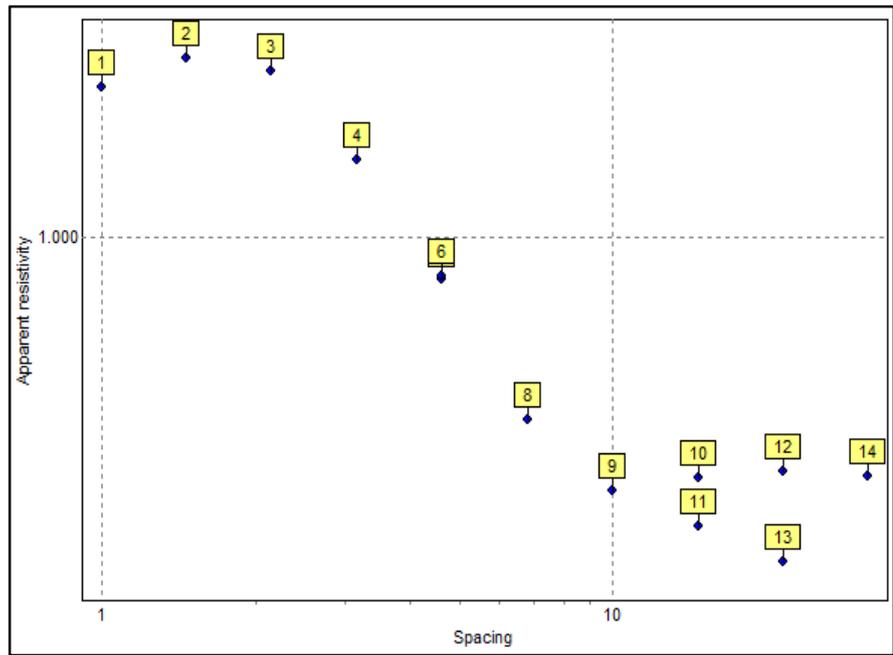


Fig.8.9. Puntos de lecturas obtenidas en el campo resistividad eléctrica
Fuente: El Autor

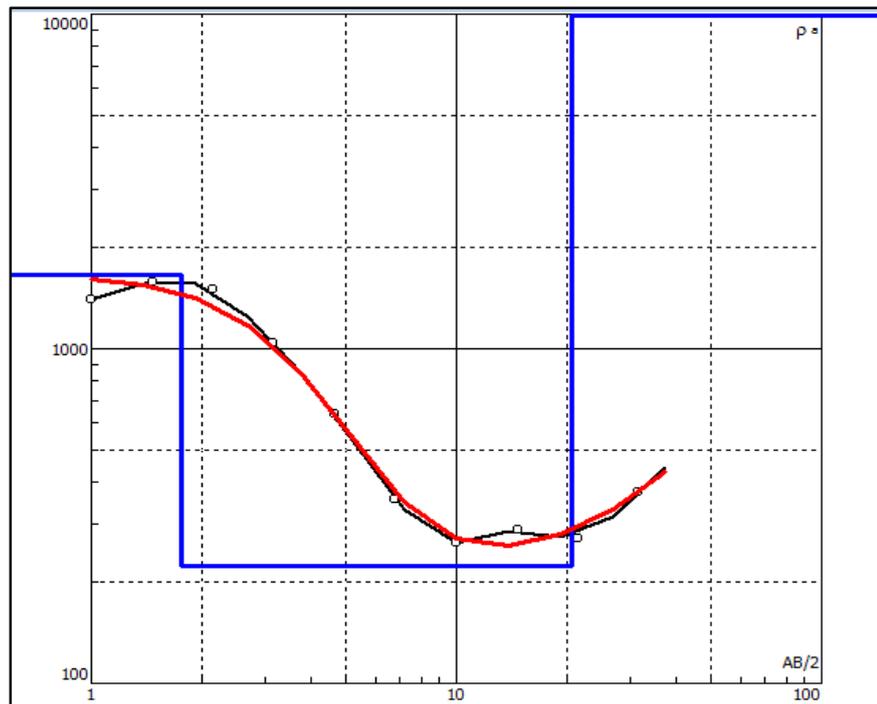


Fig.8.10. Curva teórica y de trabajo mostrada por el software IPI2Win
Fuente: El Autor

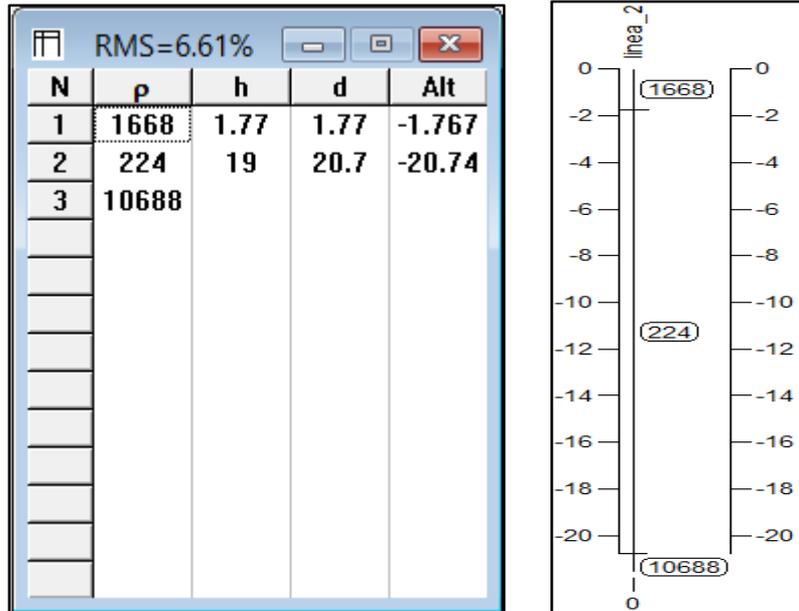


Figura. 8.10. Tabla de valores de resistividad mostrada por el software IPI2Win
Fuente: El Autor

Tabla. 8.4. Datos procesados Sev 2.

AB/2	MN	K	Rho(a)
1	0.4	7.5398	1860
1.47	0.4	16.658	2094
2.15	0.4	35.991	1989
3.16	0.4	78.113	1374
4.64	0.4	168.78	838.91
4.64	1	66.852	849.16
6.81	0.4	363.92	468.42
6.81	1	144.91	468.03
10	1	313.37	349.56
14.7	1	678.08	367.45
14.7	4	166.58	300.82
21.5	1	1451	377.82
21.5	4	359.91	260.68
31.6	4	781.13	371.94

Fuente: El Autor

8.4.3. SEV 3. Descripción del Sondeo 3

La abertura máxima AB/2 fue 31.60 metros, realizando un total de 14 lecturas. Los datos obtenidos en el campo se procesaron en el Programa IPI2Win, estableciendo un ajuste automático con un error del 4.51 %.

1. La resistividad máxima de los materiales se establece en el primer estrato, teniendo un valor de $49.5 \Omega\text{-m}$, el cual corresponde a un material húmedo arcilla orgánica, con un espesor del mismo es de 2.69m y profundidad tope 2.69m.
2. El segundo material posee un espesor de 3.17 m, con un tope máximo de 5.86, el valor de la resistividad establecido por el programa es de $9.1 \Omega\text{-m}$, dándonos referencia de terrenos con arcillas con una alta presencia de agua.
3. El tercer valor de resistividad es de $82.1 \Omega\text{-m}$, el cual corresponde a una (arena arcillosa, aluvial), el espesor es desconocido, y a su vez su profundidad máxima.

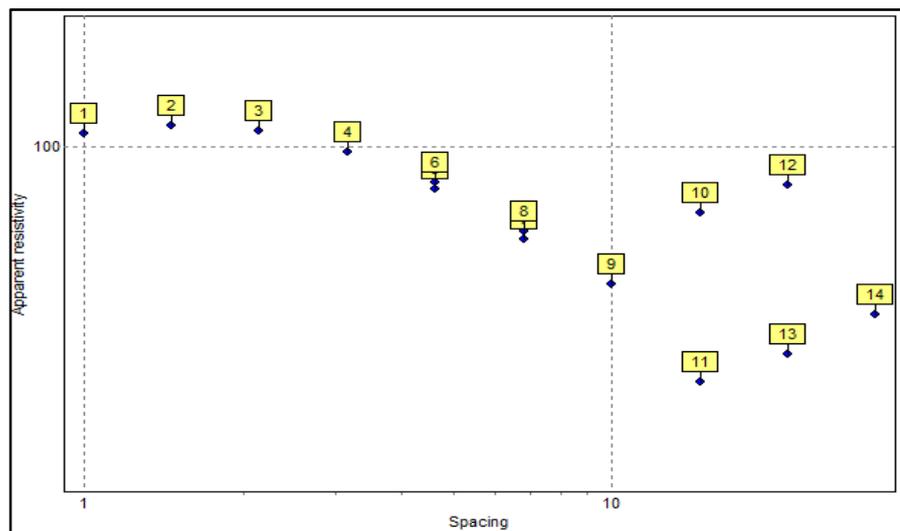


Fig.8.11. Puntos de lecturas obtenidas en el campo resistividad eléctrica

Fuente: El Autor

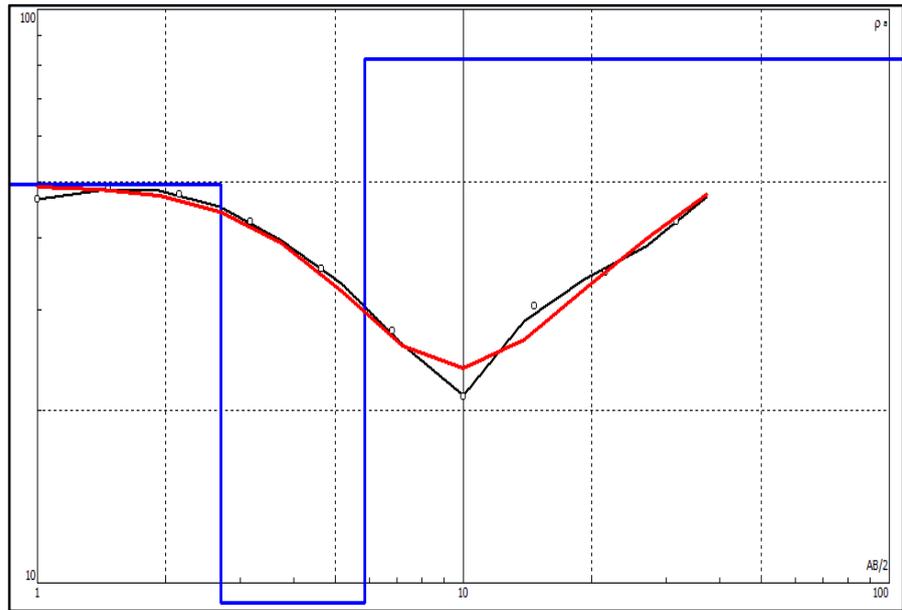


Fig.8.12 Curva teórica y de trabajo mostrada por el software IPI2Win
Fuente: El Autor

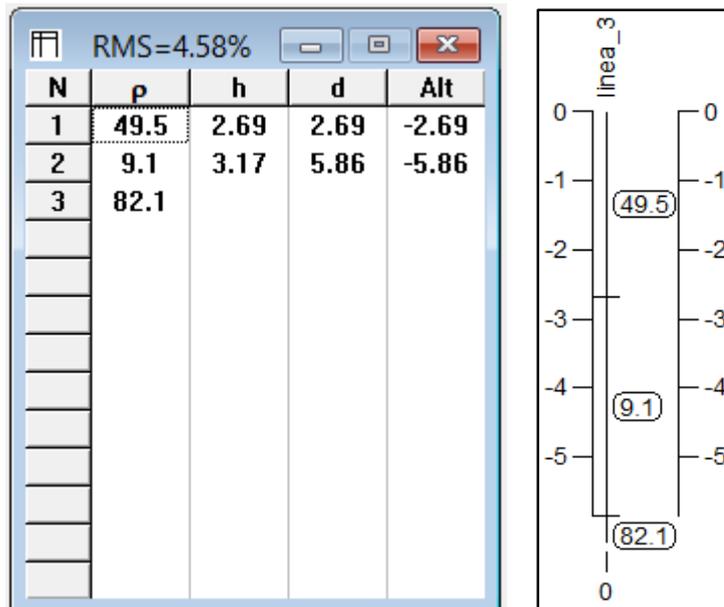


Figura.8.13. Tabla de valores de resistividad mostrada por el software IPI2Win.
Fuente: El Autor

Tabla.8.5. Datos procesados SEV 3.

AB/2	MN	K	Rho(a)
1	0.4	7.5398	106.53
1.47	0.4	16.658	110.78
2.15	0.4	35.991	108.4
3.16	0.4	78.113	97.28
4.64	0.4	168.78	80.56
4.64	1	66.852	83.1
6.81	0.4	363.92	62.57
6.81	1	144.91	65
10	1	313.37	49.79
14.7	1	678.08	71.53
14.7	4	166.58	30.37
21.5	1	1451	82.33
21.5	4	359.91	34.79
31.6	4	781.13	42.61

Fuente: El Autor

8.4.4. SEV 4. Descripción del Sondeo 4

La abertura máxima AB/2 fue 21.50 metros, realizando un total de 13 lecturas. Los datos obtenidos en el campo se procesaron en el Programa IPI2Win, estableciendo un ajuste automático con un error del 2.83 %.

1. La resistividad máxima de los materiales se establece en el primer estrato, teniendo un valor de 39 Ω -m, el cual corresponde a un material arena arcillosa, limos, areniscas, con un espesor del mismo es de 0,50 y profundidad tope 0,50 m.
2. El segundo material posee un espesor de 2.2 m, con un tope máximo de 2.7, el valor de la resistividad establecido por el programa es de 221 Ω -m, dándonos referencia de suelos pedregosos, con boleos o bolos (superior a 200 mm), arenisca.

3. El tercer valor de resistividad es de $267.1 \Omega\text{-m}$, el cual corresponde a suelos pedregosos, con boleos o bolos (superior a 200 mm), arenisca, arena, gravas, el espesor es desconocido, y a su vez su profundidad máxima.

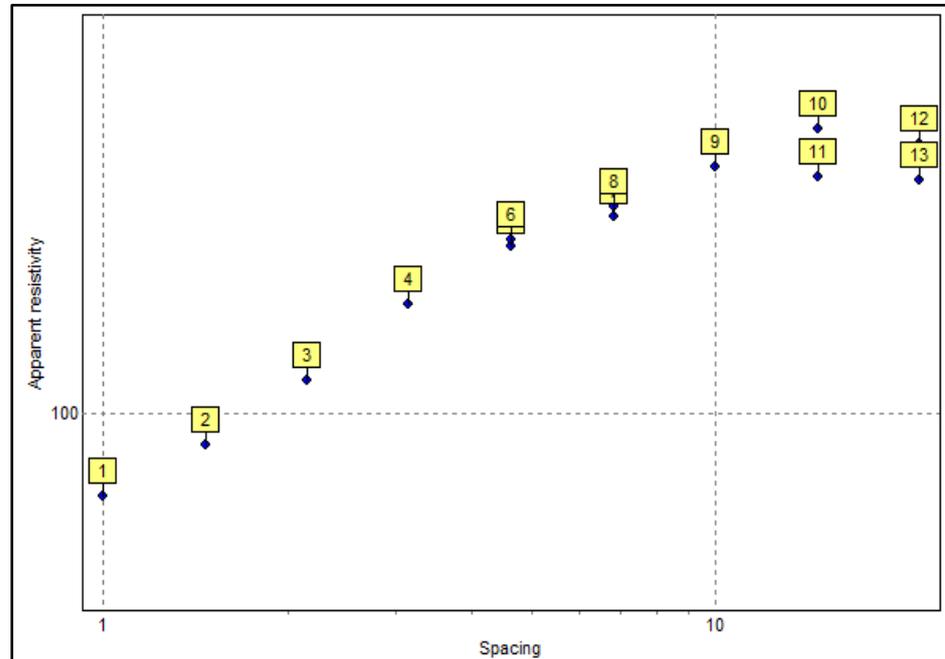


Fig.8.14. Puntos de lecturas obtenidas en el campo resistividad eléctrica
Fuente: El Autor

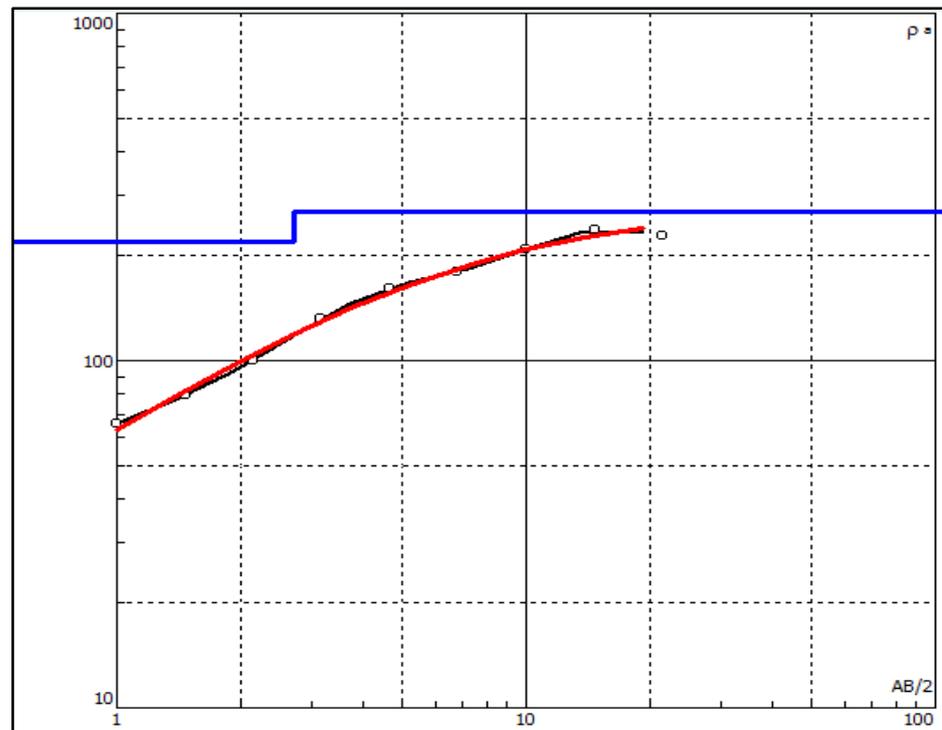


Figura.8.15. Curva teórica y de trabajo mostrada por el software IPI2Win
Fuente: El Autor

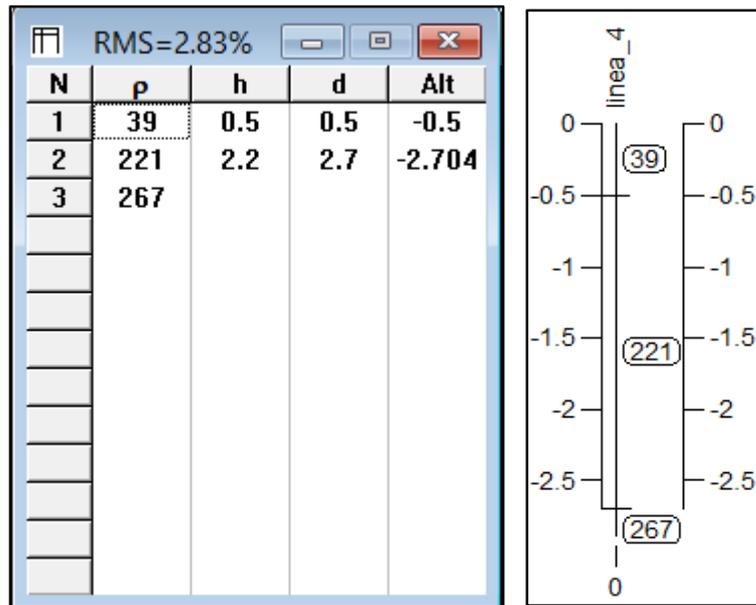


Figura.8.16. Tabla de valores de resistividad mostrada por el software IPI2Win
Fuente: El Autor

Tabla.8.6. Datos procesados SEV 4.

