



# UNIVERSIDAD NACIONAL DE LOJA

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

## **Carrera de Ingeniería en Geología Ambiental y Ordenamiento Territorial**

“ESTUDIO GEOLÓGICO ESTRUCTURAL DEL SOCAVÓN DE  
1500,00 METROS DE LA MINA GOLDEN MINERA  
COMUNITARIA HUERTAS DEL ÁREA MINERA CEBRAL,  
CÓDIGO 300267, PARROQUIA HUERTAS, CANTÓN ZARUMA  
PROVINCIA DE EL ORO”.

Tesis previa a la obtención del título de  
Ingeniero en Geología Ambiental y  
Ordenamiento Territorial

### **AUTOR:**

Leonardo Erix Aguilar Aguilar

### **DIRECTOR:**

Ing. Carlomagno Nixon Chamba Tacuri, Mg. Sc.

**Loja - Ecuador**

**2015**

## CERTIFICACIÓN

Ing. Carlomagno Nixon Chamba Tacuri, Mg. Sc.

DOCENTE DE LA CARRERA DE INGENIERÍA EN GEOLOGÍA AMBIENTAL Y ORDENAMIENTO TERRITORIAL DE LA UNIVERSIDAD NACIONAL DE LOJA.

**DIRECTOR DE TESIS**

### CERTIFICA:

Haber dirigido, asesorado, revisado y corregido el presente trabajo de tesis de grado, en su proceso de investigación cuyo tema versa en "ESTUDIO GEOLÓGICO ESTRUCTURAL DEL SOCAVÓN DE 1500,00 METROS DE LA MINA GOLDEN MINERA COMUNITARIA HUERTAS DEL ÁREA MINERA CEBRAL, CÓDIGO 300267, PARROQUIA HUERTAS, CANTÓN ZARUMA PROVINCIA DE EL ORO"., previo a la obtención del título de Ingeniero en Geología Ambiental y Ordenamiento Territorial, realizado por el señor, egresado: Leonardo Erix Aguilar Aguilar, la misma que cumple con la reglamentación y políticas de investigación, por lo que autorizo su presentación y posterior sustentación y defensa.

Loja, 12 de Junio de 2015



Ing. Carlomagno Nixon Chamba Tacuri, Mg. Sc.

**DIRECTOR DE TESIS**

## AUTORÍA

Yo, **LEONARDO ERIX AGUILAR AGUILAR**, 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 Institucional - Biblioteca Virtual.

**Firma:**



**Cédula:**

1102446117

**Fecha:**

27 de Julio del 2015.

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

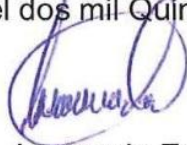
Yo, **LEONARDO ERIX AGUILAR AGUILAR**, declaro ser autor de la tesis titulada: "ESTUDIO GEOLÓGICO ESTRUCTURAL DEL SOCAVÓN DE 1500,00 METROS DE LA MINA GOLDEN MINERA COMUNITARIA HUERTAS DEL ÁREA MINERA CEBRAL, CÓDIGO 300267, PARROQUIA HUERTAS, CANTÓN ZARUMA PROVINCIA DE EL ORO", como requisito para optar al grado de: **INGENIERO EN GEOLOGÍA AMBIENTAL Y ORDENAMIENTO TERRITORIAL**; autorizo al sistema Bibliotecario de la Universidad Nacional de Loja para que con fines académicos, muestre al mundo la producción intelectual de la Universidad, a través de la visibilidad de su contenido de la siguiente manera en el Repositorio Digital Institucional:

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

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

Para constancia de esta autorización, en la ciudad de Loja, a los veinte y siete días del mes de Julio del dos mil Quince.

**Firma:**



**Autor:** Leonardo Erix Aguilar Aguilar

**Cédula:** 1102446117

**Dirección:** Loja (Argentina 15-132 y Uruguay)

**Correo Electrónico:** Leo\_agui\_agui@hotmail.com

**Teléfono:** 072578137                      **Celular:** 0993553202

**DATOS COMPLEMENTARIOS**

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

**Tribunal de Grado:**

Ing. Julio Eduardo Romero Sigcho, Mg. Sc.

Ing. Jeanine Elizabeth Azanza González, Mg. Sc.

Ing. Diego Eduardo Jara Delgado, Mg. Sc.

## **AGRADECIMIENTO**

Son muchas las personas que han formado parte de mi vida profesional a las que me encantaría agradecerles su amistad, consejos, apoyo, ánimo y compañía en los momentos más difíciles de mi vida. Algunas están aquí conmigo y otras en mis recuerdos y en mi corazón, sin importar en donde estén quiero darles las gracias por formar parte de mí, por todo lo que me han brindado y por todas sus bendiciones. Para ellos: Muchas gracias.

## **DEDICATORIA**

A mis hijos

Con mucho amor y cariño les dedico todo mi esfuerzo y trabajo puesto para la realización de esta tesis.

## **RESUMEN**

El presente trabajo de tesis se realizó en las instalaciones de la Mina Comunitaria Huertas que forma parte del área minera CEBRAL código 300267 de la parroquia Huertas, del cantón Zaruma provincia de El Oro.

En esta investigación se ha determinado el levantamiento topográfico a detalle de los 1500,00 metros de la galería de estudio, así como el levantamiento geológico tomando muestras para determinar la composición mineralógica de la roca en los laboratorios de la Universidad Nacional de Loja. Como también se tomó parte de las muestras para análisis de dureza, resistencia y caracterización del macizo rocoso.

Se toma medidas estructurales dentro de la galería minera para la realización del mapa geológico estructural y las características físico-mecánico de las rocas tomando en cuenta desde el inicio hasta los trabajos más recientes del socavón, a una longitud de 1500,00 Metros de la mina GOLDEN MINERA COMUNITARIA HUERTAS.

La finalidad del proyecto es determinar las áreas inestables dentro de la galería identificando las zonas de más alto riesgo que pueden ocasionar accidentes en las diversas operaciones de laboreo de la Mina. El presente trabajo de tesis realiza la determinación de un estudio geológico estructural del socavón en estudio que forma parte del área minera CEBRAL código 300267 de la parroquia Huertas, del cantón Zaruma provincia de El Oro.

## **ABSTRACT**

The following work was done in the area of the Minera Comunitaria Huertas which is part of mining area CEBRAL, code 300267, in the Huertas town, in Zaruma, El Oro province.

This research has determined with great detail the geological and topographical survey of 1500 meters from a mining gallery, but for doing these it was necessary to collect rock samples to indicate the mineralogy using the laboratories of Universidad Nacional de Loja. Analysis was also of properties like hardness, the strength and characterization of rock mass.

Structural measures inside the mining gallery were taken with the plan to do a geological and structural map and to present the physical - mechanical characteristics of the rocks since the beginning of the jobs in the area until the last works there, at a distance of 1500 meters from the mine GOLDEN MINERA COMUNITARIAS HUERTAS.

The purpose of this project is to determine the unstable areas in the mining gallery which showing the highest risk zones that may cause accidents in different activities around the mining work in the tunnel.



## INDICE DE CONTENIDOS

CERTIFICACIÓN .....	ii
AUTORÍA .....	iii
CARTA DE AUTORIZACIÓN .....	iv
AGRADECIMIENTO .....	v
DEDICATORIA .....	vi
RESUMEN.....	vii
ABSTRACT .....	viii
1. INTRODUCCIÓN.....	2
2. OBJETIVOS.....	3
a) Objetivo General.....	3
b) Objetivos Específicos .....	3
3. MARCO TEÓRICO .....	4
3.1. Geología.....	4
3.2. Estructuras Geológicas .....	4
3.2.1. Pliegues .....	7
3.2.1.1. Elementos Descriptivos de un Pliegue.....	8
3.2.1.2. Tipos de Pliegues.....	9
3.2.1.3. Estructura y Relieve .....	10
3.2.2. Diaclasas .....	12
3.2.3. Fallas Geológicas.....	13
3.2.3.1. Clasificación .....	13
3.2.3.2. Otros Tipos de Fallas .....	15
3.2.3.3. Criterios de Reconocimiento de Fallas .....	17
3.2.4. Discordancias.....	18
3.3. Resistencia de la Matriz Rocosa .....	19
3.3.1. Condiciones Hidrogeológicas.....	22
3.4. Propiedades de las Rocas y del Macizo Rocoso .....	24
3.4.1. Propiedades del Yacimiento.....	24
3.5. Mecánica De Rocas.....	26
3.5.1. Densidad.....	27
3.5.2. Humedad.....	27
3.5.3. Porosidad .....	28
3.5.4. Esponjamiento .....	29
3.5.5. Resistencia de las Rocas y del Mineral .....	29

<b>4.</b>	<b>MATERIALES Y MÉTODOS</b> .....	32
4.1.	<b>Materiales</b> .....	32
4.1.1.	<b>Materiales de Campo</b> .....	32
4.1.2.	<b>Materiales de Laboratorio</b> .....	32
4.1.3.	<b>Materiales de Gabinete.</b> .....	33
4.2.	<b>Métodos</b> .....	33
4.2.1.	<b>Primer Objetivo: Realizar una base topográfica superficial y subterránea a detalle de área de explotación de la mina GOLDEN MINERA COMUNITARIA HUERTAS.</b> .....	34
4.2.2.	<b>Elaborar la base geológica estructural superficial y subterránea a detalle de la mina GOLDEN MINERA COMUNITARIA HUERTAS.</b> .....	35
4.2.3.	<b>Elaborar el mapa geológico y estructural identificando la característica físico-mecánica de las rocas con la información obtenida del socavón de la mina de estudio</b> .....	36
<b>5.</b>	<b>RESULTADOS</b> .....	38
5.1.	<b>Descripción biofísica del sector de estudio</b> .....	38
5.1.1.	<b>Ubicación Geo-política</b> .....	38
5.1.2.	<b>Ubicación Geográfica.</b> .....	38
5.1.3.	<b>Vías de acceso y comunicación al sitio</b> .....	40
5.1.4.	<b>Geografía de la zona</b> .....	41
5.1.5.	<b>Clima y vegetación</b> .....	42
5.1.6.	<b>Usos del Suelo</b> .....	43
5.1.7.	<b>Relieve</b> .....	45
5.1.8.	<b>Hidrografía</b> .....	45
5.2.	<b>Resultados Específicos</b> .....	47
5.2.1.	<b>Topografía</b> .....	47
5.2.2.	<b>Geología</b> .....	49
5.2.2.1.	<b>Geología regional</b> .....	49
5.2.2.2.	<b>Geología local.</b> .....	51
5.2.2.3.	<b>Geología Estructural</b> .....	70
5.2.2.4.	<b>Sismicidad</b> .....	70
5.2.2.5.	<b>Alteración y Mineralización</b> .....	71
5.2.3.	<b>Característica Físico-Mecánica de Las Rocas</b> .....	75
5.2.3.1.	<b>Mediciones de las Discontinuidades</b> .....	75
5.2.3.2.	<b>Descripción de cada parámetro geológico</b> .....	76
<b>6.</b>	<b>DISCUSIÓN</b> .....	81
<b>7.</b>	<b>CONCLUSIONES</b> .....	83

<b>8.</b>	<b>RECOMENDACIONES</b> .....	<b>84</b>
<b>9.</b>	<b>BIBLIOGRAFÍA</b> .....	<b>85</b>
<b>10.</b>	<b>ANEXOS</b> .....	<b>87</b>
<b>10.1.</b>	<b>TOPOGRAFÍA SUPERFICIAL DEL ÁREA DE ESTUDIO</b> .....	<b>87</b>
<b>10.2.</b>	<b>GEOLOGÍA SUPERFICIAL DEL ÁREA DE ESTUDIO</b> .....	<b>89</b>
<b>10.3</b>	<b>UBICACIÓN DE MUESTREO DEL ÁREA DE ESTUDIO</b> .....	<b>91</b>
<b>10.4</b>	<b>TOPOGRAFÍA INTERIOR MINA DEL ÁREA DE ESTUDIO</b> .....	<b>93</b>
<b>10.5</b>	<b>GEOLOGÍA INTERIOR MINA DEL ÁREA DE ESTUDIO</b> .....	<b>95</b>
<b>10.6</b>	<b>REGISTRO FOTOGRÁFICO</b> .....	<b>97</b>
	<b>Levantamiento de Información Interior Mina</b> .....	<b>98</b>
	<b>Ensayos de laboratorio “GEOCONS”</b> .....	<b>101</b>
<b>10.7</b>	<b>LEVANTAMIENTO TOPOGRÁFICO DE LA MINA GOLDEN MINERA COMUNITARIA HUERTAS</b> .....	<b>104</b>
<b>10.8</b>	<b>LEVANTAMIENTO GEOLÓGICO DE LA MINA GOLDEN MINERA COMUNITARIA HUERTAS</b> .....	<b>118</b>
<b>10.9.</b>	<b>Ensayos de Laboratorio “GEOCONS”</b> .....	<b>154</b>

## ÍNDICE DE TABLAS

<b>Tabla 1.</b> Descripción del grado de Meteorización .....	25
<b>Tabla 2.</b> Clasificación en base a la Resistencia de las Rocas .....	25
<b>Tabla 3.</b> Clasificación en base a la Resistencia de las Rocas .....	26
<b>Tabla 4.</b> Delimitación del área Minera CEBRAL. ....	38
<b>Tabla 5.</b> Indicadores Climáticos Medios. ....	42
<b>Tabla 6.</b> Determinación del Nombre de la Roca por el Sistema de Streckeisen – Muestra LA-001 .....	54
<b>Tabla 7.</b> Determinación del Nombre de la Roca por el Sistema de Streckeisen – Muestra LA-002 .....	56
<b>Tabla 8.</b> Determinación del Nombre de la Roca por el Sistema de Streckeisen – Muestra LA-003 .....	58
<b>Tabla 9.</b> Determinación del Nombre de la Roca por el Sistema de Streckeisen – Muestra LA-004 .....	60
<b>Tabla 10.</b> Determinación del Nombre de la Roca por el Sistema de Streckeisen – Muestra LA-005 .....	62
<b>Tabla 11.</b> Determinación del Nombre de la Roca por el Sistema de Streckeisen – Muestra LA-006 .....	64
<b>Tabla 12.</b> Determinación del Nombre de la Roca por el Sistema de Streckeisen – Muestra LA-007 .....	66
<b>Tabla 13.</b> Determinación del Nombre de la Roca por el Sistema de Streckeisen – Muestra LA-008 .....	68

## ÍNDICE DE FIGURAS

<b>Figura 1.</b> Influencia de las discontinuidades en la estabilidad del túnel.....	6
<b>Figura 2.</b> Pliegues (a) Anticlinal asimétrico y (b) sinclinal simétrico.....	8
<b>Figura 3.</b> En (a) se puede ver el plano axial y el eje axial inclinado; en (b) un bloque diagrama de un anticlinal buzante y en (c) un bloque diagrama de un sinclinal buzante. ....	9
<b>Figura 4.</b> Tipos de pliegues: (1) Monoclinal, (2) Anticlinal y sinclinal simétrico, (3) Anticlinal y Sinclinal asimétrico, (4) Anticlinal Tumbado, (5) Isoclinal y (6) Anticlinal Recostado .....	9
<b>Figura 5.</b> Conjunto de pliegues buzantes expuestos por erosión. Obsérvese la manera como alternan los ejes axiales de los dos anticlinales extremos, con el eje axial del sinclinal situado en la mitad.....	11
<b>Figura 6.</b> Erosión regional; las serranías y las hondonadas son el resultado de la modelación del patrón estructural impuesto, en una secuencia sinclinal-anticlinal. En el anticlinal (izquierda) se observa una depresión topográfica que expone el núcleo de la estructura, donde inicialmente las capas habían conformado un “relieve” positivo.....	11
<b>Figura 7.</b> El relieve es el resultado transitorio de la acción antagónica de las fuerzas endógenas (creadoras) y las fuerzas exógenas (modeladoras). ....	12
<b>Figura 8.</b> Tipos de falla y elementos descriptivos. ....	14
<b>Figura 9.</b> Evolución de una falla de cabalgamiento. ....	16
<b>Figura 10.</b> Sistema de fallas .....	16
<b>Figura 11.</b> En el bloque de la izquierda se aprecia una falla normal con buzamiento contrario al de las capas; observe que se repiten capas. En el lado derecho, se observa otra falla normal con buzamiento similar al de las capas; en este caso se omiten. ....	17
<b>Figura 12.</b> Evolución Morfológica del escarpe de falla. ....	18
<b>Figura 13.</b> Diferentes tipos de Discordancia: cualquiera que sea el caso, las superficies de erosión pueden contener paleosuelos o rocas descompuestas que pueden quedar expuestas. ....	19
<b>Figura 14.</b> Ubicación del área de estudio .....	39
<b>Figura 15.</b> Acceso al área de Estudio.....	41

<b>Figura 16.</b> Mapa de cobertura vegetal y uso actual del suelo.....	44
<b>Figura 17.</b> Hidrología del área de Estudio. ....	46
<b>Figura 18.</b> Mapa Geológico Regional de la zona de Zaruma-Portovelo. ....	50
<b>Figura 19.</b> Diagrama de clasificación de las rocas - Muestra LA-001.....	55
<b>Figura 20.</b> Diagrama de clasificación de las rocas - Muestra LA-002.....	57
<b>Figura 21.</b> Diagrama de clasificación de las rocas - Muestra LA-003.....	59
<b>Figura 22.</b> Diagrama de clasificación de las rocas - Muestra LA-004.....	61
<b>Figura 23.</b> Diagrama de clasificación de las rocas - Muestra LA-005.....	63
<b>Figura 24.</b> Diagrama de clasificación de las rocas - Muestra LA-006.....	65
<b>Figura 25.</b> Diagrama de clasificación de las rocas - Muestra LA-007.....	67
<b>Figura 26.</b> Diagrama de clasificación de las rocas - Muestra LA-008.....	69

## ÍNDICE DE CUADROS

<b>Cuadro 1.</b> Composición Mineralógica de las rocas - Muestra LA-001 .....	56
<b>Cuadro 2.</b> Composición Mineralógica de las rocas - Muestra LA-002 .....	58
<b>Cuadro 3.</b> Composición Mineralógica de las rocas - Muestra LA-003 .....	60
<b>Cuadro 4.</b> Composición Mineralógica de las rocas - Muestra LA-004 .....	62
<b>Cuadro 5.</b> Composición Mineralógica de las rocas - Muestra LA-005 .....	64
<b>Cuadro 6.</b> Composición Mineralógica de las rocas - Muestra LA-006 .....	65
<b>Cuadro 7.</b> Composición Mineralógica de las rocas - Muestra LA-007 .....	67
<b>Cuadro 8.</b> Composición Mineralógica de las rocas - Muestra LA-008 .....	69

**“ESTUDIO GEOLÓGICO ESTRUCTURAL DEL  
SOCAVÓN DE 1500,00 METROS DE LA MINA GOLDEN  
MINERA COMUNITARIA HUERTAS DEL ÁREA MINERA  
CEBRAL, CÓDIGO 300267, PARROQUIA HUERTAS,  
CANTÓN ZARUMA PROVINCIA DE EL ORO”.**



## **1. INTRODUCCIÓN**

El crecimiento de la minería subterránea en el Ecuador ha provocado que las sociedades mineras existentes en nuestro país que aprovechan el mineral sin tomar en cuenta el comportamiento del macizo rocoso existente alrededor de la zona de explotación, lo que trae consigo que la instalación de sistemas de sostenimiento realizados de una forma empírica disminuyen de esta manera la eficiencia en los procesos de laboreo e incrementando el grado de riesgo para los equipos y trabajadores ubicados en la zona de extracción del mineral aumentando el número de accidentes típicos en la minería subterránea.

La importancia de los trabajos de levantamiento topográfico, geológico, geológico estructural con la caracterización de las rocas cuentan con la fortificación y sostenimiento en minería subterránea y esto se debe a la seguridad que estos proporcionan al personal, maquinaria y equipo. Además puede ser considerado el método más efectivo, y en algunos casos el único, para garantizar las dimensiones requeridas para la excavación y satisfacer al mismo tiempo las necesidades de producción en el periodo de explotación minera.

La Sociedad Golden Minera comunitaria Huertas, como co-titular del área minera Cebral con el 8% de toda el área, legalmente constituida mediante escritura pública otorgada ante un Notario, viene desarrollando su actividad minera en la fase de exploración mediante la ejecución y construcción de un socavón, cuyo inicio se ubica en el Área Ciruelos, continuando por el Área Cebral y posteriormente pasa por el Área R-nivel, para internarse nuevamente en el Área Cebral donde se llega con el frente de exploración, obteniendo una longitud de 1500,00 metros.

Ante esta situación el presente estudio que constituye la base del sustento del análisis de las características particulares de yacimientos regulares, tipo vetiforme para diseñar el método más adecuado de su explotación, y contiene todo el conjunto de actividades necesarias para cubrir las expectativas de la Sociedad Golden Minera comunitaria Huertas.

## **2. OBJETIVOS**

### **a) Objetivo General**

- Realizar el estudio Geológico Estructural utilizando técnicas de documentación y mapeo del socavón de 1500,00 metros de la mina GOLDEN MINERA COMUNITARIA HUERTAS.

### **b) Objetivos Específicos**

- Realizar una base topográfica superficial y subterránea a detalle de área de explotación de la mina GOLDEN MINERA COMUNITARIA HUERTAS.
- Elaborar la base geológica estructural superficial y subterránea a detalle de la mina GOLDEN MINERA COMUNITARIA HUERTAS.
- Elaborar el mapa geológico y estructural identificando la característica físico-mecánica de las rocas con la información obtenida del socavón de la mina de estudio.

### **3. MARCO TEÓRICO**

#### **3.1. Geología**

CASTELLANOS A., Sebastián (1980), desde su libro Manual de Geología para Ingenieros enuncia que:

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.

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.

La teoría de la tectónica global o de placas de los años 60 ofrece hoy explicaciones plausibles a la mayoría de los fenómenos y hechos geológicos tales como la formación de montañas, océanos, localización de volcanes y epicentros sísmicos, quedando sin embargo algunos puntos oscuros por resolver. 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.

#### **3.2. Estructuras Geológicas**

Montero J M (2012), en su libro Estructuras manifiesta. El comportamiento de las rocas en respuesta al campo tectónico depende de varios factores: tipo de roca, la presión de confinamiento, la tasa de aplicación de las cargas, Los fluidos intergranulares y los cambios ambientales.

Núcleos de rocas cristalinas sometidas a ensayos de compresión simple en el laboratorio se comportan de manera frágil, es decir que fallan sin mostrar una fase plástica antes de la ruptura. Además soportan alrededor de los 2000

Kg/cm<sup>2</sup> antes de fallar. El resto de rocas desarrollan una fase plástica antes de la falla y su resistencia es variable.

Al incrementarse progresivamente la presión de confinamiento en profundidad dentro de la corteza terrestre, el comportamiento de las rocas cambia gradualmente de frágil a dúctil, con poca influencia en el módulo de deformación. Si las cargas se aumentan rápidamente (como en el caso de desplazamientos repentinos en las zonas de falla) las rocas se dislocan, por la dificultad de los minerales a reacomodarse en esa condición de velocidad de aplicación de la carga.

El agua y otros fluidos que se mueven a presión través de grietas, fisuras y poros intercomunicados, tratan de separar las partículas con lo cual se promueve algo de ductilidad y se reduce la resistencia.

El ambiente en el cual se encuentran las rocas en la naturaleza cambia todo el tiempo: las fuerzas tectónicas se modifican constantemente, los estratos se van sepultando y comprimiendo en la medida que progresa la subsidencia y más capas se acumulan, con lo cual los estratos, inicialmente duros y frágiles, se deformen y pliegan; la erosión expone rocas plegadas reduciendo el confinamiento y las rocas se fracturan. Es decir, las rocas pasan de frágiles a dúctiles cuando se sepultan y retornan a su condición frágil cuando se alivian los esfuerzos por la erosión que las pone al descubierto<sup>1</sup>.

Luis H, (2000), Profesor de la Universidad Nacional de la Plata dice: El conocimiento de la Geología Estructural es fundamental para entender los procesos de la evolución geológica de la corteza terrestre. Es un tema de crucial importancia tanto en investigación básica como en la práctica desarrollada por profesionales geólogos, ingenieros y geofísicos dedicados a la minería, al petróleo, al agua, al mapeo de superficie y subsuelo, al medio ambiente y al riesgo geológico.

Trata tanto estructuras de escala microscópica como las de escala mayor, vinculadas con la tectónica de placas; incluyendo desde el estudio del esfuerzo

---

<sup>1</sup> Montero J M. 2012. "Estructuras"  
CASTELLANOS A., Sebastián (1980)

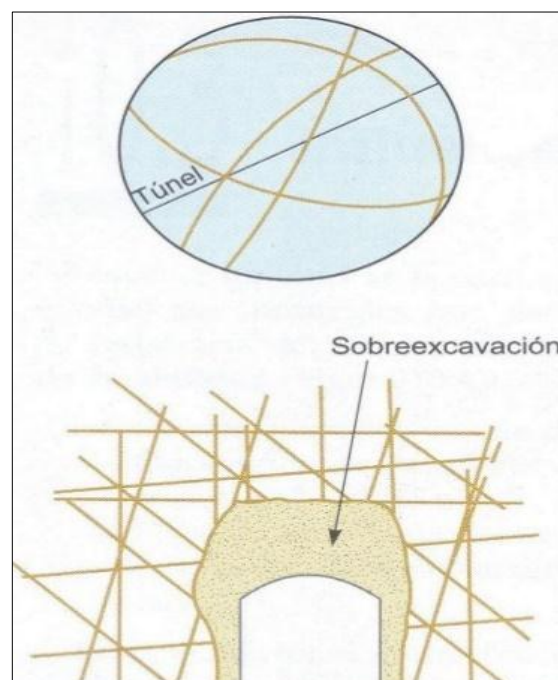
y la deformación hasta el análisis de las estructuras en relación con su ambiente tectónico.

La geología estructural se articula en los campos asociados a la estratigrafía, la petrología, la mineralogía, la geomorfología, la geofísica, la físico-química de las rocas y los yacimientos de fluidos y de minas; además se considera básica para el mejor entendimiento de la Tectónica Global: el paradigma actual de las Ciencias de la Tierra<sup>1</sup>.

Sierra León y otros, en su informe da una clara descripción que: La estructura geológica es uno de los factores que más influye en la estabilidad de una excavación sub-terránea en rocas plegadas o estratificadas, la orientación de los estratos condiciona diferentes modos de comportamiento frente a la estabilidad en un túnel, determinan los siguientes factores:

- Buzamiento de la estructura con respecto a la sección del túnel.
- Dirección de la estratificación con respecto al eje del túnel.
- Tipo de pliegues.

En la Figura 1. Se muestra la influencia de la estructura en la estabilidad de un túnel. En general, las orientaciones paralelas a la dirección del eje de un túnel son situaciones desfavorables<sup>1</sup>.



**Figura 1.** Influencia de las discontinuidades en la estabilidad del túnel  
**Fuente:** Sierra león y otros

- **Estructura Geológica del Distrito Zaruma - Portovelo**

Las rocas del sector Norte del Distrito Zaruma-Portovelo son vulcanitas, tipo tobas, con fragmentos de composición intermedia e intrusiones magmáticas de tipo dioritas y granodioritas. Algunos diques y brechas pipe con altos contenidos de turmalina y arsenopirita, también son comunes en la parte Norte y Noreste del área de estudio.

Este sector de la provincia de El Oro presenta un tectonismo compresivo de alto grado, con un sistema principal de fallas de dirección Noroeste (Puente de Buza-Palestina), rasgo estructural que ha jugado un papel importante en la formación de los cuerpos intrusivos, cuya mayoría aflora en la parte Norte, con extensión y dirección también hacia el Noroeste.

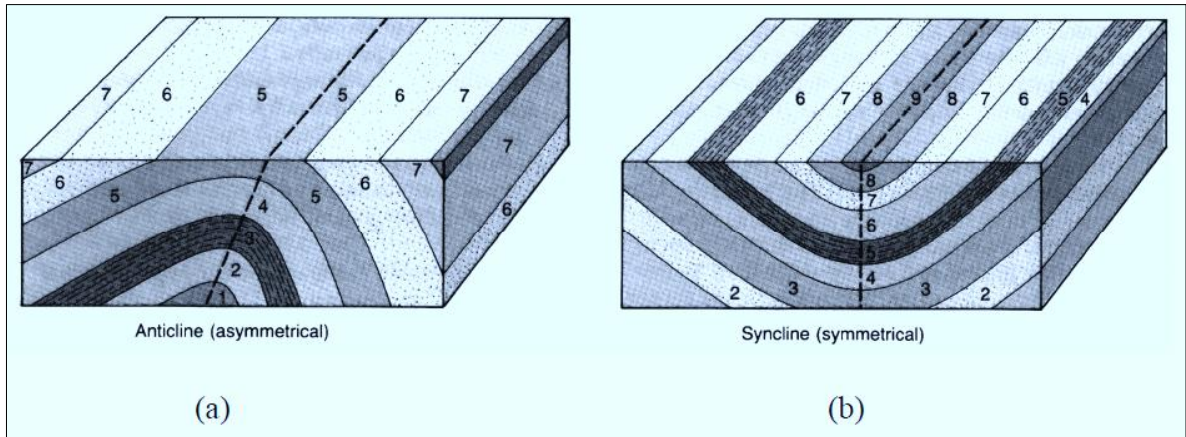
Las vulcanitas están representadas por tobas dacíticas y tobas de fragmentos bien soldados, dentro de las que se destacan como dominantes aquellas que poseen fragmentos polimícticos de hasta 5 cm de diámetro, en los que se han alojado las principales vetas de la zona (X, Cristina y Jane).

### **3.2.1. Pliegues**

Montero J M (2012), en su libro Estructuras manifiesta; Como resultado de la deformación de las rocas debida a las fuerzas tectónicas, se forman varios tipos de estructuras. A altas presiones y temperaturas, a gran profundidad, las rocas se comportan dúctilmente, dando lugar a pliegues de diferentes tipos. Los pliegues, son estructuras curvadas y se clasifican de una manera general en anticlinales y sinclinales.

En los anticlinales las capas se curvan inicialmente hacia arriba, de tal manera que, considerando una secuencia de capas, las más antiguas ocupan el centro de la estructura, es decir su núcleo. En los sinclinales, por el contrario, las capas se curvan inicialmente hacia abajo, de tal manera que al observar una secuencia de capas, las que ocupan el núcleo son las más recientes. En la

siguiente Figura 2a se observa una estructura anticlinal y en la Figura 2b, se observa una estructura sinclinal<sup>2</sup>.



**Figura 2.** Pliegues (a) Anticlinal asimétrico y (b) sinclinal simétrico  
**Fuente:** Montero J M. 2012. "Estructuras"

### 3.2.1.1. Elementos Descriptivos de un Pliegue

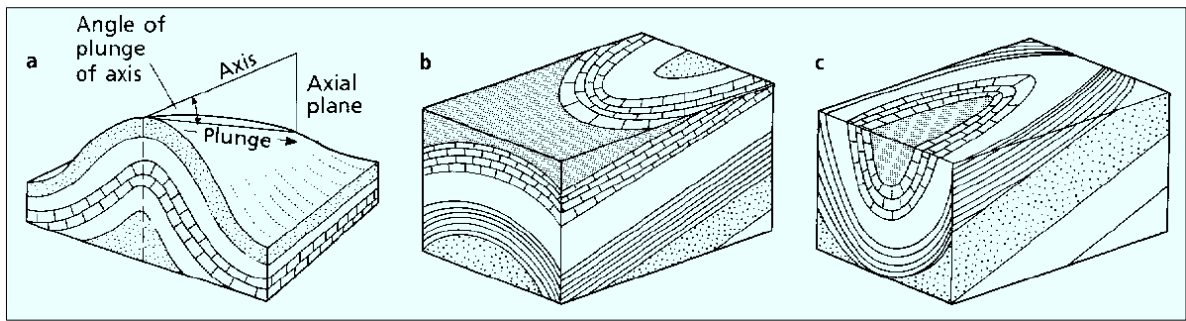
Montero J M (2012), en su libro Estructuras describe que; El plano que divide un pliegue simétricamente se conoce como plano axial del pliegue.

Obedeciendo a ese elemento los pliegues de cualquier tipo, se pueden clasificar como simétricos o asimétricos. En ambos bloques de la misma figura anterior se denomina eje axial a la línea de intersección del plano axial con un plano horizontal que corta el pliegue. En ambos casos de esta figura el eje axial es horizontal<sup>3</sup>.

El caso más común se representa en la Figura 3a, donde el eje axial es inclinado como consecuencia de que la estructura es buzante. En la misma Figura 3b y 3c muestran también estructuras buzantes.

<sup>2</sup> Montero J M. 2012. "Estructuras"

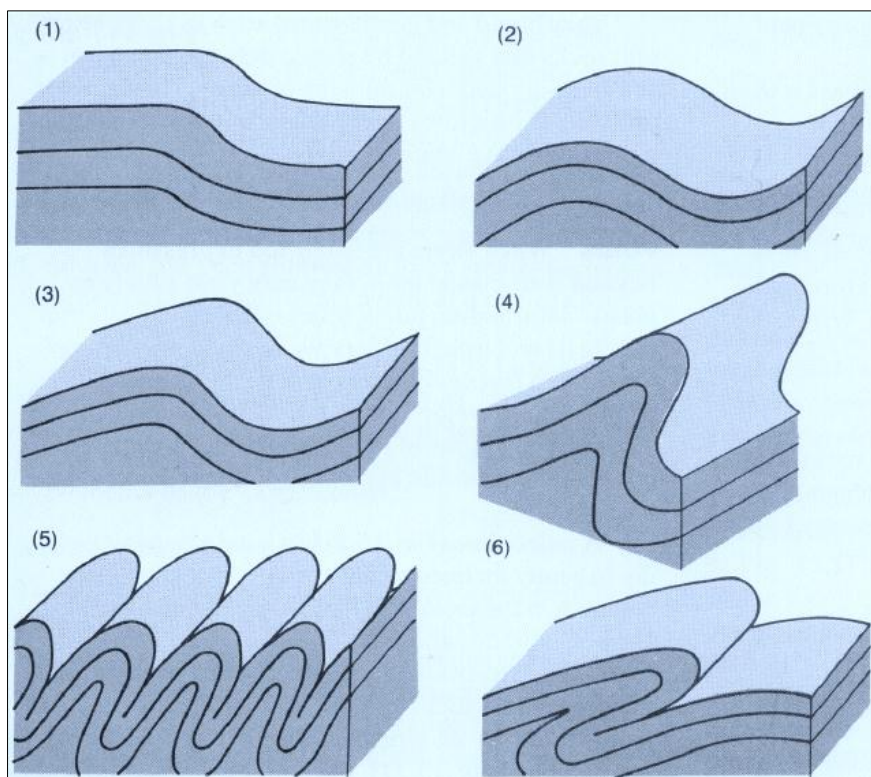
<sup>3</sup> Montero J M. 2012. "Estructuras"



**Figura 3.** En (a) se puede ver el plano axial y el eje axial inclinado; en (b) un bloque diagrama de un anticlinal buzante y en (c) un bloque diagrama de un sinclinal buzante.  
**Fuente:** Montero J M. 2012. "Estructuras"

### 3.2.1.2. Tipos de Pliegues

Montero J M (2012), en su libro Estructuras manifiesta que, En realidad las rocas sedimentarias se deforman a tal punto que los pliegues asumen muchas posiciones a tal punto que a veces se invierten. Teniendo en cuenta esta circunstancia se reconocen varios tipos de pliegues, según la posición del pliegue axial: monoclinal, anticlinal y sinclinal simétrico, anticlinal y sinclinal asimétrico, anticlinal tumbado y anticlinal recostado<sup>4</sup>.