AB/2	MN	K	Rho(a)
1	0.4	7.5398	74.26
1.47	0.4	16.658	89.6
2.15	0.4	35.991	112.9
3.16	0.4	78.113	148.63
4.64	0.4	168.78	182.57
4.64	1	66.852	187.26
6.81	0.4	363.92	203.47
6.81	1	144.91	210.41
10	1	313.37	243.01
14.7	1	678.08	279.02
14.7	4	166.58	234.65
21.5	1	1451	263.52
21.5	4	359.91	231.4

Fuente: El Autor

8.4.5. SEV 5. Descripción del Sondeo 5

Derivado de la comparación y análisis de las curvas obtenidas con el software IPI2Win, se obtuvo el siguiente modelo, el cual consta de 3 capas:

La primera capa con una ρ igual a $118 \Omega\text{-m}$ hasta una profundidad tope y un espesor de 0.881 m , corresponde a un “Suelo Arcillas compactas, humus”. Sigue una capa de “Rocas sedimentarias consolidadas como areniscas, arcillas compactadas, suelo pedregoso” de ρ igual a 137 y un espesor de 4.89 m y profundidad tope de 5.77 , continúa una capa indefinida de suelos pedregosos, con boleos o bolos (superior a 200 mm), arenisca, arena de ρ igual a $212 \Omega\text{-m}$.

A continuación en la (Fig.8.17), se observa las lecturas de la resistividad eléctrica y se muestra la curva interpretada, y en la Fig.8.18). Se muestra la tabla de la curva con la resistividad real, el espesor, la profundidad y el error el cual representa la diferencia relativa entre la curva teórica y la curva de campo de resistividad aparente.

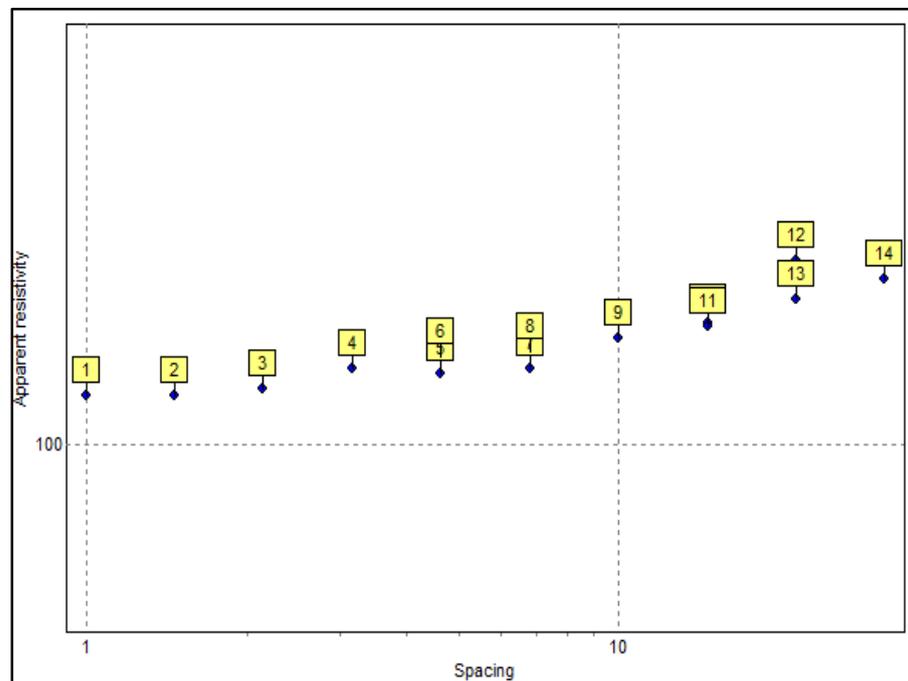


Fig.8.17. Puntos de lecturas obtenidas en el campo resistividad eléctrica
Fuente: El Autor

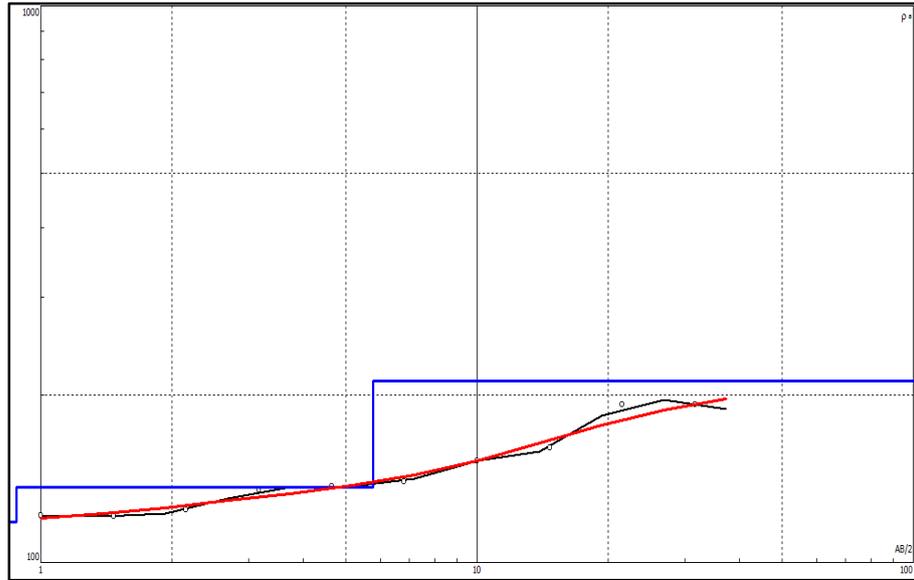


Figura.8.18. Curva teórica y de trabajo mostrada por el software IPI2Win
Fuente: El Autor

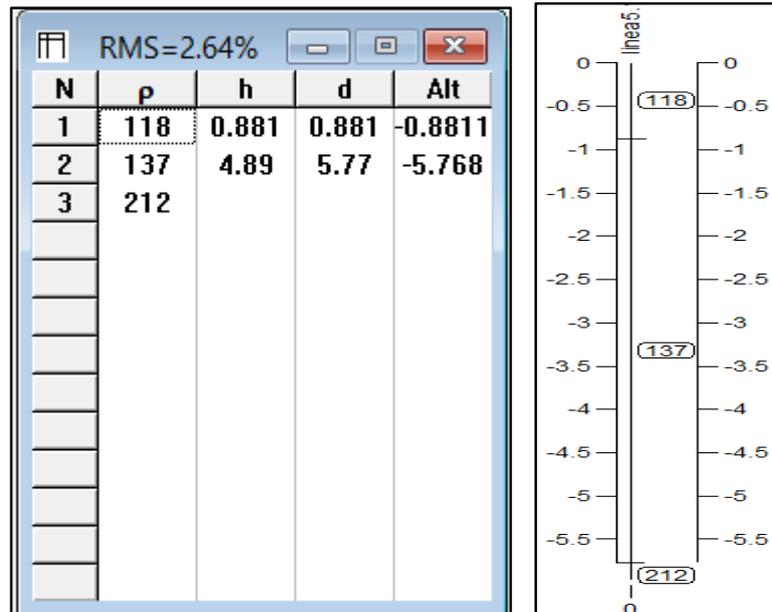


Figura.8.19. Tabla de valores de resistividad mostrada por el software IPI2Win
Fuente: El Autor

Tabla.8.7. Datos procesados SEV 5.

AB/2	MN	K	Rho (a)
1	0.4	7.5398	121.67
1.47	0.4	16.658	121.18
2.15	0.4	35.991	124.33
3.16	0.4	78.113	134.82
4.64	0.4	168.78	132.46
4.64	1	66.852	141.49
6.81	0.4	363.92	134.7
6.81	1	144.91	144.89
10	1	313.37	152.25
14.7	1	678.08	161.46
14.7	4	166.58	159.48
21.5	1	1451	207.64
21.5	4	359.91	177.91
31.6	4	781.13	191.97

Fuente: El Autor

8.4.6. SEV 6. Descripción del Sondeo 6

En este sondeo la abertura máxima de AB/2 fue de 31,60 metros. Con los datos de campo se procedió a realizar el procesamiento de los datos con el Software IPI2Win, se consiguió el modelo con 9.28% de error, describiéndose esta línea a continuación con sus resistividades:

1. Rocas sedimentarias no consolidadas (Arcillas, limos, Arena, Arcillas orgánicas) ρ igual a 5 Ω -m con un espesor y potencia tope de 4.78 m.
2. Agua subterránea contenida en sedimentos (arcillas, limos, arena arcillosa) a 31.5 Ω -m hasta los 5.66 m. de espesor y profundidad tope de 10.4 m.
3. Finalmente la última capa con resistividad de 0.0582 Ω -m. está resistividad determina la presencia de agua, capa no está definida.

A continuación en la (Fig.8.19), se observa las lecturas de la resistividad eléctrica y se muestra la curva interpretada, y en la (Fig.8.20), se muestra la tabla de la curva con la resistividad real, el espesor, la profundidad y el error el cual representa la diferencia relativa entre la curva teórica y la curva de campo de resistividad aparente.

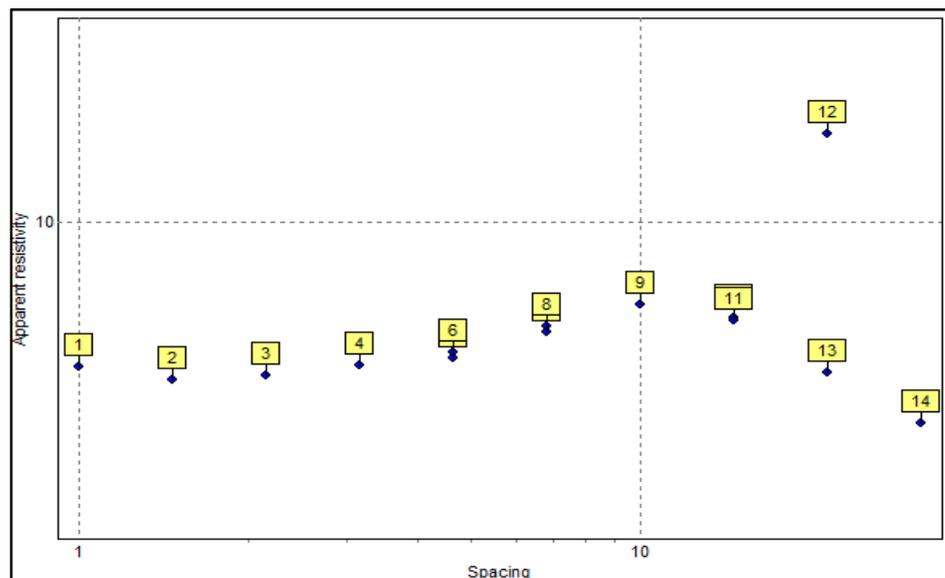


Fig.8.19. Puntos de lecturas obtenidas en el campo resistividad eléctrica
Fuente: El Autor

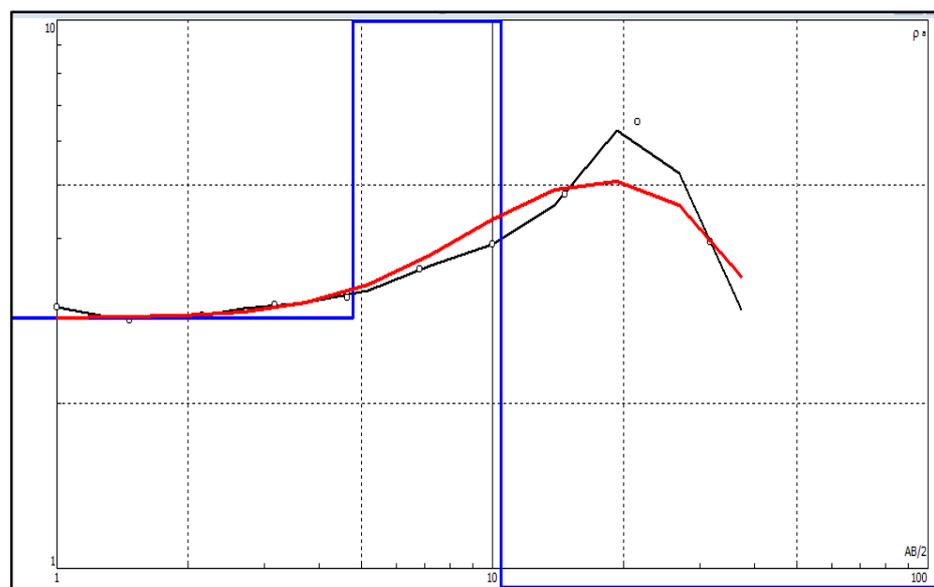


Fig.8.20. Curva teórica y de trabajo mostrada por el software IPI2Win
Fuente: El Autor

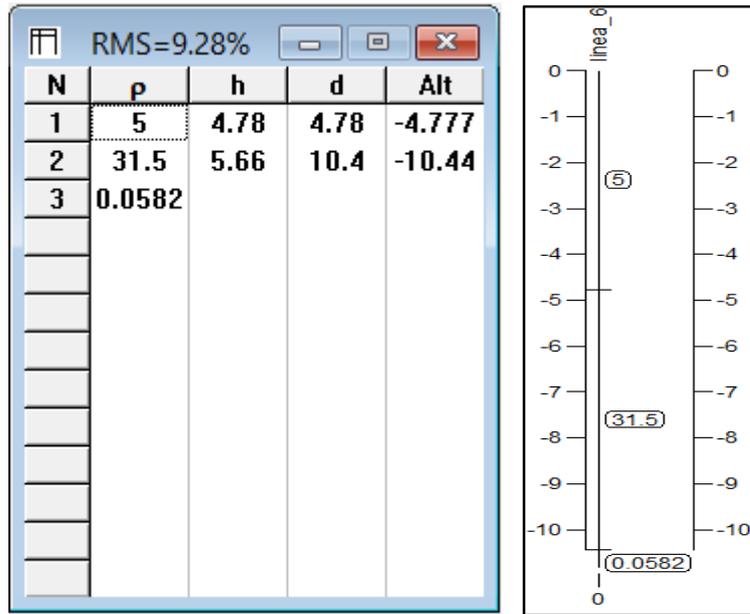


Fig.8.21. Tabla de valores de resistividad mostrada por el software IPI2Win
Fuente: El Autor

Tabla.8.8. Datos procesados SEV 6.

AB/2	MN	K	Rho (a)
1	0.4	7.5398	5.1
1.47	0.4	16.658	4.82
2.15	0.4	35.991	4.91
3.16	0.4	78.113	5.15
4.64	0.4	168.78	5.31
4.64	1	66.852	5.46
6.81	0.4	363.92	5.98
6.81	1	144.91	6.14
10	1	313.37	6.83
14.7	1	678.08	6.39
14.7	4	166.58	6.31
21.5	1	1451	14.97
21.5	4	359.91	4.96
31.6	4	781.13	3.94

Fuente: El Autor

8.4.7. SEV 7. Descripción del Sondeo 7

La abertura máxima de AB/2 fue de 21,50 metros. Con los datos de campo se procedió a realizar el procesamiento de los datos con el Software IPI2Win, se consiguió el modelo con 1.75 % de

error, describiéndose esta línea a continuación con sus resistividades:

1. Presencia de agua contenida en sedimentos (arcillas orgánicas, limos) ρ igual a $37.6 \Omega\text{-m}$ con un espesor y potencia tope de 0.606 m .
2. Arcillas orgánicas, a $4.44 \Omega\text{-m}$ hasta los 3.7 m . de espesor y profundidad tope de 4.3 .
3. Finalmente la última capa con resistividad de $33.5 \Omega\text{-m}$. está resistividad determina la presencia de agua subterránea contenida en sedimentos (arcillas, limos, arena arcillosa).

A continuación se observa las lecturas de la resistividad eléctrica y se muestra la curva interpretada, y en la (Fig.8.23) Se muestra la tabla de la curva con la resistividad real, el espesor, la profundidad y el error el cual representa la diferencia relativa entre la curva teórica y la curva de campo de resistividad aparente.

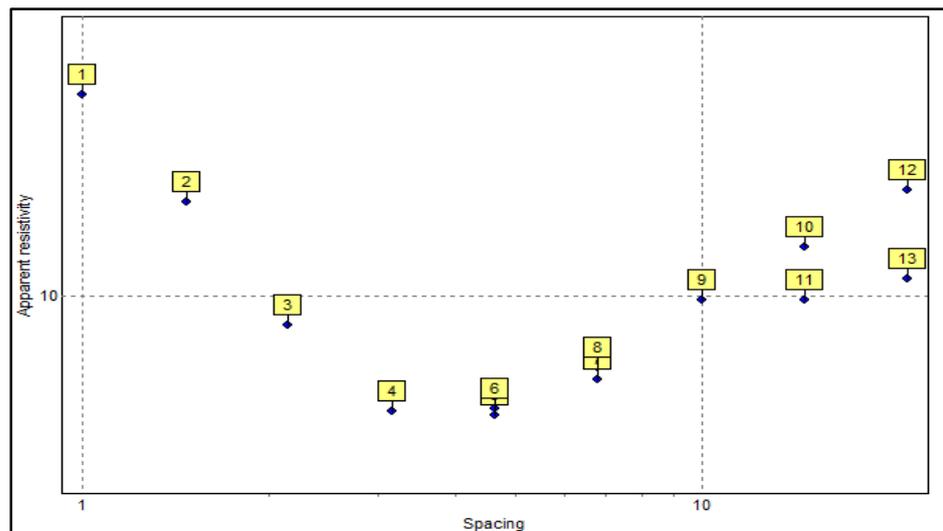


Fig.8.22. Puntos de lecturas obtenidas en el campo resistividad eléctrica
Fuente: El Autor

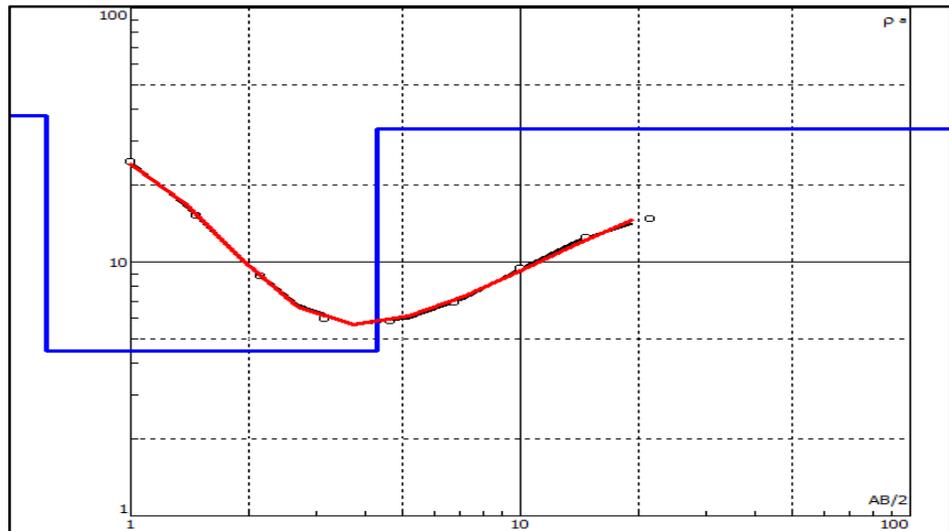


Fig.8.23. Curva teórica y de trabajo mostrada por el software IPI2Win
Fuente: El Autor

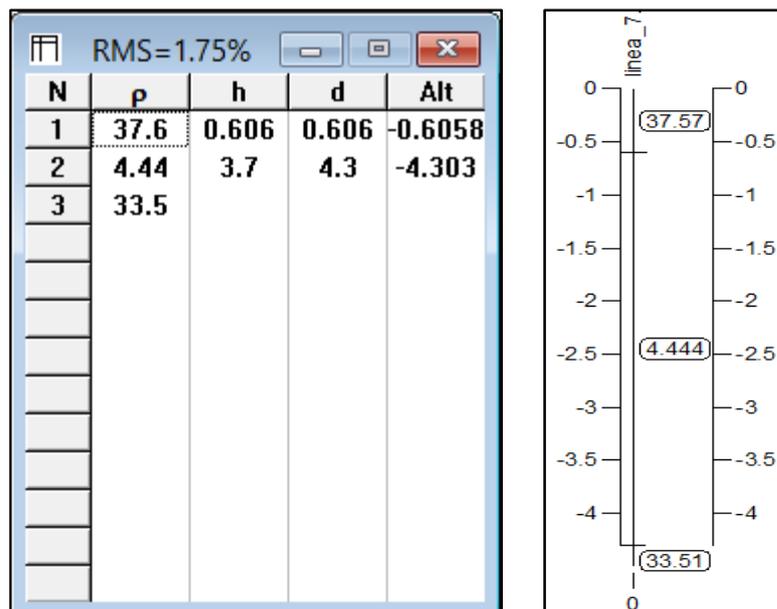


Fig.8.24. Tabla de valores de resistividad mostrada por el software IPI2Win
Fuente: El Autor

Tabla.8.9. Datos procesados SEV 7.