**Figura 4.** Tipos de pliegues: (1) Monoclinal, (2) Anticlinal y sinclinal simétrico, (3) Anticlinal y Sinclinal asimétrico, (4) Anticlinal Tumbado, (5) Isoclinal y (6) Anticlinal Recostado  
**Fuente:** Montero J M. 2012. "Estructuras"

<sup>4</sup> Montero J M. 2012. "Estructuras"

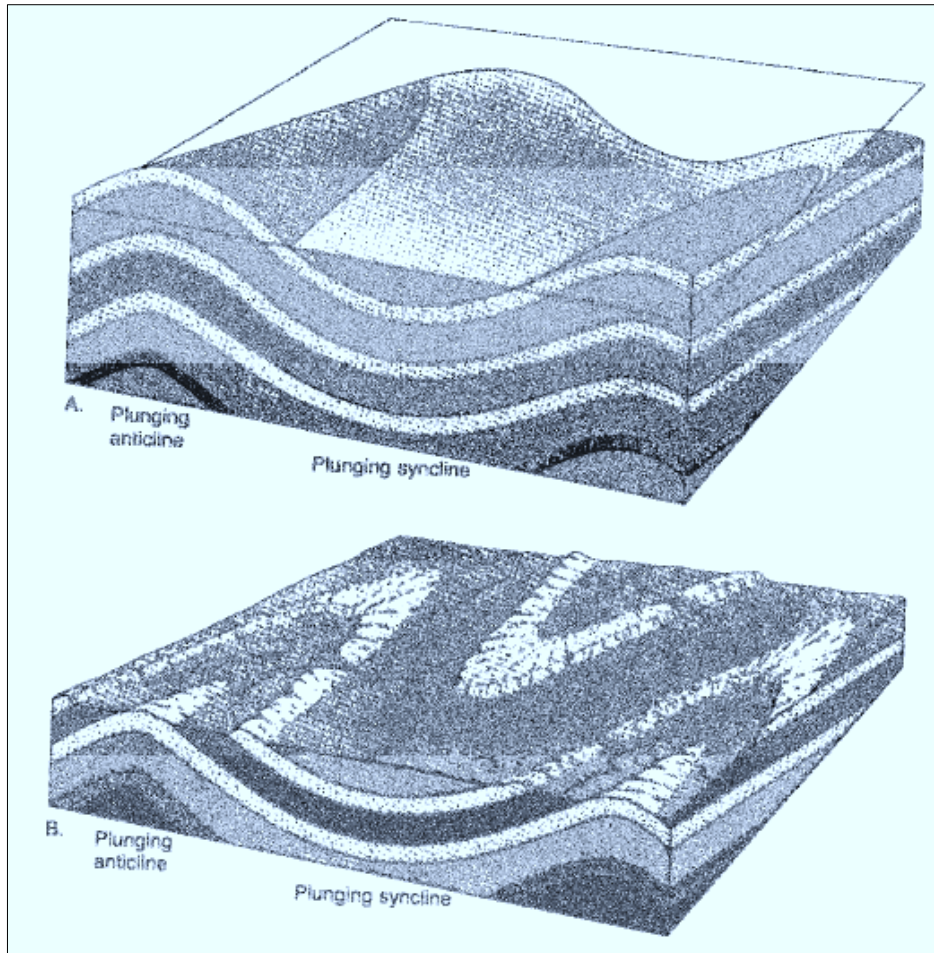


### **3.2.1.3. Estructura y Relieve**

Montero J M (2012), en su libro Estructuras indica que Una vez formado un pliegue; éste queda expuesto a la erosión. En la Figura 5 se puede apreciar la manera como se observaría un conjunto de pliegues buzantes expuestos en un plano horizontal imaginario.

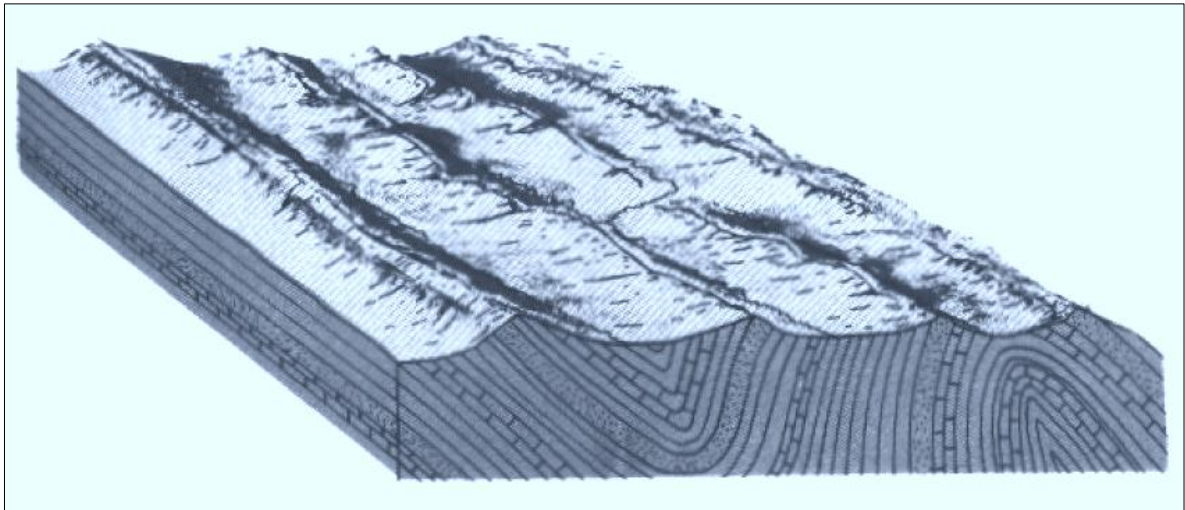
En el nivel regional la erosión expone las estructuras dependiendo de la mayor o menor erodabilidad de las rocas que las conforman. En la Figura 6 se puede apreciar la manera cómo actúa la erosión a nivel regional. Obsérvese que las partes más altas no coinciden necesariamente con anticlinales y las más deprimidas con sinclinales.

En la Figura 7 se observa otro caso de erosión regional. La forma dominante del relieve está determinada por la estructura geológica (arquitectura de los pliegues), en tanto que la acción de los procesos exógenos se manifiesta como el modelado del mismo.



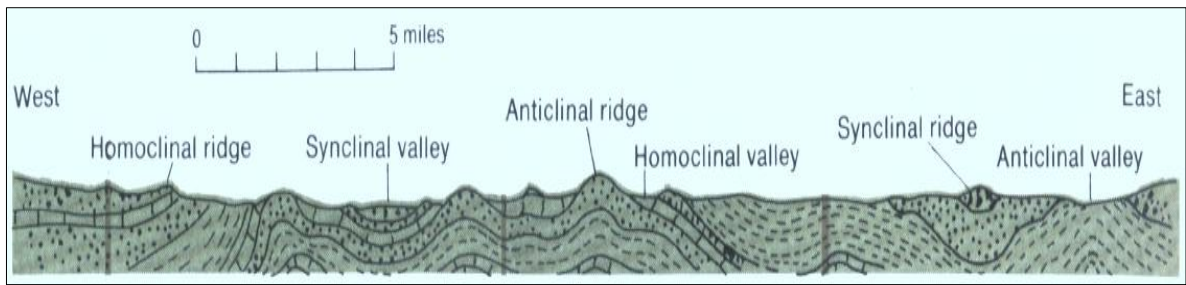
**Figura 5.** Conjunto de pliegues buzantes expuestos por erosión. Obsérvese la manera como alternan los ejes axiales de los dos anticlinales extremos, con el eje axial del sinclinal situado en la mitad.

**Fuente:** Montero J M. 2012. "Estructuras"



**Figura 6.** Erosión regional; las serranías y las hondonadas son el resultado de la modelación del patrón estructural impuesto, en una secuencia sinclinal-anticlinal. En el anticlinal (izquierda) se observa una depresión topográfica que expone el núcleo de la estructura, donde inicialmente las capas habían conformado un "relieve" *positivo*.

**Fuente:** Montero J M. 2012. "Estructuras"



**Figura 7.** El relieve es el resultado transitorio de la acción antagonista de las fuerzas endógenas (creadoras) y las fuerzas exógenas (modeladoras).

**Fuente:** Montero J M. 2012. "Estructuras"

En realidad las formas del relieve obedecen a la acción antagonista de los procesos endógenos-en este caso diastrafismo –que crean relieve y de los procesos exógeno-denudación por erosión y remoción en masa- que lo modelan<sup>5</sup>.

### 3.2.2. Diaclasas

Montero J M (2012), en su libro Estructuras manifiesta que; Cuando se excede la resistencia de las rocas frente a la acción de fuerzas naturales, éstas se fracturan o se dislocan.

A los juegos sistemáticos de fracturas se les llama diaclasas; éstas se forman como en el caso general de los materiales sólidos por tracción o por corte. Las diaclasas que se forman por tracción son rugosas y, por lo menos, recién se han formado, son abiertas.

Estas aberturas se pueden rellenar con algún material débil, arcilla o clorita por ejemplo, o sellar con algún cementante mineral como la sílice. Además, las diaclasas pueden tener cualquier grado de continuidad dentro de una masa rocosa y la roca misma puede estar sana o químicamente afectada lo que reduce su resistencia.

Las diaclasas, conjuntamente con otros planos estructurales tales como, superficies de estratificación o planos de foliación, constituyen discontinuidades estructurales, que separan bloques de diferente tamaño, los cuales forman en conjunto los macizos rocosos.

En lo que sigue se hace referencia a discontinuidades estructurales en general, independientemente si se trata de diaclasas o planos estructurales relacionados con estructuras primarias.

Muchas de las fallas de taludes o laderas se deben al desplazamiento de masas de roca a lo largo de discontinuidades estructurales, por lo cual el ingeniero debe conocer las características de las diaclasas y otros planos estructurales, con el fin de poder determinar sus características de resistencia. Se acostumbra a clasificar los macizos rocosos como: macizos de “roca dura”, si las fallas potenciales o reales están controladas por las estructuras (es decir que en los procesos de falla las masas desplazadas deslizan sobre discontinuidades estructurales o se desprenden de ellas); o macizos de “roca blanda”, en el caso de que las superficies de falla se establezcan a través de los materiales, independientemente de la orientación que tengan las discontinuidades estructurales<sup>6</sup>.

### **3.2.3. Fallas Geológicas**

Montero J M (2012), en su libro Estructuras define qué; Las fallas geológicas se definen como dislocaciones de la corteza terrestre, es decir, fracturas a lo largo de las cuales se producen importantes deslizamientos relativos. La magnitud de estos desplazamientos puede ser de algunos metros, pero en la medida que las fallas son más antiguas, la magnitud acumulada de los desplazamientos puede alcanzar varios centenares de metros y aún kilómetros.

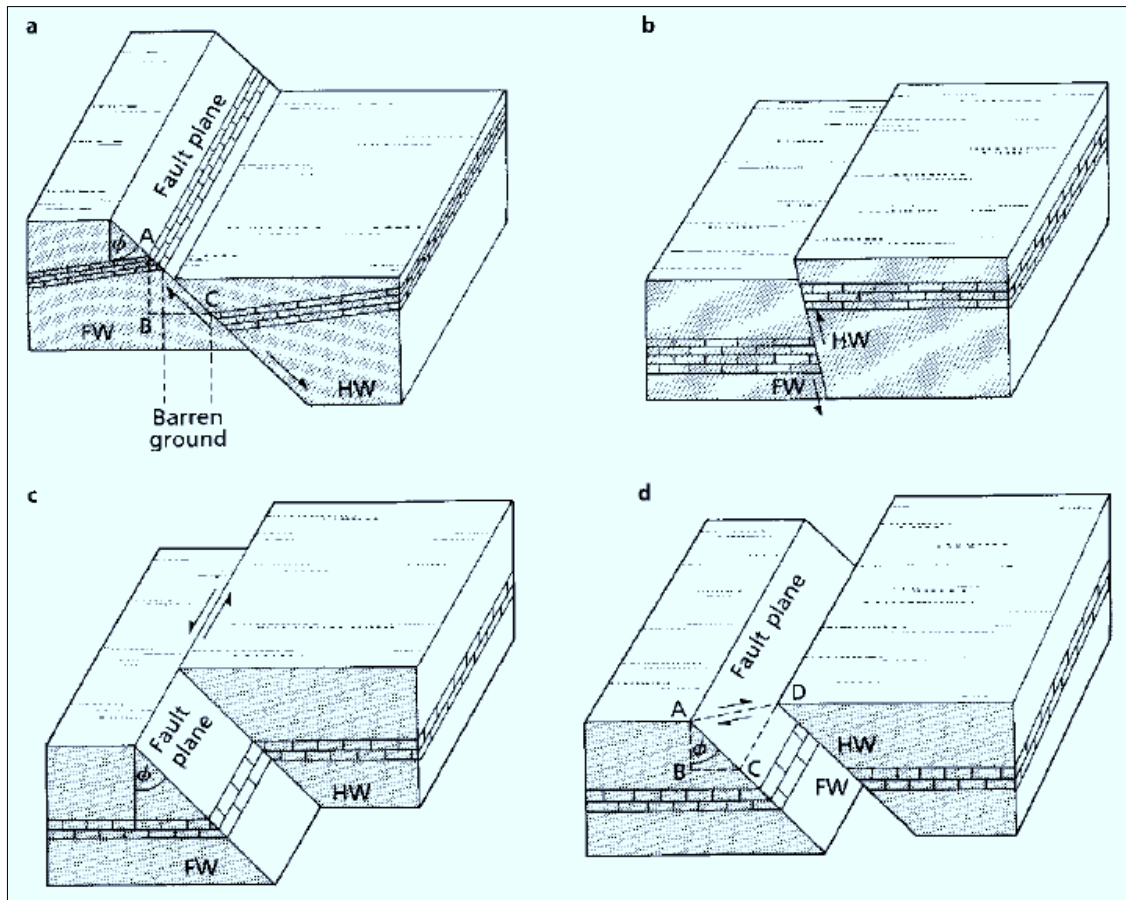
Las fallas geológicas tienen dos implicaciones importantes en trabajos de ingeniería; las rocas involucradas dentro de las zonas de falla son afectadas por una degradación mecánica notable; además, las fallas constituyen importantes fuentes sismogénicas por lo que es necesario investigar el carácter de actividad de las mismas<sup>7</sup>.

#### **3.2.3.1. Clasificación**

Montero J M (2012), en su libro Estructuras manifiesta que Existen varios criterios para clasificar las fallas. Puede ser, con base en la dirección en la cual ocurrió el desplazamiento a lo largo del plano de falla o considerando cómo fue el desplazamiento relativo de los bloques.

En el primer caso, se consideran 3 tipos de fallas: de buzamiento, de rumbo y fallas oblicuas, según el sentido del movimiento. Teniendo en cuenta el

movimiento relativo, se consideran también 3 tipos; normal, inversa o direccional.



**Figura 8.** Tipos de falla y elementos descriptivos.  
Fuente: Montero J M. 2012. "Estructuras"

En cualquiera de los casos anteriores, se reconocen los siguientes elementos descriptivos.

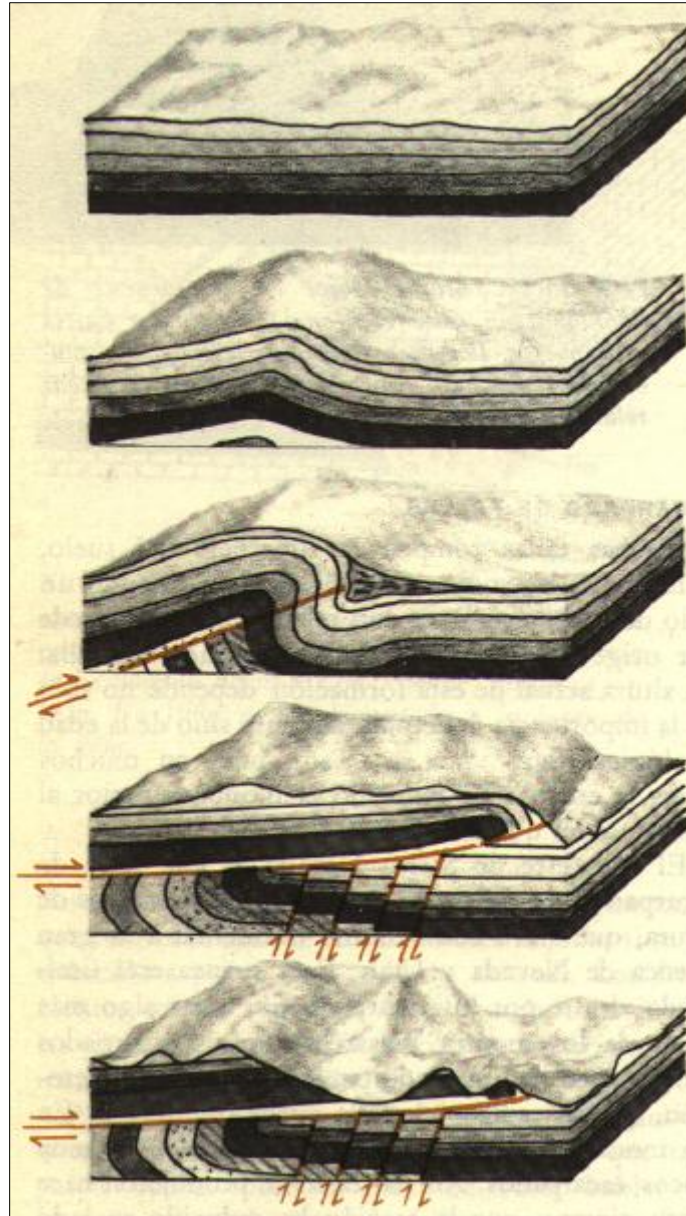
- Plano de falla: la superficie de separación de los dos bloques, a lo largo de la cual ocurre el movimiento.
- Escarpe de falla: el resalto estructural expuesto del bloque que se levanta.
- Bloque de piso: también conocido como bloque yacente: el borde situado por debajo del plano de falla.
- Bloque de techo: también conocido como colgante: el bloque situado por encima del plano de falla.
- Desplazamiento de rumbo: la componente del Desplazamiento Neto en el sentido de la dirección de capa.

- Desplazamiento de buzamiento: la componente del Desplazamiento Neto en dirección perpendicular al rumbo<sup>8</sup>.

### **3.2.3.2. Otros Tipos de Fallas**

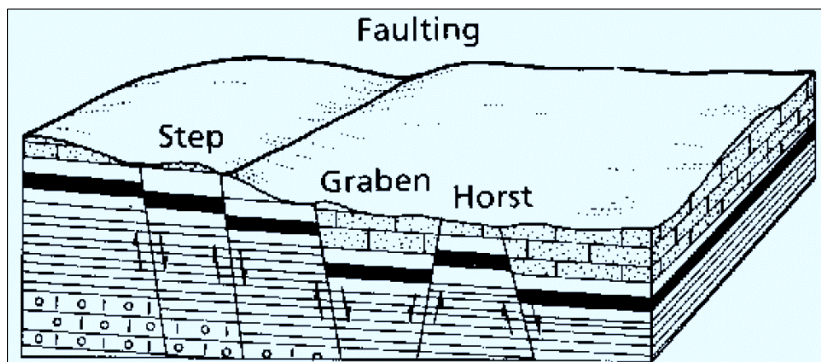
Montero J M (2012), en su libro Estructuras enuncia que; Cuando en una falla inversa la inclinación de la superficie de falla es muy tendida, es posible que los desplazamientos acumulados alcancen longitudes muy apreciables de varios cientos de kilómetros. En este caso el bloque de techo remonta el del piso, por lo cual estas fallas se denominan fallas de cabalgamiento.

El desarrollo de una falla de cabalgamiento se presenta en cuatro etapas de su evolución en la Figura 9.



**Figura 9.** Evolución de una falla de cabalgamiento.  
**Fuente:** Montero J M. 2012. "Estructuras"

En la Figura se ilustra un sistema de fallas en el cual aparecen fallas escalonadas (izquierda), una Fosa o Graben y un Pilar o Horst<sup>9</sup>.

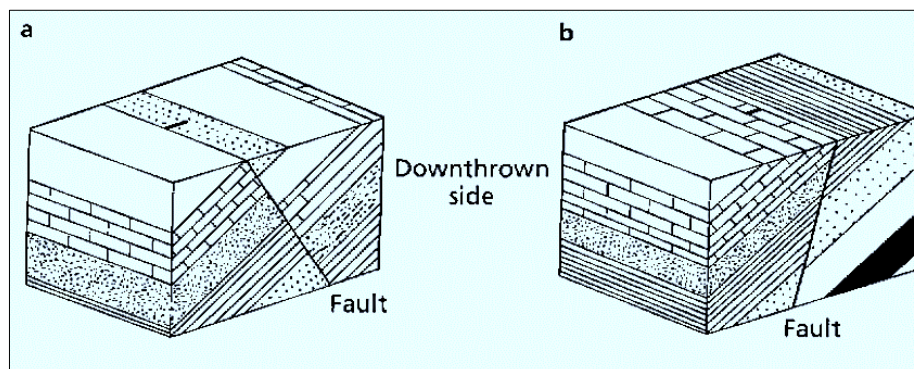


**Figura 10.** Sistema de fallas  
**Fuente:** Montero J M. 2012. "Estructuras"

### 3.2.3.3. Criterios de Reconocimiento de Fallas

Montero J M (2012), en su libro Estructuras manifiesta que; Existen varios criterios para reconocer las fallas: unos estratigráficos, otros morfológicos y otros más mecánicos. El geólogo identifica las zonas de falla en franjas más o menos constantes a lo largo de las cuales las rocas están muy fracturadas y cizalladas, con superficies pulidas y estriadas por fricción; o con brechas de falla, cataclasis, milonita y harina de falla, rasgos éstos últimos debidos a metamorfismo dinámico. Todas estas características reducen notablemente la resistencia de las rocas en las zonas de falla. Aunque supuestamente las rocas están totalmente desplazadas por corte en las zonas de falla, esta condición no es constante a lo largo de toda la zona de falla y puede ocurrir que en algunas partes dentro de estas zonas se trata más bien de corredores de cizallamiento<sup>5</sup>.

Un criterio estratigráfico muy utilizado es la repetición y omisión de estratos, según se puede apreciar en la Figura 11.



**Figura 11.** En el bloque de la izquierda se aprecia una falla normal con buzamiento contrario al de las capas; observe que se repiten capas. En el lado derecho, se observa otra falla normal con buzamiento similar al de las capas; en este caso se omiten.

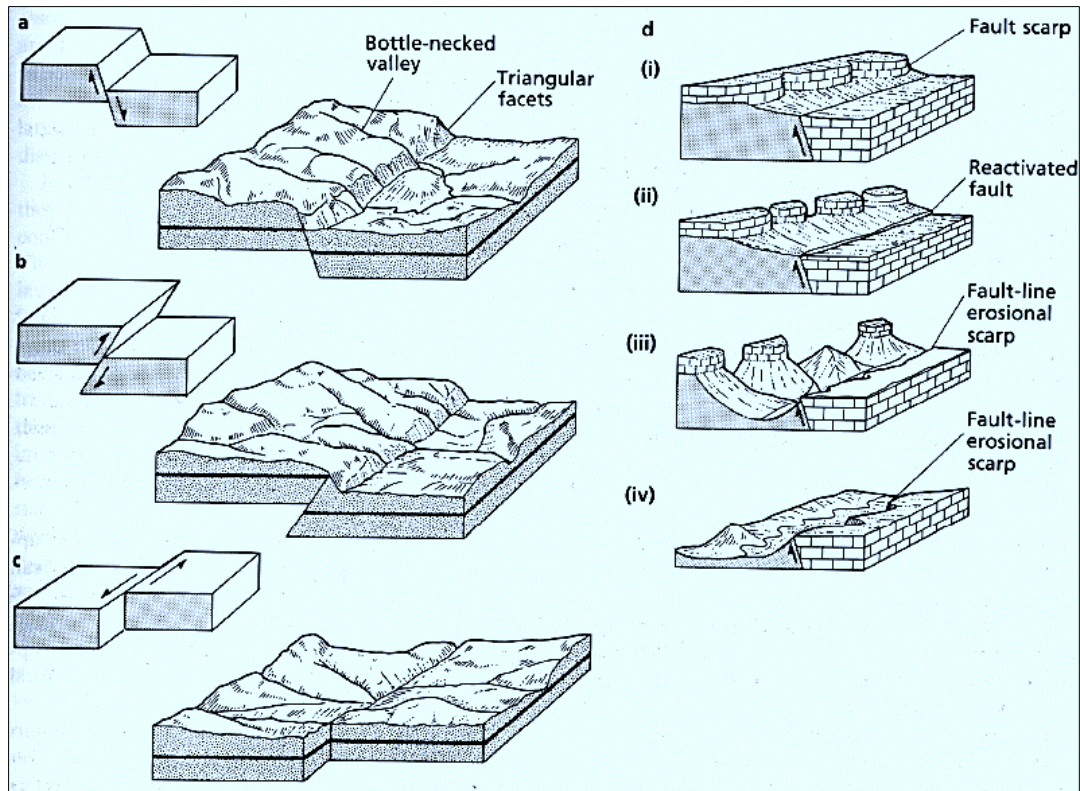
**Fuente:** Montero J M. 2012. "Estructuras"

En la Figura 12 se presentan algunos ejemplos sobre la evolución morfológica de diferentes tipos de falla: mientras el escarpe de una falla normal se destaca claramente (Figura 12a), se aprecia menor en el caso de una falla inversa (Figura 12b): en el caso de una falla direccional se establece un drenaje natural a lo largo de la zona de falla (Figura 12c). En la Figura 12d se aprecia la evolución de un escarpe de línea de falla (i) se forma el escarpe y correspondientemente el escarpe de línea de falla en (ii) la falla se reactiva y la erosión ataca el material más débil de tal manera que en (iv) el escarpe

<sup>9</sup> Montero J M. 2012. "Estructuras"



erosional invierte su sentido, con respecto al sentido del escarpe original de la falla<sup>10</sup>.



**Figura 12.** Evolución Morfológica del escarpe de falla.  
Fuente: Montero J M. 2012. "Estructuras"

### 3.2.4. Discordancias

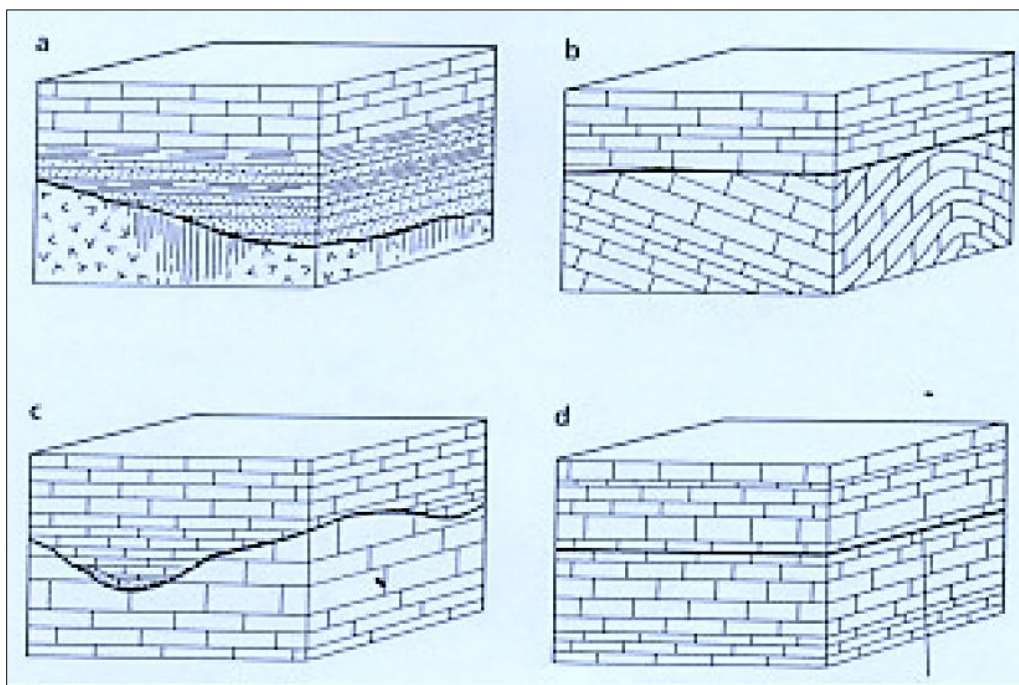
Montero J M (2012), en su libro Estructuras indica que Las discordancias representan interrupciones en el registro estratigráfico (miles a millones de años), debido a cambios en las condiciones paleogeográficas que permiten la interrupción del depósito. Una discordancia debe interpretarse normalmente como una elevación del terreno por encima del nivel del mar, acompañado de la erosión de algunos estratos, de tal manera que las capas situadas arriba y abajo de la superficie de la discordancia revelan alguna inconformidad. En la Figura 13a una secuencia sedimentaria yace sobre una superficie erosional desarrollada en rocas ígneas y metamórficas, situación que se conoce como inconformidad (non conformity).

En una discordancia angular (Figura 13b), las capas situadas debajo de la superficie de erosión están inclinadas, a causa de que se plegaron antes de ser parcialmente erosionadas. En una disconformidad (Figura 13c), las capas se

presentan horizontales, por encima y por debajo de superficie de erosión y en una discordancia paralela o para conformidad, (Figura 13d) la situación es similar a la anterior, solo que la superficie de erosión es también paralela.

Las discordancias se reconocen por hallazgos de evidencias de superficies de erosión entre las dos formaciones, con irregularidades pronunciadas o meteorización.

Las discordancias pueden representar condiciones adversas de inestabilidad por la posible presencia de paleosuelos o rocas descompuestas intercaladas en profundidad, elementos que pueden quedar expuestos en posición adversa en excavaciones<sup>11</sup>.



**Figura 13.** Diferentes tipos de Discordancia: cualquiera que sea el caso, las superficies de erosión pueden contener paleosuelos o rocas descompuestas que pueden quedar expuestas.

**Fuente:** Montero J M. 2012. "Estructuras"

### 3.3. Resistencia de la Matriz Rocosa

Luis I. González de Vallejo. "Ingeniería geológica" manifiesta que; La resistencia de los macizos rocosos es función de la resistencia de la matriz rocosa y de las discontinuidades, siendo ambas extremadamente variables, y de las condiciones geo ambientales a las que se encuentra sometido el macizo, como las tensiones naturales y las condiciones hidrogeológicas. La presencia de zonas tectonizadas, alteradas o de diferente composición litológica, implica

zonas de debilidad y anisotropía con diferentes comportamientos y características resistentes. Estas circunstancias determinan una gran complejidad en la evaluación de la resistencia de los macizos rocosos.

La resistencia puede evaluarse en términos del máximo esfuerzo que puede soportar para unas determinadas condiciones y en términos de sus propiedades resistentes,  $c$  y  $\phi$ , parámetros que habitualmente se necesitan para los cálculos de los proyectos de las obras de ingeniería.

Según el grado de fracturación del macizo, su comportamiento y propiedades resistentes quedarán definidas por:

- La resistencia de la matriz rocosa (isótropa o anisótropa).
- La resistencia al corte de una familia de discontinuidades.
- La resistencia al corte de 2 o 3 familias de discontinuidades (siempre que sean representativas en el macizo).
- La resistencia global de un sistema de bloques rocosos con comportamiento isótropo.

La determinación de la resistencia de la matriz rocosa o de una discontinuidad puede realizarse con ensayos de laboratorio o in situ. Las dimensiones y condiciones naturales del macizo rocoso no se pueden reproducir en laboratorio, y su resistencia debe estimarse por métodos indirectos.

Una vez establecidos los elementos que controlan la resistencia del macizo (una familia o más de discontinuidades, la matriz, el conjunto de todo ello, una zona singular de debilidad, etc.) su evaluación puede efectuarse mediante los siguientes procedimientos:

- Métodos empíricos basados en experiencias y ensayos de laboratorio.
- Métodos indirectos basados en índices de calidad (clasificaciones geomecánicas).
- Modelizaciones matemáticas y análisis a posteriori.
- Modelizaciones físicas.

Los criterios de rotura o de resistencia constituyen la base de los métodos empíricos, y permiten evaluar la resistencia de los macizos rocosos a partir de

los esfuerzos actuantes y de las propiedades del material rocoso, proporcionando:

- La respuesta de la roca intacta ante diversas condiciones de esfuerzo.
- La predicción de la influencia de las discontinuidades en el comportamiento del macizo.
- La predicción del comportamiento global de un macizo rocoso.

Los índices de calidad definidos mediante las clasificaciones geomecánicas permiten estimar la resistencia de forma aproximada, al establecer correlaciones entre las clases de roca y los parámetros resistentes  $c$  y  $(i)$  del macizo rocoso.

Los modelos matemáticos permiten estimar la resistencia a partir de la modelización numérica del comportamiento del macizo, de sus propiedades físicas y mecánicas, de la ley de comportamiento y de los factores influyentes (tensiones, agua). Estos modelos presentan su máxima utilidad en la realización de análisis a posteriori o back análisis, que consisten en modelizar numéricamente las deformaciones y el proceso de rotura de un macizo rocoso real (a partir del conocimiento de las características y mecanismo de la rotura), y obtener así los parámetros resistentes correspondientes a la rotura o a un determinado nivel de deformaciones del macizo.

Los modelos físicos consisten en construir modelos a escala con diferentes materiales naturales o artificiales (por ejemplo con elementos de pasta de escayola, bloques de material rígido, mezclas de arena y arcilla y elementos aglomerantes, etc.), y someterlos a cargas para observar su comportamiento.

Los métodos citados permiten obtener, de forma más o menos aproximada, la resistencia de los macizos rocosos, dependiendo de la información y los datos disponibles. Los criterios empíricos y las modelizaciones matemáticas basadas en los análisis a posteriori son los que proporcionan valores más representativos; la determinación de los parámetros resistentes característicos de los macizos rocosos,  $c$  y  $(f)$ , es el punto más conflictivo. De los procedimientos citados, únicamente los modelos matemáticos y físicos consideran el comportamiento deformacional de los macizos<sup>1</sup>.

### 3.3.1. Condiciones Hidrogeológicas

Luis I. González de Vallejo. “Ingeniería geológica” indica que; La excavación de un túnel produce el efecto de un gran dren hacia el cual fluye el agua de los acuíferos interceptados, dando lugar a las siguientes consecuencias:

- Disminución de la resistencia del macizo.
- Aumento de las presiones intersticiales sobre el sostenimiento y el revestimiento.
- Hinchamientos y reblandecimientos en materiales arcillosos.
- En materiales salinos se pueden formar cavidades muy rápidamente.
- Graves problemas de avance en la excavación.

La transmisibilidad en los macizos rocosos tiene lugar preferentemente a través de fracturas, o por conductos de mayor tamaño en rocas carstificadas. En los suelos, la transmisibilidad está directamente relacionada con la granulometría y la presencia de determinadas estructuras sedimentarias, por ejemplo paleocanales.

Las filtraciones en los macizos rocosos provienen principalmente de:

- Fallas y fracturas
- Rocas de brecha, rellenos de falla, zonas alteradas.
- Contactos litológicos entre rocas de permeabilidad muy diferente.
- Conductos cársticos, tubos en rocas volcánicas, etcétera.

Las cavidades cársticas pueden suponer un gran riesgo de filtraciones, además de ser difíciles de localizar.

En la práctica no es fácil evaluar los caudales y las presiones de agua a lo largo del túnel, particularmente en formaciones cársticas o rocas fracturadas, pues dada su heterogeneidad es difícil asignar valores representativos a la permeabilidad y prever su comportamiento hidrodinámico. Los modelos matemáticos de flujo precisan de numerosos datos, pocas veces disponibles, por lo que se recurre a simplificaciones y estimaciones empíricas.

Los estudios hidrogeológicos para túneles deben incluir los siguientes aspectos:

- Balance hídrico de la zona de influencia del túnel incluyendo un inventario de fuentes, manantiales y pozos.
- Niveles piezométricos en el área túnel y su variación estacional.
- Delimitación de acuíferos, zonas de recarga y descarga.
- Identificación de zonas cársticas, fracturas y fallas y rocas muy permeables.
- Determinación de los parámetros hidráulicos de los acuíferos.
- Modelos de flujo.
- Estimación de los caudales previsibles y su presión.
- Identificación de las zonas de mayor riesgo de filtraciones.
- Composición química y calidad del agua, temperatura y agresividad.
- Influencia de las filtraciones en el túnel sobre un entorno próximo (rebajamiento del nivel freático) y riesgo de inducir asentamientos en los edificios).
- Factores que influyen en la elección del drenaje o impermeabilización del túnel.
- Posibilidad de que el túnel suponga una barrera total o parcial en la red de flujo y en las variaciones de niveles freáticos, fuentes, manantiales, etc.