AB/2	MN	K	Rho(a)
1	0.4	7.54	24.66
1.47	0.4	16.66	15.25
2.15	0.4	35.99	8.77
3.16	0.4	78.11	5.96
4.64	0.4	168.78	5.86
4.64	1	86.85	6.03
6.81	0.4	363.92	6.88
6.81	1	144.91	7.27
10	1	313.37	9.84
14.7	1	678.08	12.47
14.7	4	166.58	9.85
21.5	1	1454.42	16.08
21.5	4	359.91	10.82

Fuente: El Autor

8.4.8. Cortes Geoeléctricos

Para la elaboración de los cortes Geoeléctricos se debe utilizar y se utilizó como mínimo dos sondeos eléctricos, los cuales deben ser ingresados al software IPI2win. Los cortes Geoeléctricos se los observa con mayor detalle en el Anexo 12.

En el Anexo 8 se puede observar el mapa en donde se ha representado la ubicación de los puntos y las líneas para los Sondeos Eléctricos Verticales, así como la representación de los cortes geoeléctricos entre estas líneas para la elaboración de los perfiles.

A demás se muestra la correlación de los resultados arrojados por el software IP2Win de cada una de las líneas SEV, con la geología previamente levantada en el siguiente tabla (8.8).

8.4.9. Correlación de Resultados (SEV)

Con los resultados obtenidos de resistividad aparente correlacionamos con la información geológica, determinando que tanto por la presencia de agua y por ausencia de la misma corresponde a la geología levantada previamente, como se observa en el siguiente cuadro:

Tabla.8.10. Correlación (SEV) Geología

Líneas	# Capas	P Ω -m	h	d	Descripción	Geología
Línea 1	1	235	0,831	0,831	Suelo pedregoso cubierto de césped	MPI-QLL1 (Conglomerados Matriz Arcillo Arenoso, capas de Arcillolitas) Quillollaco
	2	3.183	1,52	2,36	Roca, suelo pedregoso desnudo o grava	
	3	73,7			Arenas arcillosas	
Línea 2	1	1.668	1,77	1,77	Gneis, Granitos – Gneis procedentes de alteración	CVN Gneis, cuarcitas, Arcillas (Coluvión)
	2	224	19	20,7	Suelos pedregosos, con boleos o bolos (superior a 200 mm)	
	3	10.688			Rocas (metamórficas Gneis, Granitos, Gneis procedentes de alteración) en este caso coluvión	
Línea 3	1	49,5	2,69	2,69	Material húmedo, arcilla orgánica.	MPI-QLL2 (Conglomerados, Matriz mayor mente Arcillosa, sedimentos fluviales, cantos semi-redondeados, mal sorteados) Quillollaco
	2	9.1	3,17	5,86	Terrenos húmedos, arcilla saturada.	
	3	82.1			Arena arcillosa, aluvial	
	1	39	0,50	0,50	Material arena arcillosa, limos, areniscas	

Línea 4	2	221	2,2	2,7	Suelos pedregosos, con boleos o bolos (superior a 200 mm), arenisca.	MPI-QLL1 (Conglomerados Matriz Arcillo Arenoso, capas de Arcillolitas) Quillollaco
	3	267,1			Arenisca, arena, gravas.	
Línea 5	1	118	0,881	0,881	Suelo Arcillas compactas, humus.	MPI-QLL2 Conglomerados, Matriz mayormente Arcillosa, sedimentos fluviales, cantos semi-redondeados, mal sorteados) Quillollaco
	2	137	4,89	5,77	Rocas sedimentarias consolidadas como areniscas, arcillas compactadas, suelo pedregoso	
	3	2,12			Suelos pedregosos, con boleos o bolos (superior a 200 mm), arcillas, arenisca.	
Línea 6	1	5	4,78	4,78	Arcillas orgánicas, limos, Arena,	MPI-QLL3 (Arcillas negras, areniscas, sedimentos fluviales, micro conglomerado, Arcillolita) Quillollaco.
	2	31,5	5,66	10,4	Arcillas, limos, arena arcillosa	
	3	0,0582			Presencia de agua N.F	
Línea 7	1	37,6	0,606	0,606	Presencia de agua, arcillas orgánicas, limos.	MPI-QLL3 (Arcillas negras, areniscas, sedimentos fluviales, micro conglomerado, Arcillolita) Quillollaco.
	2	4,44	3,7	4,3	Arcillas orgánicas.	
	3	33,5			Presencia de agua subterránea contenida en sedimentos (arcillas, limos, arena arcillosa	

Fuente: El Autor

8.5. Mapa de Pendientes

El mapa de pendientes sale a partir de un modelo digital de elevación, que parte de puntos topográficos, a los mismos que se las clasificó en cinco categorías o clases propuestas por la Unión Geográfica Internacional (Demek en Seco, 2004).

En el sector de Punzara Chico – Barrio Cofradía se observa que según el análisis de pendientes 10,51 % es de pendiente Alta y 1,43% es de pendiente Muy Alta, ubicándose en la parte Occidental del sector de estudio, a continuación se expone una tabla con cada uno de los datos obtenidos en el mapa de pendientes.

Tabla.8.11. Resultados Obtenidos en el modelamiento de pendientes.

Pendiente en %	Categorías	Área (ha)	%
0 - 12 %	Muy Baja	5,92935	6,29846
12 - 25 %	Baja	61,7768	65,6225
25 - 40 %	Media	15,1852	16,1305
40 - 100%	Alta	9,89444	10,5104
> 100%	Muy Alta	1,35396	1,43825

Fuente: El Autor

El mapa de pendientes como resultado final del análisis se lo puede Observar con mayor detalle en el Anexo 4, además se ha ubicado los deslizamientos presentes de la zona.

8.6. Mapa Uso Actual del Suelo

En el sector de estudio se pudo establece que el mayor porcentaje corresponde a zona urbana con un 44,375%, la misma que se encuentra ubicada en la parte baja al este del sector de estudio, a continuación se

muestra una tabla en la cual consta el área y porcentaje del uso del suelo en el sector de estudio.

Tabla.8.12. Uso Actual del suelo Sector Punzara Chico-Barrio Cofradía.

Usos del Suelo	Área (ha)	%
Cultivo Maíz	3,2767	3,427
Zona Urbana	42,4187	44,375
Bosque Eucalipto	3,48583	3,646
Eucaliptos	2,9825	3,12
Pasto Natural	20,35787	21,2968
Zona de Caseríos	0,119927	0,1254
Bosque Plantado Pinos	0,153175	0,1602
Vía principal	2,2288	2,33
Deslizamiento Pasto Natural	1,327681	1,3889
Matorrales	2,453968	2,5671
Cantera	5,51745	5,7719
Deslizamiento Erosión	0,62505	0,6538
Relleno proyecto urbanístico	0,792202	0,8287
Escarpe Erosión	1,828789	1,9131
Talud Escarpe Erosión	0,08411	0,087
Vía secundaria	0,1889987	0,1977
Sub Estación Sur EERSSA	0,198557	0,2077
Zona Urbana Proyecto urbanístico	2,8914	3,0247
Planta de bombeo Agua Potable	0,0182142	0,01905
Tanque de riego	0,000946894	0,0099
Relleno Pasto	0,118704	0,1241
Humedal	0,712513	0,7453
Zona Urbana Proyecto urbanístico	1,8079	1,8912
Depósito de Materiales de Construcción	0,484996	0,5073
Casa	0,186395	0,1949
Bosque Plantado Pinos Matorrales	0,736804	0,7707
Bosque Plantado Pinos Escarpe	0,287353	0,3006

Fuente: Autor

En el Anexo 6, se puede observar la el mapa de uso del suelo del sector.

8.7. Mapa de Susceptibilidad

El análisis a deslizamiento se realizó mediante la evaluación multicriterio (*Weighted Sum*), en donde se utilizó los insumos ya generados o variables tales como geología, geomorfología, mapa de pendientes, mapa de usos del suelo, a los cuales se los procesó bajo secuencia del modelo de construcción “*model builder*”, como se muestra a continuación en la Fig.8.28.

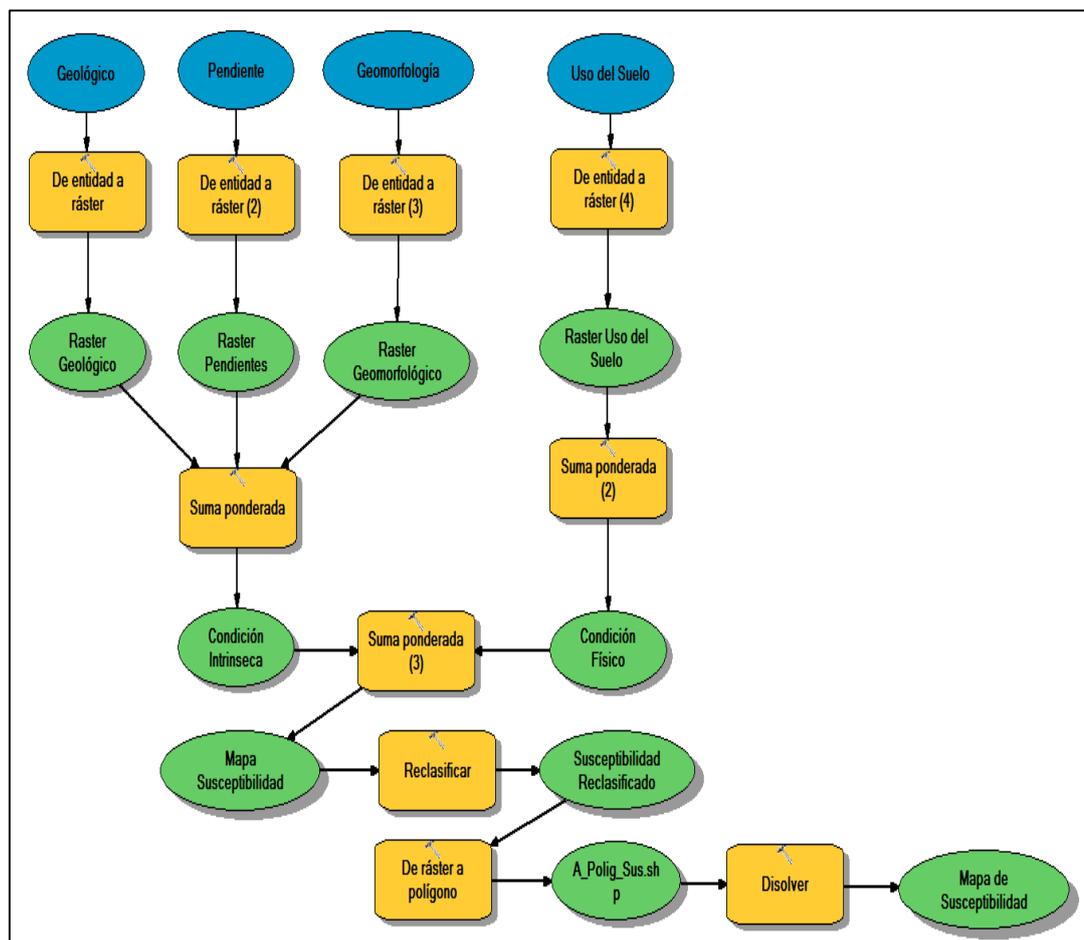


Fig.8.28. Diagrama de construcción “Model Builder” para la obtención del mapa de susceptibilidad a de deslizamientos.

Fuente: El Autor

De esta forma se obtuvo el mapa de susceptibilidad (ver Anexo 7), el cual nos da una susceptibilidad a deslizamientos muy baja con un (51,36%) ubicada en la parte sur este del sector con un área de 48,2134 (ha), está

constituida por zonas urbanizadas y pendientes de 0 a 12%, con un material mayormente de matriz arcillosa y cantos mal sorteados.

La clase de susceptibilidad baja es de 13,49% con un área de 12,6701 (ha), con pendientes entre 12 - 25%, de igual forma constituida en su mayoría por una matriz arcillosa y cantos mal sorteados, además está representando taludes resultado del corte de la vía, además de un pequeña parte cercana a la quebrada la alumbre.

La susceptibilidad media representa un 17.69% con un área de 16,6117 (ha), representada en sectores con presencia de arcillolitas, coluviones y algunos deslizamientos del sector, cerca de quebradas, así como superficies de cuevas, con pendientes que oscilan entre 25-40%.

La susceptibilidad alta representa 9.04 % con un área de 8,49446 (ha), está representada por coluviones, escarpes caídos de rocas, zona de canteras, relieve colinado muy alto, con presencia de conglomerado matriz arcillo-arenoso, capas de arcillolita.

La clase de susceptibilidad Muy Alto abarca un 8,42% con un área de 7,89993 (ha), está caracterizada por la presencia de escarpes, encañonamiento, sitios de extracción de material como canteras que están presentes en la zona.

En esta clase se observa que la susceptibilidad es Muy Alta debido a las características naturales y geomorfológicas del sector, sumándose a la alteración antrópica del mismo, presenta esta condición la cual está ubicada al sur- oeste de la zona de estudio.

8.8. Cálculo del volumen deslizado

A continuación se muestra los resultados obtenidos del procesamiento de datos en el software Arcgis 10.1 en donde se obtuvo el volumen en m³ de masa desplazada de cada uno de los deslizamientos que se encuentran presentes en el sector de estudio, los mismos que se describen en la siguiente tabla:

Tabla.8.13. Tabla maza desplazada deslizamientos

Deslizamiento	Volumen (m ³)	Área (ha)
1	6707,06296	0,92532593
2	72,7946438	0,19513402
3	188,231615	0,02968883
4	791,823167	0,40020058
5	201,612034	0,40236074

Fuente: El Autor

En el Anexo 9, se puede ver con más detalle cada uno de los deslizamientos que fueron mapeados y en lo posterior se calculó el volumen de la maza deslizada, obteniendo los resultados mostrados en la (tabla.8.12.), además se describe los resultados de la caracterización de deslizamientos en las tablas a continuación.

Tabla. 8.14. Coordenadas de los deslizamientos del sector de estudio.

Deslizamiento	Y	X	Z
1	9554293	697766	2278,460
2	9554274	697933	2252,990
3	9554415	697867	2273,654
4	9554376	697936	2256,277
5	9554892	697539	2311,149

Fuente: El Autor

Tabla. 8.15. Tipos de deslizamientos del sector de estudio.

Deslizamiento	Tipo de Movimiento
1	Traslacional
2	Traslacional
3	Rotacional
4	Rotacional
5	Traslacional

Fuente: El Autor

9. Discusión de Resultados

La ciudad de Loja se encuentra ubicada en la región sur del Ecuador, sobre una cuenca sedimentaria de origen lacustre de época Miocénica en donde se encuentran rocas bien diferenciadas que son las sedimentarias y las metamórficas; encontrándose el sector de Punzara Chico – Barrio Cofradía en la formación Quillollaco.

Las variables predominantes consideradas para el análisis de la susceptibilidad son: geología (litología), geomorfología, pendiente, uso del suelo, cada uno de estas variables o insumos antes mencionados fueron determinados en la visita de campo, e información existente, se pudo realizar además una caracterización de los deslizamientos presentes en el sector y un análisis geofísico con los Sondeos Eléctricos Verticales.

Es posible identificar claramente a través de la topografía levantada y por observación que en el sector se encuentra un relieve accidentado en la parte Sur-Oeste, debido a sus orígenes de formación y a la intervención antrópica como la instalación de canteras para la extracción de materiales pétreos, lo cual permite que estos sectores sean de mayor susceptibilidad a deslizamientos, no obstante la parte Sur-Este del sector presenta un relieve ligeramente accidentado, en donde se encuentran zonas urbanas.

En tanto el sector de estudio reposa sobre la formación Quillollaco, la misma que está compuesta por conglomerado, areniscas descritas en la carta geológica regional (Gonzanamá), desde la cual se partió para la nomenclatura y diferenciación de los componentes del mapa Geológico del sector, dividiéndolos en 3 zonas, para esto se consideró la pureza del material, su matriz, el tamaño de los clastos, y los procesos de formación.

El levantamiento Geomorfológico, permitió el reconocimiento de las distintas geoformas que se encuentran en el sector, categorizadas de acuerdo a su

génesis y clasificadas según parámetros morfométricas y morfológicos, considerando cada una de estas como factores que intervienen en el aumento de la susceptibilidad a deslizamientos, en especial en sectores que se los ha identificado como: gargantas, encañonamiento superficies de cuestas, cabe señalar que para la identificación de las mismas se consideró el desnivel relativo, la dirección de los estratos.

Cada una de las variables que se utilizó está fundamentalmente enlazada, con el mapa de pendientes y orientación de la pendiente, ya que de esta forma se pudo relacionar la información levantada y dar un criterio más acertado para la asignación de pesos.

Al efectuar la utilización de un método geofísico como el de los Sondeos Eléctricos Verticales permitió una correlación en función a las resistividades de los estratos con la geología levantada, lo que corrobora esta información.

El uso de Suelo del sector, está en mayor proporción utilizado por zona Urbana, pastos y nuevos proyectos urbanísticos, además de zonas de escarpes. En estas zonas de escarpe se hace evidente que no tendrían ningún uso potencial, al igual de zonas en donde pasa el cauce natural de la quebrada.

Además se hizo el cálculo de masa desplazada de los deslizamientos, cabe señalar que cada uno de los deslizamientos se encuentra mapeados, y corresponden en si a deslizamientos poco profundos, ubicándose en la parte Sur-Oeste del sector de estudio.

Finalmente una vez obtenidos las variables se procedieron a correlacionar cada una de las mismas, elaborando modelos digitales para la obtención del mapa de susceptibilidad, y de esta forma se escogió uno, el mismo que transmite las condiciones del reales del sector.

Mediante la correlación de información, que dio como resultado el mapa de susceptibilidad a deslizamientos, se determinó que un 51,36%, corresponde a una susceptibilidad muy baja, esto hace referencia a la zona Urbana y cultivos de maíz que encuentran en la parte Sur – Este.

La susceptibilidad baja abarca un 13,49%, el cual considera al Barrio Cofradía en este rango y un proyecto urbanístico el mismo que se encuentra ubicado cerca de la Subestación Sur EERSSA y en zonas de presencia de geoformas cóncavas.

Además la susceptibilidad media considera superficies de cuevas que oscilan entre 25 – 40 %, con presencia de coluviones, arcillolitas, entrando una parte del sector de Punzara Chico, la susceptibilidad media abarca un 17,69%.

La susceptibilidad Alta considera ya la parte mayoritaria del Sector de Punzara, además se supone un deslizamiento antiguo que se lo ha identificado como coluvión, parte de la cantera y además de sitios de escarpes de relieve colinado, el porcentaje es de 9,04% con un área 8,49 (ha).

La clase de susceptibilidad Muy Alta es de un 8,42%, aquí se encuentra encañonamiento, escarpes de la cantera producto de la explotación de materiales pétreos y está ubicada de igual forma en la parte Sur-Oeste.

Finalmente en el sector de estudio Punzara Chico – Barrio Cofradía se evidencia un desarrollo Urbanístico, acelerado por la presencia de proyectos de vivienda, los mismos que pueden expandirse hasta estas zonas de mayor susceptibilidad.

10. Conclusiones

- ✚ El levantamiento topográfico se lo realizó a detalle, considerando un total de área levantada de 94,16 ha, con cotas que van desde 2190 hasta 2366,767 m.s.n.m.
- ✚ El levantamiento geológico permitió definir en el sector de estudio que mayormente se encuentra emplazado en la formación Quillollaco, la misma que ha sido dividida en cuatro zonas: MPI-QLL1, MPI-QII2, MPI-QLL3, CVN, de acuerdo a sus características litológicas.
- ✚ Mediante la Utilización de los TPI se pudo delimitar muchas de las geoformas, permitiendo de esta forma clasificar los paisajes.
- ✚ Geomorfológicamente el área de estudio en su parte Sur-Oeste es muy accidentada, delimitando un total de 18 geoformas, entre estas geoformas zonas con pendiente muy fuerte donde generalmente se pueden dar deslizamientos de mayor proporción.
- ✚ Los Sondeos Eléctricos Verticales permitieron correlacionar la información del levantamiento geológico con las lecturas de resistividad, lo que corresponde a la geología antes levantada.
- ✚ Solo el 1,43% corresponde a una pendiente Muy alta y un 10% a pendiente de categoría Alta, la categoría Media 16,1305%, y la de mayor porcentaje en pendiente es la categoría Baja con un 65,62%, teniendo finalmente la categoría Baja con un 6,29%.
- ✚ En el mapa de uso del suelo se pudo determinar un total de 27 categorías del uso actual del suelo, encontrándose mayoritariamente con un 44,37% en una Zona Urbana.