Los resultados de las investigaciones hidrogeológicas proporcionan la información necesaria para adoptar medidas de control del agua durante la excavación, prevenir otros efectos indirectos e implicaciones ambientales. En particular es necesario definir

- Caudales y presiones a lo largo del túnel.
- Medidas de drenaje o de impermeabilización.

- Posibles riesgos de subsidencia, daños en edificios próximos, cambios en los acuíferos, agresividad y contaminación de las aguas<sup>2</sup>.

### **3.4. Propiedades de las Rocas y del Macizo Rocosó**

En la excavación del socavón las voladuras en zonas donde se producen un cambio litológico brusco, por ejemplo estéril y mineral, es consecuentemente una variación de propiedades resistentes de las rocas obliga a una reconsideración del diseño del túnel, pudiendo seguir un esquema igual para los dos tipos de roca y la variación de las cargas unitarias.

#### **3.4.1. Propiedades del Yacimiento**

- a. Forma del yacimiento.-** El yacimiento existente en la concesión Minera CEBRAL, es de tipo vetiforme, estructuras que se presentan en forma de rosario.
- b. Dimensiones del yacimiento.-** El conjunto más importante de vetas mineralizadas, y conocidas en la concesión Minera CEBRAL, se localiza en el Este del área adjudicada, en una superficie aproximada de 1.100 m de largo por 350 m de ancho (38.5 has). La potencia media de las vetas conocidas varía entre 1 m y 1,5 m.
- c. Rumbo y buzamiento del yacimiento.** Las vetas mineralizadas son de dirección generalizada de N170<sup>0</sup> a N15<sup>0</sup> E, casi siempre inclinadas con un promedio de 65<sup>0</sup> de buzamiento hacia el Este y eventualmente verticales pero de rara vez Sub Horizontales.

#### **3.4.2. Caracterización de la matriz rocosa.**

Manuel Uriel Aspilcueta Asencios en su curso de Geología Aplicada nos dice que; Se define al macizo rocoso como el conjunto de rocas condicionadas con diaclasas, fallas, flujos de agua, grado de meteorización, etc.

En el comportamiento mecánico de los macizos rocosos, influyen las características geológicas como la litología, estratigrafía, estructura

geológica y los estados de esfuerzos; y estos se deben a los procesos geológicos ocurridos en este

- **Identificación.** Se reconocerán los minerales constituyentes de la roca, identificándolas y clasificándolas; se completara la identificación de las rocas definiendo la forma y tamaño de los granos, color, transparencia y dureza.
- **Meteorización.** Para poder clasificar el grado de meteorización de una roca, nos basamos en la siguiente Tabla.

**Tabla 1.** Descripción del grado de Meteorización

<b>Descripción del grado de meteorización</b>	
<b>Término</b>	<b>Descripción</b>
<b>Fresca</b>	No se observan signos de meteorización en la matriz rocosa
<b>Decolorada</b>	Se observan cambios en el color original de la matriz rocosa. Es conveniente indicar el Grado de cambio.
<b>Desintegrada</b>	La roca esta alterado al estado de un suelo, manteniéndose la fábrica original. La roca es friable, pero los granos de los minerales no están descompuestos.
<b>Descompuesta</b>	La roca esta alterado al estado de un suelo, alguno o todos los minerales están descompuestos.

Fuente: (ISRM, 1981).

- **Resistencia a la compresión.** Al igual que el anterior ítem, este se puede clasificar usando la siguiente tabla, y para determinarlo se pueden usar ensayos de campo como el ensayo de carga puntual PLT o martillo de Schmidt.

**Tabla 2.** Clasificación en base a la Resistencia de las Rocas

<b>Clasificación en base a la Resistencia de las Rocas</b>	
<b>Resistencia a compresión simple (Mpa)</b>	<b>Descripción</b>
<b>1 a 5</b>	Muy blanda
<b>5 a 25</b>	Blanda
<b>25 a 50</b>	Moderadamente dura
<b>50 a 100</b>	Dura
<b>100 a 250</b>	Muy Dura
<b>&gt; 250</b>	Extremadamente Dura

Fuente: (ISRM, 1981).



- **Descripción de las discontinuidades**

Entre las principales características tenemos a la orientación, espaciamiento, persistencia, rugosidad, abertura, relleno y filtración; a continuación mostraremos algunos.

- **Orientación.** Queda definida por la dirección de buzamiento que se puede medir con la brújula.
- **Espaciamiento.** Se define como la distancia perpendicular entre dos planos de discontinuidades, condiciona el tamaño de bloques. Y una vez medido se puede clasificar con ayuda de la siguiente Tabla:

**Tabla 3.** Clasificación en base a la Resistencia de las Rocas

Descripción de la continuidad	
Continuidad	Longitud (m)
Muy baja continuidad	< 1
Baja Continuidad	1 a 3
Continuidad media	3 a 10
Alta Continuidad	10 a 20
Muy Alta Continuidad	>20

Fuente: (ISRM, 1981).

**Continuidad o Persistencia.** Se define como la extensión superficial según la dirección del plano y según su buzamiento.

- **Rugosidad.** Ondulación en la superficie de la matriz rocosa<sup>1</sup>.

### 3.5. Mecánica De Rocas

Pedro Ramires Oyanguren (2004) Mecánica de Rocas; con una definición comúnmente aceptada de mecánica de rocas propuesta en 1974 por el comité americano de esta disciplina es:

“Mecánica de Rocas es la ciencia teórica y aplicada que estudia el comportamiento de las rocas y de los macizos rocosos. Sería pues la rama de la ingeniería dedicada al estudio de la respuesta de las rocas y macizos rocosos al campo de fuerzas que actúan en su entorno”.

Las rocas, como la mayoría de los sólidos, pueden ser caracterizadas mediante una serie de propiedades básicas, entre las cuales las más

comunes son: densidad, humedad, porosidad, grado de saturación y permeabilidad<sup>1</sup>.

### **3.5.1. Densidad**

Pedro Ramirez Oyanguren (2004) Mecánica de Rocas. En función de cómo se encuentra la roca, se puede distinguir la densidad natural y la densidad seca.

La denominada densidad natural o humedad es la relación entre la masa de una muestra de roca en su estado natural, o sea, con un cierto contenido de humedad, y el volumen que ocupa:

Se lo determina con la siguiente expresión matemática:

$$\delta = \frac{M}{V}$$

Dónde:

$\delta$ - Densidad natural (g/cm<sup>3</sup>)

$M$ - Masa de la muestra (g)

$V$ - Volumen de la muestra de roca (cm<sup>3</sup>)

Cuando la muestra de roca se ha seco previamente en una estufa a una temperatura de 110<sup>0</sup>C, su densidad se denomina seca.

El volumen natural o seco de una muestra de roca es la suman del volumen que ocupan las partículas sólidas más el de los poros, por este motivo tiene sentido hablar de la densidad de las partículas (cristales o granos) de las rocas, que están claramente relacionadas con su composición mineralógica<sup>2</sup>.

### **3.5.2. Humedad.**

Pedro Ramirez Oyanguren (2004) Mecánica de Rocas; este autor define la humedad de una muestra como la relación, expresada en porcentajes, entre la maza de agua contenida en la roca que se evapora a 110<sup>0</sup> de temperatura y la maza de la muestra seca.

Peso volumétrico es el peso que posee la unidad de volumen de la muestra de roca en estado natural.

Se lo determina con la siguiente expresión matemática:

$$H = \frac{mh}{ms} \cdot 100$$

Dónde:

*H* - Tanto por ciento de humedad

*mh* – Maza de agua contenida en la muestra.

*Ms* - Maza de roca seca<sup>3</sup>.

### 3.5.3. Porosidad

Pedro Ramires Oyanguren (2004) Mecánica de Rocas; define que la porosidad se denomina al espacio total (poros) comprendido dentro de la parte dura de una roca absolutamente seca.

La magnitud total de la porosidad de una roca se valora por el coeficiente de porosidad que es adimensional. Este coeficiente es igual a la relación del volumen de los poros para el volumen total de la muestra:

$$\varepsilon = \frac{Vp}{V}$$

Dónde:

$\varepsilon$  - Coeficiente de porosidad.

*Vp* - Volumen total de los poros en la muestra de roca (cm<sup>3</sup>)

*V* - Volumen total de la muestra (cm<sup>3</sup>).

La porosidad total de la roca se puede expresar también en %:

$$p = \frac{Vp}{V} \times 100$$

Por la porosidad total las rocas se dividen en:

- Rocas de porosidad mínima:  $P < 5\%$ ,
- Rocas de porosidad media:  $P$  varía de 5 hasta 20%,
- Rocas de porosidad máxima:  $P > 20\%$ <sup>4</sup>.

#### **3.5.4. Esponjamiento**

Pedro Ramires Oyanguren (2004) Mecánica de Rocas este autor indica que; El esponjamiento de las rocas consolidadas se define como el aumento de su volumen como resultado de la trituración o arranque en comparación con el volumen que ellas ocupan en el macizo (antes de la trituración o extracción).

El esponjamiento se valora por una magnitud adimensional que el coeficiente de esponjamiento que expresa la relación del volumen de roca después de su trituración o arranque para el volumen de la misma en el macizo.

$$k\varepsilon = \frac{V\varepsilon}{V}$$

Dónde:

$K\varepsilon$ - Coeficiente de esponjamiento.

$V\varepsilon$ - Volumen de la roca después del triturado o arranque (cm<sup>3</sup>).

$V$ - Volumen de la roca en el macizo (antes del triturado/arranque) (cm<sup>3</sup>)<sup>5</sup>.

#### **3.5.5. Resistencia de las Rocas y del Mineral**

Por resistencia de las rocas se comprende la que presentan éstas a la ruptura frágil o a la deformación plástica. La ruptura y deformación plástica llevan a la destrucción de la estructura inicial de la roca y la destrucción de las ligazones interiores de la misma.” Sosa, Humberto. 1989.

Sobre la resistencia de una roca influyen el estado inicial de la misma, la forma y magnitud de las fuerzas de deformación, velocidad de deformación y la

temperatura. En los ensayos de laboratorio de las rocas a la resistencia tienen influencia la forma y dimensiones de la probeta.

Existen tres tipos de resistencias que se pueden presentar en una roca:

- a) resistencia a la compresión,
- b) resistencia a la tracción y
- c) resistencia al cizallamiento.

De acuerdo a la práctica, la gran mayoría de las rocas tienen alta resistencia a la compresión, muy baja a la tracción, mientras que la resistencia al cizallamiento es intermedia.

Para fines prácticos, la valoración de la resistencia de las rocas se efectúa en base a los datos obtenidos en los ensayos de laboratorio, con probetas de dimensiones establecidas, sometidas a compresión, tracción y cizallamiento.

#### **a) Resistencia a la compresión**

Mínimo esfuerzo compresivo necesario para romper una muestra no confinada, en condiciones normalizadas.

Para determinar la compresión de las rocas existen dos tipos de ensayos:

- 1) Carga puntual realizada en muestras de rocas irregulares, y
- 2) Compresión simple en muestras regulares

La resistencia a la compresión se determina por la siguiente expresión:

$$R_{cop} = \frac{P_{cop}}{F}$$

Dónde:

*R<sub>cop</sub>* - Resistencia a la compresión (kgf/cm<sup>2</sup>)

$P_{cop}$  - Fuerza de ruptura de la muestra de roca (kgf)

$F$  - Superficie de la sección transversal (cm<sup>2</sup>)

### **b) Resistencia a la tracción**

Se define como la carga máxima resistida por la probeta, dividida por la sección inicial de la probeta.

La resistencia a la tracción se determina con la siguiente expresión:

$$R_{tr} = \frac{2 * P_{cop}}{\pi * D * l}$$

Dónde:

$R_{tr}$  - Resistencia a la tracción (kgf/cm<sup>2</sup>)

$P_{cop}$  - Magnitud de la fuerza compresora (kgf)

$D$  - Diámetro de la muestra de roca (cm)

$l$  - Grosor del disco de roca (cm)

### **c) Resistencia al cizallamiento**

Es la propiedad de una roca que le permite resistir el desplazamiento entre las partículas del mismo al ser sometido a una fuerza externa.

Se llama también resistencia al corte y se la determina mediante la siguiente expresión matemática:

$$T_c = \frac{P_{cop}}{F}$$

Dónde:

$T_c$  - Resistencia al cizallamiento (kgf/cm<sup>2</sup>)

$P_{cop}$  - Fuerza de destrucción de la probeta

$F$  - Superficie de la sección (cm<sup>2</sup>)

## **4. MATERIALES Y MÉTODOS**

### **4.1. Materiales**

En la investigación se utilizaron los siguientes materiales, equipos e insumos: planos topográficos, geológicos, estudios de impacto ambiental de la concesión minera Cebal, informes de producción de las mina, computadora, impresora, calculadora.

#### **4.1.1. Materiales de Campo**

Los materiales utilizados en la fase de campo son los siguientes:

- Estación Total S6
- GPS
- Brújula de Geólogo
- Cámara fotográfica
- Cinta Métrica de 50m
- Carta Topográfica y Geológica del sector de estudio
- Libreta de campo
- Linterna de Mina
- Martillo Geológico
- Lupa 10x y 20x
- Lápiz de Dureza
- Marcadores
- Navaja
- Mochila de Campo
- Libreta
- Químicos. (Ácido Clorhídrico)

#### **4.1.2. Materiales de Laboratorio**

- Microscopio Petrográfico
- Balanza Analítica
- Balanza de Precisión
- Insumos Químicos
- Rayadores

- Mechero Bunsen
- Pinzas

#### **4.1.3. Materiales de Gabinete.**

Para el desarrollo del presente proyecto se utilizó información a partir de mapas bases topográfica y geológica del sector y para la elaboración de la información teórica se acudirá a libros, estudios, programas de computación y páginas webs que respaldaran teóricamente todo el proyecto de tesis. Computadora, impresora, copiadora.

#### **4.2. Métodos**

En el estudio geológico se cumplieron las siguientes etapas:

De acuerdo a la información geológica recopilada, se definió en conjunto la localización de las traversas para el levantamiento - geológico- estratigráfico- estructural con toma de muestras cada 200 m, así como los formatos para la estandarización de la toma de datos en campo durante el levantamiento de traversas geológica-estratigráficas- estructurales.

El levantamiento de traversas geológica- estratigráficas- estructurales, sirvió como soporte de la cartografía geológica incluyendo datos estructurales que reflejen los eventos de deformación asociados, descripción de las unidades aflorantes, relación estructural y estratigráfica de las diferentes planos tales como rumbo y buzamiento, dirección de alineamientos, estrías de fricción, lecturas y observaciones sobre sistemas de fracturamiento y definición del tipo de fallas detectadas (normal, inversa y de rumbo). Todas las estaciones de control deben estar georreferenciadas.

La información geológica obtenida deberá ser consignada y entregada en libretas de campo o en los formatos respectivos, las estaciones y muestras localizadas en coordenadas (Proyección: Transverse Mercator). Adicionalmente debe hacerse el empleo de paquetes informáticos como: AutoCAD, ArcGis 10.1 y fotografías digitales de buena calidad, entre otros, los



cuales ayudaran a la conformación de una base de datos y también el uso de técnicas cartográficas.

La metodología a seguir para la realización del trabajo de tesis se describe a continuación por objetivos específicos:

#### **4.2.1. Primer Objetivo: Realizar una base topográfica superficial y subterránea a detalle de área de explotación de la mina GOLDEN MINERA COMUNITARIA HUERTAS.**

Se realiza el levantamiento topográfico a detalle de los 1.500,00 metros del socavón con el fin de determinar la configuración del túnel y la posición sobre la superficie de la tierra, de las instalaciones construidas por el hombre.

Para el efecto se utiliza la estación total servo robótica R4 con navegador GPS. Una vez levantados los datos se procede a descargarlos al ordenador usando el software propio del equipo topográfico, mismo que tiene la opción de convertir los datos a formato (CSV) compactibles con Excel. La información obtenida consiste en coordenadas en tres planos (x, y, z).

A más de esto se ubica puntos de control los cuales nos servirán para el desarrollo del mapa geológico estructural e inventario de diaclasas, fracturas y fallas en la mina de estudio.

Para el efecto se utiliza la estación total servo robótica R4 con navegador GPS. Una vez levantados los datos se procede a descargarlos al ordenador usando el software propio del equipo topográfico, mismo que tiene la opción de convertir los datos a formato (CSV) compactibles con Excel. La información obtenida consiste en coordenadas en tres planos (x, y, z).

A más de esto se ubica puntos de control a cada 100,00 metros y con la ayuda de una piola señalada cada dos metros donde se toman la medidas perpendicular al eje principal y vertical, de las paredes izquierda, derecha, techo y piso de la galería con la ayuda de un distanciómetro se realiza el contorno de la mina, todos estos datos nos servirán para la elaboración del mapa geológico estructural e inventario de diaclasas, fracturas y fallas, y la ubicación respectivas de las muestra de roca en las áreas de interés en la mina de estudio.

Obteniendo estos datos, genera el mapa topográfico, para lo cual se importa los datos de Excel al software ArcGis 10.1 Para crear las curvas de nivel con las herramientas que nos brinda este software.

#### **4.2.2. Elaborar la base geológica estructural superficial y subterránea a detalle de la mina GOLDEN MINERA COMUNITARIA HUERTAS.**

El segundo objetivo es la elaboración de la segunda fase del trabajo de campo que consiste realizar el levantamiento geológico e inventario de diaclasas, fracturas, fallas para lo cual se la ubica geográficamente desde los puntos fijos por el levantamiento topográfico, tomando los datos estructurales.

La información obtenida en el socavón, como es la litología, datos estructurales, y sitios donde se recolectaron las muestras de roca se debe ubicarlas y localizadas en los planos, bien descriptas en la libreta o formatos. A cada dato se le asigna una nomenclatura específica (clave) la cual si es considerada de importancia se marca con pintura en el punto donde se toma el dato con los mismos datos de referencia en la libreta de campo.

Durante el levantamiento geológico se diferencian los contactos entre diferentes unidades litológicas; se distingue la roca sana de la alterada y se marca la profundidad de la zona de roca descomprimida. Así mismo, se toman los datos litológico-estructurales que son de utilidad para la definición del modelo geológico del sitio.

La información litológica que se obtiene de las rocas aflorantes debe referirse a su naturaleza, características texturales y propiedades generales como son: color, textura (tamaño, forma y arreglo de los elementos de la roca), composición mineralógica y estructura, de ser posible, el espesor de la formación o unidad litológica. Para la clasificación definitiva de las rocas, se auxilia con los análisis petrográficos respectivos.

Los datos litológicos citados anteriormente permiten:

- a) Determinar la distribución de las unidades litológicas en el socavón.

- b) Correlacionar las diferentes unidades litológicas con otras ya definidas, o bien nombradas de acuerdo a su magnitud y posición estratigráfica esto es: grupo, formación y miembro.
- c) Elaborar la secuencia litológica o la columna estratigráfica local.

#### **4.2.3. Elaborar el mapa geológico y estructural identificando la característica físico-mecánica de las rocas con la información obtenida del socavón de la mina de estudio**

La obtención de datos estructurales está enfocada a definir el arreglo de los estratos o capas, la magnitud y orientación de las discontinuidades (fracturas, fallas, foliación y discordancias).

En el socavón se inicia el levantamiento estructural al marcar el fracturamiento desde la entrada, poniendo énfasis en la intersección de sistemas y analizando la posible formación de cuñas que tengan salida hacia la cara libre y representen un riesgo potencial de desprendimiento.

Una vez que el socavón está debidamente mensurado y bien iluminado, se realiza una entrada hasta el tope o avance del turno, para ir observando muy detenidamente y de manera detallada la presencia de estructuras mayores como son fallas, cuerpos intrusivos (diques), sistemas de fracturamiento principales (orientación y frecuencia preponderante), zonas con fracturamiento intenso y por último áreas con riesgo de estabilidad en la excavación (tramos inestables que para seguridad requieren entibado).

La delimitación y cartografía de unidades de rocas en cuanto a sus propiedades físicas y mecánicas, como la resistencia, deformabilidad, permeabilidad, durabilidad, etc., se realiza en base a las propiedades geológicas de mayor relación con las propiedades geotécnicas. En las rocas la composición determina la dureza, resistencia, alterabilidad, etc. La textura y estructura mineralógica son también aspectos que proporcionan información sobre el comportamiento mecánico de los materiales en relación con la porosidad y la densidad. Las condiciones hidrogeológicas aportan información sobre la consistencia de las rocas y sobre las condiciones de alteración.

En el caso del socavón, la frecuencia, de distribución y tipo de discontinuidades, el grado de fracturación y el grado de alteración o meteorización proporcionan información sobre la resistencia, deformabilidad y permeabilidad, por lo que en sus primeros 150,00 metros el grado de meteorización es alto por lo que requiere de un buen entibado en este caso es de hormigón.

## 5. RESULTADOS

### 5.1. Descripción biofísica del sector de estudio

#### 5.1.1. Ubicación Geo-política

El área minera CEBRAL administrativamente se encuentra en la provincia de El Oro, cantón Zaruma, parroquia Huertas. En la misma se encuentra ubicada la mina de la Sociedad Minera comunitaria Huertas que se ubica dentro de la mencionada área minera, en la parroquia Huertas, sitio Juanchón, al Nor-Oeste de la ciudad de Zaruma.

#### 5.1.2. Ubicación Geográfica.

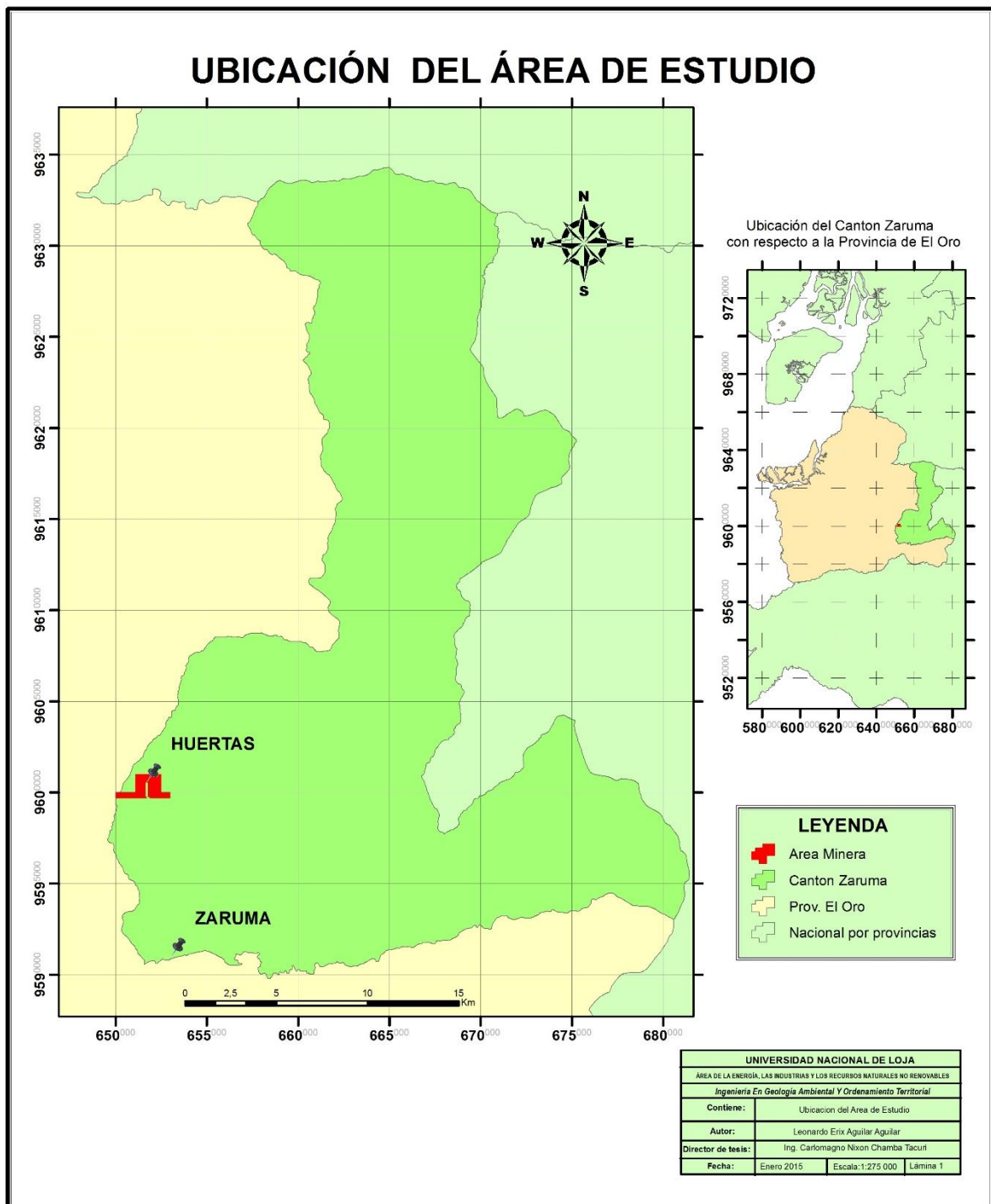
El Área Cebral con código 300267, en la que se encuentra el socavón de 1500 metros con un Azimut de  $108^{\circ}$ , ubicado en el Cantón Zaruma Parroquia Huertas en el Callejón Interandino, al Sureste del Ecuador, y al Suroeste de la Provincia de El Oro, extremo Oriental, a  $3^{\circ}61''$  latitud Sur y  $79^{\circ}64''$  longitud Occidental, se asienta en las faldas de la cordillera de Minas Nuevas, ramal desprendido de la Cordillera de Chilla, en la Hoya de Zaruma, la cual está regida por las coordenadas UTM, PSAD-56 las cuales la describimos a continuación.

**Tabla 4.** Delimitación del área Minera CEBRAL.

VERTICE	LONGITUD X	LATITUD Y
P.P.	651100	9'601000
1	652500	9'601000
2	652500	9'600000
3	653000	9'600000
4	653000	9'599700
5	651900	9'599700
6	651900	9'599750
7	651800	9'599750
8	651800	9'600550
9	651650	9'600550
10	651650	9'599750
11	651700	9'599700
12	650000	9'599700
13	650000	9'599700
14	650000	9'600000
15	651100	9'600000
16	651100	9'601000

Fuente: Hoja Topográfica Zaruma, Escala: 1:25.000. (IGM).

Tomando en consideración que la boca mina del proyecto se encuentra en el área minera Los CIPRECES código 300302. Figura 14.

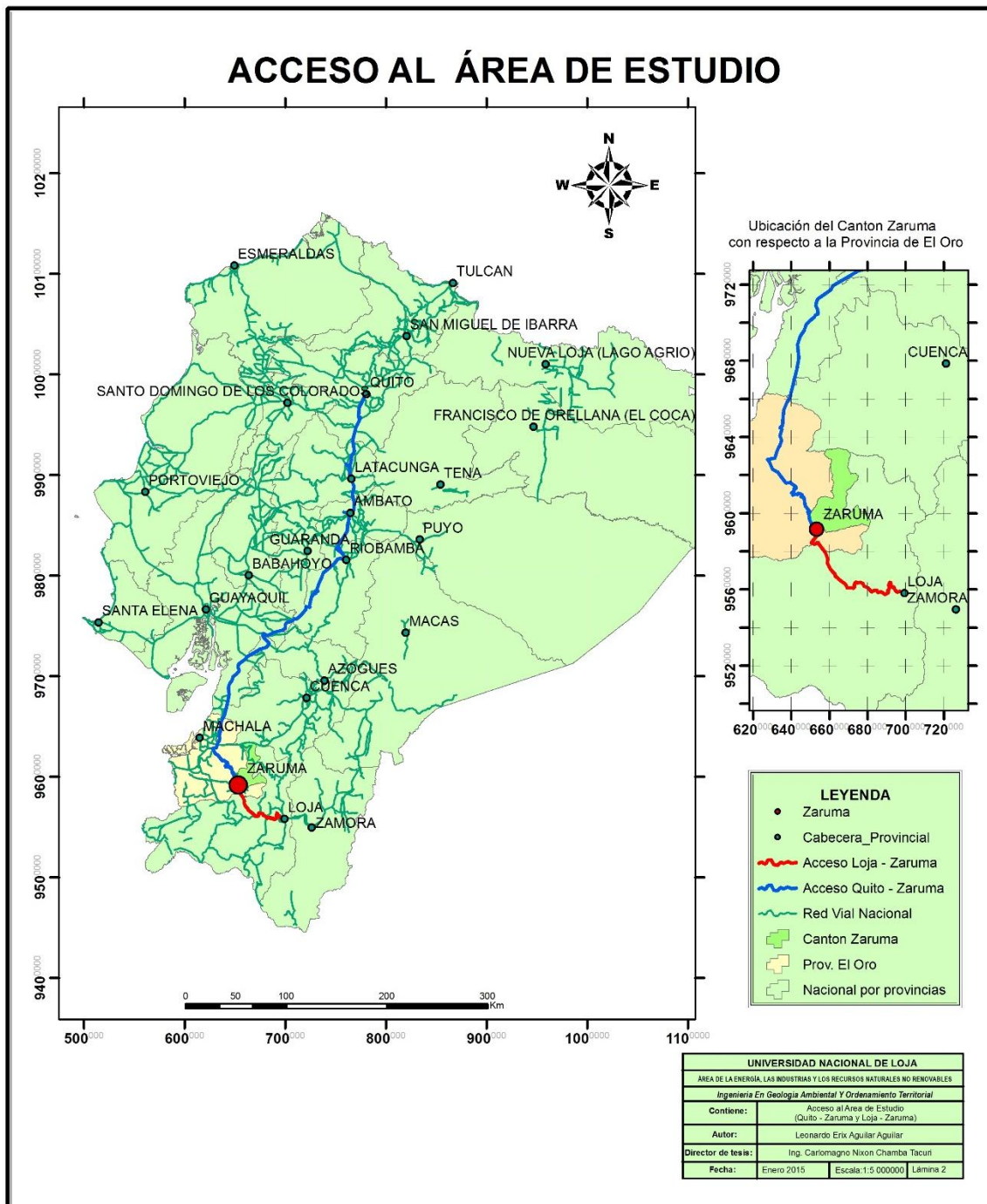


**Figura 14.** Ubicación del área de estudio  
**Elaborado por:** Leonardo Erix Aguilar Aguilar a partir de información del I.G.M.

### **5.1.3. Vías de acceso y comunicación al sitio**

El acceso se lo puede hacer por dos rutas diferentes: desde la costa por una vía de primer orden Machala - Santa Rosa – Pinas - El Pache, con 94 Km luego un desvió a margen izquierdo del río Calera hasta Puente de Buza - Playitas llegando al campamento minero de una distancia de 18 Km. Y por la sierra desde Loja - Catamayo por vía de primer orden hasta las Chinchas, tomando un desvió de tercer orden que pasa por Zambí Hasta Portovelo El Pache, Puente de Buza - Playitas campamento minero, con una distancia de 145 Km.

Por vía aérea desde la capital de la república se puede tomar la ruta Quito-Santa Rosa o Quito-Catamayo, desde estos lugares se toma las vías terrestres detalladas anteriormente, tomando en consideración de tiempo que la ruta por la costa ya sea aérea o terrestre son de menor tiempo y las distancias son más cortas. Figura 15.



**Figura 15.** Acceso al área de Estudio.  
**Elaborado por:** Leonardo Erix Aguilar Aguilar. A partir de información del I.G.M.

#### 5.1.4. Geografía de la zona

La zona del área Minera de estudio donde se ubica la Mina de La Sociedad Golden Minera comunitaria Huertas, se encuentra al margen derecho en la dirección aguas arriba del río Calera, que presenta un relieve tipo “V”. Mientras



que aguas abajo presenta un relieve tipo “U” hasta la unión con el río Amarillo, formando un pequeño valle que se extiende en dirección Norte-Sur.

En la zona de estudio se pueden encontrar pendientes que varían entre 1 y 5% en la parte baja, hasta 20 y 50% hacia el margen derecho del río donde el valle se cierra y se observan fuertes escarpes. Las alturas del valle oscilan entre 786 y 1.549 metros sobre el nivel del mar.

### 5.1.5. Clima y vegetación

#### CLIMA.

Por las características geográficas y topográficas de la zona, podemos encontrar microclimas de marcada diferencia con régimen climático temperado y con altitudes entre los 786 y 3771 m.s.n.m. El clima de la región corresponde a subtropical húmedo, en donde se dan dos estaciones bien marcadas, el periodo denominado invierno, que se prolonga desde Enero a Abril y el período que va desde Mayo a Diciembre que se caracteriza por ausencia de precipitaciones y se conoce como verano.

**Tabla 5.** Indicadores Climáticos Medios.

<b>Precipitación total anual</b>	<b>1.229 mm</b>
<b>Precipitación media mensual</b>	102 mm
<b>Evaporación media mensual</b>	62 mm
<b>Humedad relativa</b>	84%
<b>Nubosidad</b>	6/8
<b>Temperatura ambiental media mensual</b>	21.8°C

Fuente: Plan de Desarrollo Estratégico - Municipio de Zaruma. 2004.

#### VEGETACIÓN.

Desde la parte alta del área de estudio se observa un paisaje abierto y vistoso; la vegetación presenta tonalidades verduscas opacas características de la época de verano, intercalado con zonas erosionadas grisáceas sin vegetación.

En época de mayor precipitación, se evidencia la presencia de floración y fructificación. En el área del proyecto se encuentran, indistintamente, especies

nativas, arbóreas, arbustivas, herbáceas, frutales, cultivables, asociadas entre sí, debido a que no existe una zona definida para cada una de ellas.

Las especies más abundantes son: Café, y árboles frutales así como guadua (caña guadua), helecho y pasto chileno, pasto puntero, carrizo y gramalote.