- ✚ El mapa de susceptibilidad permite desarrollar una aproximación del grado de zonas susceptibles a remociones en masa, a partir de los parámetros que presentan mayor influencia en las condiciones de inestabilidad, utilizando variables Geológicas, Geomorfológicas, Pendientes, Uso Actual de suelo, con ayuda del software Arcgis 10.1.
- ✚ El resultado del mapa de susceptibilidad permitió encontrar que el mayor rango que predomina en el área de estudio es el Bajo con el 51,36% con un área de 48,2134 (ha), dejando de esta forma con un rango de Alto 9,04% con una área de 8,49446 (ha), Muy Alto es de 8,42% con un área de 7,89993 (ha) y Media con el 17,69% con un área de 16,6117 (ha).
- ✚ Los fenómenos de remoción en masa como deslizamientos son indicadores de la susceptibilidad de una zona, y por ende contribuye a delimitar áreas de amenaza a la población.
- ✚ Los deslizamientos que se evidencio son cinco y de carácter poco profundos, los mismos que están en función de su litología y procesos que los desencadenan como, sismos, lluvias, pendiente, entre otros.
- ✚ El volumen de maza deslizada que se calculó arrojo que el primer deslizamiento tiene un volumen de maza deslizada de 6707,06296 m³, el segundo deslizamiento de 72,7946438 m³, el tercer deslizamiento 188,231615 m³, el cuarto deslizamiento 791,823167 m³ y el quinto deslizamiento 201,612034 m³.
- ✚ De los cinco deslizamientos mapeados y caracterizados, tres son traslacionales dentro de esta categoría se los ubica a los deslizamientos 1, 2, 5, mientras que los dos deslizamientos restantes 3 y 4 son rotacionales.

- ✚ Los deslizamientos 1, 2 tienen un rango de susceptibilidad media, mientras que el 3, 4, 5 una susceptibilidad Alta.

- ✚ Los sondeos eléctricos verticales mostraron, que a través de los valores de resistividad, se correlaciona con el levantamiento geológico o corresponden a la información levantada de campo.

- ✚ La presencia de agua se evidencia en el SEV de la línea 3, en la segunda capa con resistividades de en la primera capa de 41.5 Ω -m en la segunda 9.1 Ω -m y tercera 82.1 Ω -m, siendo la segunda capa, arcillas con presencia de agua, esto debido a que en el sector, se emplea el riego para el crecimiento de pastos.

- ✚ De igual forma los valores de resistividad en la línea 6 son bajas, con resistividades que van en la primera capa de 5 Ω -m, la segunda 31.5 Ω -m y la tercera 0.0582 Ω -m, nos dan a concluir que la presencia de agua es evidente en cada uno de las capas, al igual que en la línea 7 el cual tienen resistividades en la primera capa de 37.6 Ω -m, la segunda de 4.44 Ω -m y la tercera de 33,5 Ω -m, esto puede ser debido a la presencia de aguas de escorrentía y a la falta de alcantarillado del sector ya que desembocan sus aguas a estos terrenos específicamente el barrio Cofradía.

11. Recomendaciones

- ✚ El levantamiento de la información como es topografía, geología, geomorfología, y caracterización de deslizamientos se los debe hacer con cuidado a que esta información servirá para el modelamiento del mapa de susceptibilidad en el software.
- ✚ Las zonas geomorfológicas muy accidentadas, como los encañonamiento, canteras, escarpes deben en lo posible ser áreas verdes.
- ✚ La inspección de campo debe hacérsela recorriendo todo el sector de estudio, de esta forma se tendrá un conocimiento real de la situación del sector en diferentes aspectos.
- ✚ Se debe tener mucho cuidado al momento de realizar las lecturas con el Syscal R1 plus Junior, porque puede alterarse los resultados y originar errores en su procesamiento.
- ✚ Las áreas identificadas como áreas de Muy alta, Alta, susceptibilidad se deben implementar códigos de restricción que señalen que no son aptas para urbanizar.
- ✚ Concientizar a las autoridades y habitantes de la ciudad de las amenazas que les rodean, de esta forma se podrá reducir la los daños a la población e infraestructura por la construcción en áreas susceptibles a deslizamientos.
- ✚ El resultado de esta investigación debe ser utilizado como una herramienta para la toma de decisiones en lo que respecta a la planificación urbana, otorgamiento de permisos para la construcción de obras de infraestructura y en la regulación de uso del terreno, sin sustituir estudios geotécnicos de

detalle, principalmente en las áreas de susceptibilidad de media a muy alta, esto bajo modelamientos de información actualizada.

- ✚ La información levantada de campo como el Uso actual del suelo, caracterización de deslizamientos, geología y geomorfología, debe ser difundida a las instituciones públicas como el Municipio de Loja para que de esta forma se actualice su base de datos.

12. Bibliografía

Libro

- ✓ Duque Escobar Gonzalo. (2003) Manual de Geología para Ingenieros. cap. 01. El Ciclo Geológico. pág. 13.
- ✓ Tupak Obando Dc. Geólogo, y Gestor Ambiental. (2010). La Petrología, Petrografía y la Hidrología desde el punto de vista científico. pág. 4.
- ✓ Rojas Carrizales Grover A. Doc. Ing. Geología Estructural. (2010). Cap. III. Universidad Nacional de Huancavelica. pág. 3.
- ✓ Pavón Ayala Nataly Cristina, garzón Collahuazo Oscar Vinicio. (enero 2014). evaluación y zonificación de susceptibilidad y amenazas/peligros por fenómenos de remoción en masa en el cantón Pallatanga, escala 1:50.000. pág. 75. Quito.
- ✓ Suarez Jaime. (2009). Deslizamientos Análisis Geotécnico. Cap. 13. Zonificación de Susceptibilidad Amenaza y Riesgo.
- ✓ Navarro Vidal Jorge. (2011). Susceptibilidad y Amenaza de Movimientos de Ladera mediante S.I.G. en el Municipio de Berlín, el Salvador. (Trabajo de Master: Tecnologías de la Información Geográfica. Universidad Complutense de Madrid. pág. 34, 35.
- ✓ Manolo Barillas Edy. Guía Metodológica para la Evaluación de Zonas Susceptibles a Deslizamientos disparados por Lluvias. Guatemala. Pág. 2-15.
- ✓ De Vallejo, González. (2002). Tipos de movimientos de ladera.
- ✓ Duque Escobar Gonzalo; (2003). Manual de Geología para Ingenieros. cap.08. Intemperismo o Meteorización pág. 154.

- ✓ Duque Escobar Gonzalo. (2003). Manual de Geología para Ingenieros. cap.20. Geomorfología. pág. 154.
- ✓ Martínez Albert; Colldeforns Baldo. (1998). Método interactivo para la enseñanza de la Cartografía Geológica. pág. 276.
- ✓ Clirsen, Semplades, Sigagro, Inigem. (2010) Proyecto: Generación de Geoinformación para la Gestión del Territorio a Nivel Nacional.
- ✓ Pérez García Natalia; Garnica Anguas Paul; Hugo Delgado Víctor; Landaverde Noe. (2010). Evaluación de la resistividad en campo y en laboratorio y su aplicación a pavimentos, Publicación Técnica No. 325, Sanfandila, Qro. pág. 26,27.
- ✓ Eduardo Arias Daniel. (Febrero 2011). Exploración Geotécnica – Relaciones Geoelectrica Universidad Nacional de Colombia escuela de ingeniería civil. pág. 34,35.
- ✓ Alonso Díaz Luis Alberto. (2001). Estudio de Prospección Geofísica y Geotécnica para el emplazamiento del embalse de san esteban de Andagoya (álava). pág. 28,29.
- ✓ Manual del Usuario. IPI2Win. (2000) Universidad Estatal de Moscú Facultad de Geología Departamento de Geofísica.
- ✓ Auge Miguel Dr. Geól. (2008). Profesor Titular de Hidrogeología Universidad de Buenos Aires. pág. 2 – 9.
- ✓ González, J y Behem, V. (2008). Consulta, edición y análisis espacial con ArcGis 9.2. Junta de León y Castilla. Tomo 1. pág. 97-103

Tesis

- ✓ Guamán Jaramillo Galo Alexander. (2012). Aplicación de SIG para el Manejo de Riesgos Naturales en el Área Urbano de la Ciudad de Loja. (Tesis de Grado, Maestría en Sistemas de Información Geográfica), Quito. Universidad san Francisco de Quito.

- ✓ Tambo Encalada Walter Simón. Ing. (2011). Estudio del Peligro de Deslizamiento del Norte de la Ciudad de Loja. (Tesis de Grado, Máster en Geografía, Medio Ambiente y Ordenamiento Territorial). La Habana Cuba.

Revista

- ✓ GeoLoja. (2007). Publicado por el Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente, Oficina Regional para América Latina y el Caribe, la Municipalidad de Loja y Naturaleza y Cultura Internacional.

- ✓ Revista Geográfica Venezolana, Vol. 50(1) 2009. Un ensayo de zonificación de áreas susceptibles a inestabilidad de laderas en el flanco norandino de Venezuela. pág. 136,137.

ANEXOS

ANEXO 1
Mapa Topográfico

ANEXO 2

Mapa Geológico

ANEXO 3

Mapa Geomorfológico

ANEXO 4

Mapa de Pendientes

ANEXO 5

Mapa de Orientación de la Pendiente

ANEXO 6

Mapa de Uso del Suelo

ANEXO 7

Mapa de Susceptibilidad

ANEXO 8

Mapa Ubicación de

Líneas SEV

ANEXO 9

**Mapa Ubicación de
Deslizamientos**

ANEXO 10

Fichas Levantamiento

Geológico

LEVANTAMIENTO GEOLÓGICO

PROYECTO: LEVANTAMIENTO GEOLÓGICO – ESTRUCTURAL DEL SECTOR PUNZARA CHICO – BARRIO COFRADIA.

DESCRIPCIÓN DE AFLORAMIENTOS

AFLORAMIENTO Nro: 1
FECHA: 31 – 03 -2014
COORDENADAS: X: 697755,788 Y: 9554092,540 Z: 2274,345
DIMENSIONES (h): 7m
RELIEVE: Llano <input type="checkbox"/> Bajo <input type="checkbox"/> De colinas <input type="checkbox"/> Montañoso <input checked="" type="checkbox"/>
VEGETACIÓN: Exuberante <input type="checkbox"/> Escasa <input checked="" type="checkbox"/> Color <input type="checkbox"/>
FOTO Nro: 1
FORMACION: Quillollaco
TIPO DE AFLORAMIENTO: Natural <input type="checkbox"/> Artificial <input checked="" type="checkbox"/>



PERFIL LITOLÓGICO DEL AFLORAMIENTOS

POTENCIA (m)	Nro. DE CAPAS	LITOLOGIA NOMBRE	COLOR	ORIENTACION	GRADO DE METEORIZACION			DESCRIPCION GEOLOGICA
					BAJO	MEDIO	ALTO	
7m	1	Conglomerado	Amarillo, rojiso			X		

USO DEL SUELO:

TIPO DE SUELO:	SUELOS RESIDUALES:		SEDIMENTARIO: X		COLUVIAL: X		COLUVION:		
FACTORES DE EROSION:	LLUVIA: X		SOL: X		VIENTO: X		HELADAS:		
PENDIENTE (°)	HORIZONTAL < 10°:		INCLINADO 10 - 35°:		TUMBADO 36 - 60°:		ABRUPTO > 60°: X		
USOS:	SEMBRADOS:	GANADERIA:	RECREACION	ZONA INDUSTRIAL	VIVIENDAS Proyectos:	VIAS: X	MINERIA:	AREA PROTEGIDA:	ZONA ARQUEOLOGICA:

LEVANTAMIENTO GEOLÓGICO

PROYECTO: LEVANTAMIENTO GEOLÓGICO – ESTRUCTURAL DEL SECTOR PUNZARA CHICO – BARRIO COFRADIA.

DESCRIPCIÓN DE AFLORAMIENTOS

AFLORAMIENTO Nro: 2
FECHA: 31 – 03 -2014
COORDENADAS: X: 697722,965 Y: 9554172,774 Z: 2257,285
DIMENSIONES (h): 2,50m
RELIEVE: Llano <input type="checkbox"/> Bajo <input type="checkbox"/> De colinas <input checked="" type="checkbox"/> Montañoso <input type="checkbox"/>
VEGETACIÓN: Exuberante <input type="checkbox"/> Escasa <input checked="" type="checkbox"/> Color <input type="checkbox"/>
FOTO Nro: 2
FORMACION: Quillollaco
TIPO DE AFLORAMIENTO: Natural <input type="checkbox"/> Artificial <input checked="" type="checkbox"/>



PERFIL LITOLÓGICO DEL AFLORAMIENTOS

POTENCIA (m)	Nro. DE CAPAS	LITOLOGIA NOMBRE	COLOR	ORIENTACION	GRADO DE METEORIZACION			DESCRIPCION GEOLOGICA
					BAJO	MEDIO	ALTO	
0,30 cm	1	Arcilla	Negra			X		
2,20	2	Arenisca	Blanca Amarillenta				X	

USO DEL SUELO:

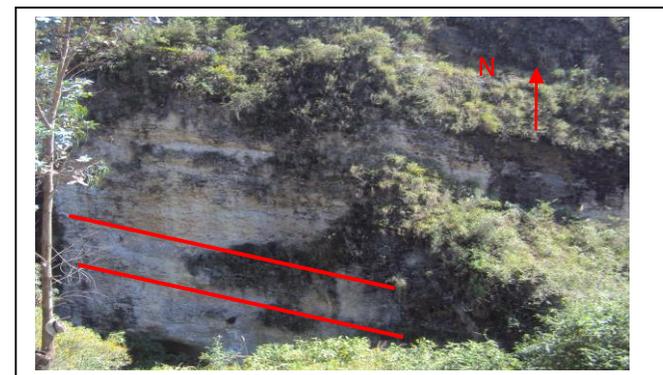
TIPO DE SUELO:	SUELOS RESIDUALES:		SEDIMENTARIO: <input checked="" type="checkbox"/>		COLUVIAL: <input checked="" type="checkbox"/>		COLUVION:		
FACTORES DE EROSION:	LLUVIA: <input checked="" type="checkbox"/>		SOL: <input checked="" type="checkbox"/>		VIENTO: <input checked="" type="checkbox"/>		HELADAS:		
PENDIENTE (º)	HORIZONTAL < 10º:		INCLINADO 10 - 35º:		TUMBADO 36 - 60º:		ABRUPTO > 60º: <input checked="" type="checkbox"/>		
USOS:	SEMBRADOS:	GANADERIA:	RECREACION	ZONA INDUSTRIAL	VIVIENDAS Proyectos: X	VIAS:	MINERIA:	AREA PROTEGIDA:	ZONA ARQUEOLOGICA:

LEVANTAMIENTO GEOLÓGICO

PROYECTO: LEVANTAMIENTO GEOLÓGICO – ESTRUCTURAL DEL SECTOR PUNZARA CHICO – BARRIO COFRADIA.

DESCRIPCIÓN DE AFLORAMIENTOS

AFLORAMIENTO Nro: 3
FECHA: 31 – 03 – 2014
COORDENADAS: X: 697748,171 Y: 9554218,234 Z: 2254,375
DIMENSIONES (h): 37m
RELIEVE: Llano <input type="checkbox"/> Bajo <input type="checkbox"/> De colinas <input type="checkbox"/> Montañoso <input checked="" type="checkbox"/>
VEGETACIÓN: Exuberante <input type="checkbox"/> Escasa <input checked="" type="checkbox"/> Color <input type="checkbox"/>
FOTO Nro: 3
FORMACION: Quillollaco
TIPO DE AFLORAMIENTO: Natural <input checked="" type="checkbox"/> Artificial <input type="checkbox"/>



PERFIL LITOLÓGICO DEL AFLORAMIENTOS

POTENCIA (m)	Nro. DE CAPAS	LITOLOGIA NOMBRE	COLOR	ORIENTACION	GRADO DE METEORIZACION			DESCRIPCION GEOLOGICA
					BAJO	MEDIO	ALTO	
7m	1	Conglomerado	Amarillento	N10E /16°			<input checked="" type="checkbox"/>	

USO DEL SUELO:

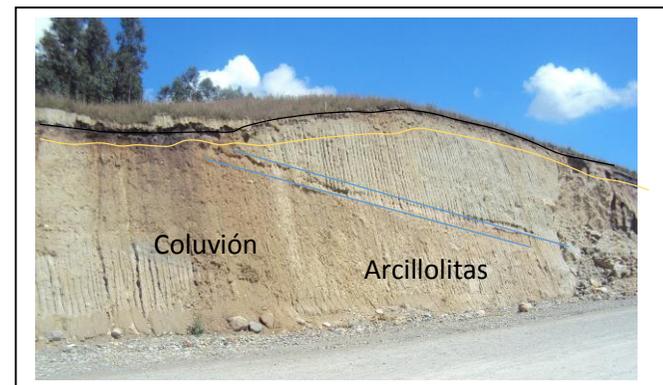
TIPO DE SUELO.		SUELOS RESIDUALES:			SEDIMENTARIO:			COLUVIAL: <input checked="" type="checkbox"/>		COLUVION:	
FACTORES DE EROSION:		LLUVIA: <input checked="" type="checkbox"/>			SOL: <input checked="" type="checkbox"/>			VIENTO: <input checked="" type="checkbox"/>		HELADAS:	
PENDIENTE (°)		HORIZONTAL < 10°:			INCLINADO 10 - 35°:			TUMBADO 36 - 60°:		ABRUPTO > 60°: <input checked="" type="checkbox"/>	
USOS:	NATURAL: <input checked="" type="checkbox"/>	SEMBRADOS:	GANADERIA:	RECREACION	ZONA INDUSTRIAL	VIVIENDAS Proyectos:	VIAS:	MINERIA:	AREA PROTEGIDA:	ZONA ARQUEOLOGICA:	

LEVANTAMIENTO GEOLÓGICO

PROYECTO: LEVANTAMIENTO GEOLÓGICO – ESTRUCTURAL DEL SECTOR PUNZARA CHICO – BARRIO COFRADIA.

DESCRIPCIÓN DE AFLORAMIENTOS

AFLORAMIENTO Nro: 4
FECHA: 31 – 03 -2014
COORDENADAS: X: 697974,322 Y: 9554218,097 Z: 2240,242
DIMENSIONES (h): 8m
RELIEVE: Llano <input type="checkbox"/> Bajo <input type="checkbox"/> De colinas <input checked="" type="checkbox"/> Montañoso <input type="checkbox"/>
VEGETACIÓN: Exuberante <input type="checkbox"/> Escasa <input checked="" type="checkbox"/> Color <input type="checkbox"/>
FOTO Nro: 4
FORMACION: Quillollaco
TIPO DE AFLORAMIENTO: Natural <input type="checkbox"/> Artificial <input checked="" type="checkbox"/>



PERFIL LITOLÓGICO DEL AFLORAMIENTOS

POTENCIA (m)	Nro. DE CAPAS	LITOLOGIA NOMBRE	COLOR	ORIENTACION	GRADO DE METEORIZACION			DESCRIPCION GEOLOGICA
					BAJO	MEDIO	ALTO	
0,40 cm	1	Arcilla	Amarillenta		X			
0,20 cm	1	Arcilla	Negra		X			
4m	1	Coluvión	Café				X	
0, 10 cm	1	Arcillolita	Gris- verdoso					
3,40 m	1	Conglomerado	Amarillento				X	

USO DEL SUELO:

TIPO DE SUELO.	SUELOS RESIDUALES:	SEDIMENTARIO: <input checked="" type="checkbox"/>	COLUVIAL: <input checked="" type="checkbox"/>	COLUVION: <input checked="" type="checkbox"/>					
FACTORES DE EROSION:	LLUVIA: <input checked="" type="checkbox"/>	SOL: <input checked="" type="checkbox"/>	VIENTO: <input checked="" type="checkbox"/>	HELADAS:					
PENDIENTE (°)	HORIZONTAL < 10°:	INCLINADO 10 - 35°: <input checked="" type="checkbox"/>	TUMBADO 36 - 60°:	ABRUPTO > 60°:					
USOS:	SEMBRADOS:	GANADERIA:	RECREACION	ZONA INDUSTRIAL	VIVIENDAS Proyectos:	VIAS: <input checked="" type="checkbox"/>	MINERIA:	AREA PROTEGIDA:	ZONA ARQUEOLOGICA:

LEVANTAMIENTO GEOLÓGICO

PROYECTO: LEVANTAMIENTO GEOLÓGICO – ESTRUCTURAL DEL SECTOR PUNZARA CHICO – BARRIO COFRADIA.

DESCRIPCIÓN DE AFLORAMIENTOS

AFLORAMIENTO Nro: 5
FECHA: 31 – 03 -2014
COORDENADAS: X: 697966,961 Y: 9554339,102 Z: 2259,552
DIMENSIONES (h): 9,30m
RELIEVE: Llano <input type="checkbox"/> Bajo <input type="checkbox"/> De colinas <input checked="" type="checkbox"/> Montañoso <input type="checkbox"/>
VEGETACIÓN: Exuberante <input type="checkbox"/> Escasa <input checked="" type="checkbox"/> Color <input type="checkbox"/>
FOTO Nro: 5
FORMACION: Quillollaco
TIPO DE AFLORAMIENTO: Natural <input type="checkbox"/> Artificial <input checked="" type="checkbox"/>



PERFIL LITOLÓGICO DEL AFLORAMIENTOS

POTENCIA (m)	Nro. DE CAPAS	LITOLOGIA NOMBRE	COLOR	ORIENTACION	GRADO DE METEORIZACION			DESCRIPCION GEOLOGICA
					BAJO	MEDIO	ALTO	
0,20	1	Arcilla	Negra			X		
0,60 cm	1	Arcilla	Café Oscura-Negra			X		
3m	1	Micro Conglomerado	Café Oscuro			X		
1,30 m	1	Arenisca, limos	Gris-Oscura				X	
3,70		Conglomerado	Café Oscuro				X	

USO DEL SUELO:

TIPO DE SUELO.	SUELOS RESIDUALES:	SEDIMENTARIO: <input checked="" type="checkbox"/>	COLUVIAL: <input checked="" type="checkbox"/>	COLUVION:						
FACTORES DE EROSION:	LLUVIA: <input checked="" type="checkbox"/>	SOL: <input checked="" type="checkbox"/>	VIENTO: <input checked="" type="checkbox"/>	HELADAS:						
PENDIENTE (°)	HORIZONTAL < 10°:	INCLINADO 10 - 35°: <input checked="" type="checkbox"/>	TUMBADO 36 - 60°:	ABRUPTO > 60°:						
USOS:	NATURAL	SEMBRADOS:	GANADERIA:	RECREACION	ZONA INDUSTRIAL	VIVIENDAS Proyectos:	VIAS: <input checked="" type="checkbox"/>	MINERIA:	AREA PROTEGIDA:	ZONA ARQUEOLOGICA:

LEVANTAMIENTO GEOLÓGICO

PROYECTO: LEVANTAMIENTO GEOLÓGICO – ESTRUCTURAL DEL SECTOR PUNZARA CHICO – BARRIO COFRADIA.

DESCRIPCIÓN DE AFLORAMIENTOS

AFLORAMIENTO Nro: 6
FECHA: 31 – 03 -2014
COORDENADAS: X: 697746,432 Y: 9554332,182 Z: 2286,395
DIMENSIONES (h): 15m
RELIEVE: Llano <input type="checkbox"/> Bajo <input type="checkbox"/> De colinas <input type="checkbox"/> Montañoso <input checked="" type="checkbox"/>
VEGETACIÓN: Exuberante <input type="checkbox"/> Escasa <input checked="" type="checkbox"/> Color <input type="checkbox"/>
FOTO Nro: 6
FORMACION: Quillollaco
TIPO DE AFLORAMIENTO: Natural <input checked="" type="checkbox"/> Artificial <input type="checkbox"/>



PERFIL LITOLÓGICO DEL AFLORAMIENTOS

POTENCIA (m)	Nro. DE CAPAS	LITOLOGIA NOMBRE	COLOR	ORIENTACION	GRADO DE METEORIZACION			DESCRIPCION GEOLOGICA
					BAJO	MEDIO	ALTO	
15m	1	conglomerado	amarillento				<input checked="" type="checkbox"/>	

USO DEL SUELO:

TIPO DE SUELO.		SUELOS RESIDUALES:			SEDIMENTARIO:			COLUVIAL: <input checked="" type="checkbox"/>		COLUVION:	
FACTORES DE EROSION:		LLUVIA: <input checked="" type="checkbox"/>			SOL: <input checked="" type="checkbox"/>			VIENTO: <input checked="" type="checkbox"/>		HELADAS:	
PENDIENTE (°)		HORIZONTAL < 10°:			INCLINADO 10 - 35°: <input checked="" type="checkbox"/>			TUMBADO 36 - 60°:		ABRUPTO > 60°:	
USOS:	NATURAL <input checked="" type="checkbox"/>	SEMBRADOS:	GANADERIA:	RECREACION	ZONA INDUSTRIAL	VIVIENDAS Proyectos:	VIAS:	MINERIA:	AREA PROTEGIDA:	ZONA ARQUEOLOGICA:	

LEVANTAMIENTO GEOLÓGICO

PROYECTO: LEVANTAMIENTO GEOLÓGICO – ESTRUCTURAL DEL SECTOR PUNZARA CHICO – BARRIO COFRADIA.

DESCRIPCIÓN DE AFLORAMIENTOS

AFLORAMIENTO Nro: 7
FECHA: 31 - 03 - 2014
COORDENADAS: X: 697933,320 Y: 9554842,877 Z: 2249,065
DIMENSIONES (h): 1,90m
RELIEVE: Llano <input type="checkbox"/> Bajo <input type="checkbox"/> De colinas <input type="checkbox"/> Montañoso <input checked="" type="checkbox"/>
VEGETACIÓN: Exuberante <input type="checkbox"/> Escasa <input checked="" type="checkbox"/> Color <input type="checkbox"/>
FOTO Nro: 6
FORMACION: Quillollaco
TIPO DE AFLORAMIENTO: Natural <input checked="" type="checkbox"/> Artificial <input type="checkbox"/>



PERFIL LITOLÓGICO DEL AFLORAMIENTOS

POTENCIA (m)	Nro. DE CAPAS	LITOLOGIA NOMBRE	COLOR	ORIENTACION	GRADO DE METEORIZACION			DESCRIPCION GEOLOGICA
					BAJO	MEDIO	ALTO	
0,40cm	1	arcilla	negra			X		
0,20cm	1	Arcillas con clastos mal sorteados	amarilla			X		
0,12	1	Arcilla con limos	gris				X	
1,18 m	1	Conglomerado	Amarillo, rojiso				X	

USO DEL SUELO:

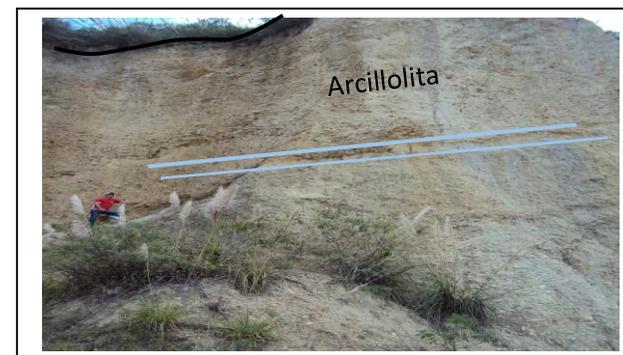
TIPO DE SUELO:	SUELOS RESIDUALES:	SEDIMENTARIO:	COLUVIAL: <input checked="" type="checkbox"/>	COLUVION:						
FACTORES DE EROSION:	LLUVIA: <input checked="" type="checkbox"/>	SOL: <input checked="" type="checkbox"/>	VIENTO: <input checked="" type="checkbox"/>	HELADAS:						
PENDIENTE (°)	HORIZONTAL < 10°:	INCLINADO 10 - 35°: <input checked="" type="checkbox"/>	TUMBADO 36 - 60°:	ABRUPTO > 60°:						
USOS:	NATURAL	SEMBRADOS:	GANADERIA:	RECREACION	ZONA INDUSTRIAL	VIVIENDAS Proyectos: <input checked="" type="checkbox"/>	VIAS:	MINERIA:	AREA PROTEGIDA:	ZONA ARQUEOLOGICA:

LEVANTAMIENTO GEOLÓGICO

PROYECTO: LEVANTAMIENTO GEOLÓGICO – ESTRUCTURAL DEL SECTOR PUNZARA CHICO – BARRIO COFRADIA.

DESCRIPCIÓN DE AFLORAMIENTOS

AFLORAMIENTO Nro: 8
FECHA: 31 - 03 - 2014
COORDENADAS: X: 697677,505 Y: 9554520,784 Z: 2288,806
DIMENSIONES (h): 24m
RELIEVE: Llano <input type="checkbox"/> Bajo <input type="checkbox"/> De colinas <input type="checkbox"/> Montañoso <input checked="" type="checkbox"/>
VEGETACIÓN: Exuberante <input type="checkbox"/> Escasa <input checked="" type="checkbox"/> Color <input type="checkbox"/>
FOTO Nro: 8
FORMACION: Quillollaco
TIPO DE AFLORAMIENTO: Natural <input type="checkbox"/> Artificial <input checked="" type="checkbox"/>



PERFIL LITOLÓGICO DEL AFLORAMIENTOS

POTENCIA (m)	Nro. DE CAPAS	LITOLOGIA NOMBRE	COLOR	ORIENTACION	GRADO DE METEORIZACION			DESCRIPCION GEOLOGICA
					BAJO	MEDIO	ALTO	
0,10cm	1	Arcilla	negra			X		
14m	1	conglomerados	amarillo				X	
0,40cm	1	arcillolita	gris				X	
9,60m	1	Conglomerado	amarillo				X	

USO DEL SUELO:

TIPO DE SUELO.	SUELOS RESIDUALES:		SEDIMENTARIO:			COLUVIAL: <input checked="" type="checkbox"/>		COLUVION:		
FACTORES DE EROSION:	LLUVIA: <input checked="" type="checkbox"/>		SOL: <input checked="" type="checkbox"/>			VIENTO: <input checked="" type="checkbox"/>		HELADAS:		
PENDIENTE (°)	HORIZONTAL < 10°:		INCLINADO 10 - 35°:			TUMBADO 36 - 60°:		ABRUPTO > 60°: <input checked="" type="checkbox"/>		
USOS:	NATURAL	SEMBRADOS:	GANADERIA:	RECREACION	ZONA INDUSTRIAL	VIVIENDAS Proyectos:	VIAS:	MINERIA: <input checked="" type="checkbox"/>	AREA PROTEGIDA:	ZONA ARQUEOLOGICA:

LEVANTAMIENTO GEOLÓGICO

PROYECTO: LEVANTAMIENTO GEOLÓGICO –ESTRUCTURAL DEL SECTOR PUNZARA CHICO – BARRIO COFRADIA.

DESCRIPCIÓN DE AFLORAMIENTOS

AFLORAMIENTO Nro: 9
FECHA: 31 - 03 - 2014
COORDENADAS: X: 697687,433 Y: 9554579,044 Z: 2272,770
DIMENSIONES (h): 35m
RELIEVE: Llano <input type="checkbox"/> Bajo <input type="checkbox"/> De colinas <input type="checkbox"/> Montañoso <input checked="" type="checkbox"/>
VEGETACIÓN: Exuberante <input type="checkbox"/> Escasa <input checked="" type="checkbox"/> Color <input type="checkbox"/>
FOTO Nro: 9
FORMACION: Quillollaco
TIPO DE AFLORAMIENTO: Natural <input type="checkbox"/> Artificial <input checked="" type="checkbox"/>



PERFIL LITOLÓGICO DEL AFLORAMIENTOS

POTENCIA (m)	Nro. DE CAPAS	LITOLOGIA NOMBRE	COLOR	ORIENTACION	GRADO DE METEORIZACION			DESCRIPCION GEOLOGICA
					BAJO	MEDIO	ALTO	
0,15cm	1	Arcilla	Negra			X		
2,50m	1	Conglomerado	Amarillo				X	
0,25cm	1	arcillolita	gris				X	
6m	1	conglomerado	amarillento				X	
0,35cm	1	arcillolita	gris				X	
8m	1	conglomerados	amarillo				X	
0,35cm	1	arcillolita	gris				X	
6m	1	Conglomerado	amarillo				X	
0,30cm	1	arcillolita	gris				X	

7m	1	Conglomerado	amarillo					X		
0,30cm	1	arcillolita	gris	S 103° O / 32°				X		
0,20cm	1	arenisca	amarillenta	S 103° O / 32						
3,50m	1	Conglomerado	amarillo					X		
USO DEL SUELO:										
TIPO DE SUELO.		SUELOS RESIDUALES:			SEDIMENTARIO:			COLUVIAL: X		COLUVION:
FACTORES DE EROSION:		LLUVIA: X			SOL: X			VIENTO: X		HELADAS:
PENDIENTE (°)		HORIZONTAL < 10°:			INCLINADO 10 - 35°:			TUMBADO 36 - 60°:		ABRUPTO > 60°: X
USOS:	NATURAL	SEMBRADOS:	GANADERIA :	RECREACION	ZONA INDUSTRIAL	VIVIENDAS Proyectos:	VIAS:	MINERIA: X	AREA PROTEGIDA:	ZONA ARQUEOLOGICA:

LEVANTAMIENTO GEOLÓGICO

PROYECTO: LEVANTAMIENTO GEOLÓGICO – ESTRUCTURAL DEL SECTOR PUNZARA CHICO – BARRIO COFRADIA.

DESCRIPCIÓN DE AFLORAMIENTOS

AFLORAMIENTO Nro: 10
FECHA: 31 - 03 - 2014
COORDENADAS: X: 697628 Y: 9554730 Z: 2296,28
DIMENSIONES (h): 9,55m
RELIEVE: Llano <input type="checkbox"/> Bajo <input type="checkbox"/> De colinas <input type="checkbox"/> Montañoso <input checked="" type="checkbox"/>
VEGETACIÓN: Exuberante <input type="checkbox"/> Escasa <input checked="" type="checkbox"/> Color <input type="checkbox"/>
FOTO Nro: 10
FORMACION: Quillollaco
TIPO DE AFLORAMIENTO: Natural <input type="checkbox"/> Artificial <input checked="" type="checkbox"/>



PERFIL LITOLÓGICO DEL AFLORAMIENTOS

POTENCIA (m)	Nro. DE CAPAS	LITOLOGIA NOMBRE	COLOR	ORIENTACION	GRADO DE METEORIZACION			DESCRIPCION GEOLOGICA
					BAJO	MEDIO	ALTO	
0,15cm	1	Arcilla	Negra			X		
9,40m	1	Conglomerado	amarillo				X	

USO DEL SUELO:

TIPO DE SUELO.	SUELOS RESIDUALES:		SEDIMENTARIO:			COLUVIAL: <input checked="" type="checkbox"/>	COLUVION:			
FACTORES DE EROSION:	LLUVIA: <input checked="" type="checkbox"/>		SOL: <input checked="" type="checkbox"/>			VIENTO: <input checked="" type="checkbox"/>	HELADAS:			
PENDIENTE (°)	HORIZONTAL < 10°:		INCLINADO 10 - 35°: <input checked="" type="checkbox"/>			TUMBADO 36 - 60°:	ABRUPTO > 60°:			
USOS:	NATURAL	SEMBRADOS:	GANADERIA:	RECREACION	ZONA INDUSTRIAL	VIVIENDAS Proyectos:	VIAS:	MINERIA: <input checked="" type="checkbox"/>	AREA PROTEGIDA:	ZONA ARQUEOLOGICA:

LEVANTAMIENTO GEOLÓGICO

PROYECTO: LEVANTAMIENTO GEOLÓGICO – ESTRUCTURAL DEL SECTOR PUNZARA CHICO – BARRIO COFRADIA.

DESCRIPCIÓN DE AFLORAMIENTOS

AFLORAMIENTO Nro: 11
FECHA: 31 - 03 - 2014
COORDENADAS: X: 697481 Y: 9554869,866 Z: 2322,003
DIMENSIONES (h): 1,30m
RELIEVE: Llano <input type="checkbox"/> Bajo <input type="checkbox"/> De colinas <input checked="" type="checkbox"/> Montañoso <input type="checkbox"/>
VEGETACIÓN: Exuberante <input type="checkbox"/> Escasa <input checked="" type="checkbox"/> Color <input type="checkbox"/>
FOTO Nro: 11
FORMACION: Quillollaco
TIPO DE AFLORAMIENTO: Natural <input type="checkbox"/> Artificial <input checked="" type="checkbox"/>



PERFIL LITOLÓGICO DEL AFLORAMIENTOS

POTENCIA (m)	Nro. DE CAPAS	LITOLOGIA NOMBRE	COLOR	ORIENTACION	GRADO DE METEORIZACION			DESCRIPCION GEOLOGICA
					BAJO	MEDIO	ALTO	
0,15	1	Arcilla	Negra		X			
1,30m	1	Conglomerado	amarillo			X		

USO DEL SUELO:

TIPO DE SUELO:	SUELOS RESIDUALES:	SEDIMENTARIO:	COLUVIAL: <input checked="" type="checkbox"/>	COLUVION:						
FACTORES DE EROSION:	LLUVIA: <input checked="" type="checkbox"/>	SOL: <input checked="" type="checkbox"/>	VIENTO: <input checked="" type="checkbox"/>	HELADAS:						
PENDIENTE (°)	HORIZONTAL < 10°:	INCLINADO 10 - 35°: <input checked="" type="checkbox"/>	TUMBADO 36 - 60°:	ABRUPTO > 60°:						
USOS:	NATURAL	SEMBRADOS:	GANADERIA:	RECREACION	ZONA INDUSTRIAL	VIVIENDAS Proyectos: <input checked="" type="checkbox"/>	VIAS:	MINERIA:	AREA PROTEGIDA:	ZONA ARQUEOLOGICA:

LEVANTAMIENTO GEOLÓGICO

PROYECTO: LEVANTAMIENTO GEOLÓGICO – ESTRUCTURAL DEL SECTOR PUNZARA CHICO – BARRIO COFRADIA.

DESCRIPCIÓN DE AFLORAMIENTOS

AFLORAMIENTO Nro: 12
FECHA: 31 - 03 - 2014
COORDENADAS: X: 697618,816 Y: 9554932,128 Z: 2391,496
DIMENSIONES (h): 22,50 m
RELIEVE: Llano <input type="checkbox"/> Bajo <input type="checkbox"/> De colinas <input checked="" type="checkbox"/> Montañoso <input type="checkbox"/>
VEGETACIÓN: Exuberante <input type="checkbox"/> Escasa <input checked="" type="checkbox"/> Color <input type="checkbox"/>
FOTO Nro: 11
FORMACION: Quillollaco
TIPO DE AFLORAMIENTO: Natural <input type="checkbox"/> Artificial <input checked="" type="checkbox"/>



PERFIL LITOLÓGICO DEL AFLORAMIENTOS

POTENCIA (m)	Nro. DE CAPAS	LITOLOGIA NOMBRE	COLOR	ORIENTACION	GRADO DE METEORIZACION			DESCRIPCION GEOLOGICA
					BAJO	MEDIO	ALTO	
0,10	1	Arcilla	Negra			X		
8m	1	Conglomerado	amarillo				X	
0,40	1	Arcillolita	gris	S23° E/21°			X	
14m	1	Conglomerado	Amarillo				X	

USO DEL SUELO:

TIPO DE SUELO:	SUELOS RESIDUALES:	SEDIMENTARIO: <input checked="" type="checkbox"/>	COLUVIAL: <input checked="" type="checkbox"/>	COLUVION:						
FACTORES DE EROSION:	LLUVIA: <input checked="" type="checkbox"/>	SOL: <input checked="" type="checkbox"/>	VIENTO: <input checked="" type="checkbox"/>	HELADAS:						
PENDIENTE (°)	HORIZONTAL < 10°:	INCLINADO 10 - 35°:	TUMBADO 36 - 60°: <input checked="" type="checkbox"/>	ABRUPTO > 60°:						
USOS:	NATURAL	SEMBRADOS:	GANADERIA:	RECREACION	ZONA INDUSTRIAL	VIVIENDAS Proyectos:	VIAS:	MINERIA: <input checked="" type="checkbox"/>	AREA PROTEGIDA:	ZONA ARQUEOLOGICA:

LEVANTAMIENTO GEOLÓGICO

PROYECTO: LEVANTAMIENTO GEOLÓGICO – ESTRUCTURAL DEL SECTOR PUNZARA CHICO – BARRIO COFRADIA.