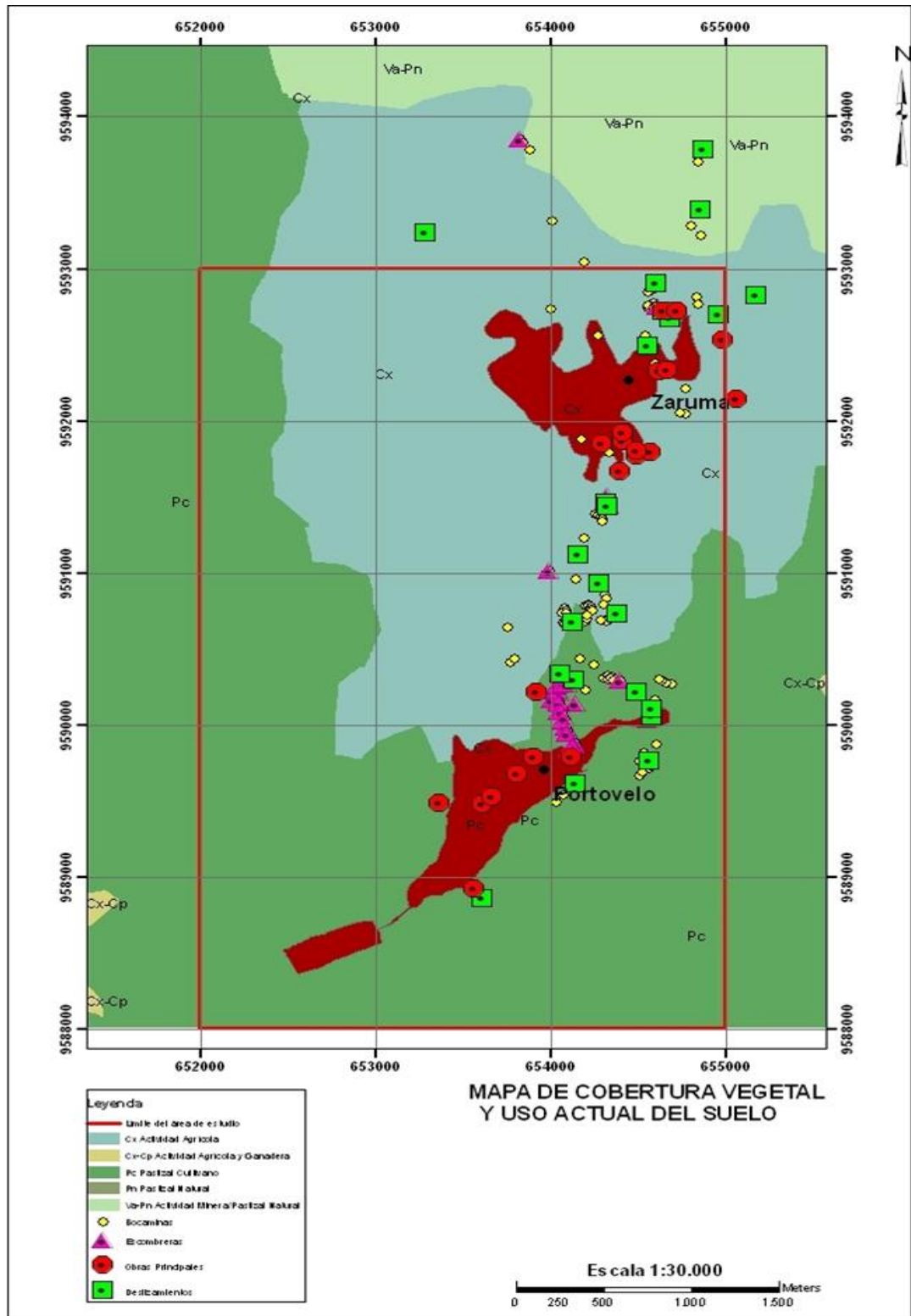
#### **5.1.6. Usos del Suelo**

De acuerdo al mapa de Cobertura Vegetal y Uso Actual del Suelo (Figura. 16) realizado por el Ministerio de Agricultura y Ganadería (MAG), se puede distinguir las siguientes formaciones vegetales y usos del suelo en la zona de estudio:

**Zonas de Actividad Agrícola:** Comprende los cultivos indiferenciados en el mapa, pero tradicionales en la zona de estudio, tales como: café, maíz, caña de azúcar, yuca.

**Zonas de Actividad Ganadera:** Representada principalmente por el ganado vacuno y ocupa las zonas de pastizales naturales y cultivados.

**Zonas de Actividad Minera:** Representada por las explotaciones mineras y sus respectivas escombreras.



**Figura 16.** Mapa de cobertura vegetal y uso actual del suelo  
**Fuente:** Mapa de Cobertura Vegetal y Uso Actual de Zaruma. Escala: 1:30.000. (MAG).

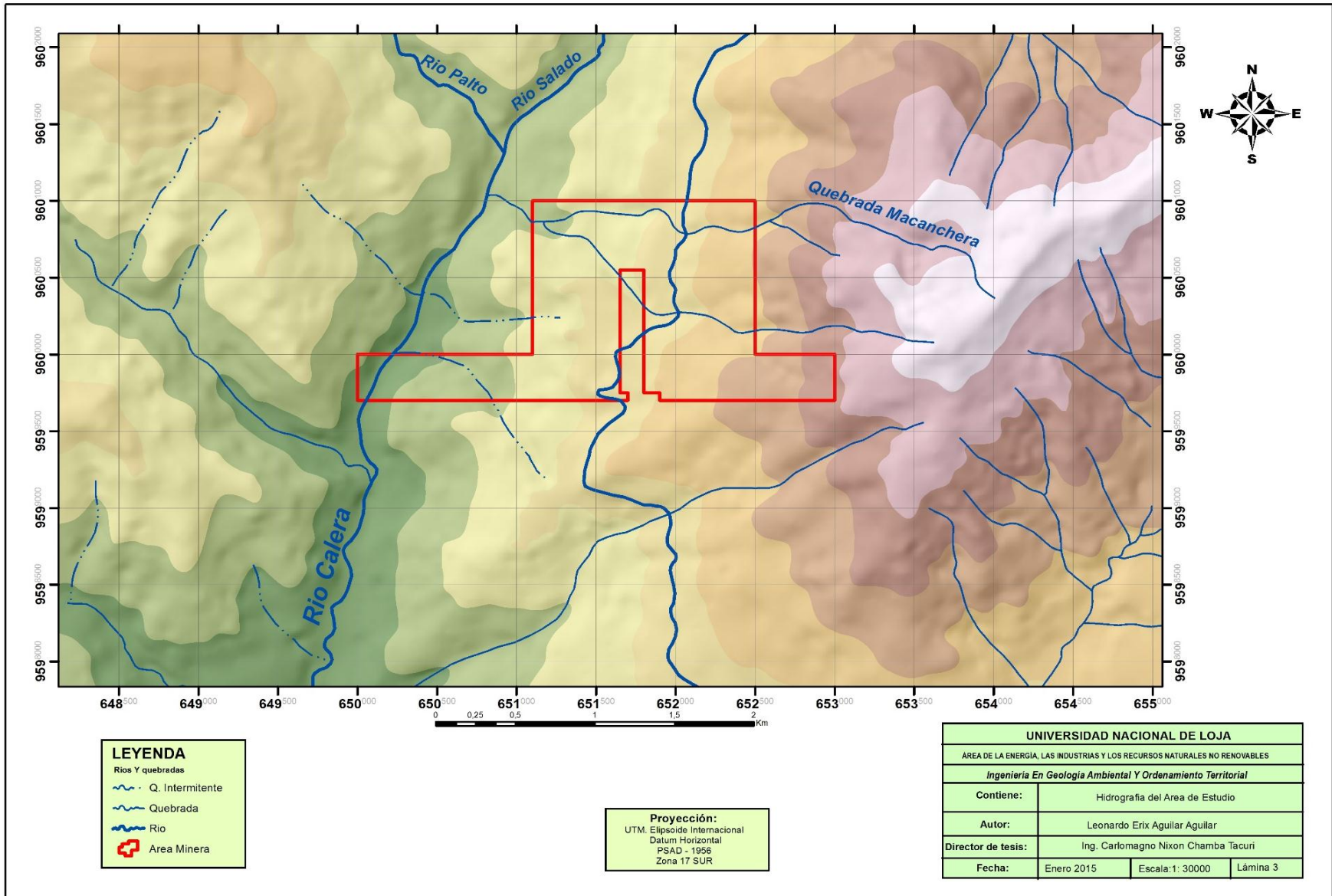
### **5.1.7. Relieve**

La Mina Comunitaria Huertas se encuentra ubicada en una zona montañosa que forma parte de la cordillera de Chilla, la misma que es un ramal de la cordillera de Los Andes. Su relieve es muy irregular, con zonas altas disectadas por valles profundos y encañonados, en donde atraviesa el Río Calera. Encontramos fuertes pendientes que oscilan entre el 40 y el 60%.

Los suelos son de color rojo, pardo rojizo o pardo, de textura arcillosa, pesados. En lo que corresponde a la parroquia Huertas, los suelos, en los sectores altos, son más bien negros y arcillosos y alcanzan hasta 3 dm de espesor, son relativamente ricos en materia orgánica. En sectores de pendiente se ha encontrado suelos de textura arenosa y fino limoso de color negro de 1 a 3 dm de espesor.

### **5.1.8. Hidrografía**

El Río Calera forma el principal sistema hidrográfico de la zona de estudio, con un sentido Norte – Sur, La quebrada Juanchón converge al Sur con el Río Calera que atraviesa al Sur de la mina con sentido Este - Oeste, el río Calera converge al Sur con el Río Amarillo para luego formar el Río Pindo que luego toma el nombre de Puyango para desembocar en el océano Pacífico. (Fig. 17).



**Figura 17.** Hidrología del área de Estudio.  
**Elaborado por:** Leonardo Erix Aguilar Aguilar a partir de información del I.G.M.

## **5.2. Resultados Específicos**

### **5.2.1. Topografía**

El levantamiento topográfico superficial y subterráneo es apoyado en una red cuya función es dar coordenadas a todos los puntos de comunicación con el interior así como hacer el levantamiento de los detalles exteriores que se precisen.

La red exterior planimétrica consta de una triangulación, utilizando un sistema de posicionamiento global (GPS) que es perfectamente utilizables para el levantamiento superficial, siendo su mayor ventaja el menor número de puntos a determinar.

La red altimétrica tiene como objeto dar cota a estos puntos y a todos aquellos que se precisen. La transmisión del trabajo del exterior al interior es directa, como simple prolongación de las redes tanto planimétricas como altimétricas al interior.

Por último el trabajo en el interior consta de un itinerario principal que se apoyará en los puntos transmitidos desde el exterior, unos itinerarios secundarios, como la toma de medidas de anchos y altos del socavón que son datos que sirven para concluir con el levantamiento de los detalles.

Una vez obtenida la información de campo se procedió a importar los datos al software AutoCAD y ArcGis 10.1 para su respectivo análisis y digitalización y de esta manera obtener el mapa topográfico.

En este mapa se puede presentar los siguientes elementos: Acceso al campamento y bocamina, casa de vivienda y comedor, talleres, polvorines, pozas de decantación de agua, zona de escombreras, transformadores.

Además se obtuvo los siguientes datos:

El levantamiento topográfico comprende de 50,00 ha superficiales y 1.500,00 m lineales en el socavón, tomando en cuenta los anchos, piso y techo del mismo que tiene una dirección de N108°.

El levantamiento topográfico sirve como base para el levantamiento geológico en donde se pudo ubicar los puntos de diaclasas, fracturas, fallas y estructuras y la elaboración de los perfiles geológicos.

Final mente se obtuvo el Mapa Topográfico a escala 1:5000, con proyecciones PSAD-1956, Zona 17 Sur. Con una equidistancia de 5 metros y 1 metro para las curvas secundarias. Ver Anexos 10.1 y 10.2.

## **5.2.2. Geología**

### **5.2.2.1. Geología regional**

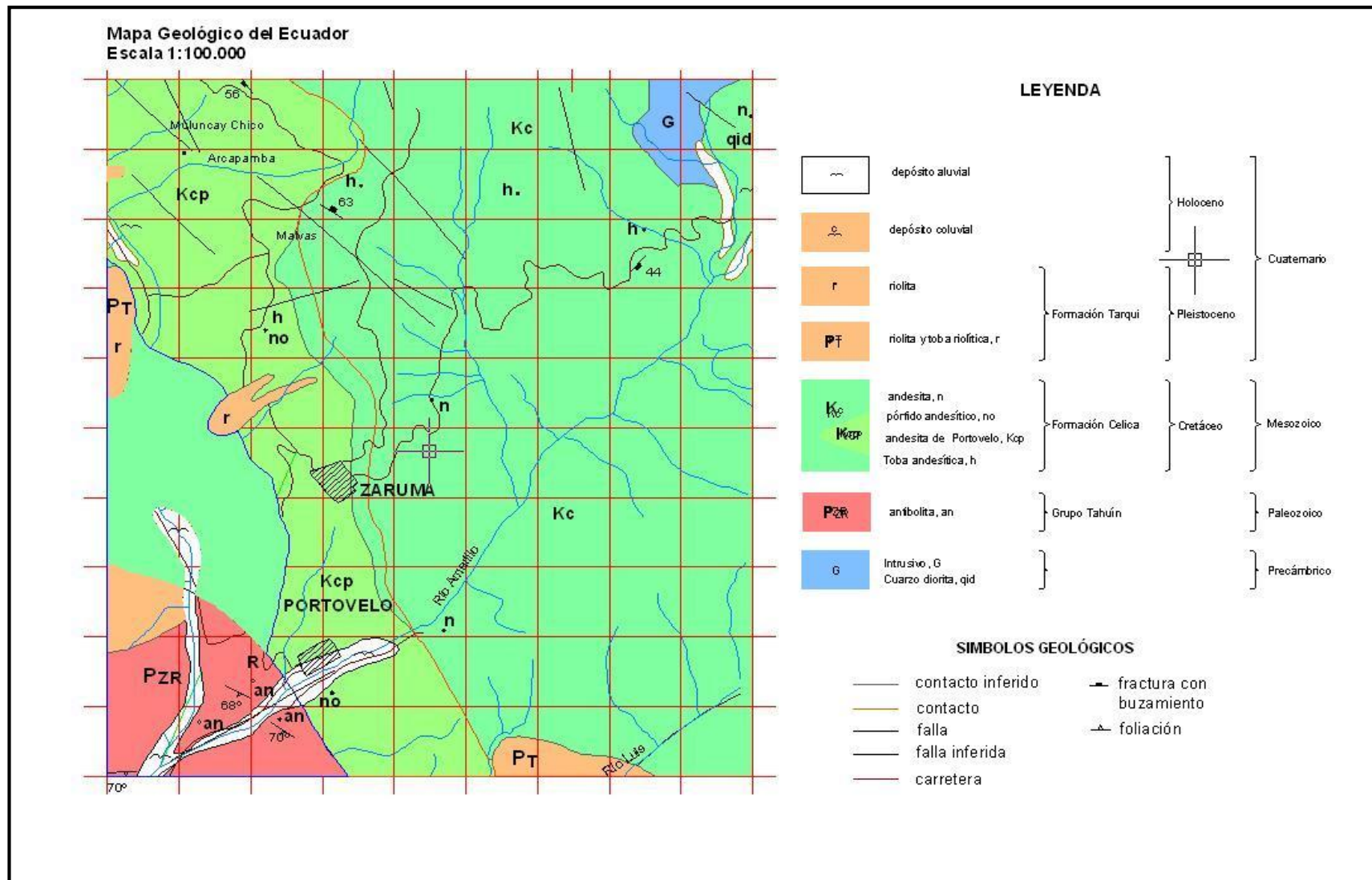
El núcleo de la Cordillera Occidental está constituido por rocas metamórficas de edad Paleozoica. Sobre ellas yacen adosadas grandes paquetes volcánicos de origen oceánico. Todo esto en conjunto está instruido por rocas ígneas. Algunas huellas profundas de eventos tectónicos regionales de alto significado metalogénico y sísmológico se manifiestan en direcciones NNE y NNO.

Algunas de las formaciones que allí se encuentran son el Complejo Metamórfico El Oro de edad Paleozoica, sobre las que yacen adosadas capas de sedimentos metamorfizados, tales como pizarras y conglomerados con clivaje. Otras unidades presentes son la Formación Célica que sobre yace discordante al Complejo Metamórfico El Oro, que comprende tobas andesíticas a dacíticas y andesitas, de edad Albiano; la Formación Sacapalca que comprende lavas andesíticas, brechas tobáceas, conglomerados, lutitas lacustres y tobas dacíticas. Y por último, el Grupo Saraguro, conformado por tobas soldadas de composición dacíticas a riolíticas, lavas andesíticas, material volcánico y rocas sedimentarias (Figura 19).

En la margen derecha del Río Calera se encuentran tobas riolíticas y las rocas metamórficas (cuarcitas, esquistos, filitas) de la serie Tahuín. La misma serie Tahuín se encuentra en ambos márgenes del río Amarillo, después de su confluencia con el río Calera.

Los depósitos Aluviales son Cuaternarios compuestos de arcillas, limos, y arenas que forman terrazas ubicadas a los márgenes del río y Calera.





**Figura 18.** Mapa Geológico Regional de la zona de Zaruma-Portovelo.  
Fuente: Mapa Geológico del Ecuador, Escala: 1:100.000. (DGGM).

### **5.2.2.2. Geología local.**

#### **— Mineralización**

La mineralización de la zona de estudio está alojada en vulcanitas intermedias a silíceas de la recientemente definida Unidad Portovelo (Pratt et al., 1997) que esta fallada contra las rocas metamórficas del Sur a lo largo del Sistema de Fallas Piñas-Portovelo (Lamina. 5) y que se superpone disconformemente sobre el Complejo Metamórfico de El Oro. Esta unidad está dominada por lavas andesíticas masivas porfídicas a basaltos andesíticas y brechas.

Autores anteriores habían incluido esta secuencia en la Formación. Célica (DGGM, 1982), la Fm. Piñón (DGGM, 1973; DGGM, 1975) y en las vulcanitas Saraguro (BGS & CODIGEM, 1993). Datos recientes (Aspden, com. Per) indican edades de 21,5 – 28,4 Ma., (Oligoceno más alto a Mioceno más temprano) que confirman la pertenencia de la Unidad Portovelo al Grupo Saraguro.

La principal mineralización económica es el oro libre, oro asociado con sulfuros y sulfosales de plata con una media de la razón plata: oro alrededor de 8:1, los sulfuros principales son pirita, esfalerita, galena y calcopirita.

#### **— Alteración Hidrotermal**

La propilitización penetrativa es la asociación más extendida a escala regional. Mientras que la silicificación, argilitización y alteración filica presentan una marca más localizada, principalmente confinada a las partes centrales del sistema mineralizado.

La alteración argílica penetrativa intermedia a avanzada y la silicificación intensa más localizada ocupa un área que se ensancha hacia el Norte desde Portovelo hacia Minas Nuevas.

#### **— Estructura**

La principal estructura del sistema es la Fallas Piñas – Portovelo, esta importante falla/cabalgamiento Este-Sureste tiene un gran descenso en el bloque Norte y separa al grupo Saraguro del Complejo Metamórfico de El Oro. También constituye el límite Sur del sistema de vetas auríferas. Mientras que al Oeste de Piñas la falla

aparece con buzamiento alto, entre Piñas y Salatí y al SE de Portovelo en un cabalgamiento vergente al Sur, buzando al Norte.

La falla con rumbo NE con una cantidad limitada de desplazamiento dextral está presente al sur de Portovelo y Norte de Zaruma. Estas forman un sistema conjugado de las estructuras de rumbo Noroeste.

#### — Litología

- **Facie andesítica**

La facie andesítica está localizada dentro de toda el socavón de estudio, solo diferenciándose por su textura, coloración, alteración y se identificó una secuencia de brechas, lavas y tobas.

- **Lavas andesíticas**

Estas rocas se disponen como mantos lávicos, los cuales se encuentran estratigráficamente sobre yaciendo a las brechas e infrayaciendo a las tobas de composición andesítica. Se encuentran ubicadas desde los 159 metros hasta los 557 metros del inicio del socavón.

Estas rocas de color gris verdoso presentan una textura porfirítica a microporfirítica, petrográficamente se reconocen minerales de plagioclasa de (10% a 40%), hornblenda (25%), piroxeno de (5% a 10%), epidota de (2% a 8%), clorita de (2% a 8%), sulfuros pirita (1%), cuarzo (5%), CaCO<sub>3</sub> de (2% a 4%), matriz afanítica y vítrea de (23% a 65%).

Este tipo de rocas presentan un fuerte diaclasamiento y están mineralizadas, con discontinuidades en varias direcciones D1:N320/83, D2: N220/10, D3: N47/65.

La densidad promedio de fracturación corresponde a 51 discontinuidades en 10 metros (5,1 d/m), el diaclasamiento preferencial en este tipo de rocas es N174/24, `y N66/SubV en esta unidad litológica se observa un perfil de alteración de una ligera epidotización.

Geomecánicamente, estas lavas tienen una compresión simple de 40 a 189 MPa, donde se determinó un RMR= 47 correspondiente a un macizo rocoso de mediana calidad.

Es importante mencionar que este tipo de rocas están relacionadas con la mineralización del distrito minero Zaruma-Portovelo, vinculado a las estructuras principales de dirección Norte-Sur, representada por vetas de cuarzo de espesores centimétricos a métricos a lo largo del tren mineralizado.

- **Brechas andesíticas**

Estas rocas se encuentran en contacto litológico infrayaciendo a las tovas andesíticas desde los 1422 metros y son de color gris verdoso están constituidas por clastos angulosos a subredondeados (65%), con diámetros centimétricos, de color gris verdoso claro, de composición andesítica, los minerales presentes son 50% de plagioclasas, 30% de hornblenda, 5% de piroxeno, 3% de epidota, 2% de clorita, 2% CaCO<sub>3</sub>, 1% de sulfuros Pirita, 3% de olivino y un 4% de cuarzo.

La densidad promedio de fracturación corresponde a 38 discontinuidades en 10 metros (3,8 d/m), el diaclasamiento preferencial en este tipo de rocas es N315/74, en esta unidad litológica se observa un perfil de alteración con un 10% de epidotización.

- **Tobas andesíticas**

Estas rocas se encuentran sobreyaciendo en contacto con las lavas andesíticas, a una profundidad de 557 metros hasta 1422 metros de profundidad desde el inicio del socavón y presentan una coloración gris pardo, petrográficamente se reconocen minerales de plagioclasas (80%), con impregnaciones superficiales o fisúrales de CaCO<sub>3</sub> posterior a la formación de las tobas andesíticas (5%), sulfuros diseminados pirita (5%), cuarzo (3%) envueltos en una matriz afanítica (50%). Ver Anexos 10.3 y 10.4.

La densidad promedio de fracturación corresponde a 42 discontinuidades en 8 m (5,25 d/m), donde el diaclasamiento principal es N73/64.

Los datos que se describen las muestras están basados en los estudios petrográficos realizados en el laboratorio de la facultad de Ingeniería en Geología Ambiental y Ordenamiento Territorial de la Universidad Nacional de Loja. Ver Anexos 10.5.

✓ **Muestra LA – 001**

Se encuentra ubicada en las coordenadas planas UTM N 9600473 m – E 650894 m. Esta compuestas de andesitas porfíricas de color verdoso y petrográficamente se reconocen minerales de Plagioclasa de (38,72%), Feldespato (18,70%), Hornblenda (21,30%), Piroxeno (7,10%), Cuarzo (2,84%), Epidota (5,67%), Clorita (4,26%), y Otros (1,43%). Figura 19.

En este tipo de roca se en cuenta una gran cantidad de Vetilleo milimétrico rellenos de cuarzo, y caolín – calcita.

Se determina este tipo de roca según estudios por el sistema de STRECKEISEN.

**Tabla 6.** Determinación del Nombre de la Roca por el Sistema de Streckeisen – Muestra LA-001

DETERMINACION DEL NOMBRE DE LAS ROCAS EN ESTUDIO POR EL SISTEMA DE STRECKEISEN					
MUESTRA LA-001					
CODIGO	LA - 001				
ORDEN	COMP. MINERA	% Parcial	FACTOR PARA EL RECALCULO	% RECALCULADO	NOMBRE DE LA ROCA
1	CUARZO	2,84	1,66	4,71	
2	FELDESPATO	18,70	1,66	31,03	ANDESITA
3	PLAGIOCLASAS	38,72	1,66	64,25	
	<b>TOTAL</b>	<b>60,26</b>		<b>100,00</b>	

Fuente: Elaborado por Leonardo Erix Aguilar Aguilar

CLASIFICACIÓN MODAL DE UNA ROCA VOLCÁNICA  
EN EL TRIÁNGULO Q-A-P-F (Streckeisen, 1976)

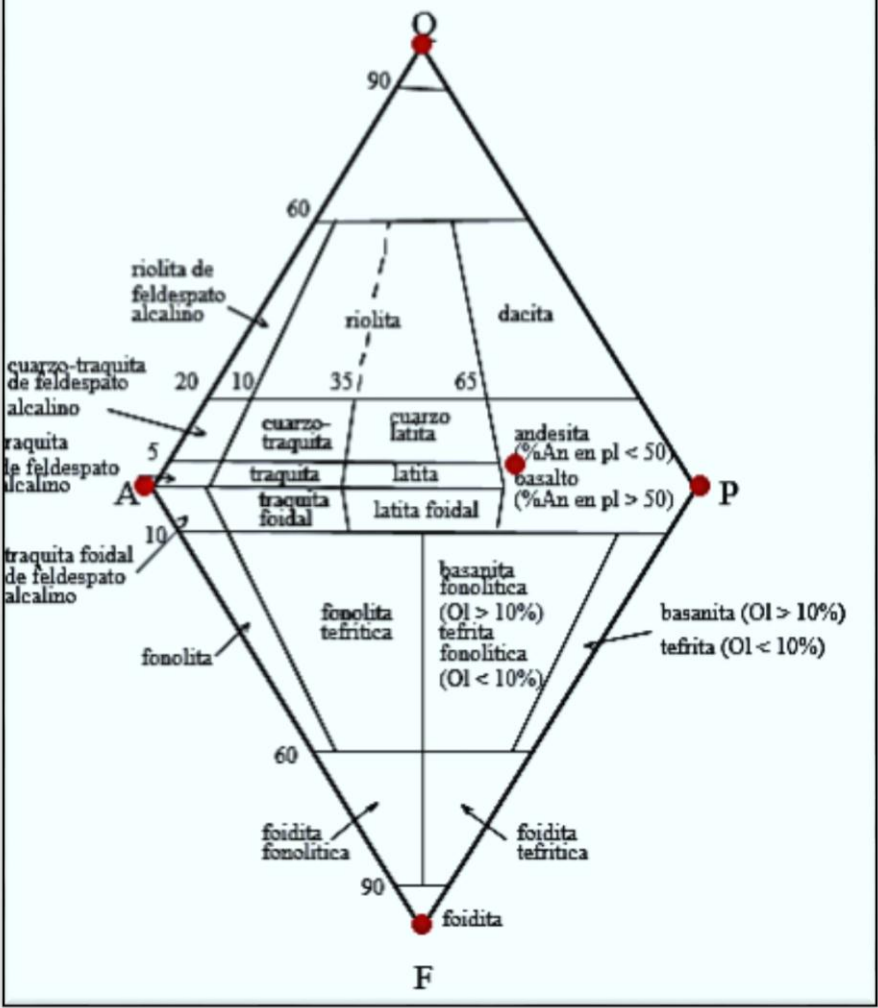


Figura 19. Diagrama de clasificación de las rocas - Muestra LA-001  
Elaborado por: Leonardo Erix Aguilar Aguilar



**Cuadro 1.** Composición Mineralógica de las rocas - Muestra LA-001  
**Elaborado por:** Leonardo Erix Aguilar Aguilar

### ✓ Muestra LA – 002

La muestra número LA - 002 se localiza en el punto de las coordenadas planas UTM N 9600401 m – E 651129 m. Muestra compuesta de andesitas de coloración verdosas de una moderada epidotización y petrográficamente se reconocen minerales de Plagioclasa (70,48%), Feldespatos (23,42%), Hornblenda (1,55%), Cuarzo (3,10%), Piroxeno (0,52%), Pirita (0,52%), y otros (0,52%). Figura 20.

En este tipo de rocas se presentan Vetilleo milimétricos de epidotas.

**Tabla 7.** Determinación del Nombre de la Roca por el Sistema de Streckeisen – Muestra LA-002

DETERMINACION DEL NOMBRE DE LAS ROCAS EN ESTUDIO POR EL SISTEMA DE STRECKEISEN MUESTRA LA-002					
CODIGO	LA - 002				
ORDEN	COMP. MINERA	% Parcial	FACTOR PARA EL RECALCULO	% RECALCULADO	NOMBRE DE LA ROCA
1	CUARZO	3,10	1,03	3,20	
2	FELDESPATO	23,42	1,03	24,17	
3	PLAGIOCLASAS	70,38	1,03	72,63	ANDESITA
	<b>TOTAL</b>	<b>96,90</b>		<b>100,00</b>	

**Fuente:** Elaborado por Leonardo Erix Aguilar Aguilar

CLASIFICACIÓN MODAL DE UNA ROCA VOLCÁNICA  
EN EL TRIÁNGULO Q-A-P-F (Streckeisen, 1976)

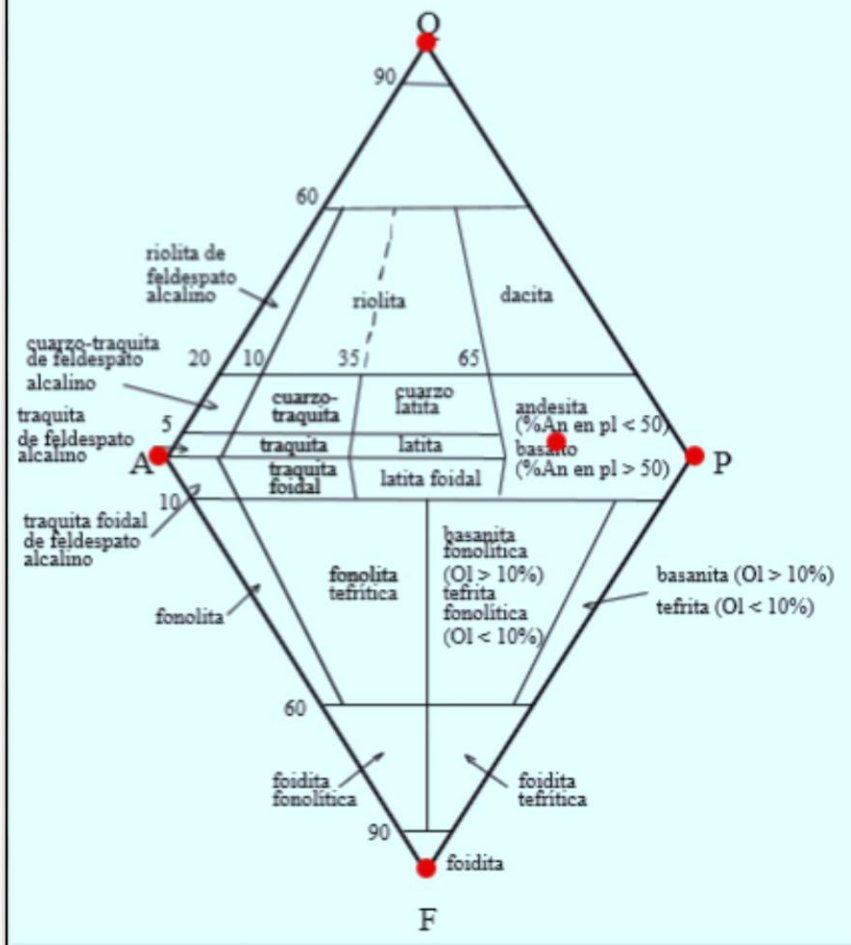


Figura 20. Diagrama de clasificación de las rocas - Muestra LA-002  
Elaborado por: Leonardo Erix Aguilar Aguilar





**Cuadro 2.** Composición Mineralógica de las rocas - Muestra LA-002  
**Elaborado por:** Leonardo Erix Aguilar Aguilar

#### ✓ Muestra LA – 003

La muestra LA – 003 se ubica en las coordenadas planas UTM N 9600343 – E 651320 que corresponde una muestra de tobas andesíticas los fragmentos son desimétricos subredondeados, de coloración verdosa, su composición mineralógica es de Plagioclasas (67,94%), Hornblenda (7,93%), feldespatos (13,80%), cuarzo (2,39%), Piroxeno (3,17%), limonita (3,97%), y otros (0,80%). Figura 31.

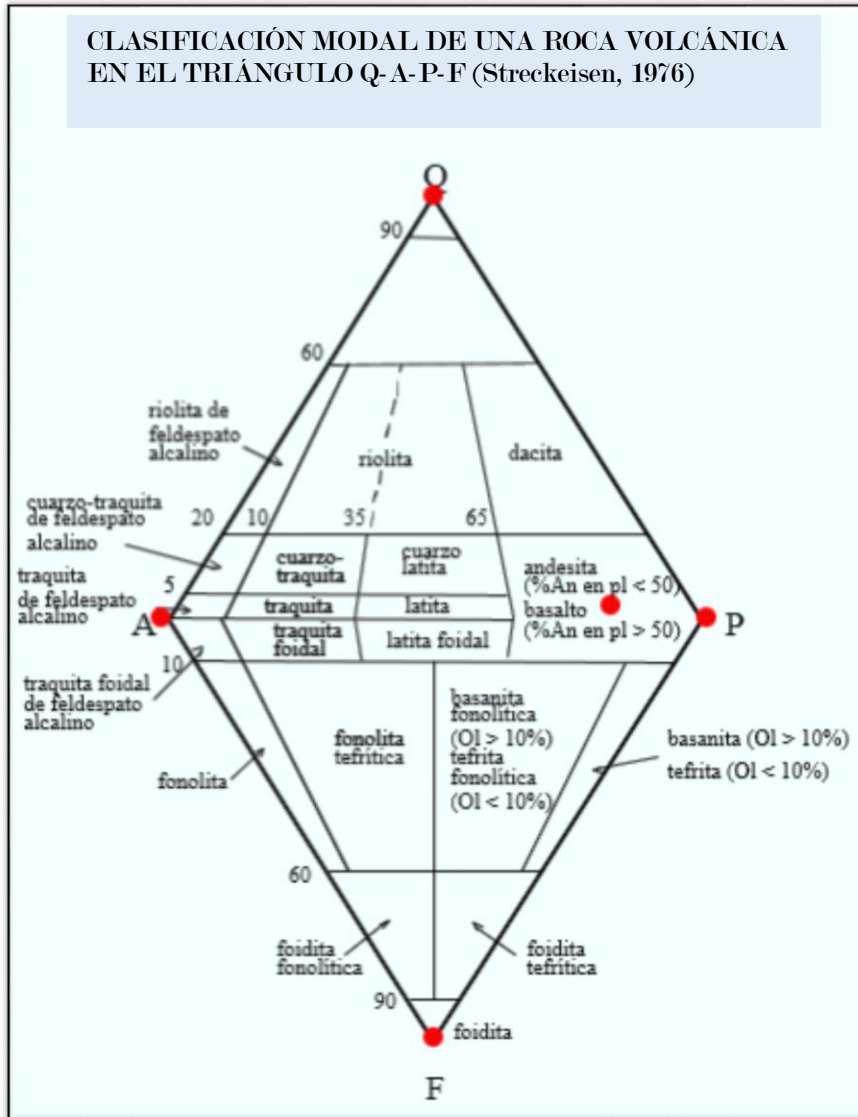
En este tipo de roca no es común la presencia de piritita diseminada, y se observan menor cantidad de Vetilleo de cuarzo y epidota.

**Tabla 8.** Determinación del Nombre de la Roca por el Sistema de Streckeisen – Muestra LA-003

DETERMINACION DEL NOMBRE DE LAS ROCAS EN ESTUDIO POR EL SISTEMA DE STRECKEISEN MUESTRA LA-003					
CODIGO	LA – 003				
ORDEN	COMP. MINERA	% Parcial	FACTOR PARA EL RECALCULO	% RECALCULADO	NOMBRE DE LA ROCA
1	CUARZO	2,39	1,19	2,84	
2	FELDESPATO	13,80	1,19	16,40	ANDESITA
3	PLAGIOCLASAS	67,94	1,19	80,76	
	<b>TOTAL</b>	<b>84,13</b>		<b>100,00</b>	

**Elaborado por:** Leonardo Erix Aguilar Aguilar

**CLASIFICACIÓN MODAL DE UNA ROCA VOLCÁNICA  
EN EL TRIÁNGULO Q-A-P-F (Streckeisen, 1976)**



**Figura 21.** Diagrama de clasificación de las rocas - Muestra LA-003  
**Elaborado por:** Leonardo Erix Aguilar Aguilar



**Cuadro 3.** Composición Mineralógica de las rocas - Muestra LA-003  
Elaborado por: Leonardo Erix Aguilar Aguilar

#### ✓ Muestra LA – 004

La muestra se encuentra ubicada en las coordenadas planas UTM N 9600285 – E 651512 compuesta de andesitas de coloración verde oscura, con una mayor presencia de clorita y escasa epidotización, compuesta petrográficamente de Plagioclasa (70,56%), Feldespatos (25,21%), Cuarzo (1,06%), Hornblenda (2,64%), Clorita (2,64%), y otros (0,53%). Figura22.

Rocas un mayor grado de fracturamiento y un número mayor de vetillas milimétricas de cuarzo.