DESCRIPCIÓN DE AFLORAMIENTOS

AFLORAMIENTO Nro: 13
FECHA: 31 - 03 - 2014
COORDENADAS: X: 697529,440 Y: 9555026,167 Z: 2294,944
DIMENSIONES (h): 3,50 m
RELIEVE: Llano <input type="checkbox"/> Bajo <input type="checkbox"/> De colinas <input checked="" type="checkbox"/> Montañoso <input type="checkbox"/>
VEGETACIÓN: Exuberante <input type="checkbox"/> Escasa <input checked="" type="checkbox"/> Color <input type="checkbox"/>
FOTO Nro: 13
FORMACION: Quillollaco
TIPO DE AFLORAMIENTO: Natural <input type="checkbox"/> Artificial <input checked="" type="checkbox"/>



PERFIL LITOLÓGICO DEL AFLORAMIENTOS

POTENCIA (m)	Nro. DE CAPAS	LITOLOGIA NOMBRE	COLOR	ORIENTACION	GRADO DE METEORIZACION			DESCRIPCION GEOLOGICA
					BAJO	MEDIO	ALTO	
1	1	Conglomerado con matriz arcillosa	Negra			X		
2,50m	1	Conglomerado	amarillo				X	

USO DEL SUELO:

TIPO DE SUELO.	SUELOS RESIDUALES:		SEDIMENTARIO: X		COLUVIAL: X		COLUVION:			
FACTORES DE EROSION:	LLUVIA: X		SOL: X		VIENTO: X		HELADAS:			
PENDIENTE (º)	HORIZONTAL < 10º:		INCLINADO 10 - 35º: X		TUMBADO 36 - 60º:		ABRUPTO > 60º:			
USOS:	NATURAL	SEMBRADOS:	GANADERIA:	RECREACION	ZONA INDUSTRIAL	VIVIENDAS Proyectos: X	VIAS: X	MINERIA:	AREA PROTEGIDA:	ZONA ARQUEOLOGICA:

LEVANTAMIENTO GEOLÓGICO

PROYECTO: LEVANTAMIENTO GEOLÓGICO – ESTRUCTURAL DEL SECTOR PUNZARA CHICO – BARRIO COFRADIA.

DESCRIPCIÓN DE AFLORAMIENTOS

AFLORAMIENTO Nro: 14
FECHA: 01 - 04 - 2014
COORDENADAS: X: 698180,482 Y: 9554371,410 Z: 2230,700
DIMENSIONES (h): 1,50 m
RELIEVE: Llano <input type="checkbox"/> Bajo <input checked="" type="checkbox"/> De colinas <input type="checkbox"/> Montañoso <input type="checkbox"/>
VEGETACIÓN: Exuberante <input type="checkbox"/> Escasa <input checked="" type="checkbox"/> Color <input type="checkbox"/>
FOTO Nro: 14
FORMACION: Quillollaco
TIPO DE AFLORAMIENTO: Natural <input type="checkbox"/> Artificial <input checked="" type="checkbox"/>



PERFIL LITOLÓGICO DEL AFLORAMIENTOS

POTENCIA (m)	Nro. DE CAPAS	LITOLOGIA NOMBRE	COLOR	ORIENTACION	GRADO DE METEORIZACION			DESCRIPCION GEOLOGICA
					BAJO	MEDIO	ALTO	
1,50m	1	Conglomerado	amarillo				<input checked="" type="checkbox"/>	

USO DEL SUELO:

TIPO DE SUELO.	SUELOS RESIDUALES:	SEDIMENTARIO:	COLUVIAL: <input checked="" type="checkbox"/>	COLUVION:						
FACTORES DE EROSION:	LLUVIA: <input checked="" type="checkbox"/>	SOL: <input checked="" type="checkbox"/>	VIENTO: <input checked="" type="checkbox"/>	HELADAS:						
PENDIENTE (°)	HORIZONTAL < 10°:	INCLINADO 10 - 35°: <input checked="" type="checkbox"/>	TUMBADO 36 - 60°:	ABRUPTO > 60°:						
USOS:	NATURAL	SEMBRADOS:	GANADERIA:	RECREACION	ZONA INDUSTRIAL	VIVIENDAS Proyectos: <input checked="" type="checkbox"/>	VIAS: <input checked="" type="checkbox"/>	MINERIA:	AREA PROTEGIDA:	ZONA ARQUEOLOGICA:

LEVANTAMIENTO GEOLÓGICO

PROYECTO: LEVANTAMIENTO GEOLÓGICO – ESTRUCTURAL DEL SECTOR PUNZARA CHICO – BARRIO COFRADIA.

DESCRIPCIÓN DE AFLORAMIENTOS

AFLORAMIENTO Nro: 15
FECHA: 01 - 04 - 2014
COORDENADAS: X: 697888,525 Y: 9554023,561 Z: 2239,288
DIMENSIONES (h): 5,60 m
RELIEVE: Llano <input type="checkbox"/> Bajo <input checked="" type="checkbox"/> De colinas <input type="checkbox"/> Montañoso <input type="checkbox"/>
VEGETACIÓN: Exuberante <input type="checkbox"/> Escasa <input checked="" type="checkbox"/> Color <input type="checkbox"/>
FOTO Nro: 15
FORMACION: Quillollaco
TIPO DE AFLORAMIENTO: Natural <input type="checkbox"/> Artificial <input checked="" type="checkbox"/>



PERFIL LITOLÓGICO DEL AFLORAMIENTOS

POTENCIA (m)	Nro. DE CAPAS	LITOLOGIA NOMBRE	COLOR	ORIENTACION	GRADO DE METEORIZACION			DESCRIPCION GEOLOGICA
					BAJO	MEDIO	ALTO	
0,10m	1	arcilla	negra			X		
5,50m	1	Conglomerado	amarillo				X	

USO DEL SUELO:

TIPO DE SUELO:		SUELOS RESIDUALES:		SEDIMENTARIO: X		COLUVIAL: X		COLUVION:		
FACTORES DE EROSION:		LLUVIA: X		SOL: X		VIENTO: X		HELADAS:		
PENDIENTE (°)		HORIZONTAL < 10°:		INCLINADO 10 - 35°: X		TUMBADO 36 - 60°:		ABRUPTO > 60°:		
USOS:	NATURAL	SEMBRADOS:	GANADERIA:	RECREACION	ZONA INDUSTRIAL	VIVIENDAS Proyectos: X	VIAS:	MINERIA:	AREA PROTEGIDA:	ZONA ARQUEOLOGICA:

LEVANTAMIENTO GEOLÓGICO

PROYECTO: LEVANTAMIENTO GEOLÓGICO – ESTRUCTURAL DEL SECTOR PUNZARA CHICO – BARRIO COFRADIA.

DESCRIPCIÓN DE AFLORAMIENTOS

AFLORAMIENTO Nro: 16
FECHA: 01 - 04 - 2014
COORDENADAS: X: 697730,741 Y: 9555016,440 Z: 2259,026
DIMENSIONES (h): 8,10 m
RELIEVE: Llano <input type="checkbox"/> Bajo <input checked="" type="checkbox"/> De colinas <input type="checkbox"/> Montañoso <input type="checkbox"/>
VEGETACIÓN: Exuberante <input type="checkbox"/> Escasa <input checked="" type="checkbox"/> Color <input type="checkbox"/>
FOTO Nro: 16
FORMACION: Quillollaco
TIPO DE AFLORAMIENTO: Natural <input type="checkbox"/> Artificial <input checked="" type="checkbox"/>



PERFIL LITOLÓGICO DEL AFLORAMIENTOS

POTENCIA (m)	Nro. DE CAPAS	LITOLOGIA NOMBRE	COLOR	ORIENTACION	GRADO DE METEORIZACION			DESCRIPCION GEOLOGICA
					BAJO	MEDIO	ALTO	
0,10m	1	arcilla	negra			X		
8,0m	1	Conglomerado	amarillo				X	

USO DEL SUELO:

USO DEL SUELO:											
TIPO DE SUELO.		SUELOS RESIDUALES:			SEDIMENTARIO: <input checked="" type="checkbox"/>			COLUVIAL: <input checked="" type="checkbox"/>		COLUVION:	
FACTORES DE EROSION:		LLUVIA: <input checked="" type="checkbox"/>			SOL: <input checked="" type="checkbox"/>			VIENTO: <input checked="" type="checkbox"/>		HELADAS:	
PENDIENTE (°)		HORIZONTAL < 10°:			INCLINADO 10 - 35°: <input checked="" type="checkbox"/>			TUMBADO 36 - 60°:		ABRUPTO > 60°:	
USOS:	NATURAL	SEMBRADOS:	GANADERIA:	RECREACION	ZONA INDUSTRIAL	VIVIENDAS Proyectos: <input checked="" type="checkbox"/>	VIAS:	MINERIA:	AREA PROTEGIDA:	ZONA ARQUEOLOGICA:	

ANEXO 11

Fichas Caracterización de Deslizamientos

CARACTERIZACIÓN DE MOVIMIENTOS EN MASA

DATOS GENERALES

MOVIMIENTO Nro. 1	ALTURA:
COORDENADAS X: 697766,185	DIRECCION: S 123 ° E
Y: 9554293,116	ANGULO (inclinación de la ladera en grados): 100 °
FOTO Nro. 1	FORMA DE LA LADERA: Recta () Cóncava (x) Convexa ()
ALTITUD: 2278,460	USO DEL TERRENO: Arbustos y árboles () No vegetada () Pastos (x) Cultivos () Residencial () Vía presente ()
FECHA: 31-03-2014	

CARACTERÍSTICAS DEL MOVIMIENTO

TIPO : Deslizamiento (x) flujo () Caídas () Reptación () Erosión ()	
LONGITUD (Distancia Promedio desde el escarpe hasta la base): 176 m	
ANCHO (promedio de la zona): 48 m	
TIPO DE FALLA: Indeterminada () Rotacional () Traslacional (x) Completa () Múltiple ()	
MECANISMO: Evento sencillo y rápido () Evento sencillo y lento (x) Evento múltiple y rápido () Evento múltiple y lento ()	
SECUENCIA DE REPETICIÓN:	
ACTIVIDAD : Inactivo () Latente (x) Activo () Actividad localizada ()	
ESTADO DEL ESCARPE: No es aplicable () Escarpe evidente (x) Escarpe vago ()	
FORMA DEL ESCARPE: No aplicable () Semicircular (x) Elongado (Alargado) ()	
AREA DEL ESCARPE: No aplicable () Pequeña (<200 m²) (x) Mediana (200 – 500 m²) () Grande (>500 m²) ()	
VEGETACIÓN DEL ESCARPE: No Aplicable () No vegetada () Vegetación escasa (x) Arbustos ()	
FORMA DE LA MASA DESPLAZADA: No aplicable () Longitud = ancho () Longitud > ancho (x) Longitud < ancho ()	
ESTADO DE LA MASA DESPLAZADA: Masa intacta () Masa desintegrada (x) Masa en forma de flujo () No Presente ()	
HUMEDAD DE LA MASA DESPLAZADA: No Presenta zonas Húmedas () Zonas de alta Humedad (x) Zonas Inundadas ()	
VEGETACIÓN DE LA MASA DESPLAZADA: No Aplicable () No vegetada () Vegetación escasa (x) arbustos () Árboles ()	
SUPERFICIE DE FALLA: Cubierta orgánica (x) Suelo depositado () Suelo residual () Relleno ()	
CAUSA PROBABLE : Desconocida () Erosión concentrada () Deforestación () Exceso de agua (x) Cargas de construcción () Discontinuidades ()	
FACTOR DISPARADOR : Desconocido () Lluvias (x) Construcciones () Apertura de vía (x)	
DAÑO: No visible (x) Carreteras () Residencias () Áreas de pasto () Residencias ()	
ESTABILIZACIÓN: No Visible (x) Muros () Canales () Drenes () Otros ()	
CROQUIS Y OBSERVACIONES:	

CARACTERIZACIÓN DE MOVIMIENTOS EN MASA

DATOS GENERALES

MOVIMIENTO Nro. 2	ALTURA:
COORDENADAS X: 697933	DIRECCION: N 116 ° E
Y: 9554274	ANGULO (inclinación de la ladera en grados): 11 °
FOTO Nro. 2	FORMA DE LA LADERA: Recta () Cóncava (x) Convexa ()
ALTITUD: 2252,90	USO DEL TERRENO: Arbustos y árboles () No vegetada () Pastos (x) Cultivos () Residencial () Vía presente ()
FECHA: 31-03-2014	

CARACTERÍSTICAS DEL MOVIMIENTO

TIPO : Deslizamiento (x) flujo () Caídas () Reptación () Erosión ()	
LONGITUD (Distancia Promedio desde el escarpe hasta la base): 32 m	
ANCHO (promedio de la zona): 54 m	
TIPO DE FALLA: Indeterminada () Rotacional () Traslacional (x) Completa () Múltiple ()	
MECANISMO: Evento sencillo y rápido () Evento sencillo y lento (x) Evento múltiple y rápido () Evento múltiple y lento ()	
SECUENCIA DE REPETICIÓN:	
ACTIVIDAD : Inactivo () Latente () Activo (x) Actividad localizada ()	
ESTADO DEL ESCARPE: No es aplicable () Escarpe evidente (x) Escarpe vago ()	
FORMA DEL ESCARPE: No aplicable () Semicircular (x) Elongado (Alargado) ()	
AREA DEL ESCARPE: No aplicable () Pequeña (<200 m ²) (x) Mediana (200 – 500 m ²) () Grande (>500 m ²) ()	
VEGETACIÓN DEL ESCARPE: No Aplicable () No vegetada () Vegetación escasa (x) Arbustos ()	
FORMA DE LA MASA DESPLAZADA: No aplicable () Longitud = ancho () Longitud > ancho () Longitud < ancho (x)	
ESTADO DE LA MASA DESPLAZADA: Masa intacta (x) Masa desintegrada () Masa en forma de flujo () No Presente ()	
HUMEDAD DE LA MASA DESPLAZADA: No Presenta zonas Húmedas () Zonas de alta Humedad (x) Zonas Inundadas ()	
VEGETACIÓN DE LA MASA DESPLAZADA: No Aplicable () No vegetada () Vegetación escasa () arbustos (x) Árboles ()	
SUPERFICIE DE FALLA: Cubierta orgánica (x) Suelo depositado () Suelo residual () Relleno ()	
CAUSA PROBABLE : Desconocida () Erosión concentrada () Deforestación (x) Exceso de agua (x) construcciones (x) Discontinuidades ()	
FACTOR DISPARADOR : Desconocido () Lluvias (x) Construcciones () Apertura de vía (x)	
DAÑO: No visible (x) Carreteras () Residencias () Áreas de pasto () Residencias ()	
ESTABILIZACIÓN: No Visible (x) Muros () Canales () Drenes () Otros ()	
CROQUIS Y OBSERVACIONES:	
El deslizamiento al parecer es provocado, por el ampliamiento de la vía de integración barrial, y el paso de maquinaria pesada, sumándole a estas variables las precipitaciones	

CARACTERIZACIÓN DE MOVIMIENTOS EN MASA

DATOS GENERALES

MOVIMIENTO Nro. 3	ALTURA:
COORDENADAS X: 697867,216	DIRECCION: S 81 ° E
Y: 9554414,495	ANGULO (inclinación de la ladera en grados): 17 °
FOTO Nro. 3	FORMA DE LA LADERA: Recta (x) Cóncava () Convexa ()
ALTITUD: 2273,460	USO DEL TERRENO: Arbustos y árboles () No vegetada () Pastos (x) Cultivos () Residencial () Vía presente ()
FECHA: 31-03-2014	

CARACTERÍSTICAS DEL MOVIMIENTO

TIPO : Deslizamiento (x) flujo () Caídas () Reptación () Erosión ()	
LONGITUD (Distancia Promedio desde el escarpe hasta la base): 14 m	
ANCHO (promedio de la zona): 20 m	
TIPO DE FALLA: Indeterminada () Rotacional (x) Traslacional () Completa () Múltiple ()	
MECANISMO: Evento sencillo y rápido () Evento sencillo y lento (x) Evento múltiple y rápido () Evento múltiple y lento ()	
SECUENCIA DE REPETICIÓN:	
ACTIVIDAD : Inactivo () Latente () Activo (x) Actividad localizada ()	
ESTADO DEL ESCARPE: No es aplicable () Escarpe evidente (x) Escarpe vago ()	
FORMA DEL ESCARPE: No aplicable () Semicircular (x) Elongado (Alargado) ()	
AREA DEL ESCARPE: No aplicable (x) Pequeña (<200 m ²) () Mediana (200 – 500 m ²) () Grande (>500 m ²) ()	
VEGETACIÓN DEL ESCARPE: No Aplicable () No vegetada () Vegetación escasa (x) Arbustos ()	
FORMA DE LA MASA DESPLAZADA: No aplicable () Longitud = ancho () Longitud > ancho () Longitud < ancho (x)	
ESTADO DE LA MASA DESPLAZADA: Masa intacta () Masa desintegrada (x) Masa en forma de flujo () No Presente ()	
HUMEDAD DE LA MASA DESPLAZADA: No Presenta zonas Húmedas () Zonas de alta Humedad (x) Zonas Inundadas ()	
VEGETACIÓN DE LA MASA DESPLAZADA: No Aplicable () No vegetada (x) Vegetación escasa () arbustos () Árboles ()	
SUPERFICIE DE FALLA: Cubierta orgánica (x) Suelo depositado () Suelo residual () Relleno ()	
CAUSA PROBABLE : Desconocida () Erosión concentrada () Deforestación (x) Exceso de agua (x) construcciones (x) Discontinuidades ()	
FACTOR DISPARADOR : Desconocido () Lluvias (x) Construcciones () Apertura de vía (x)	
DAÑO: No visible () Carreteras () Residencias () Áreas de pasto (x) Residencias ()	
ESTABILIZACIÓN: No Visible (x) Muros () Canales () Drenes () Otros ()	
CROQUIS Y OBSERVACIONES: Presencia de agua de escorrentía.	

DATOS GENERALES

MOVIMIENTO Nro. 4	ALTURA:
COORDENADAS X: 697935,572	DIRECCION: S 84 ° E
Y: 9554376,114	ANGULO (inclinación de la ladera en grados): 28 °
FOTO Nro. 4	FORMA DE LA LADERA: Recta () Cóncava (x) Convexa ()
ALTITUD: 2256,277	USO DEL TERRENO: Arbustos y árboles () No vegetada () Pastos (x)
FECHA: 31-03-2014	Cultivos () Residencial () Vía presente ()

CARACTERÍSTICAS DEL MOVIMIENTO

TIPO : Deslizamiento (x) flujo () Caídas () Reptación () Erosión ()	
LONGITUD (Distancia Promedio desde el escarpe hasta la base): 64 m	
ANCHO (promedio de la zona): 83 m	
TIPO DE FALLA: Indeterminada () Rotacional (x) Traslacional () Completa () Múltiple ()	
MECANISMO: Evento sencillo y rápido () Evento sencillo y lento (x) Evento múltiple y rápido () Evento múltiple y lento ()	
SECUENCIA DE REPETICIÓN:	
ACTIVIDAD : Inactivo () Latente () Activo (x) Actividad localizada ()	
ESTADO DEL ESCARPE: No es aplicable () Escarpe evidente (x) Escarpe vago ()	
FORMA DEL ESCARPE: No aplicable () Semicircular (x) Elongado (Alargado) ()	
AREA DEL ESCARPE: No aplicable () Pequeña (<200 m²) (x) Mediana (200 – 500 m²) () Grande (>500 m²) ()	
VEGETACIÓN DEL ESCARPE: No Aplicable () No vegetada () Vegetación escasa (x) Arbustos ()	
FORMA DE LA MASA DESPLAZADA: No aplicable () Longitud = ancho () Longitud > ancho () Longitud < ancho (x)	
ESTADO DE LA MASA DESPLAZADA: Masa intacta () Masa desintegrada (x) Masa en forma de flujo () No Presente ()	
HUMEDAD DE LA MASA DESPLAZADA: No Presenta zonas Húmedas () Zonas de alta Humedad (x) Zonas Inundadas ()	
VEGETACIÓN DE LA MASA DESPLAZADA: No Aplicable () No vegetada (x) Vegetación escasa () arbustos () Árboles ()	
SUPERFICIE DE FALLA: Cubierta orgánica () Suelo depositado (x) Suelo residual () Relleno ()	
CAUSA PROBABLE : Desconocida () Erosión concentrada () Deforestación (x) Exceso de agua (x) construcciones (x) Discontinuidades ()	
FACTOR DISPARADOR : Desconocido () Lluvias (x) Construcciones () Apertura de vía (x)	
DAÑO: No visible () Carreteras () Residencias () Áreas de pasto (x) Residencias ()	
ESTABILIZACIÓN: No Visible (x) Muros () Canales () Drenes () Otros ()	
CROQUIS Y OBSERVACIONES:	
<ul style="list-style-type: none"> - Presencia de agua de escorrentía. - Presencia de coluvión, Neis, cuarcita, arcilla arenosa, productos de la desintegración del Neis. 	

DATOS GENERALES

MOVIMIENTO Nro. 5	ALTURA:
COORDENADAS X: 697539,296	DIRECCION: S 115 ° E
Y: 9554892,265	ANGULO (inclinación de la ladera en grados): 21 °
FOTO Nro. 5	FORMA DE LA LADERA: Recta () Cóncava (x) Convexa ()
ALTITUD: 2311,149	USO DEL TERRENO: Arbustos y árboles () No vegetada () Pastos (x)
FECHA: 31-03-2014	Cultivos () Residencial () Vía presente ()

CARACTERÍSTICAS DEL MOVIMIENTO

TIPO : Deslizamiento (x) flujo () Caídas () Reptación () Erosión ()
LONGITUD (Distancia Promedio desde el escarpe hasta la base): 93 m
ANCHO (promedio de la zona): 49 m
TIPO DE FALLA: Indeterminada () Rotacional () Traslacional (x) Completa () Múltiple ()
MECANISMO: Evento sencillo y rápido () Evento sencillo y lento (x) Evento múltiple y rápido () Evento múltiple y lento ()
SECUENCIA DE REPETICIÓN:
ACTIVIDAD : Inactivo () Latente (x) Activo () Actividad localizada ()
ESTADO DEL ESCARPE: No es aplicable () Escarpe evidente (x) Escarpe vago ()
FORMA DEL ESCARPE: No aplicable () Semicircular (x) Elongado (Alargado) ()
AREA DEL ESCARPE: No aplicable (x) Pequeña (<200 m ²) () Mediana (200 – 500 m ²) () Grande (>500 m ²) ()
VEGETACIÓN DEL ESCARPE: No Aplicable () No vegetada () Vegetación escasa (x) Arbustos ()
FORMA DE LA MASA DESPLAZADA: No aplicable () Longitud = ancho () Longitud > ancho (x) Longitud < ancho ()
ESTADO DE LA MASA DESPLAZADA: Masa intacta (x) Masa desintegrada () Masa en forma de flujo () No Presente ()
HUMEDAD DE LA MASA DESPLAZADA: No Presenta zonas Húmedas () Zonas de alta Humedad (x) Zonas Inundadas ()
VEGETACIÓN DE LA MASA DESPLAZADA: No Aplicable () No vegetada () Vegetación escasa (x) arbustos () Árboles ()
SUPERFICIE DE FALLA: Cubierta orgánica () Suelo depositado () Suelo residual (x) Relleno ()
CAUSA PROBABLE : Desconocida () Erosión concentrada () Deforestación (x) Exceso de agua (x) construcciones (x) Discontinuidades ()
FACTOR DISPARADOR : Desconocido () Lluvias (x) Construcciones () Apertura de vía ()
DAÑO: No visible () Carreteras () Residencias () Áreas de pasto (x) Residencias ()
ESTABILIZACIÓN: No Visible (x) Muros () Canales () Drenes () Otros ()
CROQUIS Y OBSERVACIONES:



ANEXO 12

Cortes Geoeléctricos

Corte 1.

El Corte se lo realizo en sentido W – E, considerando a los sondeos o líneas 2 y 3.

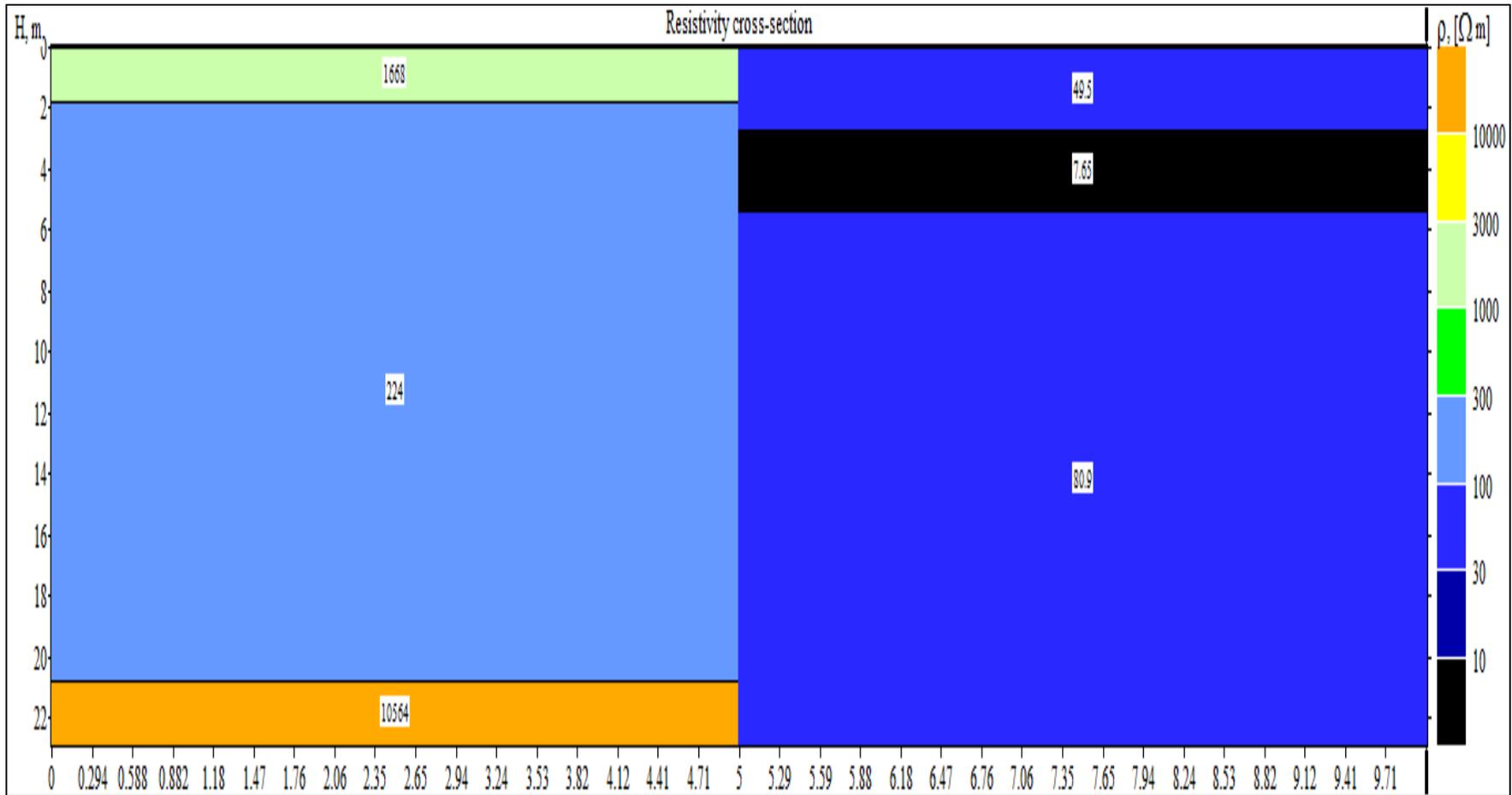


Fig. 8.25. Resistividad del corte geoelectrico Líneas 2 y 3.

Fuente: El Autor

Corte. 2.

El Corte se lo realizo en sentido W – E, considerando a los sondeos o líneas 3 y 4.

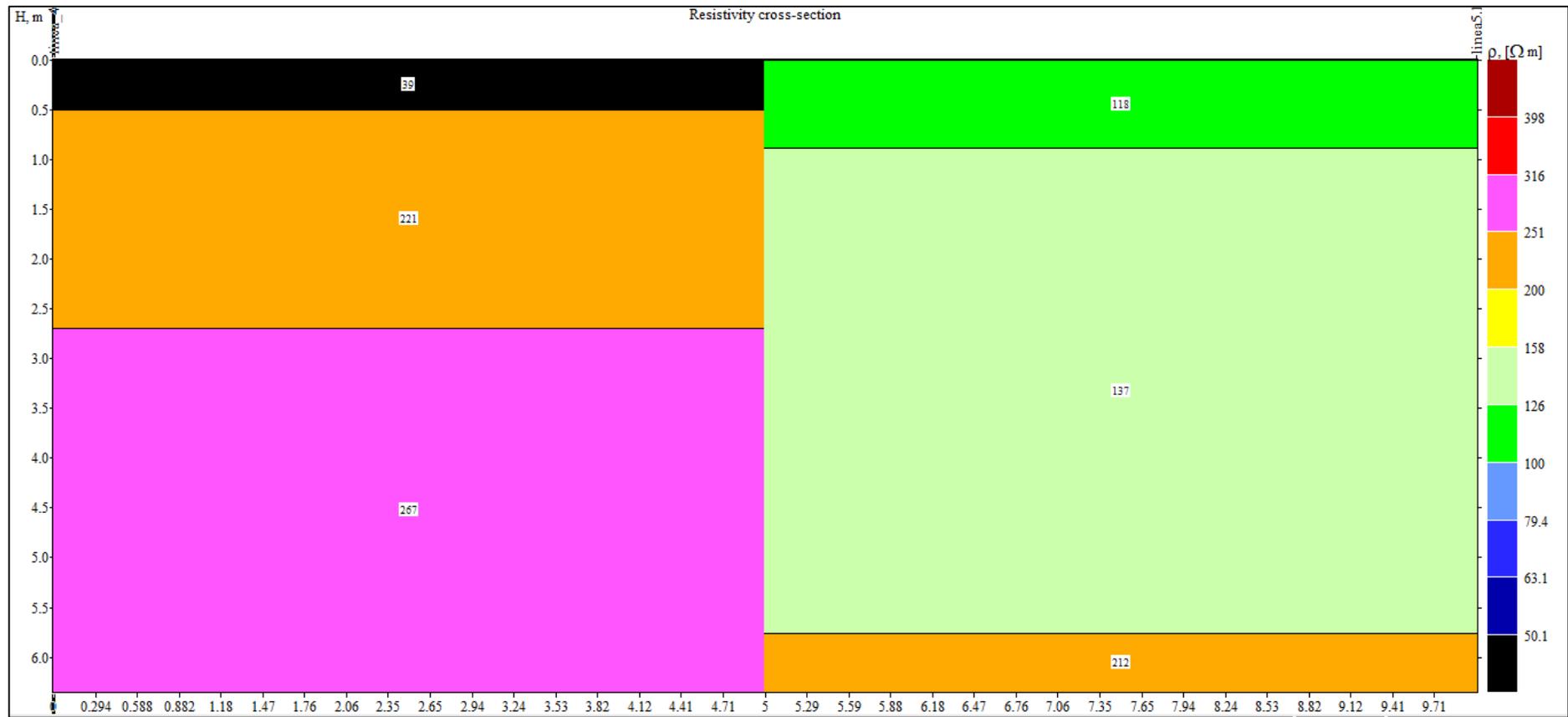


Fig. 8.26. Resistividad del corte geoelectrico Líneas 4 y 5.

Fuente: El Autor

Corte. 3.

El Corte se lo realizo en sentido W – E, considerando a los sondeos o líneas 6,7 y 5.

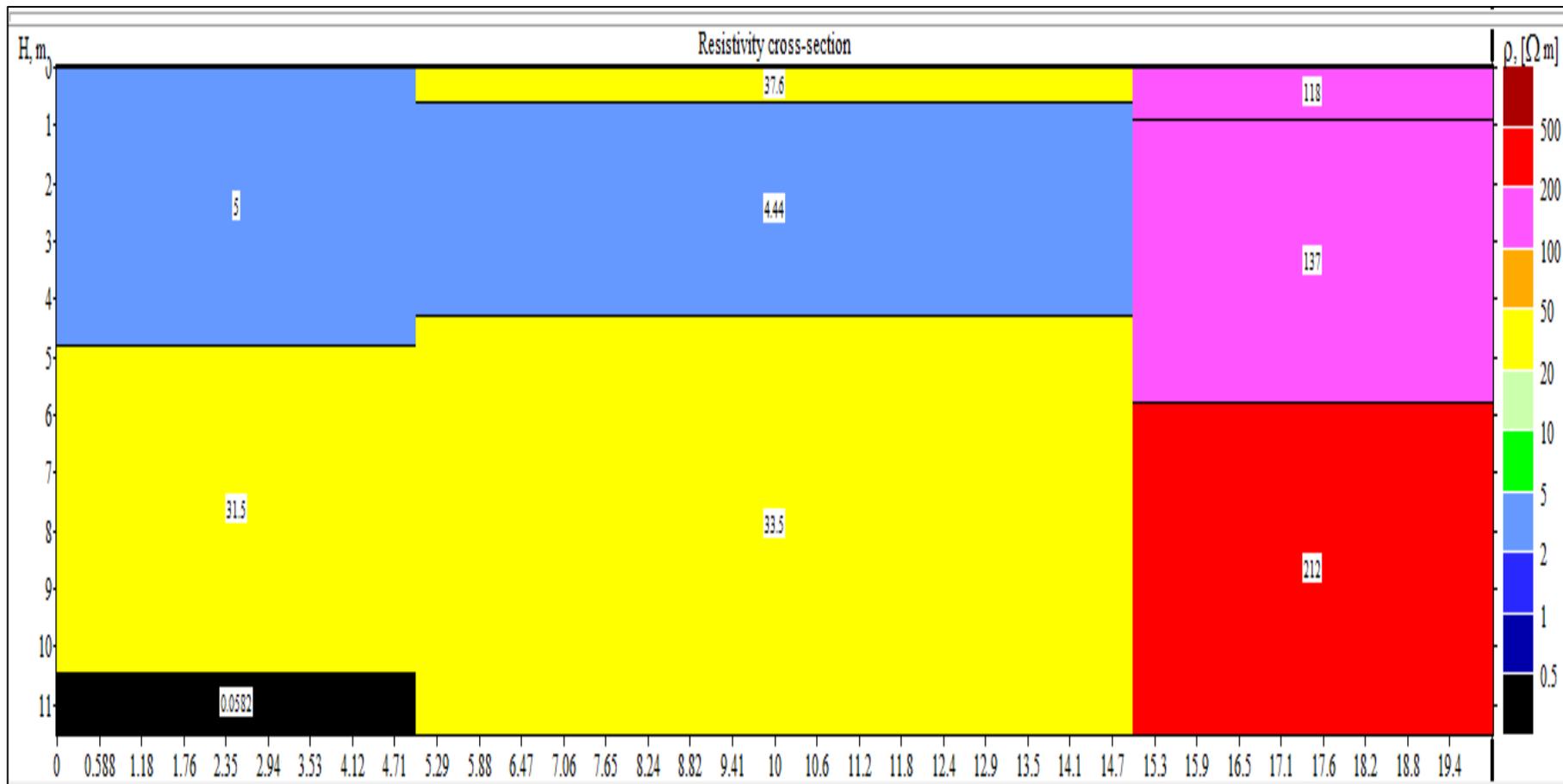


Fig. 8.27. Resistividad del corte geoelectrico Líneas 6, 7, 5.

Fuente: El Autor.

ANEXO 13

Hoja de toma de datos SEV



UNIVERSIDAD NACIONAL DE LOJA
CARRERA EN GEOLOGIA AMBIENTAL Y ORDENAMIENTO TERRITORIAL

Sondaje Geofísico: Métodos Eléctricos.
"Resistividad Verdadera " SCHUMBERGER"

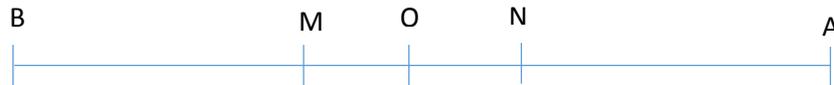
NOMBRE DEL SONDAJE:

FECHA:

OPERADOR:

COORDENADAS:

DISPOSITIVO SCHLUMBERGER



DIBUJO UBICACIÓN SEV # =

ESTACIÓN PUNTO	ABERTURA AB/2	ABERTURA MN/2	CONSTANTE k	1 ^{era} LECTURA		2 ^{da} LECTURA		3 ^{era} LECTURA		OBSERVACIONES
				RESISTENCIA R (Ohm)	RESISTIVIDAD (ohm-m)	RESISTENCIA R (Ohm)	RESISTIVIDAD (ohm-m)	RESISTENCIA R (Ohm)	RESISTIVIDAD (ohm-m)	
1	1.00	0.20	7.54							
2	1.47	0.20	16.66							
3	2.15	0.20	35.99							
4	3.16	0.20	78.11							
5	4.64	0.20	168.78							
6	4.64	0.50	86.85							
7	6.81	0.20	363.92							
8	6.81	0.50	144.91							
9	10.00	0.50	313.37							
10	14.70	0.50	678.08							
11	14.70	2.00	166.58							
12	21.50	0.50	1454.42							
13	21.50	2.00	359.91							
14	31.60	2.00	781.13							
15	46.40	2.00	1687.79							
17	68.10	2.00	3639.24							

18	68.10	5.00	1449.10							
19	100.00	5.00	3133.75							
20	100.00	10.00	1555.09							
21	147.00	5.00	6780.83							
22	147.00	10.00	3378.63							
23	147.00	20.00	1665.75							
24	215.00	10.00	7245.32							
25	215.00	20.00								

ANEXO 14

ESTUDIOS COMPLEMENTARIOS

**ENSAYO DE PENETRACIÓN
ESTÁNDAR (SPT)**



UNIVERSIDAD NACIONAL DE LOJA

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

Ingeniería en Geología Ambiental y Ordenamiento Territorial

ANTEPROYECTO DE TESIS

TÍTULO:

**“SUSCEPTIBILIDAD A DESLIZAMIENTOS EN LA
VÍA DE INTEGRACIÓN BARRIAL, SECTOR
PUNZARA CHICO, HASTA EL BARRIO
COFRADÍA”**

AUTOR:

VLADIMIR ALEXANDER BURI FLORES

ASESOR:

Ing. Jorge Enrique Gahona Pacheco, Mg.Sc.

Previo a la obtención del título
de Ingeniero en Geología
Ambiental y Ordenamiento
Territorial.

Loja – Ecuador

2014

1. TEMA

“SUSCEPTIBILIDAD A DESLIZAMIENTOS EN LA VÍA DE INTEGRACIÓN BARRIAL, SECTOR PUNZARA CHICO, HASTA EL BARRIO COFRADÍA”

2. ANTECEDENTES

El acceso principal a las urbanizaciones, se lo realiza por la vía aérea desde Quito y/o Guayaquil, hasta la ciudad de Catamayo (Aeropuerto Camilo Ponce Enríquez), después de esto se debe continuar luego por vía terrestre, 33,39 km a través de la carretera Catamayo - Loja. Desde la ciudad de Loja se puede acceder por medio de la Avenida de Integración Barrial en dirección Norte - Sur, a la altura de la entrada del relleno sanitario y la quebrada la alumbre que desemboca al río Malacatos la misma que pasa por la ciudadela Esteban Godoy y la Argelia; se ubica el sector de Punzara Chico y el Barrio Cofradía.

Su ubicación geográfica esta localizada en la región andina Sur-oriental del Ecuador, políticamente el sector pertenece al barrio Punzara Chico, de la Parroquia Sucre, jurisdicción del Cantón y Provincia de Loja y está en la parte periférica suroccidental de la ciudad de Loja, dentro del límite urbano se encuentra el sector en estudio.