**Tabla 9.** Determinación del Nombre de la Roca por el Sistema de Streckeisen – Muestra LA-004

DETERMINACION DEL NOMBRE DE LAS ROCAS EN ESTUDIO POR EL SISTEMA DE STRECKEISEN MUESTRA LA-004					
CODIGO	LA - 004				
ORDEN	COMP. MINERA	% Parcial	FACTOR PARA EL RECALCULO	% RECALCULADO	NOMBRE DE LA ROCA
1	CUARZO	1,06	1,06	1,13	
2	FELDESPATO	25,21	1,06	26,77	ANDESITA
3	PLAGIOCLASAS	67,92	1,06	72,11	
	<b>TOTAL</b>	<b>94,19</b>		<b>100,00</b>	

Elaborado por: Leonardo Erix Aguilar Aguilar

CLASIFICACIÓN MODAL DE UNA ROCA VOLCÁNICA  
EN EL TRIÁNGULO Q-A-P-F (Streckeisen, 1976)

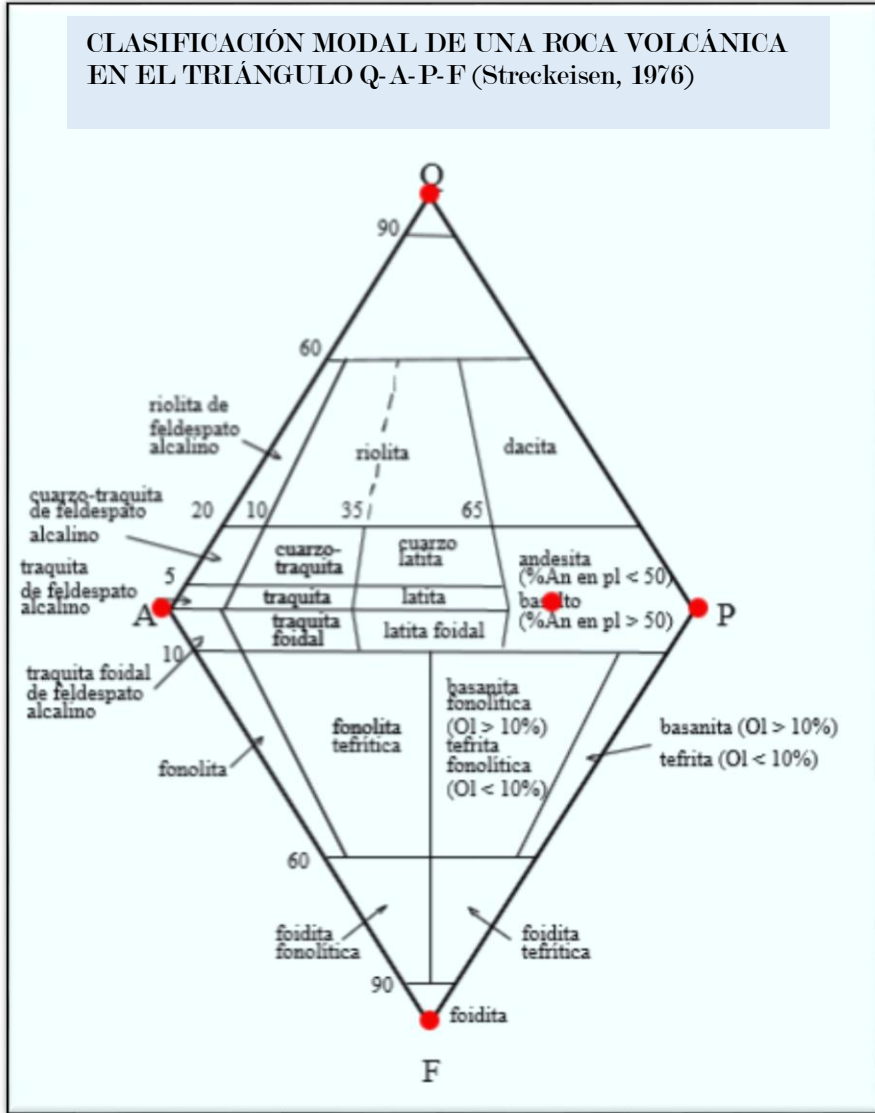


Figura 22. Diagrama de clasificación de las rocas - Muestra LA-004  
Elaborado por: Leonardo Erix Aguilar Aguilar



**Cuadro 4.** Composición Mineralógica de las rocas - Muestra LA-004  
**Elaborado por:** Leonardo Erix Aguilar Aguilar

#### ✓ Muestra LA – 005

Muestra ubicada en el punto de coordenadas planas UTM N 9600226 – E 651703, Andesita de escasos fragmentos epidotizadas, y de una matriz cloritizada compuesta mineralógicamente de Plagioclasa (59,99%), Feldespato (16,17%), hornblenda (19,85%), Cuarzo (1,59%), Pirita (0,80%), y otros (1,59%). Figura 23.

En este tipo de roca se hace presente rellenando fisuras con caolín y milonita, y la pirita diseminada en un 1%.

**Tabla 10.** Determinación del Nombre de la Roca por el Sistema de Streckeisen – Muestra LA-005

DETERMINACION DEL NOMBRE DE LAS ROCAS EN ESTUDIO POR EL SISTEMA DE STRECKEISEN MUESTRA LA-005					
CODIGO	LA - 005				
ORDEN	COMP. MINERA	% Parcial	FACTOR PARA EL RECALCULO	% RECALCULADO	NOMBRE DE LA ROCA
1	CUARZO	1,59	1,29	2,05	
2	FELDESPATO	16,17	1,29	20,80	ANDESITA
3	PLAGIOCLASAS	59,99	1,29	77,16	
	<b>TOTAL</b>	<b>77,75</b>		<b>100,00</b>	

**Elaborado por:** Leonardo Erix Aguilar Aguilar

CLASIFICACIÓN MODAL DE UNA ROCA VOLCÁNICA  
EN EL TRIÁNGULO Q-A-P-F (Streckeisen, 1976)

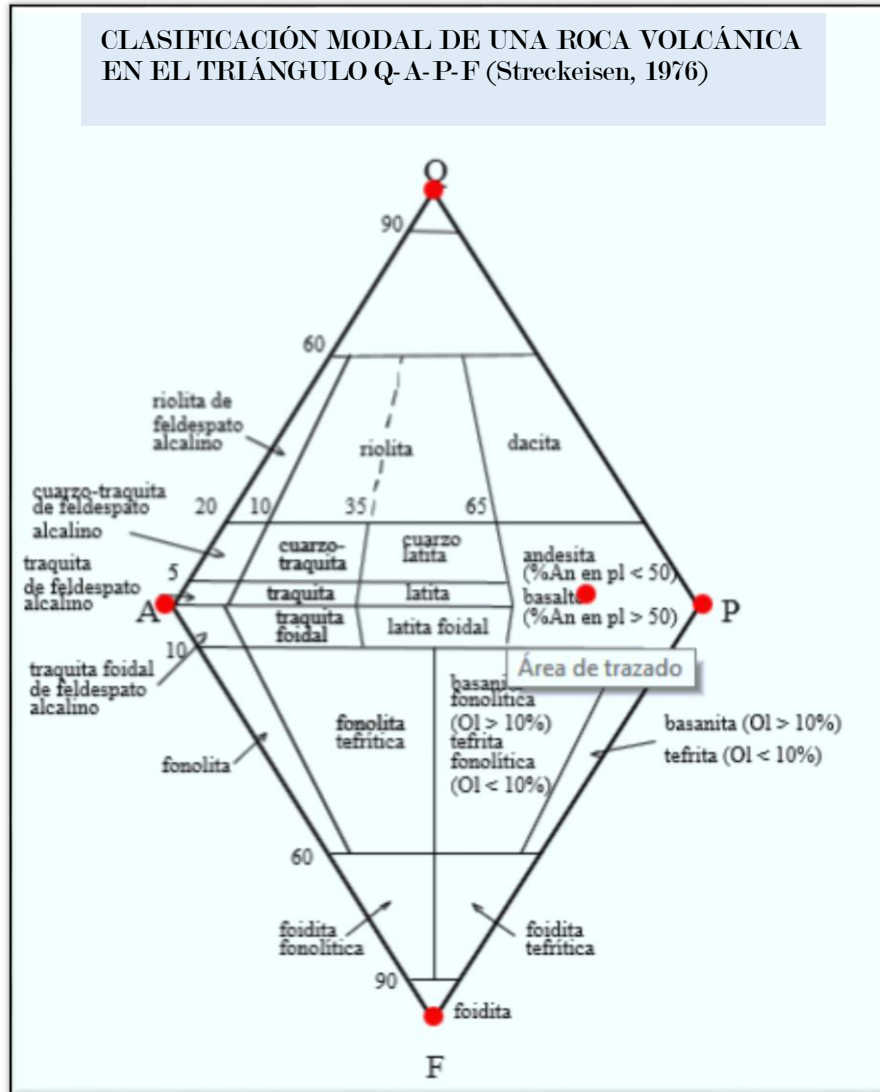


Figura 23. Diagrama de clasificación de las rocas - Muestra LA-005  
Elaborado por: Leonardo Erix Aguilar Aguilar



**Cuadro 5.** Composición Mineralógica de las rocas - Muestra LA-005  
Elaborado por: Leonardo Erix Aguilar Aguilar

#### ✓ Muestra LA – 006

La ubicación de esta muestra está ubicada en las coordenadas planas UTM N 9600196 – E 651803, de andesitas oscuras de una matriz fina y fractura concoidea, andesita tipo corneanas que forma un dique de 10,00 metros de potencia, compuesta mineralógicamente de Plagioclasa (65,45%), Feldespatos (22,58%), Hornblenda (8,17%), Piroxeno (1,08%), Cuarzo (1,08%), Piritita (1,08%), y otros (0,56%). Figura 24.

**Tabla 11.** Determinación del Nombre de la Roca por el Sistema de Streckeisen – Muestra LA-006

DETERMINACION DEL NOMBRE DE LAS ROCAS EN ESTUDIO POR EL SISTEMA DE STRECKEISEN MUESTRA LA-006					
CODIGO	LA - 006				
ORDEN	COMP. MINERA	% Parcial	FACTOR PARA EL RECALCULO	% RECALCULADO	NOMBRE DE LA ROCA
1	CUARZO	1,08	1,12	1,21	
2	FELDESPATO	22,58	1,12	25,34	ANDESITA
3	PLAGIOCLASAS	65,45	1,12	73,45	
	<b>TOTAL</b>	<b>89,11</b>		<b>100,00</b>	

Elaborado por: Leonardo Erix Aguilar Aguilar.

CLASIFICACIÓN MODAL DE UNA ROCA VOLCÁNICA EN EL TRIÁNGULO Q-A-P-F (Streckeisen, 1976)

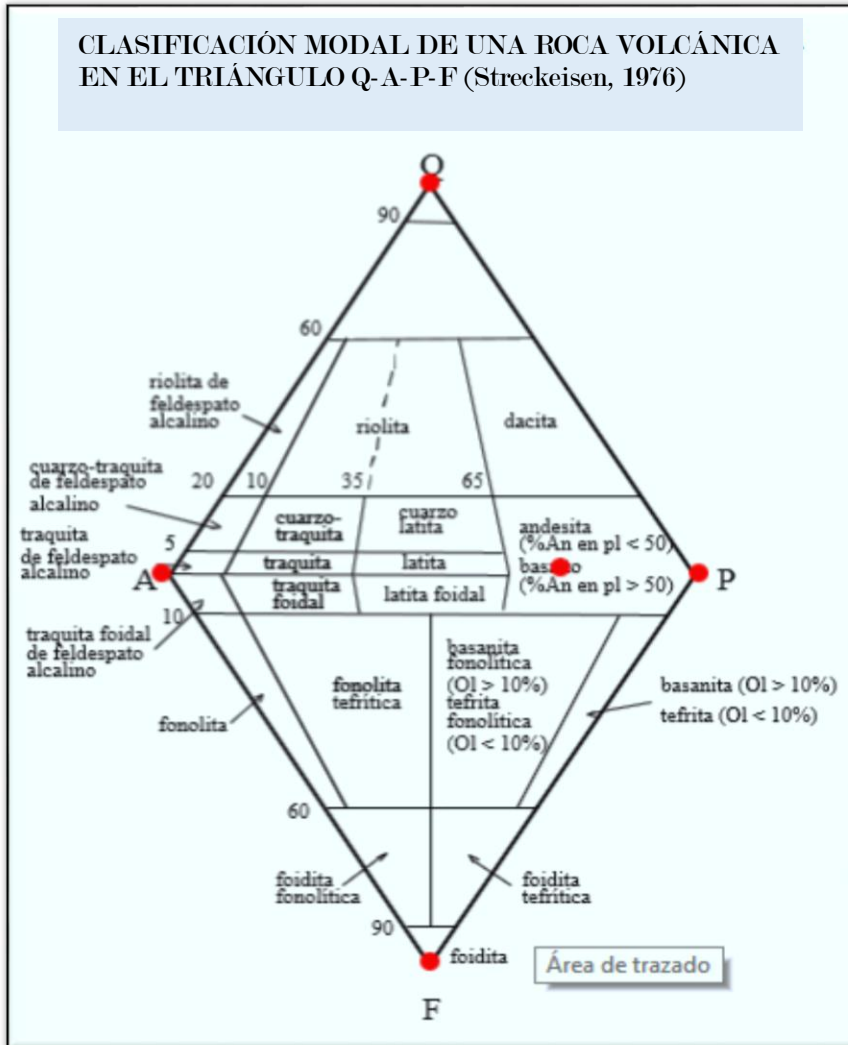


Figura 24. Diagrama de clasificación de las rocas - Muestra LA-006  
Elaborado por: Leonardo Erix Aguilar Aguilar



Cuadro 6. Composición Mineralógica de las rocas - Muestra LA-006  
Elaborado por: Leonardo Erix Aguilar Aguilar



✓ **Muestra LA – 007**

La Muestra LA – 007 está ubicada en las coordenadas planas UTM N 9600140 – E 651990, Andesitas de textura porfírica con una ligera epidotización y cloritización, y presencia de escasa piritita diseminada, compuestas petrográficamente de Plagioclasas (62,71%), Feldespato (22,60%), hornblenda (10,89%), Piroxeno (1,63%), Cuarzo (1,09%), y otros (1,09%). Figura 25.

**Tabla 12.** Determinación del Nombre de la Roca por el Sistema de Streckeisen – Muestra LA-007

<b>DETERMINACION DEL NOMBRE DE LAS ROCAS EN ESTUDIO POR EL SISTEMA DE STRECKEISEN MUESTRA LA-007</b>					
<b>CODIGO</b>	LA - 007				
<b>ORDEN</b>	<b>COMP. MINERA</b>	<b>% Parcial</b>	<b>FACTOR PARA EL RECALCULO</b>	<b>% RECALCULADO</b>	<b>NOMBRE DE LA ROCA</b>
<b>1</b>	CUARZO	1,09	1,16	1,26	
<b>2</b>	FELDESPATO	22,60	1,16	26,16	ANDESITA
<b>3</b>	PLAGIOCLASAS	62,71	1,16	72,58	
	<b>TOTAL</b>	<b>86,40</b>		<b>100,00</b>	

**Elaborado por:** Leonardo Erix Aguilar Aguilar

CLASIFICACIÓN MODAL DE UNA ROCA VOLCÁNICA EN EL TRIÁNGULO Q-A-P-F (Streckeisen, 1976)

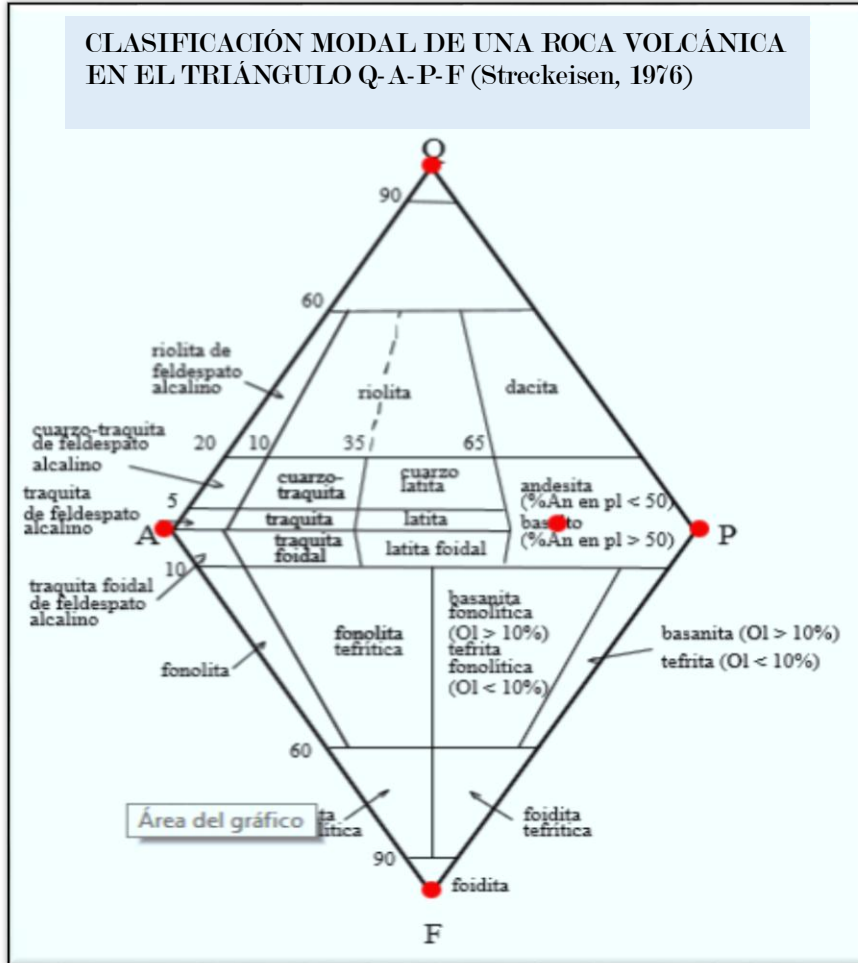
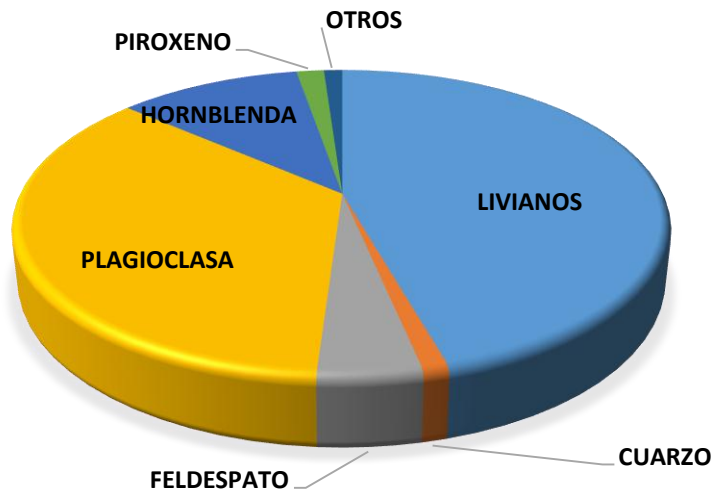


Figura 25. Diagrama de clasificación de las rocas - Muestra LA-007  
Elaborado por: Leonardo Erix Aguilar Aguilar

COMPOSICIÓN MINERALÓGICA  
MUESTRA LA - 007



Cuadro 7. Composición Mineralógica de las rocas - Muestra LA-007  
Elaborado por: Leonardo Erix Aguilar Aguilar

✓ **Muestra LA – 008.**

Esta muestra se encuentra localizada en las coordenadas planas UTM N 9600081 – E 652181, Andesitas de textura fina en las que presentan una moderada silicificación, compuestas mineralógicamente de Plagioclasas (53,81%), Feldespatos (27,54%), Hornblenda (15,57%), Cuarzo (0,61%), Piroxeno (0,61%), Limonitas (1,25%), y otros (0,61%). Figura 26.

**Tabla 13.** Determinación del Nombre de la Roca por el Sistema de Streckeisen – Muestra LA-008

DETERMINACION DEL NOMBRE DE LAS ROCAS EN ESTUDIO POR EL SISTEMA DE STRECKEISEN					
MUESTRA LA-008					
CODIGO	LA - 008				
ORDEN	COMP. MINERA	% Parcial	FACTOR PARA EL RECALCULO	% RECALCULADO	NOMBRE DE LA ROCA
1	CUARZO	0,61	1,22	0,74	
2	FELDESPATO	27,54	1,22	33,60	ANDESITAS
3	PLAGIOCLASAS	53,81	1,22	65,65	BASALTICA
	<b>TOTAL</b>	<b>81,96</b>		<b>100,00</b>	

Elaborado por: Leonardo Erix Aguilar Aguilar

**CLASIFICACIÓN MODAL DE UNA ROCA VOLCÁNICA EN EL TRIÁNGULO Q-A-P-F (Streckeisen, 1976)**

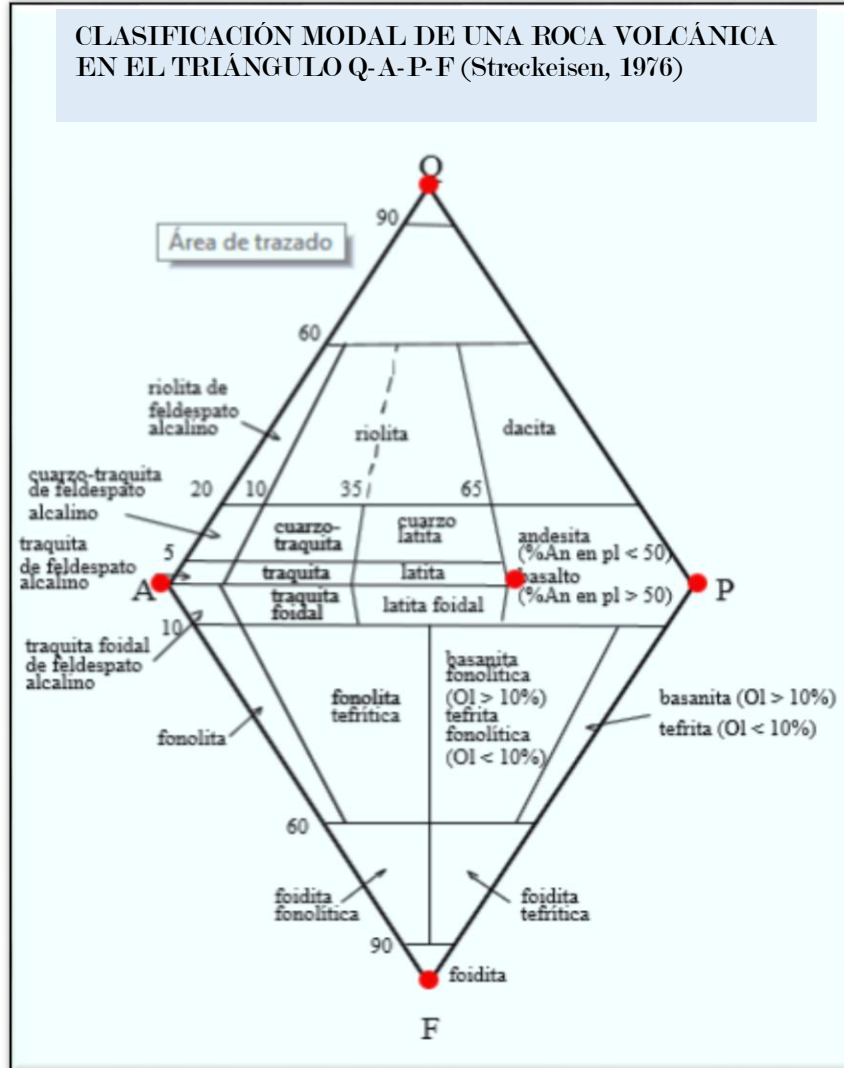
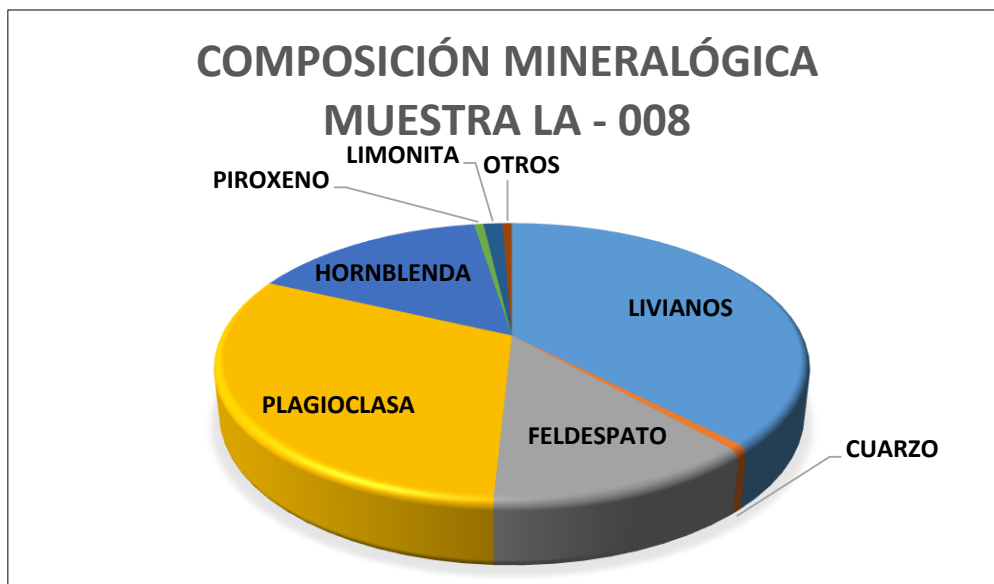


Figura 26. Diagrama de clasificación de las rocas - Muestra LA-008  
Elaborado por: Leonardo Erix Aguilar Aguilar



Cuadro 8. Composición Mineralógica de las rocas - Muestra LA-008  
Elaborado por: Leonardo Erix Aguilar Aguilar

### **5.2.2.3. Geología Estructural**

La principal estructura del sistema es la Fallas Piñas – Portovelo y el llamado Puente Buza - Palestina, esta importante falla/cabalgamiento Este-Sureste tiene un gran descenso en el bloque Norte y separa al grupo Saraguro del Complejo Metamórfico de El Oro. También constituye el límite Sur del sistema de vetas auríferas. Mientras que al Oeste de Piñas la falla aparece con buzamiento alto, entre Piñas y Salati y al SE de Portovelo en un cabalgamiento vergente al Sur, buzando al Norte.

La falla con rumbo NE con una cantidad limitada de desplazamiento dextral está presente al sur de Portovelo y Norte de Zaruma. Estas forman un sistema conjugado de las estructuras de rumbo Noroeste.

El primer sistema, es una falla de cabalgamiento, en una longitud de 40 km con un azimut aproximado de N295° que separa a su vez, al Grupo Saraguro del Complejo Metamórfico de El Oro al Sur. El desplazamiento del Grupo Saraguro al Oeste de Zaruma indica un salto vertical de al menos 3 km entre Piñas y Zaruma. Mientras que al Oeste de Piñas, la falla aparece con buzamiento alto, entre Piñas y Salati y al este de Portovelo, es un cabalgamiento con tendencia al Sur, buzando al Norte.

La falla Puente Buza - Palestina, sigue un rumbo paralelo a la Falla Piñas - Portovelo, con una extensión aproximada de 10 km.

La zona de investigación presenta un marcado cambio estructural, donde el Complejo Metamórfico de El Oro tiene una dirección Este - Oeste, en contraste con el rumbo principal NNE - SSW de los Andes Ecuatorianos. La zona de falla Zanjón – Naranjo es una de las estructuras geológicas más antiguas del complejo, donde se observa una aparente uniformidad o paralelismo. En la zona de la falla Piñas - Portovelo, las litologías de basamento han sido deformadas por cataclasis y brechadas por movimientos de fallas más jóvenes.

### **5.2.2.4. Sismicidad**

La zona de estudio no presenta una sismicidad activa. La sismicidad de la zona se caracteriza por sismos de magnitud en torno a 4, aunque en el registro histórico

aparece un cismo de 5 grados en la proximidad de la zona y varios de estas características en su entorno. Esto significa que la zona presenta una micro-sismicidad que hay que tener en cuenta en el diseño del socavón.

Un indicativo de dicha micro-sismicidad es el hecho de que en la zona existan aguas termales asociadas a una falla profunda. El efecto de la micro-sismicidad tiende a degradar el ángulo de fricción interna del material, aspecto muy importante a considerar en los análisis de estabilidad de las paredes del túnel.

Es importante destacar que según el nuevo Código Ecuatoriano de la Construcción, Norma CEC-2011, el sector de interés se encuentra incluido en una zona sísmica de categorías entre II y III (sismicidad media a alta), en una escala de cuatro.

#### **5.2.2.5. Alteración y Mineralización**

La propilitización penetrativa es la asociación más extendida a escala regional. Mientras que la silicificación, argilitización y alteración filica presentan una marca más localizada, principalmente confinada a las partes centrales del sistema mineralizado.

La alteración argílica penetrativa intermedia a avanzada y la silicificación intensa más localizada ocupa un área que se ensancha hacia el Norte desde Portovelo hacia Minas Nuevas.

- **Alteración**

En el socavón de estudio se ve que se han sobreimpuesto localmente alteraciones hidrotermales (propilitica) estructuralmente controladas, comúnmente en forma de vetillas milimétricas a centimétricas que crean "Stockworks" de epidota + pirita + albita + cuarzo +/- clorita +/- calcita. Estas rocas se encuentran silicificadas, pero existe poca evidencia de sílice, mas de existir una leve epidotización y una mayor cloritización típico de la caracterización de una alteración propilitica.

- **Mineralización.**

La principal mineralización económica es el oro libre, oro asociado con sulfuros y sulfosales de plata con una media de la razón plata: oro alrededor de 8:1, los sulfuros principales son pirita, esfalerita, galena y calcopirita.

La principal mineralización existente en los Mil Quinientos metros de estudio es la pirita diseminada en las rocas andesíticas, y la mineralización económica es el oro libre, oro asociado con sulfuros y sulfosales de plata con una media de la razón plata: oro alrededor de 8:1, los sulfuros principales que son pirita, esfalerita, galena y calcopirita, están presentes en las estructuras Norte – Sur con una ligera inclinación al Este (Vetas y Vetillas). Siendo intersectadas en el socavón de estudio las principales vetas ya conocidas en la zona como son la veta Preventora, Equis, Cristina, y Jane, que varían en una potencia que van desde los 0,40 m hasta 1,80 m. Ver Anexo 10.3.

- **Veta Preventora**

Se encuentra localizada en la abscisa P 8 + 45,00 metros desde el inicio del socavón presentando un espesor de 4,00 metros, la textura es bandeada intercalada de cuarzo y rocas de caja (andesita), las bandas tienen una potencia que varían desde los 0,05 – 0,25 metros con una fuerte epidotización y silicificación, la mineralización es de >5% de pirita, con óxidos de hierro en el cuarzo. Su dirección predominante Norte – Sur que va de N360/SubV de Azimut.

- **Veta Equis.**

Esta estructura mineralizada se ubica en las abscisas P9 + 28,80 metros desde el inicio del socavón, presenta una textura bandeada intercalando cuarzo blanco lechoso con roca andesíticas teniendo un espesor de 0,80 metros, y una mineralización de un 5% de pirita y una dirección de azimut es de N354/75E.

- **Veta Cristina**

Estructura que se encuentra en las abscisas P11 + 6,40 metros desde el inicio del socavón, que está formada de textura bandeada y brechada, compuesta de cuarzo cristalino y fragmentos angulosos centimétricos de rocas andesíticas y halos de

amatista en las bandas de cuarzo, su espesor es de 1,30 metros, presentando una mineralización de un 3% de pirita, su dirección predominante es con azimut de N347/85E.



- **Veta Jane**

La veta Jane se encuentra ubicada en el punto P12 + 85,00 del socavón de estudio y está formada de una textura bandeada y brechada con fragmentos de roca andesítica, el cuarzo es cristalino y en algunas bandas con hilos milimétricos de clorita de forma coliforme, con presencia de 10% de pirita y > 2% de Galena y esfalerita milosa, su espesor va desde 0,80 a 2,00 metros, siendo su dirección preferencial de azimut N15/55E.

➤ **Vetas Existentes**

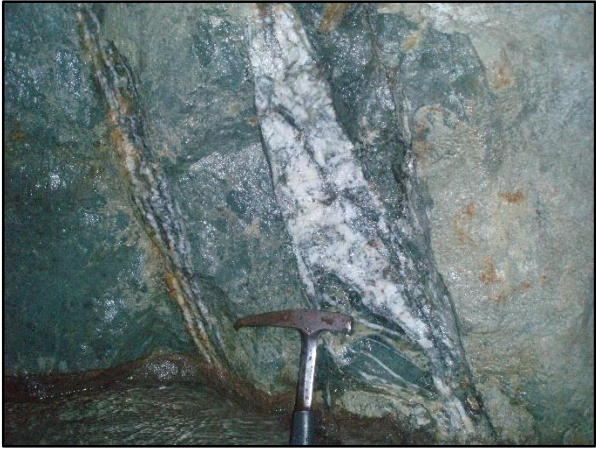
<b>VETA PREVENTORA</b>	
<b>Ubicación:</b>	P8 + 45,00 (795,00 metros desde la boca mina)
<b>Potencia</b>	4,00 metros
<b>Dirección:</b>	Norte – Sur que va de N360/SubV de Azimut.
<b>Textura:</b>	bandeada intercalada de cuarzo y rocas de caja (andesita)
<b>Geología:</b>	fuerte epidotización y silicificación, la mineralización es de >5% de pirita, con óxidos de hierro en el cuarzo
<p><b>Registro fotográfico</b></p> 	



<b>VETA EQUIS</b>		
<b>Ubicación:</b>	P9 + 28,80 (878,80 metros desde la boca mina)	<p><b>Registro fotográfico</b></p> 
<b>Potencia</b>	0,80 metros	
<b>Dirección:</b>	azimut es de N354/75E	
<b>Textura:</b>	bandeada intercalando cuarzo blanco lechoso con roca andesíticas	
<b>Geología:</b>	mineralización de un 5% de pirita	
<b>VETA CRISTINA</b>		
<b>Ubicación:</b>	P11 + 6,40 (1006,40 metros desde la boca mina)	<p><b>Registro fotográfico</b></p> 
<b>Potencia</b>	1,30 metros	
<b>Dirección:</b>	azimut de N347/85E.	
<b>Textura:</b>	bandeada y brechada	
<b>Geología:</b>	compuesta de cuarzo cristalino y fragmentos angulosos centimétricos de rocas andesíticas y halos de amatista en las bandas de cuarzo, presentando una mineralización de un 3% de pirita	

<b>VETA CRISTINA JANE</b>	
<b>Ubicación:</b>	P12 + 85,00 (1185,00 metros)
<b>Potencia</b>	0,80 a 2,00 metros
<b>Dirección:</b>	azimut N15/55E.
<b>Textura:</b>	bandeada y brechada con fragmentos de roca andesítica, el cuarzo es cristalino y en algunas bandas con hilos milimétricos de clorita de forma coloforme
<b>Geología:</b>	presencia de 10% de pirita y > 2% de Galena y esfalerita milosa

**Registro fotográfico**



### 5.2.3. Característica Físico-Mecánica de Las Rocas

Al iniciar un proyecto de construcción subterránea, se debe conocer las características que presentan el macizo rocoso y los problemas que pueden surgir en ciertas etapas del proyecto por las condiciones que tiene el macizo. El tipo de roca existente en el socavón es de característica andesíticas en todo el sector.

Para la caracterización del macizo rocoso se hace necesario estudiar las características físicas, químicas y mecánicas. Por lo cual se han tomado ocho muestras in situ, para lo cual se limpiaron las paredes del socavón.

Las muestras son compartidas en dos, uno será utilizado para la determinación de las propiedades físicas del macizo rocoso. La segunda porción de muestra se utilizará para obtener el valor de la resistencia a la compresión de la andesita. Con el empleo de los métodos de laboratorio se realizarán los estudios pertinentes.

#### 5.2.3.1. Mediciones de las Discontinuidades

En una segunda visita, en donde se implementa el método geológico, que consiste en la observación directa en el lugar de la toma de las muestras de campo tomando las características de diaclasas del macizo rocoso, en donde se tendrá en cuenta las condiciones de las discontinuidades como, espaciado, rugosidad, relleno, longitud, apertura y meteorización.

La Sociedad Minera comunitaria Huertas por su tamaño o capacidad económica no puede costear un staff de especialistas de Geotecnia por tal motivo se desarrolló este trabajo de investigación llevado a cabo adecuadamente para detectar zonas inestables. Este trabajo es tan simple como medición de direcciones y buzamientos de fracturas, diaclasas y fallas que pudieran dar lugar a la generación de deslizamientos en cuña o en otros equivalentes.

Por su parte la galería de explotación es especialmente vulnerable a problemas de estabilidad inducidos por la fracturación, de ahí que en la cartografía estructural se ha determinado fallas y diaclasas sean esencial para determinar zonas particularmente peligrosas.

Las rocas andesíticas de la unidad Portovelo tienen un diaclasamiento que se observan dos familias que son de N 50° a N65° con una inclinación SubVertical y N 220° inclinado 10° Noroeste, la fracturación promedio es de N70° inclinados con 70° al SE y una segunda fracturación de N240° con inclinación al Noroeste de 75°.

Se observan fallas pequeñas se las puede medir de tipo normales con una dirección de N220° inclinadas con 10° al Este, las de tipo inversa son con una dirección de N49° con una inclinación SubVertical.

Las fallas principales en el socavón están rellenas de cuarzo con fragmentos de roca andesítica en algunas bandeadas y otras brechadas con mineralización de pirita obteniendo una potencia que varían desde los 0,80m hasta los 2,00m con direcciones que van desde N350° hasta N15° pero siempre buzando al Este.

Los datos serán consignados en el Anexo 2.

#### **5.2.3.2. Descripción de cada parámetro geológico**

Se analizaran por separado cada uno de los parámetros geológicos de las ocho muestras tomadas y evaluados en el socavón. Los Datos evaluados en campo del macizo rocoso. Los datos serán consignados en el Anexo 3.

##### **✓ Muestra LA – 001**

Se encuentra ubicada en las coordenadas planas UTM N 9600473 m – E 650894 m. Las condiciones actuales de la roca que conforma las paredes del socavón se las puede adjudicar a factores de intemperismo provocada por la acción del hombre y

se la determina de un grado fresco no hay señales de meteorización. La superficie es ligeramente rugosas, con bordes duros, abertura promedio de 1- 3 mm, la distancia entre fracturas varía de 0.5 – 0.40 cm fundamentalmente sin relleno, cuando posee relleno el material es milonita o cuarzo y epidota, las diaclasas son limpias, discontinuas, predominando la onduladas lisas. Hay dos sistemas de fracturas, existentes no obstante se define un rumbo predominante N 49<sup>0</sup>/SubV a N 154<sup>0</sup>/70<sup>0</sup>. Afluencia de agua media en escasas fisuras.

El tipo de roca es dura de acuerdo al rango entre 560 a 1400Kg/Cm<sup>2</sup> y la calidad es buena obteniendo una estabilidad en la zona de estudio, la presión del macizo rocoso no se determina, no existe aún un método fundamentado teóricamente para determinar la presión del terreno sobre las alteraciones hidrotermales.

#### ✓ **Muestra LA – 002**

La muestra número LA - 002 se localiza en el punto de las coordenadas planas UTM N 9600401 m – E 651129 m. La muestra tomada en la pared izquierda del socavón se la determina de un grado fresco ya que no existe meteorización, el sistema de discontinuidades corresponde únicamente a las diaclasas, no se contabilizan las grietas formadas por la acción de la voladura. La superficie es rugosa con bordes duros, y las aberturas son cerradas > 0,1mm la distancia entre fracturas varían entre 0,40 a 1,00 m, fundamentalmente sin relleno, las diaclasas son limpias predominando las lisas. Hay dos sistemas de fracturas existentes que define un rumbo predominante N70<sup>0</sup>/75<sup>0</sup> y N248<sup>0</sup>/70<sup>0</sup>. No hay presencia de agua.

El tipo de roca es dura de acuerdo al rango 560 a 1400Kg/Cm<sup>2</sup> y la calidad es buena obteniendo una estabilidad en el área del socavón.

#### ✓ **Muestra LA – 003**

La muestra LA – 003 se ubica en las coordenadas planas UTM N 9600343 – E 651320 Muestra tomada en la pared izquierda del socavón determinada de grado fresco que no existe meteorización, el sistema de discontinuidades corresponde únicamente a las diaclasas y las fracturas presentan un relleno de epidota con aberturas parcialmente abiertas de 0,25 a 0,5 mm con un distanciamiento de 0,40 a 0,80 m la superficie es ligeramente rugosas y con bordes duros, las diaclasas son

discontinuas limpias y lisas. Hay un sistema de fracturación predominante de dirección N 65<sup>0</sup>/70<sup>0</sup>, no hay presencia de agua.

El tipo de roca es blanda de acuerdo al rango entre 170 a 560 Kg/Cm<sup>2</sup> con una calidad buena para la estabilidad del socavón.

✓ **Muestra LA – 004**

El estudio de la muestra LA – 004 tomada en la pared izquierda del socavón determina que no existe meteorización y el grado es fresco, la superficie es ligeramente rugosa con bordes duros, las aberturas de las fracturas es de 0,1 a 0,5 mm, rellenas de cuarzo y epidota, espaciadas de 0.10 a 0.40 m. las diaclasas son lisas, ligeramente onduladas y discontinuas. Hay un sistema de fracturación predominante N250<sup>0</sup>/75<sup>0</sup>. Y no existe presencia de agua.

El tipo de roca es dura de acuerdo al rango de 560 a 1400 Kg/Cm<sup>2</sup> con una calidad buena para la estabilidad del socavón.

✓ **Muestra LA – 005**

Muestra ubicada en el punto de coordenadas planas UTM N 9600226 – E 651703, Las condiciones de la roca en esta muestra tomada en la pared izquierda del talud del socavón determinan que el grado de meteorización es fresco, las superficies son ligeramente rugosas con bordes duros, las aberturas de las fracturas van desde 0.1 a 0,6 mm rellenas de cuarzo y caolín, espaciadas entre ellas desde 0,15 a 0,50 m. las diaclasas son discontinuas, lisas y ligeramente onduladas, existe la presencia de un sistema predominante de fracturación que corresponde N188<sup>0</sup>/65<sup>0</sup>. No hay presencia de agua.

El tipo de roca es dura de acuerdo al rango de 560 a 1400 Kg/Cm<sup>2</sup>. con una calidad de roca buena para la estabilidad del socavón.

✓ **Muestra LA – 006**

La ubicación de esta muestra está ubicada en las coordenadas planas UTM N 9600196 – E 651803, La muestra tomada en la pared izquierda del socavón se la determina de un grado fresco que no existe meteorización, el sistema de discontinuidades corresponde únicamente a las diaclasas. La superficie es rugosa con bordes duros, y las aberturas son cerradas > 0,1mm la distancia entre fracturas varían entre 0,40 a 1,00 m, fundamentalmente con relleno de caolín y cuarzo, las

diaclasas son limpias predominando las lisas. Hay un sistema de fracturas existentes que define un rumbo predominante  $N65^0/75^0$ . No hay presencia de agua.

El tipo de roca es dura de acuerdo al rango 560 a  $1400\text{Kg}/\text{Cm}^2$  y la calidad es buena obteniendo una estabilidad en el área del socavón.

✓ **Muestra LA – 007**

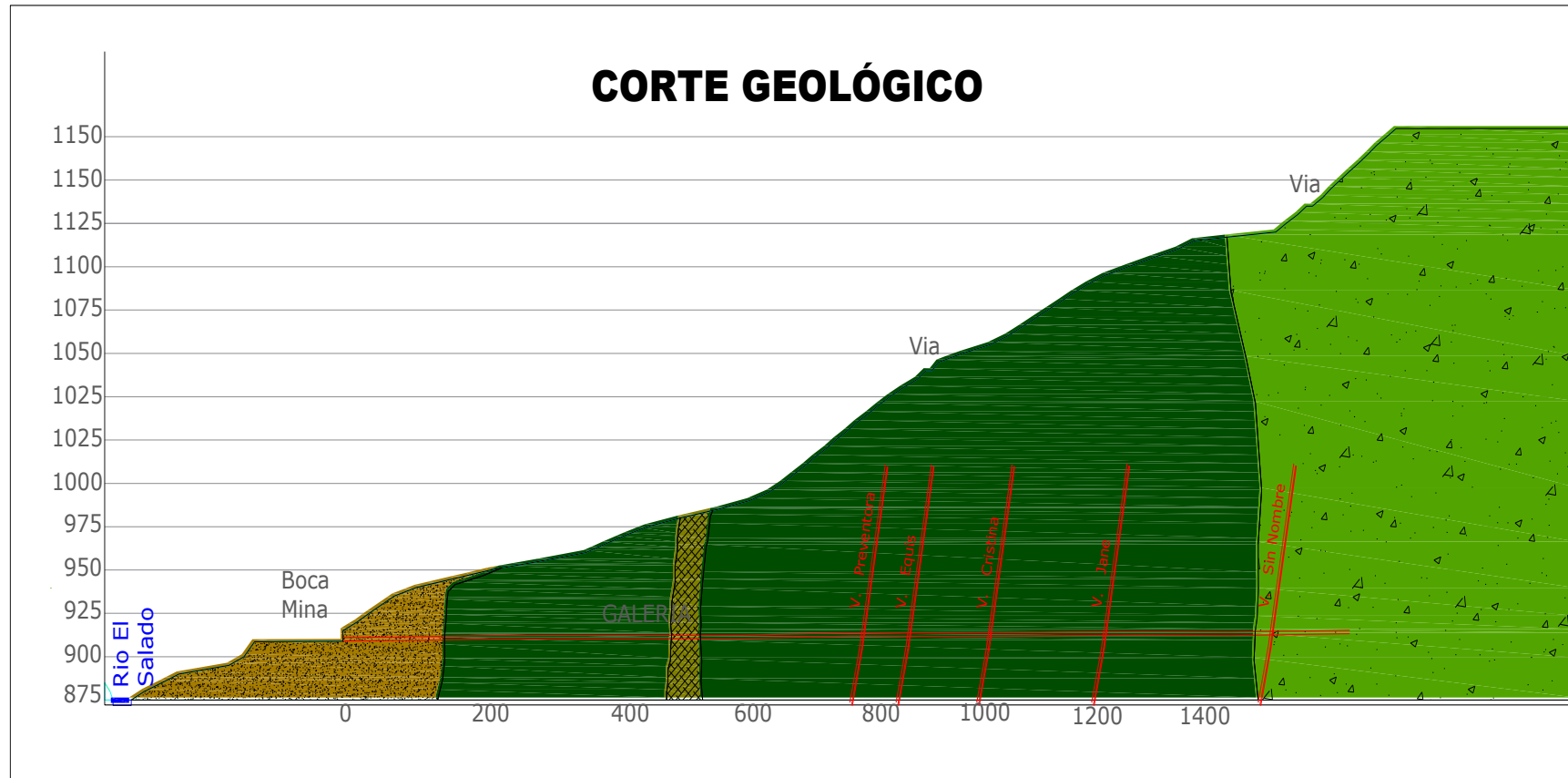
La Muestra LA – 007 está ubicada en las coordenadas planas UTM N 9600140 – E 651990. Las condiciones de la roca en esta muestra tomada en la pared izquierda del talud del socavón determinan que el grado de meteorización es fresco, las superficies son ligeramente rugosas con bordes duros, las aberturas de las fracturas son cerradas son  $> 0.1$  mm sin relleno, espaciadas entre ellas desde 1,0 a 2,00 m. las diaclasas son discontinuas, lisas y ligeramente onduladas, existe la presencia de un sistema predominante de fracturación que corresponde  $N233^0/85^0$ . No hay presencia de agua.

El tipo de roca es dura de acuerdo al rango de 560 a  $1400\text{Kg}/\text{Cm}^2$ . con una calidad de roca buena para la estabilidad del socavón.

✓ **Muestra LA – 008**

Esta muestra se encuentra localizada en las coordenadas planas UTM N 9600081 – E 652181 Las condiciones de la roca en esta muestra tomada en el frente del final del socavón determinan que el grado de meteorización es fresco, las superficies son ligeramente rugosas con bordes duros, las aberturas son cerradas menores a 0,1 mm sin ningún tipo de relleno, espaciadas entre ellas desde 0,80 a 1,50 m. las diaclasas son discontinuas, lisas y ligeramente onduladas, existe la presencia de un sistema predominante de fracturación que corresponde  $N102^0/75^0$ . No hay presencia de agua.

El tipo de roca es blanda de acuerdo al rango de 170 a  $560\text{Kg}/\text{Cm}^2$ . con una mediana calidad de roca buena para la estabilidad del socavón.



**Figura 28.** Corte geológico  
**Elaborado por:** Leonardo Erix Aguilar Aguilar

## 6. DISCUSIÓN

Los estudios de las estructuras, fracturas, diaclasas, o la estratigrafía descripta se basa principalmente durante el recorrido y levantamientos topográficos como estructurales, sustentadas mediante los conocimientos que se obtienen con base en la realización del levantamiento de observaciones y mediciones con diverso grado de detalle, de sucesiones estratigráficas. En el presente trabajo no se realizaron muestreos de las estructuras mineralizadas, puesto que no se contemplan dentro del presupuesto del trabajo de investigación bajo el cual se llevó el estudio. Esta ausencia del muestreo mineralógico cuantitativo es un limitante al momento de querer justificar la realización del socavón.

Desde el punto de vista geológico-estructural el socavón del área de estudio se encuentra formado por una secuencia volcánico-alcálico dominado por andesitas, que forma una parte del Grupo Saraguro dominado por tobas andesitas a andesitas porfíricas que están sobrepuestas de edad Terciario Medio e intruido por las estructuras mineralizadas. El principal rasgo estructural de la región es la Falla Piñas Portovelo, lo cual separa con el Grupo Saraguro del Complejo Metamórfico El Oro. Para lo cual en el estudio no se hizo un mapeo de tipos de alteraciones la cual no se determinó los tipos de arcillas que son de fácil erosión y lavado que pueden provocar la inestabilidad del socavón y poder recomendar un tipo de entibado.

De acuerdo a los resultados de laboratorio de las propiedades físico mecánicas, se tiene que la roca andesita como predominante en la construcción del socavón tiene un alto valor según la escala de protodiakonov el tipo de roca son de dureza alta. Pero hay que tomar en cuenta que los coeficientes de fortaleza son valores promedios y no a casos específicos. Como la andesita tiene un grado de fortaleza 11.10, pero cuando posee desclasamientos, fisuras con presencia de agua que desestabilizan el macizo rocoso, y de acuerdo a la clasificación geomecánica realizada en este lugar nos da una roca de categoría dura, por lo tanto se ha tomado un grado de fortaleza 7. En este trabajo de investigación el estudio del macizo rocoso en el socavón se realizó la caracterización para el tipo de roca, determinándose que el macizo rocoso de la roca predominante en todo el socavón dio como resultados promedios que se trata de una roca dura y que la calidad de la



roca mapeado, se observa que corresponde a rocas del tipo de buena calidad, es decir roca media.

Las grietas tectónicas asociadas genéticamente a la falla regional Piñas - Portovelo presentan sistemas de grietas cuyos elementos de yacencia oscilan entre N 270° a 290° de azimut y 10° a 60° de ángulo de buzamiento. Las grietas en su mayoría son continuas, presentan superficies ligeramente rugosas, la abertura varía de 0.2 - 0.8 mm, el relleno es variado puede encontrarse milonita, arcilla, calcita, cuarzo mineralizado, etc. La afluencia de agua es escasa, la distancia entre grietas varía de 10 a 40 cm. Predominan dos sistemas de grietas. Existen grietas de estratificación, ampliamente desarrolladas en la zona y se presentan sistematizadas con azimut de buzamiento que varía entre N300° a 360° y el ángulo de buzamiento entre 70° a 90°. Existiendo alta trituración por intemperismo e hinchamiento, en las tobas principalmente cuando están afectadas por el agua.

## 7. CONCLUSIONES

- La propuesta del presente trabajo es realizar un estudio que permita aprovechar de manera operativa y estratégica el socavón de 1500,00 metros de la mina “GOLDEN MINERA COMUNITARIA HUERTAS DEL ÁREA MINERA CEBRAL, CÓDIGO 300267”. Con el fin de dar solución a la parte operativa de la sociedad.
- Se realizó el levantamiento topográfico superficial y subterráneo aplicando instrumentos topográficos de alta precisión como son las estaciones totales Trimble S6 y R4. Este método fue útil para hallar el azimut, los detalles de una labor subterránea los cuales son necesarios para la construcción del socavón con la realización de la base topográfica los que facilita la continuidad del trabajo de investigación.
- Los datos tomados y observados permitieron elaborar el mapa estructural, donde se puede clasificar el socavón de la siguiente manera, que el principal rasgo tectónico lo constituye las estructuras mineralizadas en forma de vetas mineralizadas de cuarzo con sulfuros de Hierro, Cobre, Plomo y Zinc de espesor centimétricas a métricas con rumbo y buzamiento promedio de  $N 350^{\circ}/75^{\circ}$  además se observa dos familias de diaclasas con rumbo y buzamiento respectivo  $N50^{\circ}/65^{\circ}$  la primera y  $N 220^{\circ}/10^{\circ}$  la segunda. Se tiene una falla sub-horizontal que aparece en un tramo con rumbo  $N 220^{\circ}$  y Buzamiento  $10^{\circ}$  al Este.
- La zona donde se realizará el proyecto de Tesis se encuentra ubicada en el Área minera “CEBRAL, CÓDIGO 300267”, cuya geología se conforma principalmente por la presencia de lavas, tobas y brechas andesíticas que se disponen en forma de mantos.
- Se puede evidenciar también cuerpos mineralizados en forma de vetas de cuarzo con rumbo preferencial Norte - Sur y buzamientos altos, superiores a  $75^{\circ}$  con caída al Este. La calidad de las andesitas es de buena clase para la estabilidad del socavón la que no requiere ningún tipo de entibación a partir desde los 150,00m de profundidad y al inicio del socavón es totalmente entibado con hormigón por ser la rocas andesíticas totalmente meteorizada por agentes físicos.

## 8. RECOMENDACIONES

- Al tratarse de un macizo de buena calidad no se requiere ninguna clase de entibado más que solo de una capa de hormigón lanzado.
- En las rocas andesíticas aparecen como promedio las grietas onduladas – rugosas, con ligero espaciamiento promedio de 0,1 – 0,5 mm las principales formas de pérdidas de estabilidad que existen en el socavón deben ser desprendidos y retirados los pedazos de rocas en los sectores de alto agrietamiento y de formación de cuñas
- Desarrollar otros criterios mecánico – estructurales que puedan ser empleados en el diseño y construcción de la excavación del socavón.

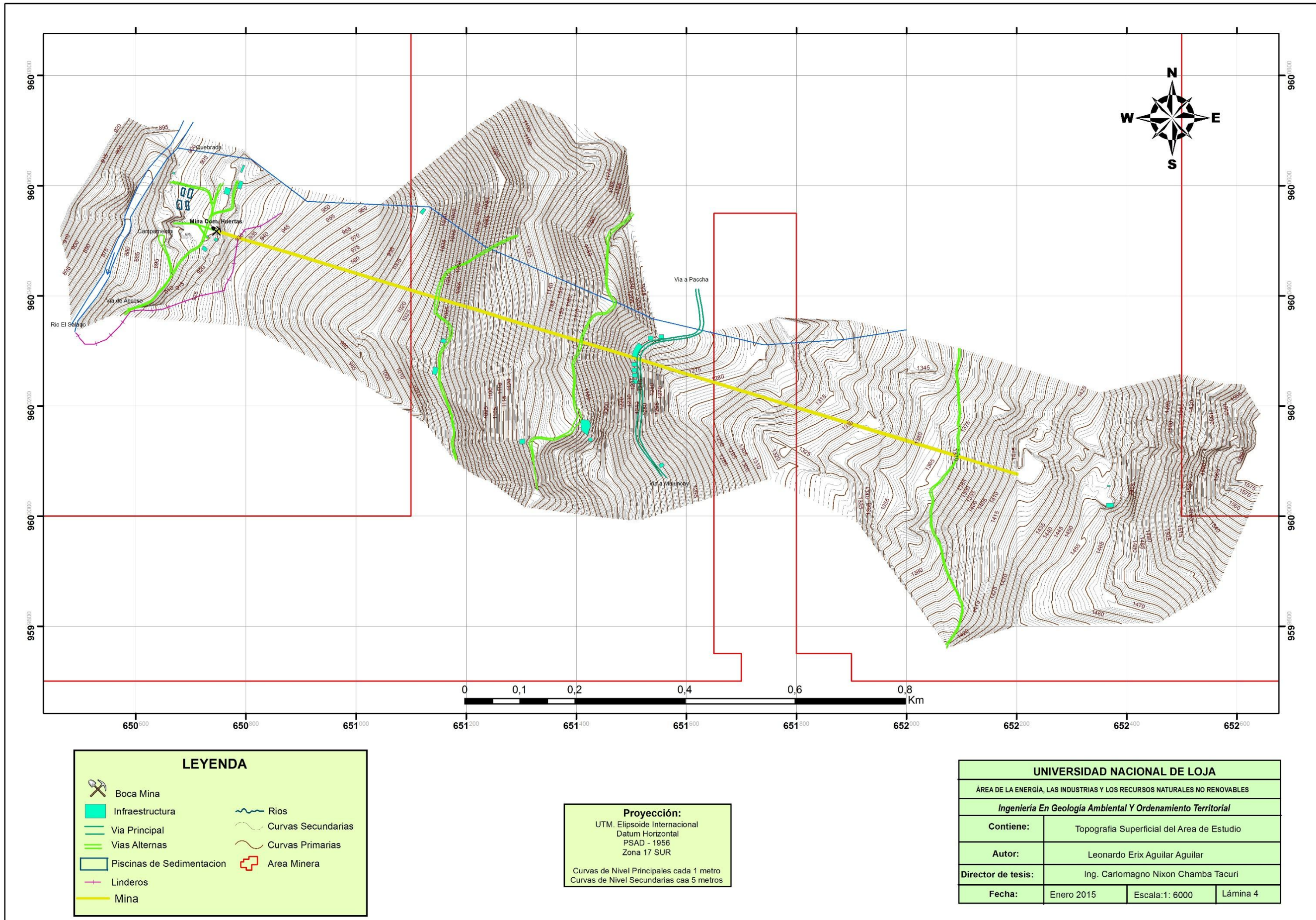
## 9. BIBLIOGRAFÍA

- Babín Vich, R. B. y Gómez Ortiz, D. 2010 g. Problemas de Geología Estructural. 7. Pliegues. Reduca (Geología). Serie Geología Estructural, 2 (1): 95-123.
- Babín Vich, R. B. y Gómez Ortiz, D. 2010 h. Problemas de Geología Estructural. 8. Fallas Reduca (Geología). Serie Geología Estructural, 2 (1): 124-147.
- BECERRA, E. (1984). "Sistema de Procesamiento e Interpretación de Datos Gravimétricos". Trabajo Especial de Grado. Inédito. Universidad Central de Venezuela, Caracas.
- CASTELLANOS A., Sebastián (1980) Nociones de Geología. Editorial Norma. Santafé de Bogotá, 1980.
- Gómez Ortiz, D. 2010 f. Problemas de Geología Estructural. 6. Cálculo de la orientación de la estratificación a partir de testigos de sondeos. Reduca (Geología). Serie Geología Estructural, 2 (1): 74-94.
- LÓPEZ, V., J. DAVEY Y R. RUBIO (1944). "Informe Geológico y Minero de los Yacimientos de Cobre de Aroa, Estado Yaracuy". Revista Fomento, Caracas, 11-66.
- LUIS GONZALEZ DE VALLEJO 2002. INGENIERIA GEOLOGICA. Editorial PEARSON EDUCACION.
- Manuel Uriel Aspilcueta Asencios. curso de Geología Aplicada. FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA.
- Montero J M. 2012. "Estructuras" [www.docentes.unal.edu.co](http://www.docentes.unal.edu.co). Capítulo 10 ESTRUCTURAS GEOLOGICAS. DOCENTES.
- PARASNIS, D. (1970). Principios de Geofísica Aplicada. Paraninfo, España, 205 p.
- Pedro Ramires Oyanguren (2004) Mecánica de Rocas: fundamentos e ingeniería de taludes. Editorial Red DESIR.
- PHILLIPS, F. (1977). "La Aplicación de la Proyección Esterográfica a la Geología Estructural". Rosario: H. Blume. 132 p.

- Ragan, D. M. 1987. Geología Estructural. Ed. Omega. Barcelona. 210 pp.
- RAMSAY, J. (1977). "Plegamiento y Fracturación de las Rocas". Rosario: H. Blume. 590 p.

## **10. ANEXOS**

### **10.1. TOPOGRAFÍA SUPERFICIAL DEL ÁREA DE ESTUDIO**



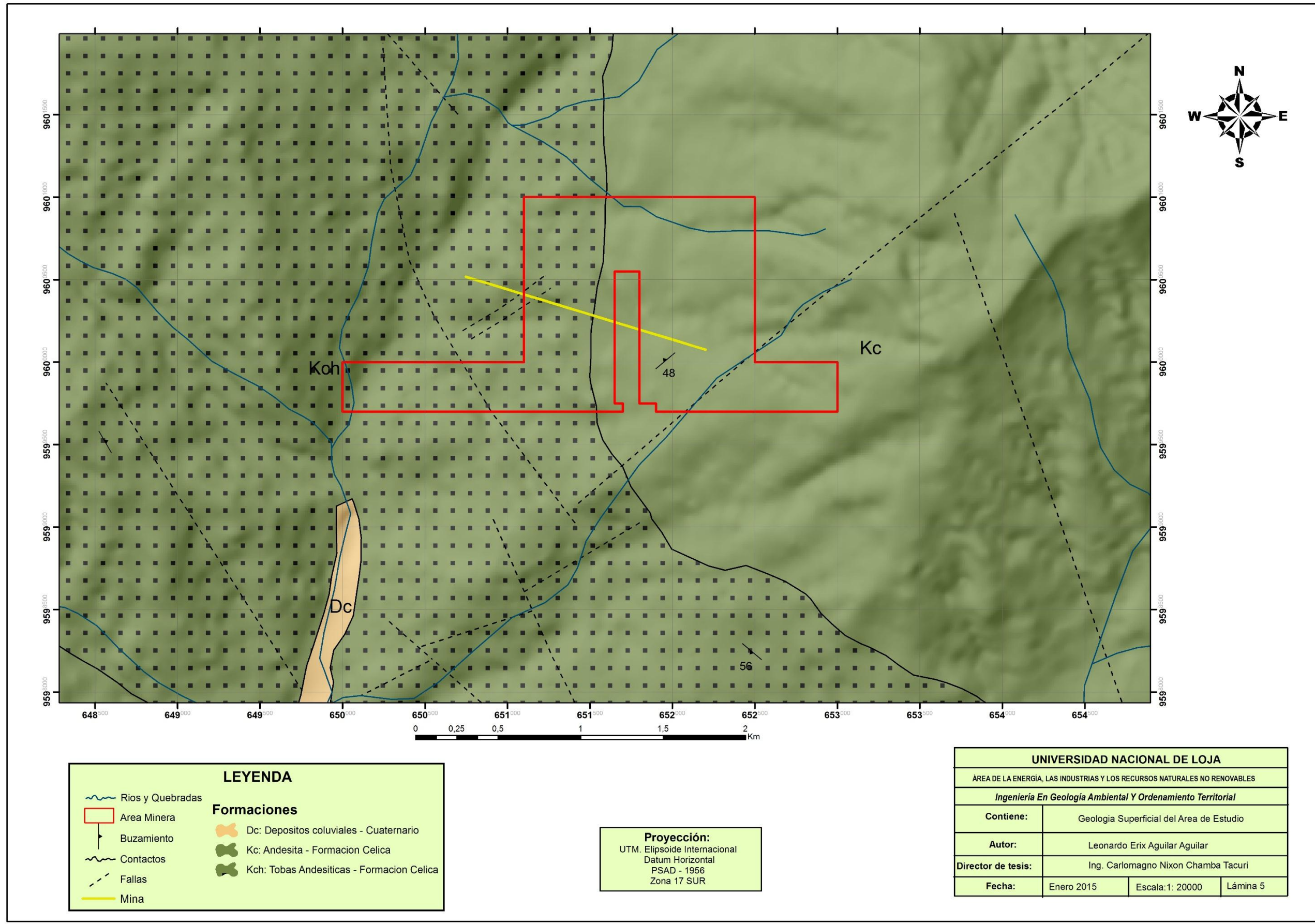
LEYENDA	
	Boca Mina
	Infraestructura
	Via Principal
	Vias Alternas
	Piscinas de Sedimentación
	Linderos
	Mina
	Rios
	Curvas Secundarias
	Curvas Primarias
	Area Minera

**Proyección:**  
 UTM, Elipsoide Internacional  
 Datum Horizontal  
 PSAD - 1956  
 Zona 17 SUR  
 Curvas de Nivel Principales cada 1 metro  
 Curvas de Nivel Secundarias caa 5 metros

UNIVERSIDAD NACIONAL DE LOJA			
ÁREA DE LA ENERGÍA, LAS INDUSTRIAS Y LOS RECURSOS NATURALES NO RENOVABLES			
Ingeniería En Geología Ambiental Y Ordenamiento Territorial			
Contiene:	Topografía Superficial del Area de Estudio		
Autor:	Leonardo Erix Aguilar Aguilar		
Director de tesis:	Ing. Carlomagno Nixon Chamba Tacuri		
Fecha:	Enero 2015	Escala: 1: 6000	Lámina 4

## **10.2. GEOLOGÍA SUPERFICIAL DEL ÁREA DE ESTUDIO**



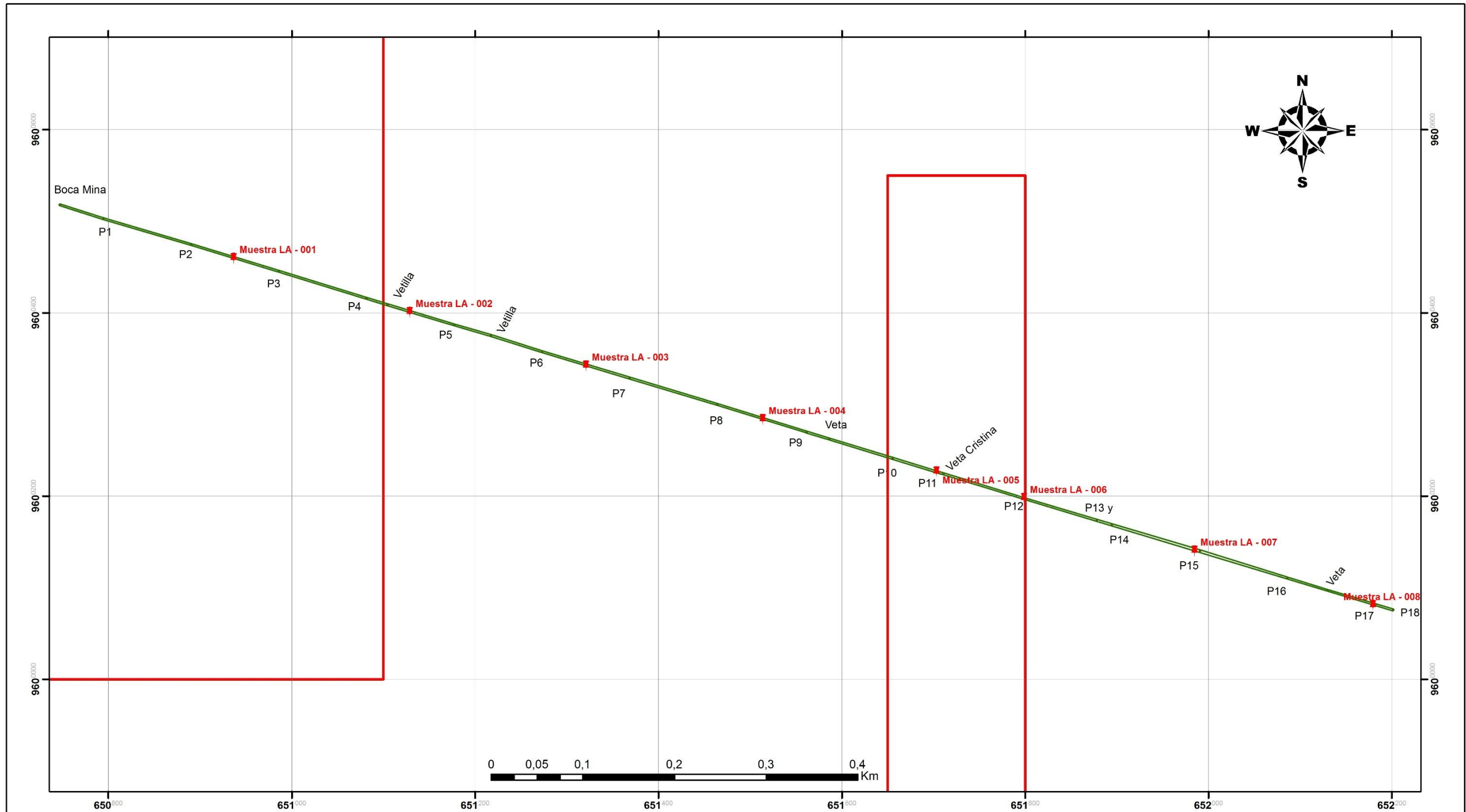


LEYENDA	
	Rios y Quebradas
	Area Minera
	Buzamiento
	Contactos
	Fallas
	Mina
Formaciones	
	Dc: Depositos coluviales - Cuaternario
	Kc: Andesita - Formacion Celica
	Kch: Tobas Andesiticas - Formacion Celica

**Proyección:**  
 UTM, Elipsoide Internacional  
 Datum Horizontal  
 PSAD - 1956  
 Zona 17 SUR

<b>UNIVERSIDAD NACIONAL DE LOJA</b>			
ÁREA DE LA ENERGÍA, LAS INDUSTRIAS Y LOS RECURSOS NATURALES NO RENOVABLES			
<i>Ingeniería En Geología Ambiental Y Ordenamiento Territorial</i>			
Contiene:	Geología Superficial del Area de Estudio		
Autor:	Leonardo Erix Aguilar Aguilar		
Director de tesis:	Ing. Carlomagno Nixon Chamba Tacuri		
Fecha:	Enero 2015	Escala: 1: 20000	Lámina 5

### **10.3 UBICACIÓN DE MUESTREO DEL ÁREA DE ESTUDIO**



N.-	UBICACIÓN	NOMBRE
1	P2 + 50,20 (200,20 metros)	Muestra LA - 001
2	P4 + 50,50 (400,50 metros)	Muestra LA - 002
3	P6 + 50,00 (600,00 metros)	Muestra LA - 003
4	P8 + 50,00 (800,00 metros)	Muestra LA - 004
5	P11 + 0,00 (1000,00 metros)	Muestra LA - 005
6	P12 + 4,00 (1104,00 metros)	Muestra LA - 006
7	P15 + 0,00 (1300,00 metros)	Muestra LA - 007
8	P17 + 0,00 (1500,00 metros)	Muestra LA - 008