La región en donde se encuentra ubicada el sector en estudio es el de la cuenca sedimentaria de Loja, que se halla comprendida entre elevaciones que varían entre los 2.200 y 2.400 metros sobre el nivel del mar (Punzara Grande y Chico) al sur del área, y los 2 600 m s. n. m., en el flanco oeste de la cordillera Chonta Cruz, ramal de la cordillera de los Andes en el lado oeste; y pertenece a la micro cuenca hidrográfica del río Malacatos de la ciudad de Loja; se encuentra la formación Quillollaco que está formada básicamente por conglomerados muy granulados con muy pocas intercalaciones de arenisca. El conglomerado son detritos sostenidos. Los que se encuentran compuestos de clastos metamórficos semi-redondeados.

3. PROBLEMÁTICA

La falta de previsión de instituciones encargadas del Ordenamiento Territorial en la ciudad de Loja, sumado a un conjunto de factores climáticos que se manifiestan en épocas invernales, ha desencadenado un sin número de problemas en proyectos habitacionales, redes vitales que son emplazados y construidos de manera inadecuada, en zonas o áreas que son susceptibles a fenómenos de remoción en masa, teniendo un alto potencial de ser afectadas por algún tipo de evento o fenómeno natural.

Los barrios ubicados a lo largo de la vía de integración barrial como Punzara Chico, barrio Cofradía y nuevos proyectos urbanísticos, que son encaminados por instituciones públicas y privadas, y que debido a la demanda de espacio habitacional en la ciudad, se están desarrollando en estas zonas susceptibles a deslizamientos, la mayoría de ellas se las ha ejecutado sin un estudio previo, y sumándose a esto actividades antrópicas, son el manifiesto de que no se ha tomado la debida responsabilidad en la planificación territorial, para de esta manera poder establecer de forma certera zonas de restricción e implementar códigos de construcción y la determinación de sectores aptos para la construcción de proyectos urbanísticos entre otros.

4. JUSTIFICACIÓN

En la ciudad de Loja, específicamente en la cuenca sedimentaria que abarca un área de 5.533 hectáreas, presenta un alto índice de inestabilidad, en donde se han podido valorar 33 barrios considerados como de alto riesgo a fenómenos geológicos y climatológicos, lo que ha ocasionado serios problemas económicos sumándose a esto la acción humana que contribuye a provocar movimientos de remoción en masa.

Ante esto, se ha visto en la necesidad de realizar un mapa de susceptibilidad a deslizamientos en el sector de Punzara Chico hasta el barrio cofradía, ubicado dentro de la hoya de Loja, esta información facilitara la toma de decisiones en lo que corresponde a zonificación y planes de ordenamiento territorial del Municipio de Loja, siendo de esta forma beneficiados el sector antes mencionado ya que ayudara de manera significativa a elaborar en lo posterior, planes, programas y proyectos inclinados a prever, prevenir y adoptar medidas de estabilización y control a deslizamientos; para de esta forma limitar y reducir los daños que pudiesen causar a personas y bienes en el futuro.

5. OBJETIVOS

OBJETIVO GENERAL

Desarrollar un mapa de susceptibilidad para el área de influencia de la vía interbarrial, en el sector “Punzara Chico hasta el Barrio Cofradía” pertenecientes a la Ciudad de Loja.

OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- 4) Realizar el levantamiento topográfico y geológico a detalle a 200 metros a cada margen del eje de la vía de integración barrial, identificando los principales rasgos litológicos, geomorfológicos y estructurales.
- 5) Determinar el valor de la resistividad del subsuelo mediante geofísica (SEV) sondeos eléctricos verticales, a partir de mediciones en superficie.
- 6) Correlacionar la información obtenida para la elaboración de un mapa de susceptibilidad.

6. MARCO TEÓRICO REFERENCIAL

6.1. Susceptibilidad.- Aquello que está potencialmente dispuesto a modificarse o evolucionar ante eventuales circunstancias naturales o antrópicas.

6.2. Peligro.

“Peligro o factor de riesgo externo de un sujeto o sistema, representado por un peligro latente asociado con un fenómeno físico de origen natural, de origen tecnológico o provocado por el hombre, que puede manifestarse en un sitio específico, durante un tiempo de exposición determinado, produciendo efectos adversos en las personas, los bienes y/o el medio ambiente. “Cardona A. Ornar D”.

6.3. Riesgo.

Todo proceso, situación u ocurrencia en el medio geológico, natural, inducida o mixta, que puede generar un daño económico o social para alguna comunidad, y en cuya previsión, prevención o corrección se emplearán criterios geológicos. Ayala Carcedo.

6.4. Vulnerabilidad.

“Es el grado de pérdida de un elemento o grupo de elementos bajo riesgo, resultado de la probable ocurrencia de un evento desastroso, expresada en una escala que va de 0 (sin daño) a 1 (pérdida total). Cardona A. Ornar.

6.5. Movimientos de masa

"Es todo desplazamiento hacia abajo (vertical o inclinado en dirección del pie de una ladera) de un volumen de material litológico importante, en el cual el principal agente es la gravedad." (Vargas, 1999).

6.6. Deslizamientos

Concepto: Sharpe en 1938 definió los deslizamientos como la caída perceptible o movimiento descendente de una masa relativamente seca de tierra, roca o ambas.

6.6.1. Clasificación.- Las clasificaciones de deslizamientos, están basadas todas ellas en el mecanismo de rotura y la naturaleza de los materiales involucrados (Varnes, 1984; Hutchinson, 1988; Cruden y Varnes 1996). La clasificación más utilizada es la propuesta por Corominas y García (1997) basada en las anteriores. Se pueden encontrar cinco mecanismos principales:

- Desprendimientos o caídas
- Vuelcos
- Deslizamientos
- Expansiones laterales y
- Flujos

6.7. Factores que afectan la estabilidad del terreno.

La estabilidad de las laderas está condicionada por la acción simultánea de una serie de factores. Desde un punto de vista físico los deslizamientos se producen como consecuencia de los desequilibrios existentes entre las fuerzas que actúan sobre un volumen de terreno. Los factores que influyen en la estabilidad de las laderas se pueden separar en dos grandes grupos (Ferrer. 1987):

- Factores internos
- Factores externos

6.8. Métodos de estimación de la susceptibilidad del terreno a la formación de Deslizamientos.

La clasificación de los métodos empleados para evaluar la susceptibilidad a la rotura de una ladera así como para la realización de mapas, varían según los autores (Coraminas 1992).

Existen cuatro principales procedimientos utilizados en la evaluación y confección de mapas de susceptibilidad del terreno:

- **Los métodos determinísticos.**
- **Los métodos heurísticos.**
- **Las aproximaciones probabilísticas.**
- **Los métodos geomorfológicos.**

6.9. Sistemas de Información Geográfica SIG.

S.I.G. es una herramienta perfectamente aplicable para realizar el análisis y la posterior cartografía de la susceptibilidad de la peligrosidad y/o del riesgo a deslizamientos. El desarrollo de los SIG ha incrementado enormemente la disponibilidad de las técnicas de evaluación de susceptibilidad a deslizamientos y su aplicación (Van Westen 1994).

6.9.1. INTEGRACIÓN DE LOS SIG CON LAS TÉCNICAS DE EVALUACIÓN DE LA PELIGROSIDAD A DESLIZAMIENTOS.

En 1994 Van Westen publicó un manual completo sobre la aplicación de un SIG en la zonificación de inestabilidad de laderas.

Inicialmente la mayoría de las aplicaciones de los mapas de susceptibilidad con SIG utilizaban las técnicas basadas en la superposición de mapas.

6.9.2. ESCALAS DE TRABAJO

Cuando se preparan mapas de susceptibilidad, se debe valorar la influencia que un número de factores incidirá en la probabilidad de ocurrencia de deslizamientos (Rengers 1992). Cuanto más detallado sea el mapa más factores deberán ser estudiados. La escala de análisis es uno de los primeros puntos a considerar en un proyecto. De ella dependerá la metodología utilizada, en general, se pueden distinguir tres escalas:

- Escala regional (<1:100.000).
- Escala media (1:25.000 a 1:50.000).
- Gran escala (1:5.000 a 1:10.000).
- Escala detallada (> 1:5.000).

6.9.3. UNIDAD DE TERRENO UTILIZADA.- Para realizar un mapa de susceptibilidad a los deslizamientos de una zona mediante un SIG es necesario seleccionar la unidad del terreno que se va a utilizar en el análisis. Se han propuesto varios métodos para definir la unidad del terreno (Meijerink 1988).

- ***Unidades geomorfológicas***

6.9.4. ENTRADA DE DATOS EN UN SIG.- La entrada de datos en un SIG se puede agrupar a grandes rasgos en tres métodos distintos:

- Digitalización de datos analógicos
- Entrada de base de datos temática
- Entrada e interpretación de imágenes satélite

6.10. GEOFÍSICA

Para Gutenberg (1937), era la ciencia que estudia los fenómenos físicos que se verifican sobre la tierra o parte de ella, suficientemente grande, como para que este hecho sea capaz de imprimir al fenómeno físico un carácter especial.

6.10.1. PROSPECCIÓN GEOFÍSICA

La Geofísica es una ciencia natural que utiliza los postulados fundamentales de la Física para investigar el comportamiento de algunos componentes de nuestro planeta como el campo magnético, la densidad de las rocas, su capacidad para conducir la corriente eléctrica y las ondas sísmicas, el movimiento de los continentes y los fondos marinos, etc. (Dr. Geól. Miguel Auge; 2008).

6.10.2. GEOELÉCTRICA

Es la rama de la Geofísica que trata sobre el comportamiento de rocas y sedimentos en relación a la corriente eléctrica.

Los métodos geoeléctricos más empleados en Hidrogeología 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.

6.10.3. SONDEOS ELÉCTRICOS VERTICALES SEV

La finalidad del sondeo eléctrico vertical (SEV) consiste en 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 utiliza sobre todo para detectar y establecer los límites de capas horizontales de suelo estratificado. Los Sondeos Eléctricos Verticales exploran el subsuelo en una sola dimensión (solo en profundidad). GEOSUB; (Hidrogeología Ambiental).

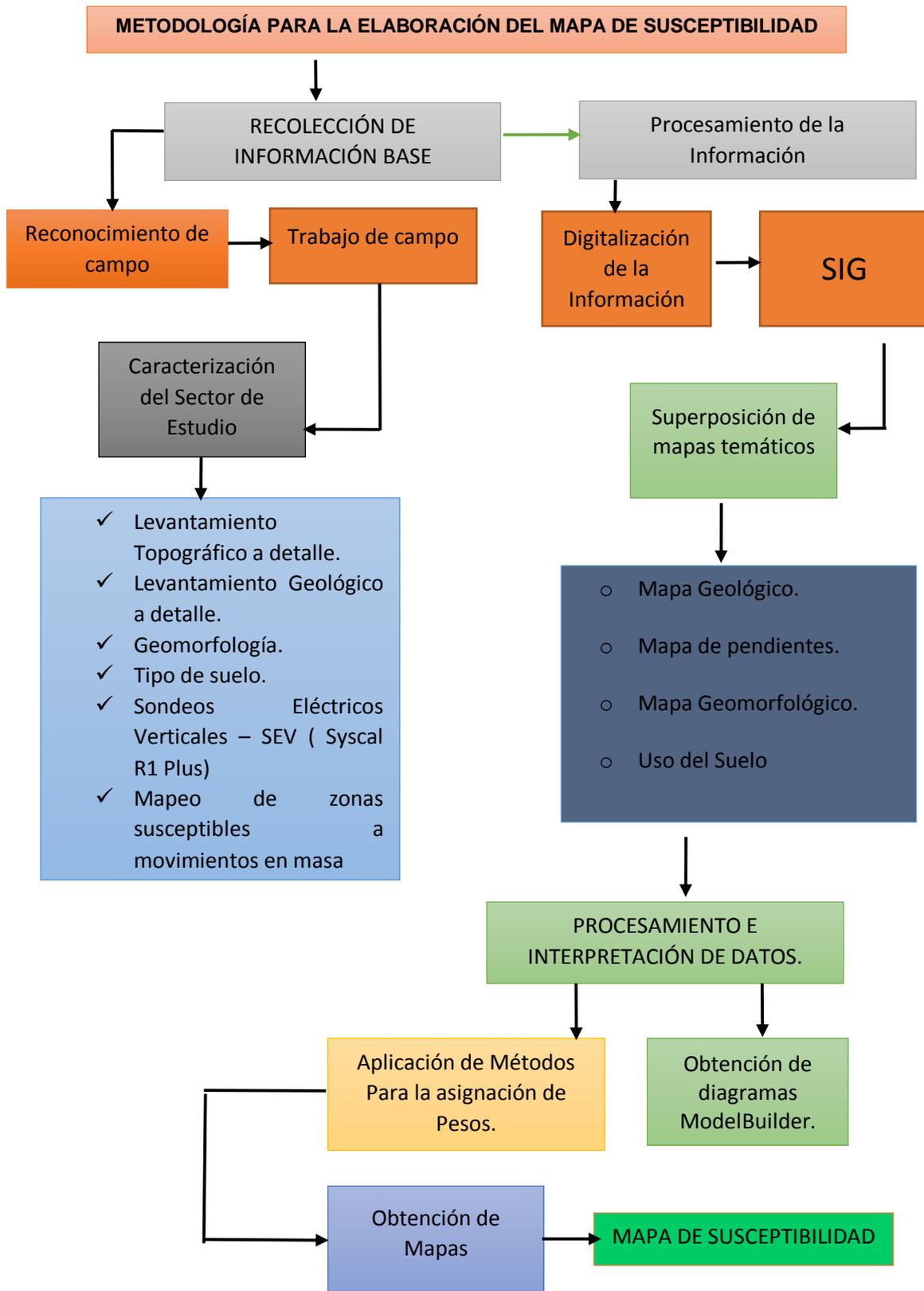
6.11. CLASIFICACIÓN DE LOS SUELOS

6.11.1. Sistema Unificado de Clasificación de Suelos

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

7. METODOLOGÍA

La metodología a utilizarse para la elaboración del mapa de susceptibilidad del presente proyecto constara de etapas fundamentales como de campo y oficina, ante el cual se expone en el siguiente esquema cada uno de las etapas que lo componen.



8. CRONOGRAMA DE TRABAJO

Tabla1. Cronograma

<i>ACTIVIDADES</i>	TIEMPO MESES											
	ABRIL				MAYO				JUNIO			
	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4
▪ Elaboración del Proyecto.												
▪ Aprobación del proyecto												
Etapa de campo												
▪ Levantamiento Topográfico												
▪ Levantamiento Geológico.												
▪ Sondeos eléctricos Verticales (SEV)												
Etapa de oficina												
▪ Elaboración de mapas temáticos : <ul style="list-style-type: none"> ○ Pendiente. ○ Geología. ○ Geomorfología. ○ Precipitaciones. 												
▪ Superposición de mapas para obtener "Mapa de Susceptibilidad"												
▪ Proyecto Final												

Fuente: El Autor.

8. PRESUPUESTO

Para la realización del Proyecto se describirán los costos de inversión de cada una de las actividades:

Tabla 2. Costos por Actividades

<i>ACTIVIDADES:</i>	UNIDAD	CANTIDAD	COSTO UNITARIO (USD)	COSTO TOTAL (USD)
ACTIVIDADES DE CAMPO:				
Trabajo Inicial: Revisión de Bibliografía, internet.	mes	1	20	20
- Topografía	ha	35	50	1750
- Geología, Local	ha	35	35	1225
- Calicatas	u	3	20	60
ENSAYO DE LABORATORIO:				
- Clasificación de suelos	u	2	15	30
- Análisis granulométrico	u	2	16	32
- Limite liquido		2	8	16
- Limite plástico	u	2	8	16
- Contenido de humedad	u	2	6	12
SONDEOS ELÉCTRICOS VERTICALES (SEV)	m	40	8	320
INVENTARIO DE DESLIZAMIENTOS	u	4	15	60
MATERIAL DE CAMPO	u	6	10	60
MOVILIZACIÓN, Y SUBSISTENCIA.	día	40	4	160
SUMINISTROS DE OFICINA: Papel.	u	2	15	30
SERVICIOS DE IMPRESIÓN:				
- Impresión de mapas borrador	u	6	2	12
- Impresión de formatos finales A0 - A3	u	6	2.50	15
- Impresiones texto e informe parcial	u	4	10	40
- Impresión de Proyecto final, empastados.	u	4	35	100
			TOTAL	3958

Fuente: EL Autor.

9. RECURSOS MATERIALES

ACTIVIDAD A EJECUTAR	EQUIPO /MATERIAL	ENTIDAD DE APOYO
Topografía	Estación Robótica /R4; s6 ; s4	CGAYOT
Geología	Brújula, GPS, cartas geológicas levantamiento de campo	TITULADO
SEV	Sondeos eléctricos verticales en las principales zonas inestables	TITULADO/CGAYOT
Geotecnia/ suelos	En caso de requerirse, Caracterización de macizos, interpretación de RCS, (Martillo Schmidt), datos de laboratorio.	TITULADO/CGAYOT
MAPAS e informe final	Estudios técnico general de la zona especificada	TITULADO
GAYOT: Carrera de Ingeniería en Geología Ambiental y Ordenamiento Territorial Universidad Nacional de Loja		

10. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

- ✚ Como conclusión general se pretende alcanzar con cada uno de los objetivos propuestos para el sector “Punzara Chico – Barrio Cofradía” logrando la generar un mapa de susceptibilidad a deslizamientos.
- ✚ Se cree necesario la intervención del G.A.D. Municipal de Loja para la planificación de proyectos encaminados a la determinación de zonas susceptibles a deslizamientos, en la ciudad de Loja.
- ✚ La información obtenida podrá ser anexada en la base de datos que tiene el G.A.D. Municipal de Loja, o cualquier institución privada, para de esta forma complementar estudios de posibles proyectos a desarrollarse por estas instituciones.

11. ESQUEMA TENTATIVO

1. TEMA

2. OBJETIVOS

Objetivo General

Objetivos Específicos

3. INTRODUCCIÓN

4. PROBLEMÁTICA

5. JUSTIFICACIÓN

6. MATERIALES Y MÉTODOS

6.1. Materiales Utilizados

6.2. Metodología

7. MARCO TEÓRICO

7.1. Susceptibilidad.

7.2. Peligro. Riesgo

7.3. Vulnerabilidad.

7.4. Movimientos de masa

7.5. Deslizamientos

7.5.1. Clasificación.

7.6. CLASIFICACIÓN DE LOS SUELOS

7.6.1. Sistema Unificado de Clasificación de Suelos. (SUCS)

7.6.2. Sistema de Clasificación según la AASHTO

7.7. Factores que afectan la estabilidad del terreno.

7.8. Métodos de estimación de la susceptibilidad del terreno a la formación de Deslizamientos.

7.9. Sistemas de Información Geográfica SIG.

7.9.1. INTEGRACIÓN DE LOS SIG CON LAS TÉCNICAS DE EVALUACIÓN DE LA PELIGROSIDAD A DESLIZAMIENTOS.

7.9.2. ESCALAS DE TRABAJO

7.9.3. UNIDAD DE TERRENO UTILIZADA

7.9.4. ENTRADA DE DATOS EN UN SIG.

7.10. GEOFÍSICA

7.10.1. PROSPECCIÓN GEOFÍSICA

7.10.2. GEO ELÉCTRICA

7.10.3. SONDEOS ELÉCTRICOS VERTICALES SEV

8. RESULTADOS

8.1. Descripción Biofísica del Sector

- 8.1.1. Ubicación y acceso
- 8.1.2. Clima.
- 8.1.3. Uso del suelo.

8.2. Obtención de resultados

- 8.2.1. Topografía
- 8.2.2. Geología
- 8.2.3. Edafología
- 8.2.4. Geomorfología
- 8.2.5. Interpretación de los sondeos Eléctricos Verticales – SEV
- 8.2.6. Mapeo de zonas susceptibles a movimientos en masa
- 8.2.7. Medidas técnicas generales para estabilidad y control.

9. DISCUSIÓN DE RESULTADOS

10. CONCLUSIONES

11. RECOMENDACIONES

12. BIBLIOGRAFÍA

ANEXOS

Mapas

Registro fotográfico