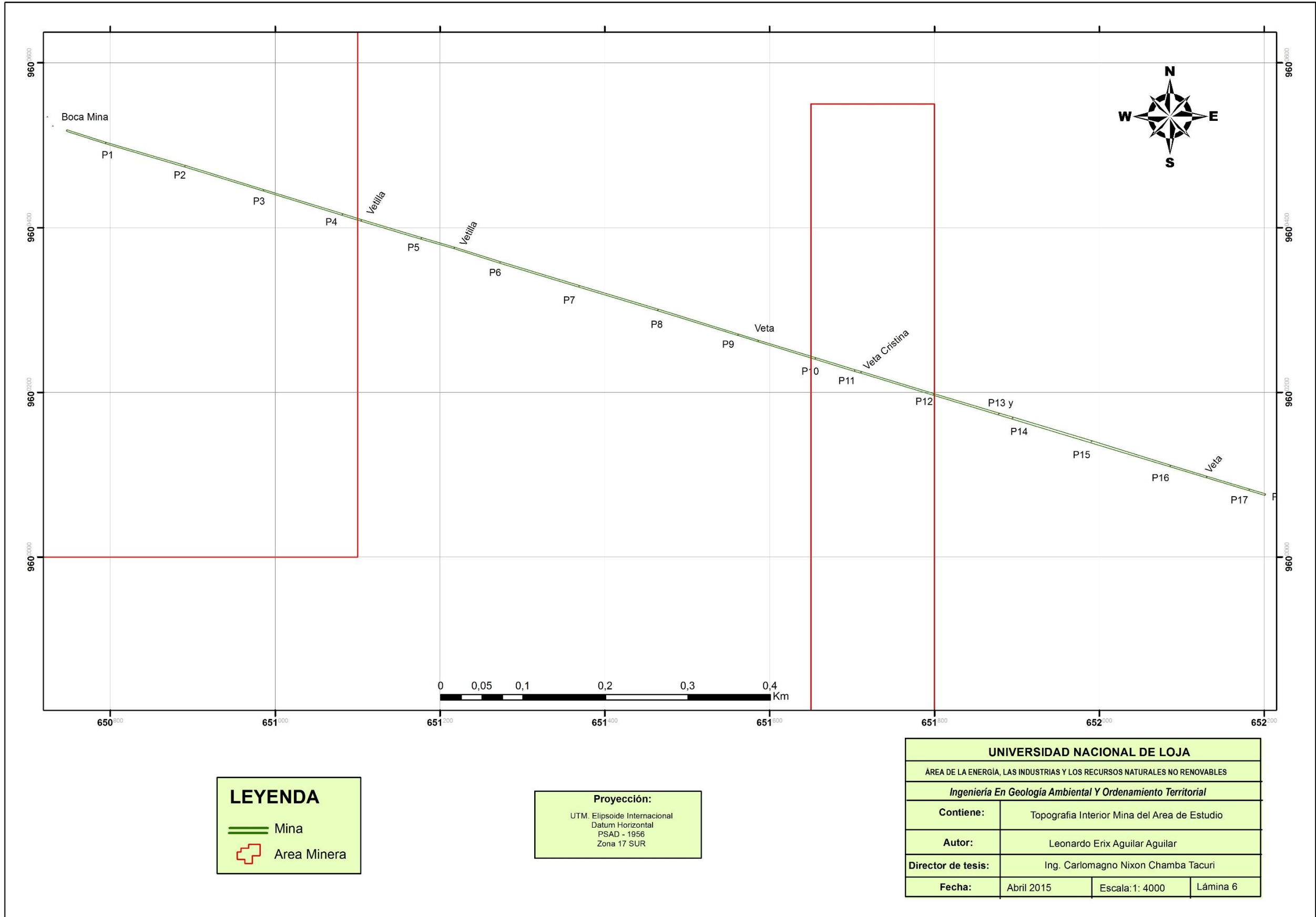
**LEYENDA**

- Mina
- Area Minera
- Muestreo

**Proyección:**  
 UTM, Elipsoide Internacional  
 Datum Horizontal  
 PSAD - 1956  
 Zona 17 SUR

UNIVERSIDAD NACIONAL DE LOJA		
ÁREA DE LA ENERGÍA, LAS INDUSTRIAS Y LOS RECURSOS NATURALES NO RENOVABLES		
Ingeniería En Geología Ambiental Y Ordenamiento Territorial		
Contiene:	Ubicación de Muestreo	
Autor:	Leonardo Erix Aguilar Aguilar	
Director de tesis:	Ing. Carlomagno Nixon Chamba Tacuri	
Fecha:	Abril 2015	Escala:1: 4000 Lámina 6

## **10.4 TOPOGRAFÍA INTERIOR MINA DEL ÁREA DE ESTUDIO**

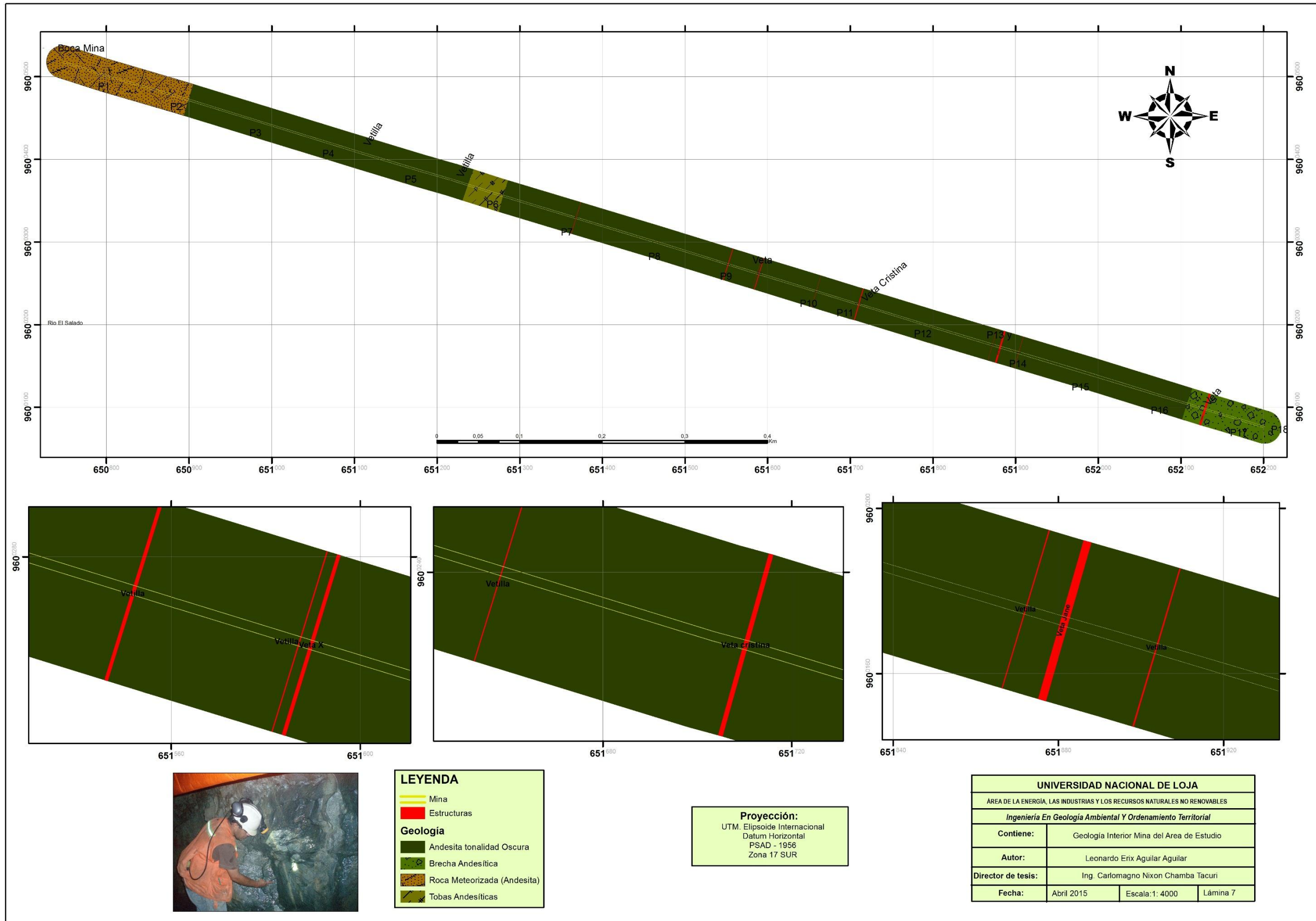


LEYENDA	
	Mina
	Area Minera

Proyección:
UTM, Elipsoide Internacional Datum Horizontal PSAD - 1956 Zona 17 SUR

UNIVERSIDAD NACIONAL DE LOJA		
AREA DE LA ENERGÍA, LAS INDUSTRIAS Y LOS RECURSOS NATURALES NO RENOVABLES		
<i>Ingeniería En Geología Ambiental Y Ordenamiento Territorial</i>		
Contiene:	Topografía Interior Mina del Area de Estudio	
Autor:	Leonardo Erix Aguilar Aguilar	
Director de tesis:	Ing. Carlomagno Nixon Chamba Tacuri	
Fecha:	Abril 2015	Escala: 1: 4000
		Lámina 6

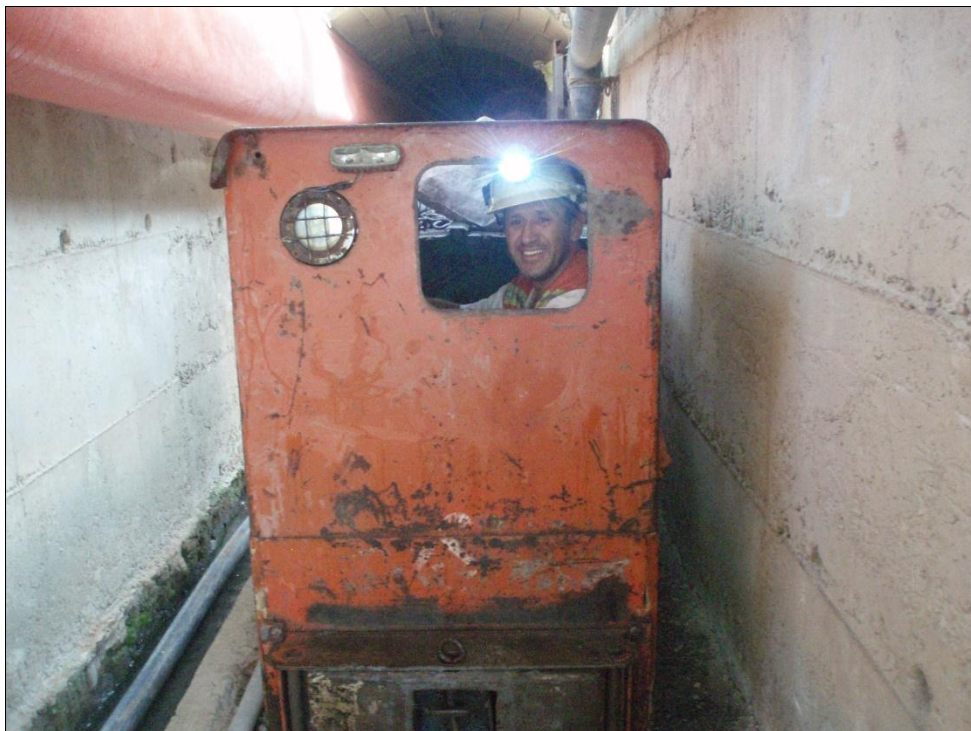
## **10.5 GEOLOGÍA INTERIOR MINA DEL ÁREA DE ESTUDIO**



## **10.6 REGISTRO FOTOGRÁFICO**



## Levantamiento de Información Interior Mina







## Ensayos de laboratorio "GEOCONS"







## 10.7 LEVANTAMIENTO TOPOGRÁFICO DE LA MINA GOLDEN MINERA COMUNITARIA HUERTAS

LEVANTAMIENTO TOPOGRÁFICO DE LA MINA GOLDEN MINERA COMUNITARIA HUERTAS									
Est	Punto	Azimut	> Inclinado	Distancia Horizontal	Distancias				Observaciones
					Izq.	Der.	Techo	Piso	
PP	0,00				1,15	0,50	1,42	1,05	Entibado de cemento
	4,00				1,23	0,78	1,48	1,04	Entibado de cemento
	8,00				1,17	0,79	1,45	1,00	Entibado de cemento
	12,00				1,16	0,82	1,44	1,00	Entibado de cemento
	16,00				1,13	0,77	1,45	1,00	Entibado de cemento
	20,00				1,09	0,78	1,46	0,99	Entibado de cemento
	24,00				1,21	0,74	1,42	0,99	Entibado de cemento
	28,00				0,91	1,04	1,51	0,98	Entibado de cemento
	32,00				0,76	1,23	1,51	0,96	Entibado de cemento
	36,00				0,77	1,21	1,50	0,97	Entibado de cemento
	40,00				0,85	1,16	1,44	0,99	Entibado de cemento
	44,00				0,91	0,99	1,50	1,00	Entibado de cemento
	48,00				0,98	0,87	1,54	0,99	Entibado de cemento
	52,00				1,11	0,71	1,47	0,99	Entibado de cemento
	56,00				1,20	0,72	1,47	0,99	Entibado de cemento
	60,00				1,13	0,76	1,49	0,98	Entibado de cemento
	64,00				1,14	0,82	1,47	1,01	Entibado de cemento
	68,00				1,05	0,87	1,52	0,98	Entibado de cemento
	72,00				1,06	0,84	1,64	0,99	Entibado de cemento
	76,00				1,15	0,72	1,45	0,98	Entibado de cemento
	80,00				1,35	0,54	1,44	0,98	Entibado de cemento
	84,00				1,39	0,41	1,38	0,88	Entibado de cemento

	88,00				1,39	0,46	1,42	0,99	Entibado de cemento
	92,00				1,33	0,46	1,50	0,95	Entibado de cemento
	96,00				1,29	0,52	1,40	1,00	Entibado de cemento
P1	100,00				1,30	0,48	1,37	0,99	Entibado de cemento
	104,00				1,30	0,56	1,40	0,97	Entibado de cemento
	108,00				1,05	0,73	1,36	0,98	Entibado de cemento
	112,00				0,92	0,82	1,36	0,96	Entibado de cemento
	116,00				0,97	0,88	1,37	0,97	Entibado de cemento
	120,00				1,04	0,93	1,35	1,07	Entibado de cemento
	124,00				1,15	0,85	1,31	0,96	Entibado de cemento
	128,00				1,11	0,82	1,31	0,97	Entibado de cemento
	132,00				1,16	0,76	1,34	0,97	Entibado de cemento
	136,00				1,16	0,78	1,30	0,96	Entibado de cemento
	140,00				1,26	0,64	1,34	0,96	Entibado de cemento
	144,00				1,36	0,69	1,23	0,98	Entibado de cemento
P2	150,00				1,04	0,81	1,33	0,87	Fin de entibado de cemento
	4,00				1,47	1,30	1,65	0,97	
	8,00				1,36	1,02	1,43	0,97	
	12,00				0,94	0,98	1,75	0,97	
	16,00				1,26	1,10	1,57	0,97	
	20,00				1,26	0,96	1,70	1,03	
	24,00				1,81	1,00	1,60	0,97	
	28,00				1,12	1,08	1,60	0,98	
	32,00				1,34	0,89	1,49	0,97	
	36,00				1,34	1,29	1,99	0,97	
	40,00				1,74	0,88	1,69	0,95	
	44,00				1,56	1,03	1,56	0,97	
	48,00				1,22	0,92	1,84	0,97	



	52,00				1,80	0,71	1,83	0,99	
	56,00				1,16	1,16	1,61	0,95	
	60,00				1,26	0,96	1,64	1,00	
	64,00				1,36	0,95	1,65	0,99	
	68,00				0,96	1,64	1,56	1,00	
	72,00				1,02	1,31	1,58	0,95	
	76,00				1,26	1,03	1,67	1,01	
	80,00				1,29	1,78	1,61	0,99	
	84,00				1,03	2,90	1,72	0,98	Refugio derecho
	88,00				1,38	0,95	1,86	0,95	
	92,00				1,50	0,81	1,54	0,96	
	96,00				1,14	1,28	1,62	0,93	
P 3	250,00				0,90	1,50	1,89	0,95	
	4,00				1,55	0,98	1,66	1,01	
	8,00				1,10	1,03	1,64	0,97	
	12,00				0,63	1,71	1,77	0,99	
	16,00				0,77	1,43	1,83	0,95	
	20,00				0,95	1,11	1,88	0,94	
	24,00				1,22	1,20	2,03	0,98	
	28,00				0,92	1,12	1,61	0,96	
	32,00				1,14	1,11	1,63	0,96	
	36,00				0,87	1,12	1,56	0,98	
	40,00				0,87	1,16	1,60	1,00	
	44,00				1,07	0,99	1,53	0,96	
	48,00				0,85	1,00	1,58	0,97	
	52,00				0,92	1,23	1,55	0,97	
	56,00				0,94	1,10	1,69	0,96	
	60,00				1,09	1,21	1,61	0,97	

	64,00				1,07	1,24	1,68	1,01	
	68,00				1,13	1,00	1,83	0,96	
	72,00				1,35	0,99	2,08	0,94	
	76,00				1,28	1,09	1,53	0,96	
	80,00				0,94	1,17	1,72	0,97	
	84,00				1,21	0,95	1,55	0,95	
	88,00				1,07	0,82	1,58	0,97	
	92,00				0,91	1,21	1,99	0,95	
	96,00				1,23	1,33	1,79	0,95	
P 4	350,00				1,54	1,02	1,63	0,96	
	4,00				0,94	1,27	1,82	0,97	
	8,00				1,73	1,04	1,76	0,94	
	12,00				1,52	0,99	1,70	0,96	
	16,00				0,98	1,22	1,66	0,98	
	20,00				1,17	1,79	1,69	0,98	
	24,00				1,63	3,33	1,63	0,94	
	28,00				1,28	0,97	1,48	0,94	
	32,00				1,14	1,09	1,82	0,95	
	36,00				0,94	1,12	1,73	0,97	
	40,00				1,56	1,19	1,57	0,96	
	44,00				0,95	1,04	1,84	0,97	
	48,00				1,43	0,89	1,56	0,95	
	52,00				1,23	1,25	1,93	0,97	
	56,00				1,48	0,86	1,63	0,97	
	60,00				1,43	1,01	1,49	0,96	
	64,00				1,14	1,19	1,70	0,96	
	68,00				1,46	0,96	1,62	0,96	
	72,00				1,13	1,11	1,58	0,95	

	76,00				1,25	0,87	1,75	0,96	
	80,00				1,27	0,94	1,62	0,96	
	84,00				1,02	1,03	1,59	0,95	
	88,00				1,21	1,08	1,74	0,96	
	92,00				1,35	0,97	1,44	0,96	
	96,00				1,38	1,43	1,54	0,96	
	450,00				1,69	1,15	1,99	0,95	
	4,00				1,11	1,02	1,63	0,97	
	8,00				1,20	1,11	1,61	0,97	
	12,00				0,89	1,21	1,79	0,92	
	16,00				1,14	0,92	1,51	0,95	
	20,00				1,21	0,91	1,63	0,98	
	24,00				1,08	1,15	1,74	0,99	
	28,00				0,99	1,67	1,68	0,94	
	32,00				1,15	1,12	1,62	0,94	
	36,00				1,20	1,01	2,00	0,91	
	40,00				1,19	2,91	1,80	0,93	
	44,00				1,02	0,92	1,56	0,97	
	48,00				1,44	1,02	1,74	0,94	
	52,00				1,19	0,87	1,63	0,92	
	56,00				1,14	1,02	1,56	0,94	
	60,00				1,29	0,87	1,48	0,95	
	64,00				1,26	0,88	1,61	0,96	
	68,00				1,27	0,98	1,64	0,95	
	72,00				1,12	1,09	1,50	0,94	
	76,00				0,85	1,35	1,80	0,92	
	80,00				1,04	1,27	1,50	0,97	
	84,00				0,93	1,44	1,76	1,01	

	88,00				1,18	1,14	1,64	0,96	
	92,00				1,36	0,88	1,60	0,93	
	96,00				1,11	1,27	1,57	0,95	
P 6	550,00				1,17	1,06	1,40	0,94	
	4,00				1,23	1,21	1,61	0,92	
	8,00				1,74	0,71	1,56	0,93	
	12,00				1,69	0,92	1,59	0,95	
	16,00				1,44	0,76	1,86	0,95	
	20,00				1,73	0,84	1,63	0,90	
	24,00				1,42	1,29	1,66	0,93	
	28,00				0,98	1,60	1,99	0,91	
	32,00				0,42	2,23	1,95	0,91	
	36,00				0,35	2,77	1,77	0,91	
	40,00				0,63	3,10	1,85	0,91	
	44,00				0,50	1,97	1,98	0,91	
	48,00				0,71	1,76	1,94	0,91	
	52,00				1,28	1,34	1,74	0,94	
	56,00				1,62	0,83	1,86	0,94	
	60,00				1,68	0,59	1,72	0,94	
	64,00				1,35	0,91	1,79	0,94	
	68,00				1,56	1,37	1,85	0,93	
	72,00				1,52	0,71	1,81	0,91	
	76,00				1,26	0,82	1,71	0,93	
	80,00				1,07	1,25	1,87	0,90	
	84,00				1,14	0,97	1,84	0,94	
	88,00				1,07	0,83	1,69	0,93	
	92,00				1,25	0,96	1,79	0,94	
	96,00				1,51	0,80	1,91	0,93	

P 7	650,00				1,22	1,03	1,83	0,94	
	4,00				1,13	0,88	1,93	0,93	
	8,00				1,48	0,63	1,77	0,93	
	12,00				1,34	0,82	1,65	0,93	
	16,00				1,68	0,77	1,91	0,90	
	20,00				2,04	0,64	1,66	0,91	
	24,00				1,42	0,65	1,79	0,91	
	28,00				1,50	0,61	1,79	0,90	
	32,00				1,49	0,57	1,69	0,90	
	36,00				1,46	0,66	1,70	0,91	
	40,00				1,35	1,28	2,05	0,89	
	44,00				1,34	1,69	1,79	0,94	
	48,00				1,07	1,85	2,00	0,93	
	52,00				1,46	1,75	2,48	0,89	
	56,00				1,32	1,65	2,19	0,90	
	60,00				1,41	1,56	2,17	0,91	
	64,00				1,35	1,47	1,97	0,93	
	68,00				1,66	2,11	1,88	0,93	
	72,00				1,39	1,79	2,08	0,94	
	76,00				1,75	1,42	2,27	0,95	
	80,00				1,58	1,45	2,15	0,92	
	84,00				1,39	1,70	2,04	0,92	
	88,00				1,37	1,70	2,07	0,93	
	92,00				1,48	1,63	2,14	0,94	
	96,00				1,62	1,53	1,84	0,92	
P 8	750,00				1,43	1,58	2,12	0,92	
	4,00				1,38	1,60	2,16	0,93	
	8,00				1,52	1,60	2,21	0,93	

	12,00				1,42	1,65	2,17	0,92	
	16,00				1,51	1,48	2,06	0,93	
	20,00				1,14	2,05	2,40	0,92	
	24,00				1,22	1,52	1,99	0,90	
	28,00				1,55	1,83	1,94	0,94	
	32,00				1,36	1,91	2,20	0,94	
	36,00				1,43	1,43	2,04	0,90	
	40,00				1,23	2,10	2,05	0,90	
	44,00				1,43	1,65	2,20	0,92	
	48,00				1,22	1,64	1,93	0,91	
	52,00				1,05	1,54	1,59	0,94	
	56,00				1,07	1,48	1,74	0,98	
	60,00				1,15	1,25	1,94	0,93	
	64,00				1,36	2,06	2,25	0,89	
	68,00				1,14	1,73	1,87	0,92	
	72,00				1,30	1,44	2,06	0,88	
	76,00				1,40	1,78	1,90	0,92	
	80,00				1,14	1,77	2,00	0,93	
	84,00				1,25	1,53	2,08	0,92	
	88,00				1,44	1,54	1,77	0,91	
	92,00				1,69	1,51	2,17	0,91	
	96,00				1,38	1,75	2,25	0,89	
P 9	850,00				1,55	1,45	2,16	0,91	
	4,00				1,78	1,75	2,11	0,95	
	8,00				1,47	1,49	2,31	0,95	
	12,00				1,14	1,95	2,05	0,92	
	16,00				1,37	1,78	2,09	0,93	
	20,00				1,30	1,57	2,38	0,95	

	24,00				1,30	1,90	2,24	0,93	
	28,00				1,24	1,65	2,32	0,91	
	32,00				1,26	1,87	2,36	0,93	
	36,00				1,36	1,55	2,36	0,93	
	40,00				1,36	1,78	2,36	0,93	
	44,00				1,62	1,64	2,51	0,91	
	48,00				1,65	1,59	2,09	0,93	
	52,00				1,24	1,70	2,39	0,93	
	56,00				1,57	1,53	2,22	0,92	
	60,00				1,73	1,70	2,56	0,94	
	64,00				1,38	1,44	2,24	0,95	
	68,00				1,32	1,69	2,40	0,90	
	72,00				1,49	1,81	2,14	0,94	
	76,00				1,47	1,37	2,17	0,98	
	80,00				1,71	1,35	2,26	0,94	
	84,00				1,49	1,52	2,21	0,92	
	88,00				1,72	1,45	2,05	0,95	
	92,00				1,56	1,46	2,33	0,94	
	96,00				1,64	1,41	2,35	0,89	
P 10	950,00				1,65	1,37	2,14	0,92	
	4,00				1,56	1,56	2,22	0,93	
	8,00				1,43	1,62	1,87	0,97	
	12,00				1,47	1,71	2,29	0,95	
	16,00				1,54	1,54	2,17	0,97	
	20,00				1,52	1,56	2,37	0,91	
	24,00				1,18	1,66	2,20	0,94	
	28,00				1,17	1,67	2,22	0,93	
	32,00				1,54	1,40	2,14	0,93	

	36,00				1,42	1,69	2,21	0,92	
	40,00				1,41	1,59	2,30	0,94	
	44,00				1,61	1,68	2,34	0,90	
	48,00				1,41	1,43	2,26	0,89	
P 11	1000,00				1,57	1,43	2,25	0,95	
	4,00				1,49	1,73	2,41	0,92	
	8,00				1,38	1,45	2,18	0,92	
	12,00				1,34	1,83	2,34	0,93	
	16,00				1,57	1,56	2,11	0,92	
	20,00				1,35	1,27	2,14	0,95	
	24,00				1,25	1,34	2,26	0,92	
	28,00				1,41	1,20	2,11	0,94	
	32,00				1,08	1,31	2,23	0,91	
	36,00				1,07	1,34	2,12	0,93	
	40,00				0,98	1,47	2,00	0,93	
	44,00				1,33	1,41	2,38	0,95	
	48,00				1,15	1,42	2,29	0,91	
	52,00				1,10	1,35	2,22	0,89	
	56,00				1,03	1,50	2,08	0,93	
	60,00				1,17	1,35	1,80	0,94	
	64,00				1,31	1,42	2,17	0,94	
	68,00				1,16	1,50	2,17	0,92	
	72,00				1,24	1,24	2,03	0,96	
	76,00				1,23	1,26	2,13	0,93	
	80,00				1,24	1,39	2,05	0,93	
	84,00				1,33	1,30	2,34	0,94	
	88,00				1,43	1,28	2,26	0,94	
	92,00				1,31	1,28	2,05	0,95	



	96,00				1,48	1,20	2,25	0,93	
P 12	1100,00				1,55	1,22	2,06	0,93	
	4,00				1,30	1,14	2,07	0,99	
	8,00				1,58	1,24	2,40	0,98	
	12,00				1,32	1,26	2,24	0,95	
	16,00				1,12	1,20	2,26	0,94	
	20,00				1,23	1,73	2,15	0,95	
	24,00				1,15	1,73	2,04	0,94	
	28,00				1,38	1,85	2,33	0,93	
	32,00				1,40	1,84	2,46	0,94	
	36,00				1,17	1,62	2,28	0,91	
	40,00				1,31	1,28	2,20	0,93	
	44,00				1,09	1,43	1,97	0,93	
	48,00				1,18	1,33	2,16	0,96	
	52,00				1,31	1,37	2,13	0,96	
	56,00				1,14	1,43	2,08	1,01	
	60,00				1,16	1,54	2,40	0,92	
	64,00				1,11	1,46	2,09	0,93	
	68,00				1,27	1,30	2,12	0,98	
	72,00				1,36	1,29	2,24	1,00	
	76,00				1,20	1,38	2,13	0,96	
	80,00				1,16	2,11	1,24	0,96	
P 13	1182,58				1,29	3,87	2,17	0,96	
	84,00				1,38		1,94	0,90	
	88,00				1,43	1,30	2,27	0,91	
	92,00				1,17	2,04	1,25	0,94	
	96,00				1,25	1,27	2,15	0,94	
P 14	1200,00				1,18	1,33	1,95	0,94	

	4,00				1,11	1,47	1,85	0,94	
	8,00				1,38	1,37	2,22	0,95	
	12,00				1,35	1,29	2,20	1,00	
	16,00				1,47	1,38	2,25	1,02	
	20,00				1,20	1,58	2,38	1,06	
	24,00				1,47	1,50	2,40	1,02	
	28,00				1,37	1,34	2,20	1,07	
	32,00				1,37	1,43	2,26	1,02	
	36,00				1,35	1,75	2,13	1,02	
	40,00				1,38	1,83	2,46	1,04	
	44,00				1,33	1,77	2,24	1,04	
	48,00				1,53	1,36	2,14	1,04	
	52,00				1,57	1,39	2,39	1,00	
	56,00				1,74	1,22	2,43	1,07	
	60,00				1,66	1,31	2,27	1,04	
	64,00				1,54	1,30	2,38	1,08	
	68,00				1,49	1,37	2,39	1,03	
	72,00				1,60	1,64	2,10	1,06	
	76,00				1,33	1,29	2,33	1,01	
	80,00				1,26	1,62	2,47	1,03	
	84,00				1,43	1,55	2,23	1,02	
	88,00				1,28	1,52	2,12	1,02	
	92,00				1,35	1,43	2,50	1,04	
	96,00				1,57	1,18	2,35	1,04	
P 15	1300,00				1,87	1,12	2,09	1,02	
	4,00				1,47	1,08	2,17	1,01	
	8,00				1,30	1,32	2,21	1,00	
	12,00				1,10	1,45	2,27	1,00	

	16,00				1,47	1,21	2,23	0,99	
	20,00				1,30	1,48	2,09	0,97	
	24,00				1,38	1,51	2,25	0,95	
	28,00				1,65	1,29	2,39	1,02	
	32,00				1,99	1,47	2,25	1,00	
	36,00				1,72	1,56	2,61	1,04	
	40,00				1,66	1,11	2,09	1,05	
	44,00				1,61	1,32	1,85	0,98	
	48,00				1,78	1,13	2,22	1,03	
	52,00				1,73	1,12	2,16	0,92	
	56,00				1,56	1,06	2,29	1,02	
	60,00				1,52	1,06	2,37	0,96	
	64,00				1,50	1,23	2,18	0,98	
	68,00				1,73	1,06	2,15	0,95	
	72,00				1,59	1,14	2,31	1,02	
	76,00				1,48	1,24	2,10	0,98	
	80,00				1,53	0,99	2,13	1,00	
	84,00				1,41	1,18	2,35	0,98	
	88,00				1,44	1,20	2,25	0,97	
	92,00				1,37	1,28	2,27	1,00	
	96,00				1,44	1,21	2,01	0,98	
P 16	1400,00				1,33	1,26	2,17	0,96	
	4,00				1,33	1,30	2,30	0,98	
	8,00				1,19	1,30	1,91	0,97	
	12,00				1,30	1,25	2,07	1,01	
	16,00				1,08	1,38	1,93	0,94	
	20,00				1,28	1,32	2,24	1,00	
	24,00				1,31	1,36	1,98	0,95	

	28,00				1,20	1,37	2,07	1,00	
	32,00				1,28	1,39	2,30	0,94	
	36,00				1,08	1,41	1,95	0,92	
	40,00				1,15	1,70	2,19	0,94	
	44,00				1,20	1,85	2,08	1,00	
	48,00				1,17	1,91	2,40	0,99	
	52,00				1,47	1,65	2,23	1,00	
	56,00				1,39	1,55	2,12	0,98	
	60,00				1,45	1,15	2,25	1,00	
	64,00				1,32	1,40	2,18	1,01	
	68,00				1,17	1,39	2,33	0,94	
	72,00				1,53	1,25	2,18	0,99	
	76,00				1,30	1,41	2,06	0,99	
	80,00				1,00	1,49	2,01	0,97	
	84,00				1,32	1,39	2,02	0,98	
	88,00				1,21	1,37	1,96	0,98	
	92,00				1,40	1,34	2,19	0,99	
	96,00				1,21	1,36	1,78	0,98	
P 17	1500,00				1,07	1,34	2,14	0,92	

## 10.8 LEVANTAMIENTO GEOLÓGICO DE LA MINA GOLDEN MINERA COMUNITARIA HUERTAS

LEVANTAMIENTO GEOLÓGICO DE LA MINA GOLDEN MINERA COMUNITARIA HUERTAS									
Columna			Tectónica			Litología		Estructuras Mineralizadas	
Estación	Profundidad	Simbología	Diaclasis	Fracturas	Fallas	Formación	Alteración	Potencia	Mineralización
P 2 150,00	1,00		N55/87						Con relleno de Ka
	1,10		N298/48						
	1,80			N189/63				0,01	Relleno Ka
	2,00			N55/SubV					4 paralelas rellenas de Ka 1/2Cm
	3,00		N297/36						
	3,50			N241/84					Rellena de Ka
	3,80		N244/SubV						
	4,00		N238/SubV						
	5,00		N120/82						
	5,80			N50/85					Rellena Ka
	6,40			N42/80				0,05	Rellena Ka
	6,60		N308/67						Rellena Ka
	7,00			N50/88					Rellena Ka
	7,10				N161/20				
	7,70		N295/68						
	8,00			N68/SubV			Meteorización		Hasta aquí Fract. Rellenas Ka

	8,30		N55/88					
	8,60		N55/88					
	9,00		N66/82					Contacto Rx. Meteorizada con Rx. Fresca
	9,70		N50/SubV					
	10,80		N50/SubV					
	11,20			N120/65				
	12,40			N246/78				
	12,70			N248/77				Rellena Ca
	13,50		N59/SubV					
	14,00		N56/SubV					
	14,30		N98/74					
	15,00			N177/28				Rellena Ka-Ca
	16,10				N228/85		0,03	Caolín
	17,00			N45/SubV			0,01	Ka Qz.
	17,50		N160/44					
	18,00		N65/SubV					
	18,60		N128/66					
	19,00			N12/72			0,01	Vetilleo Ka. Ca. Paralelas 30 - 40 Cm
	21,00			N5/68			0,01	Qz. Paralelo cada 30 - 40 Cm
	24,00			N236/SubV			0,01	Qz.
	24,10		N152/17				0,01	Qz. 3 cada 40Cm
	25,00		N50/SubV					
	27,00		N306/51					
	28,40			N249/75			0,01	Qz.
	30,05			N52/SubV			0,01	Qz.
	31,00		N311/64					

	32,20		N348/64				0,02	Qz
	33,00		N52/85					Qz. Hasta 35,00 cada 0,15Cm
	36,40		N305/62					
	37,00		N52/85					Qz.
	39,00		N244/83					
	40,00		N137/30					
	41,50		N271/44					
	42,00		N159/40					
	43,00		N239/78					
	44,00			N134/33				F. normal ,30 Cm de desplazamiento
	45,80			N49/Sub V			0,02	Qz.
	47,70		N239/78					
	50,20			N49/Sub V			0,05	Qz. Muestra LA-001
	51,30		N55/SubV					
	53,00		N113/27					
	55,00			N214/24				F. Normal
	55,80			N154/70			0,04	Milonita
	56,50		N88/73				0,01	Qz. Epidota
	57,00		N39/SubV					
	58,00							Vetilleo mm sílice hasta 60,00
	60,00		N181/77					
	61,50			N286/65				
	64,00		N81/80					
	66,00		N10/65				0,01	Relleno de sílice
	68,00							Vetilleo mm de sílice Ep. Hasta 68,50

	68,60			N321/80				
	69,40			N65/85			0,01	Qz. Ep.
	72,00			N68/SubV	Vetilleo			Sílice Ep mm Vetilleo 12xmetro
	77,00			N15/69	Vetilla			Qz. Ep mm Cm
	79,00			N307/73				Hasta aquí Vetilleo
	82,40		N72/78					
	84,30			N145/28				
	86,50			N355/76			0,01	Qz. Ep.
	89,00		N108/38					
	89,20		N236/80					
	90,30		N282/55					
	91,00			N218/85				
	94,00		N98/28					Andesitas porfíricas
								Vetilleo mm //entre 40-60Cm c/u
	97,00			N45/SubV				
P 3	250,00			N100/43				
	1,00			N120/45				Andesitas microporfírica con Ep diss y Vetilleo mm
	5,20			N70/SubV				
	6,00			N335/SubV				
	7,00			N90/SubV				
	8,30			N138/20				
	10,00			N250/77				
	13,50			N303/68				
	16,20			N304/67				
	18,00			N255/55				
	19,70			N273/54	Contacto			Andesita microporfírica con andesitas finas oscuras



	26,00			N270/48				
	27,00			N226/45				
	28,50			N240/44				
	30,00			N110/43				
	30,50			N248/68				
	34,40			N360/60	Vetilla		0,05	Qz. Py. Cpy.
	35,00			N246/76				
	36,20			N170/40				
	40,20			N244/75				
	41,20			N347/70				
	41,60			N245/66				
	42,60			N347/65				
	43,30			N230/60				
	48,40			N25/45	Vetilla		0,03	Qz lechoso Ep.
	51,00				N162/30			Agua
	51,50			N16/65			0,30	Vetilleo mm de Qz .> Rx caja
	52,00	N254/85						
	54,20			N48/78				
	55,40			N59/66	Vetilla		0.01	Ep.
	56,00				N255/85	Contacto		Qz. Ep escaso. Cambia andesita porfiríticas.
	57,60				N327/70	Vetilla	0,12	Qz lechoso escasa Py
	60,00				N128/43			Falla inversa más 8 vetillas Ep.
	61,80			N144/65	Contacto			Andesitas finas oscuras
	63,00			N140/40				
	65,70			N240/71	Contacto			Andesitas verdosas epidotizadas

	70,00		N11/82	Vetilla		0,01	Qz. Ep
	71,00		N224/80				
	71,60		N197/40				
	73,00		N64/78				
	74,00		N310/85				
	75,50		N18/80	Vetilla		0,03	Qz. Ep
	76,00		N58/75				
	77,00		N324/45	Vetilla		0,01	Qz. Ep
	80,00		N268/76				
	81,00		N244/83				
	82,60		N348/42				Rellena Ep
	83,20		N22/82	Vetilla		0,03	Qz. Ep
	84,50		N64/60				
	85,70		N59/76				
	87,00		N60/64				
	88,00		N10/75				
	89,00		N70/55				
	92,00		N298/61				
	94,00		N60/64				
	96,00		N64/49				
	97,00		N157/75			0,01	Ep.
	98,00		N340/73			0,01	Ep.
P 4	350,00		N310/66				
	3,00		N220/82				
	5,50		N14/65	Vetilla		0,02	Ep.
	6,40		N295/66				
	9,20		N68/64				
	11,00		N4/75	Vetilla		0,20	Qz. Brechoso con Rx caja 1% PY
	12,00		N64/74				

	12,80			N291/77				
	15,00			N18/85	Vetilla		0,01	Ep.
	16,00			N55/88				
	18,20			N242/SubV				
	19,00			N267/22				
	22,50			N267/50				
	24,00			N5/76	Vetilla			Qz bx Rx caja Ep 1%Py
	29,00			N94/72				
	31,00			N52/72				
	32,40			N28/80	Hilo		0,01	Qz
	34,00			N256/20				
	37,60			N75/57				
	41,80			N65/80				
	45,00			N245/81				
	46,00			N272/50				
	46,70			N248/70				
	50,50			N124/22				Muestra LA - 002
	51,20			N75/78				
	54,00			N70/62				
	56,00			N260/75				
	58,00			N24/80	Vetilla		0,01	Ep.
	61,50			N70/75				
	64,20			N64/80				
	66,20			N73/70				
	68,50			N60/80				
	69,00			N67/74				
	70,00			N69/88				
	70,90			N5/80			0,01	Qz. Ep
	71,00			N213/45				
	74,00			N277/15				

	77,00			N151/25				Dirección del movimiento N60
	79,00			N5/75	Vetilla		0,03	Ep.
	79,80			N238/75				
	80,00			N345/75	Hilos		0,01	Ep. Foto2
	81,00			N60/75	Dique		1,50	Brecha andesíticas con fragmentos sub redondeados Cm algunos Ep. 1%Py
	82,50			N20/60	Contacto			
	84,50			N153/32				
	85,80			N268/54				
	86,20			N346/72	Vetilla		0,02	Ep.
	87,50			N345/70	Vetilla		0,01	Ep.
	87,70			N148/28				
	87,90			N350/75	Vetilla		0,01	Ep.
	93,00			N266/48				
	93,50			N266/60				
	96,20			N65/80				
	97,00			N345/75	Vetilla		0,02	Ep.
	97,60			N346/70	Vetilla		0,01	Ep.
	98,00			N75/55				
	99,40			N57/44				
P 5	450,00			N300/44				
	1,00			N5/80				
	2,50			N55/78			0,01	Milonita
	4,00			N40/78			0,01	Ep.
	4,30			N47/SubV				
	6,20			N114/75				
	6,50			N252/55				

	7,20			N75/70				
	9,40			N55/80				
	10,20			N65/SubV				
	10,20			N330/72	Vetilla		0,01	Ep.
	12,20			N65/80	Vetilla		0,01	Ep.
	11,00			N170/40				
	13,00			N354/50				
	13,50			N10/85	Hilos		mm	Qz.
	14,30			N180/48				
	14,50			N306/60			0,01	Ep.
	15,00			N270/65				
	16,00			N45/SubV	Vetillas		0,01	Ep.
	17,60			N20/74			0,01	Ep.
	18,00			N285/70				
	19,40			N248/28				
	21,00			N168/56	Contacto		0,03	Qz. Ep andesitas verdes con andesitas finas oscuras
	22,00			N295/70				
	23,00			N292/56				
	23,80			N26/72				
	27,00			N193/32			0,01	Ep.
	28,00			N116/31				
	29,00			N120/45				
	30,00			N14/83			0,01	Ep.
	32,50			N132/34				Fracturamiento paralelo
	36,40			N350/54				Ep.
	40,00			N294/50				
	41,00			N314/74	Vetilla		0,20	Qz. Py. Cpy fto
	42,50			N320/55			0,01	Ep.

	42,70			N130/32				
	43,00			N312/65				andesitas oscuras
	44,30			N5/70				
	46,00				N118/32			
	48,50			N40/86	Contacto			andesitas oscuras con andesitas verdes epidotizadas mas número de hilos de epidota
	50,00			N330/45				
	51,40			N65/68				
	52,20			N66/SubV				
	54,20			N66/SubV				
	56,20			N360/64			0,02	Ep.
	57,80			N345/55				
	58,60			N26/60			0,02	Qz. Lechoso
	59,80			334/SubV				
	60,00			N298/50				
	61,20			N330/SubV				
	61,60			N178/85			0,05	Qz. Ep. Rx. Caja
	62,70			N341/SubV	Contacto		0,02	Qz. Tobas andesíticas de frag desimétricos y angulosos. Py 30% Foto
	63,20			219/71				
	64,00			N346/SubV			0,01	Qz. Ep
	65,00			N62/75				
	67,20			N296/60				

	69,80			N163/74		Vetilla		0,06	Qz. Ep. Hasta aquí tobas andesíticas de frag con andesitas microporfirítica
	70,60			N58/70					
	71,50			N105/58					
	73,00			N126/28					
	74,20			N80/64					
	76,40			N75/71					No hay Ep
	77,80			N85/59					
	78,20			N69/62					
	79,00			N335/76				0,02	Qz. Blanco
	81,60			N75/66					
	82,50			N72/74					
	84,50			N325/75		Hilo		0,01	EP
	85,70			N69/74					
	87,60			N65/80					
	88,00			N326/85					
	89,00			N253/78					
	93,00			N250/66				0,01	Qz.
	93,00			N74/72					
	94,00			N75/66				0,01	Ep.
	94,20			N315/75					
	95,00			N70/75					
	95,75			N72/74					
	96,40			N70/75					
	98,00			N105/15					
	98,20			N70/81					
	98,70			N56/SubV				0,01	Ep
P 6	550,00			N74/79					Rellenos de Ep.

	0,40			N74/79					Rellenos de Ep.
	1,60			N54/SubV					Rellenos de Ep.
	3,00			N340/80					Fract. Paralelas 7 c/10 Cm.
	4,00				N335/80			0,30	Rellenos de Qz. en hilos y Rx. Caja y agua
	7,00				N350/78	Contacto			Rellenos de Qz. en hilos y Rx. Caja Py agua Contacto con tobas andesíticas de frag. decimétrica
	10,00			N285/75					
	11,00			N76/74					
	12,10			N315/84					
	13,00			N142/SubV					
	15,00			N320/SubV					
	17,00			N73/80					
	18,00			N325/SubV					
	18,40			N70/69					
	18,80			N295/75					
	19,70			N78/80					
	20,00			N250/70				0,05	Qz. Ep
	21,80			N58/SubV					Agua
	22,20			N338/78					
	23,40			N105/80					
	24,00			N35/SubV					
	26,00			N80/70					
	27,00			N48/78					
	28,30			N30/SubV					
	28,80			N166/80					
	29,30			N280/70					



	30,50			N265/75					
	31,60			N50/SubV					
	32,50			N360/78					
	33,80			N164/SubV					
	35,00			N165/80					Ep.
	35,20			N69/85					Ep.
	37,80			N40/82			0,01		Qz.
	38,30			N132/SubV					Qz.
	40,30			N304/SubV			0,01		Qz.
	45,50			N238/78					
	47,00			N38/80			0,01		Ep.
	48,20			N65/70			0,01		Ep.
	50,00			N330/63					Muestra LA - 003
	51,80			N18/78			0,01		Ep.
	52,20			N55/65			0,01		Ep.
	54,40			N225/85			0,01		Ep.
	55,00			N275/33					
	56,80			N70/73			0,01		Ep.
	58,60			N25/SubV			0,01		Ep.
	61,00			N356/80			0,01		Ep.
	61,70			N273/54					
	63,00			N360/SubV					
	63,50			N305/45					
	66,30			N55/SubV			0,01		Ep.
	69,00			N69/77			0,01		Ep.
	70,00			N70/SubV			0,02		Ep.
	70,80			N240/78			0,03		Ep.
	73,80			N5/70			0,01		Ep.
	74,60			N306/72					
	77,00			N290/SubV					

	80,20			N55/78					
	81,00			N64/77					
	82,00			N15/SubV				0,01	Ep.
	84,00			N288/68					
	86,40			N190/SubV				0,01	Ep.
	87,20			N50/SubV				0,01	Ep.
	88,30			N20/77				0,01	Ep.
	92,00			N60/80					
	92,60			N50/SubV					
	94,00			N48/85				0,01	Ep.
	94,40			N235/82				0,01	Ep.
	97,50			N135/30					
	99,00			N354/82				0,35	Qz. Bandeado con Rx de caja 1% Py al centro banda de bx andesíticas de 10CM
P 7	650,00			N228/80					
	4,00			N240/80					
	5,20			N235/80					
	7,30			N238/80					
	10,20			N238/80					
	11,00			N238/80					
	14,00			N238/85					
	15,00			N240/85					
	16,00			N10/SubV					
	16,50			N15/SubV				0,02	Qz.
	17,80			N62/70					
	18,20			N60/75					
	18,80			N350/SubV					
	19,60			N277/58					

	20,80			N64/85					
	22,00			N200/28					
	23,70			N245/87					
	26,00			N50/60					
	33,40			N276/80					
	35,00			N275/75					
	36,00			N213/85					
	38,00			N220/80					
	37,60			N64/86					
	40,00			N60/SubV					
	42,00			N258/85					
	43,50			N285/45					
	45,20			N68/SubV					
	46,20			N252/48					
	47,00			N215/33					
	48,20			N60/SubV					
	50,20			N265/68					
	50,50			N315/54					
	53,00			N60/86					
	55,00			N253/82					
	56,80			N253/78					
	57,80			N355/78			0,05		Qz. 1% Py
	58,00			N354/67			0,01		Qz. 1% Py
	59,00			N271/74					
	60,80			N240/75					
	64,20			N240/78					
	69,00			N56/84					
	70,00			N65/SubV					
	72,00			N182/24			0,01		Ep.
	73,00			N350/62					

	76,00			N60/SubV				
	77,40			N65/70				
	80,00			N44/49				
	83,50			N20/75			0,10	Qz. 20 % Py Galena 10 %
	84,20			N264/85				
	85,00			N235/45				
	86,00			N253/50				
	87,80			N175/70			0,08	Qz. Ep 5% Py
	88,50			N49/74				
	89,70			N260/65				
	92,00			N340/70			0,05	Ep. 1% Py
	93,80			N58/75				
	95,00			N14/62				Relleno Ep.
	97,00			N213/84			0,01	Qz.
	98,00			N270/40				
P 8	750,00			N324/16			0,02	Qz. Ep
	1,80			N45/SubV			0,01	Ep.
	2,50			N246/58				
	4,00			N135/78			0,01	Ep.
	4,80			N46/SubV			0,01	Ep.
	5,80			N135/75				
	6,20			N225/80				Relleno Ep.
	6,40			N135/75				Relleno Ep.
	8,40			N135/75				Relleno Ep.
	10,00			N60/84			0,02	Ep. Posible contacto de andesita de frag. Con andesitas oscuras mayor cloritizacion y Epidotización

	11,00			N305/80					
	12,80			N350/64				0,01	Ep.
	13,40			N210/46					
	14,30			N126/75					
	17,00			N355/82					Fract. Paralela
	18,50			N85/85					
	19,70			N85/80					
	20,00			N287/40					Vetillas mm de Ep. Diferentes direcciones
	24,00			N267/60					
	25,60			N72/72					
	26,50			N30/72				0,10	Bx. Ep 3% Py
	29,00			N250/45					
	30,50			N350/76				0,03	Ep. Vetilleo paralelo
	32,00			N55/83					
	32,40			N125/34					
	33,80			N155/75				0,01	Qz.
	34,00			N70/65					Inicio mayor Epidotización en hilos y diss
	38,00			N7/67				1,20	Estructura de epidota bandeada de hasta 10Cm con Rx. Caja 1% Py
	40,00			N175/68					
	41,60			N45/80					
	42,00			N189/70					Fracturamiento paralelo
	44,00			N88/78					

	45,00			N360/SubV		Preventora		4,00	Estructura bandeada hilos Ep. Rx. Caja Epidotización y silicificación desde aquí mayor epidota
	48,00			N258/82					
	50,00			N250/75					Muestra LA - 004
	51,60			N180/80					Todo stower Vetilleo Qz. Ep inicia entibado
	57,00				N334/78				Falla de contacto con Rx. De frag. Desimétricos fin entibado
	60,00			N328/74				0,02	Qz. Ep
	62,00			N131/85					
	62,50			N328/70				0,02	Qz. Ep
	63,20			N230/82				0,02	Qz. Ep
	66,00			N272/83					Desaparece la epidota
	68,00			N95/48					
	69,70			N146/28					
	70,80			N335/55				0,01	Ep.
	72,00			N144/30					
	74,00			N279/72					
	75,80			N322/85					
	77,00			N62/45					
	78,80			N330/60					
	79,40			N90/38					
	84,80				N347/80	Vetilla		0,08	Qz, sílice 1% Py
	88,00			N72/60					

	91,20			N5/76		Veta		0,80	Estructura bandeada hilos de Qz 1% Ep. Rx caja
	92,00			N110/43					
	94,00			N340/65					
	97,00			N260/80					
	98,00			N70/45					
	99,20			N328/50					
P 9	850,00			N235/SubV					
	2,00			N8/64					
	3,00			N116/SubV					
	3,60			N144/85					
	5,00			N58/66					
	6,00			N277/77					
	6,10			N55/SubV					
	7,80			N70/60					
	8,80			N58/85				0,01	Relleno Qz agua
	10,00			N288/70					
	11,70			N68/70				0,05	Ep.
	12,20			N288/85					
	12,30			N265/77					
	14,00			N80/52					
	15,00			N58/68				0,02	Relleno de Qz.
	16,60			N55/60					
	17,00			N305/77					
	19,60			N60/64				0,02	Ep.
	20,00			N60/64				0,03	Ep.
	20,60			N60/62				0,01	Relleno de Qz.
	23,40			N60/60					
	24,00			N280/70					

	25,70			N66/53				
	26,50			N358/SubV			0,25	Qz blanco lechoso bandeado con hilos de Rx de caja 1% Py
	27,00				N145/32			
	28,80			N354/75	Veta X		0,80	Qz bandeado con Rx de caja 5% Py y agua
	30,20			N73/65				
	32,00			N66/56				
	33,00			N54/56			0,04	Qz lechoso
	34,20			N68/54				Relleno de Qz.
	33,80			N5/70			2,00	Vetilleo de Qz con Rx de caja de 10 Cm
	35,80			N145/80				Hasta aquí Vetilleo
	36,40			N177/84	vetilla		0,08	Qz lechoso bandeado 4%Py
	35,60			N180/SubV			0,02	Qz lechoso
	36,10			N264/80				
	36,60			N195/SubV	Vetilla		0,03	Qz lechoso 1% Py
	37,80			N65/63				
	38,50			N60/63				Fracturamiento paralelo
	40,30			N55/56				
	43,00				N131/58			
	44,30			N358/78	Vetilla		0,02	Qz lechoso
	45,20			N322/73				
	46,60			N282/36				
	48,40				N190/62	Falla	0,02	Qz relleno y 0,40 Cm milonita
	48,80				N145/68	Falla		



	50,20			N70/66					
	51,00			N185/28					
	53,00			N80/68					
	55,00			N225/33					
	56,00			N65/64					Relleno de Qz cristalizado
	57,00			N105/SubV					Relleno de Qz agua
	58,00			N147/48					Agua
	59,00			N225/SubV					Agua
	61,50			N85/64					Relleno de Qz agua
	62,00			N273/64					Agua
	62,30			N88/65					Relleno de Qz agua
	63,20			N66/SubV					Relleno de Qz agua
	66,00			N125/64					
	67,00			N80/55					
	68,00			N65/72					
	68,10			N235/73					Qz.
	69,00			N78/62					
	71,00			N145/66					
	71,80			N75/70					
	72,00			N115/60					Qz.
	73,20			N325/70					Qz.
	74,00			N320/82					Qz.
	75,00			N150/38					
	76,50			N248/80					Ep.
	77,00			N77/77					Qz.
	78,00			N255/75					
	78,30			N155/50					Relleno de Qz.
	80,60			N233/67					Relleno de Qz.
	82,40			N10/60				0,02	Ep.

	83,50			N10/60				0,04	Ep.
	83,50			N10/60				0,04	Ep.
	83,70			N65/65					Relleno de Qz.
	84,00				N147/42				
	86,30			N68/58					Relleno de Qz.
	87,80				N133/45				
	90,00			N55/75					Ep. Qz en hilos
	93,60			N350/SubV		Vetilla		0,04	Qz lechoso Ep.
	96,00			N132/35					
	98,00			N274/65					
	99,00				N215/30				
P 10	950,00			N220/80					
	1,00			N103/23					
	3,00			N358/SubV		Veta		0,25	Qz bandeado blanco lechoso con hilos Rx de caja 1% Py
	3,10				N176/25				Desplaza la vetilla 30Cm al oeste
	4,10			N205/60				0,02	Qz
	5,00			N235/73		contacto			Andesitas con fragmentos epidotizadas inicia andesita más oscura cloritizada escasos frag. Rx
	9,00			N290/63					
	11,00			N104/47					
	12,40			N100/25					
	14,20			N52/SubV					Rellena de Qz.
	17,00				N66/38				Agua
	19,00				N191/38			0,05	Rellena de Milonita

	22,00			N268/75				
	24,50				N96/24		0,01	Milonita paralelismo
	25,80			N220/56			0,01	Ep en hilos mm
	27,60			N238/45				Rellena de Ka. Ca
	29,00			N210/38				Rellena de Ka. Ca
	31,00			N198/26			1,00	Fracturamiento paralelo Ka. Ca
	36,20			N230/80			0,01	Milonita
	38,50			N149/35				Fracturamiento paralelo Ka. Ca
	40,00			N225/33				
	41,60			N195/40				Fracturamiento Ka. Ca
	43,20			N227/68				
	44,50			N170/50			0,01	Relleno de Qz 5 paralelas
	47,00			N177/60				Rellenos de Qz
	48,20			N185/52		°°	0,01	Qz
	48,80			N45/SubV				
	49,70			N188/62			0,02	Qz
P 11	1000,00							Muestra LA - 005
	2,00			N177/65				Fract. Rellena de Qz cristalizado andesita de frag. No Ep
	3,80			N346/SubV			0,01	Qz
	5,30			N357/82				
	6,00			N350/SubV				
	6,40			N347/85		Veta Cristi	1,30	Textura brechada y bandeada con hilos de amatista 3% Py

	8,00			N127/30				Desplaza 40 Cm la veta
	10,20			N230/84				
	12,00			N250/8				Ka
	13,00				N144/25			
	14,00			N258/73				Qz. Ka
	15,00			N166/52				
	16,00			N233/82				
	18,00			N274/70				
	19,00			N168/60				
	21,00			N65/68				
	22,20			N60/70				Qz. Ka
	23,60			N64/88				
	25,30			N121/70				
	26,00			N255/85				
	28,00			N235/82			0,02	Qz. Ep
	30,00			N236/80			0,01	Qz. Ep
	31,00			N238/80				
	33,00			N235/80			0,01	Qz. Ep
	34,50			N250/87				
	36,00			N65/55				
	37,00			N126/30				
	38,00			N293/75				
	39,00			N294/82				
	41,80			N58/75				Relleno de Qz
	43,00			N116/78				
	43,70			N65/75				Relleno de Qz
	45,80			N54/77				
	47,00			N137/39				Agua
	48,30			N103/82				
	50,00			N267/70				

	50,50			N338/83				0,03	Qz
	51,00			N345/80					
	51,80			N60/68					
	52,30			N238/82					
	54,40			N55/70					
	55,00			N356/80				0,01	Vetillas mm de Qz paralelas y separadas de 20 a 30 Cm todo este tramo
	56,20			N270/83					
	58,50			N183/30					
	59,00			N252/72					
	61,00			N240/78					Agua
	62,00			N255/SubV					
	63,50			N245/80					Relleno de Qz. Más agua
	64,50			N80/72					Rellena de Qz
	65,00				N188/25				Ka mas Milonita
	68,20			N86/88					
	67,30			N295/63					
	67,70			N248/82					
	67,80			N130/45					Qz
	69,00			N230/78					
	70,50			N246/82					
	72,00			N245/15					
	74,00			N55/58					
	75,20			N65/82					
	76,40			N62/80					
	77,60			N205/18					Paralelismo 8x1m
	78,00			N248/85					
	80,50			N250/77					

	82,80			N55/80				
	83,80			N340/86		Vetilla		0,04 Brechada Qz Rx de caja
	86,50			N58/67				
	87,50			N194/30				
	88,30			N55/77				
	89,80			N62/75				
	92,00			N287/86				
	93,40			N240/84				
	94,00			N240/25				
	94,50			N70/72				
	97,50			N50/71				
	97,80			N45/70				
	98,00			N136/SubV		Contacto		Andesitas de fragmentos con andesitas oscuras tipo corneanas
	98,20			N315/SubV				
	99,00			N258/74				
P 12	1100,00			N148/82				
	1,00			N62/88			0,01	Qz
	2,00			N25/72			0,01	Qz
	3,00			N65/88				
	4,00			N60/78				Muestra LA - 006
	7,00			N60/SubV				Ka
	7,50			N235/16				
	8,00			N60/80		Contacto		Andesitas oscuras con Andesitas de fragmentos epidotizadas
	9,00			N346/70				
	11,00			N250/70				

	12,20			N60/76					Fract. Paralelas 4
	14,00			N243/70				0,01	Qz
	15,00			N265/23					
	16,40			N245/68				0,03	Qz 6%Py
	18,00			N235/70					
	19,00			N65/65					
	22,00			N58/64					
	22,20			N130/43					
	24,00			N200/80				0,02	Qz. Agua
	24,60			N16/75				0,04	Qz lechoso 1% Py
	25,00			N310/44					
	27,50			N140/22					
	29,40			N58/55					
	30,20			N52/65					
	30,50			N29/45					
	33,60			N65/59					
	36,20			N80/88					
	37,00			N42/65					
	37,60			N49/79				0,02	Qz
	38,40			N60/85					
	38,80			N60/56					
	40,00			N55/58					
	42,00			N55/SubV				0,01	Qz
	43,00			N60/70					
	44,00			N298/14					
	45,80			N60/75					
	46,10			N243/80					Agua
	47,40			N41/70					
	49,00			N255/3					
	50,20			N55/75					Vetilleo mm de Qz 6

	51,00			N190/83			0,01	Ep.
	52,00			N239/SubV				Relleno de Qz
	54,00			N358/72				Qz. Ep vetillas mm a Cm
	57,00			N266/13				
	57,80			N65/65			0,01	Qz
	59,00			N225/28				
	60,80			N48/77				
	62,80			N55/75				
	66,20			N240/14				
	67,00			N350/60				Hilos mm Qz Rx de fragmentos cloritizada y epidotizadas
	69,00			N111/44				
	70,00			N10/80			0,01	Qz
	72,00			N50/75				
	73,80			N70/70			0,01	Qz. Ep
	76,00			N355/70	Vetilla		0,30	Qz bandeado con hilos de clorita
	78,00			N340/58			0,40	3 Vetillas de 2Cm de Qz con Rx de caja
	78,80			N4/50				
	81,60			N62/65				
	84,00			N56/65				
	85,00			N15/55	Veta JANE		2,00	Qz bandeado con Rx de caja 10%Py
	87,00			N26/70	Veta JANE			Caja alta
	89,00			N251/68				
	90,00			N65/75				
	91,00			N305/20				



	93,80			N235/84				0,01	Qz. Ep
	95,00			N76/75					Casi no hay Vetilleo
	97,00			N234/80					
	98,00			N238/76					
P 14	1200,00			N250/77					
	2,00			N210/45					Andesita microporfirítica Caolinizada cloritizada y epidotizadas
	3,00			N55/SubV				0,01	Ep
	4,00			N313/SubV					Andesita microporfirítica Caolinizada cloritizada y epidotizadas
	5,00			N247/80					Andesita microporfirítica Caolinizada cloritizada y epidotizadas
	6,50			N130/76					Andesita microporfirítica Caolinizada cloritizada y epidotizadas
	8,00				N55/SubV			0,02	Rellena Qz blanco lechoso
	9,00			N340/60		Vetilla		0,35	Qz brechada con Rx de caja
	10,00			N200/25					
	11,80			N237/82					
	14,20			N253/85					
	15,00			N60/64					
	17,00			N62/75					Fracturamiento paralelo
	18,50			N65/76					
	19,00			N285/42					

	20,20			N65/68				
	21,00			N276/74				
	22,30			N240/SubV				
	23,80			N55/65				
	25,00			N296/15				Fracturas paralelas hasta 31 contacto dique andesitas finas oscuras corneanas
	26,50			N260/87				
	27,80			N315/SubV				
	33,70			N315/74		Contacto		Andesitas corneanas con andesitas porfíricas Ep Clorita
	35,00			N268/78				
	36,00			N268/78				
	37,50			N254/45				
	39,00			N56/60				
	41,60			N60/60				
	44,00			N268/75				
	45,00			N52/56				
	47,00			N274/68				
	49,00			N287/72				
	49,20			N248/8				
	53,00			N275/80				
	53,00			N14/72			0,05	Qz. Ep 3% esfalerita milosa
	53,80			N12/70			0,12	Bx. Qz. Ep
	55,00			N263/60				
	56,00			N182/50				
	58,00			N50/54				

	60,00			N273/75					Rellena de calcita
	62,00			N276/84					
	68,00			N276/84					Fracturamiento paralelo
	72,00			N287/84					
	73,00			N56/55					
	74,00			N245/73					
	76,00			N45/75					
	78,50			N45/40					
	81,00			N275/80					
	83,00			N260/72					
	85,00			N270/85					
	86,00			N54/65					
	89,00			N18/15			0,02		Qz lechoso Ep 2%Py 3Cm a las cajas son finas y oscuras
	90,00			N245/65					
	90,80			N125/72					
	92,30			N255/70					
	93,70			N258/72					
	94,00			N105/74					
	96,00			N28/57					
	97,00			N3/70			0,15		Qz lechoso bandeado Ep 3% Py y agua
	99,00			N245/76					
P 15	1300,00			N233/85					Muestra LA - 007
	3,00			N304/61					
	4,30			N56/85					Agua
	6,00			N113/75					
	8,80			N40/62					

	11,00			N170/45				
	12,00			N250/73				
	13,00			N60/86				Agua
	14,20			N74/60				
	15,00			N113/82				
	17,00			N245/65				Fracturamiento paralelo
	21,00			N38/48			0,02	Qz. Ep
	22,00			N140/20				
	23,80			N32/82			0,01	Qz. Ep
	25,00			N80/88		Contacto		Qz. Milonita Py contacto con andesitas oscura Ep. Ca
	25,50			N130/28				Rellena de Ep. Ca
	27,20			N63/80				
	29,00			N247/48				
	30,50			N64/85				
	32,00				N190/28			
	33,00			N160/36				
	34,00			N170/75				Fracturación paralela con Ep desde aquí
	34,50			N272/84				
	37,00			N61/83			0,02	Fracturación paralela con Ep Qz hasta aquí
	39,00			N280/80				
	40,70			N338/60				Fracturación paralela Ep. Qz desde aquí
	42,00			N45/60		Vetilla	0,35	Qz. Ep 6% Py hematita vetilla bandeada y brechada
	43,00			N258/55				

	44,50			N360/70					Vetilleo Ep
	45,80			N105/85					
	46,80			N8/70					Rellenos Ep
	49,00			N273/60	N170/25				
	50,00			N50/80					
	53,00			N286/65					
	53,80			N257/65					
	54,00				N155/28		0,02		Milonita
	56,00			N275/SubV					
	59,00			N42/78			0,01		Ep. Agua
	60,20				N65/75		1,00		Milonita Rx de caja fuertemente fracturada en diferentes direcciones Agua
	62,00			N68/8					
	64,00			N65/85					
	65,00			N62/64		Contacto			Andesitas oscuras con andesitas porfíricas con Ep. Clorita
	67,00			N67/82					
	67,50			N80/65					
	71,00			N57/82			0,05		Qz. Ep 5% Py
	72,00			N110/42					
	73,00			N59/66					
	74,50			N45/80			0,03		Qz. Ep 1% Py
	76,00			N58/85					
	77,00			N267/62					
	78,00			N278/23					
	80,20			N254/65					
	80,50			N272/88					

	82,00		N45/74					
	83,00		N60/72					
	83,80		N236/86					
	85,00		N66/70					
	87,00		N29/70			0,04	Qz. Ep .Py	
	88,00		N142/35					
	89,00		N80/72					
	92,00		N80/78					
	93,20			N38/60		0,05	Milonita	
	95,00		N115/80					
	97,00		N276/80					
P 16	1400,00		N70/SubV					
	1,50		N115/80					
	6,00		N115/80					
	7,00		N350/80			0,01	Qz lechoso	
	9,60		N355/65			0,08	Qz bandeado con hilos de clorita	
	12,00		N285/85					
	14,20		N100/82					
	14,50		N62/78					
	17,40		N64/70					
	18,50		N62/76					
	19,80		N92/SubV					
	21,00		N280/82					
	21,80		N340/62			0,03	Qz lechoso	
	22,20		N3/65		Contacto	0,02	Qz contacto con brechas andesíticas	
	23,00			N162/45	Contacto		con andesitas oscuras	
	23,60		N60/50					

	24,80			N112/74				
	26,40			N182/28				
	29,00			N203/25				
	30,50			N110/72				
	31,00			N65/75				
	34,00			N104/74				
	35,00			N52/75				
	37,00			N305/75				
	39,00			N40/52				Inicio Vetilleo mm de Qz. Cada 10 a 15 Cm
	42,00			N176/72				
	43,80			N360/65	Veta		2,40	Qz bandeado con hilos Cm a dm de Qz y Rx de caja.
	46,20			N335/80				Caja este de veta bx y bandeada 1%Py
	49,00			N94/86				
	51,00				N190/42		0,10	Milonita
	52,00			N75/70				Andesitas oscuras
	54,40			N355/55	Vetilla		0,06	Qz lechoso
	56,00			N247/44	Dique		1,50	Andesitas muy finas claras y oscuras silicificadas
	60,50			N232/88				
	62,00			N290/78				
	63,50			N60/SubV			0,01	Qz. Py
	65,80			N340/68				
	66,00			N98/65				
	67,20			N350/75			0,06	Qz. Epidotizadas
	68,00			N110/85				

	70,00			N287/80					
	73,00			N274/72					Agua
	74,00			N345/15					
	78,00			N275/80					
	81,80			N355/65	Vetilla		0,04		Qz lechoso
	84,00			N288/SubV					
	85,70			N250/74					
	89,00			N105/25					
	90,50			N252/84					
	93,50			N105/60					
	94,00			N270/SubV					
	95,80			N232/82					
	96,50			N280/72					
	97,00			N80/60					
	98,00			N102/75					
P 17	1500,00			N78/SubV					Muestra LA – 008



## 10.9. Ensayos de Laboratorio "GEOCONS"



### "GEOCONS" LABORATORIO

*Geotecnia - Consultora & Constructora*

Telf: 072-540907

Cel: 0994974048

#### DETERMINACIÓN DEL PESO ESPECIFICO - ABSORCIÓN DE AGUA - PESO VOLUMÉTRICO EN LAS ROCAS

MUESTRA: PARROQUIA UERTAS - CANTÓN ZARUMA  
 YACIMIENTO: ROCA  
 SECTOR: MINA COMUNITARIA HUERTAS

REALIZADO: ING. RAMIRO JIMÉNEZ  
 FECHA: 05/02/2015  
 SOLICITADO: SR. LEONARDO AGUILAR

ENSAYO NÚMERO	LA-001 P2+50	LA-002 P4+50	LA-003 P6+50	LA-004 P8+50	LA-005 P11+1000
Peso de roca en estado seco	353,40	195,30	556,00	466,40	353,90
Peso de roca en agua	226,00	123,00	361,00	304,00	228,00
Peso de roca en estado sss	356,00	197,00	558,00	467,00	355,00
Densidad global (estado seco): Ds (gr/cc)	2,678	2,636	2,812	2,835	2,719
Volumen real : gr	130,00	74,00	197,00	163,00	127,00
Densidad real (estado seco): Ds (gr/cc)	2,718	2,639	2,822	2,861	2,787
Porcentaje de Absorción: Pa (%)	0,74	0,87	0,36	0,13	0,31
Porosidad: Pe	1,49	0,16	0,37	0,92	2,43

MUESTRA: PARROQUIA UERTAS - CANTÓN ZARUMA  
 YACIMIENTO: ROCA  
 SECTOR: MINA COMUNITARIA HUERTAS

REALIZADO: ING. RAMIRO JIMÉNEZ  
 FECHA: 05/02/2015  
 SOLICITADO: SR. LEONARDO AGUILAR

ENSAYO NÚMERO	LA-006 P12+1105	LA-007 P15+1300	LA-008 P17+5000		
Peso de roca en estado seco	317,20	283,50	452,80		
Peso de roca en agua	210,00	179,00	295,00		
Peso de roca en estado sss	318,00	284,00	454,00		
Densidad global (estado seco): Ds (gr/cc)	2,885	2,698	2,846		
Volumen real : gr	108,00	105,00	159,00		
Densidad real (estado seco): Ds (gr/cc)	2,937	2,700	2,848		
Porcentaje de Absorción: Pa (%)	0,25	0,18	0,27		
Porosidad: Po	1,77	0,07	0,06		

ING. RAMIRO JIMÉNEZ VEGA  
 RESPONSABLE GEOTÉCNICO





## "GEOCONS" LABORATORIO

Geotecnia - Consultora & Constructora

Tel: 072-540907

Cel: 0994974048

### RESISTENCIA A LA TRACCIÓN INDIRECTA EN ROCAS

MUESTRA: PARROQUIA UERTAS - CANTÓN ZARUMA

REALIZADO: ING. RAMIRO JIMÉNEZ

YACIMIENTO: ROCA

FECHA: 05/02/2015

SECTOR: MINA COMUNITARIA HUERTAS

SOLICITADO: SR. LEONARDO AGUILAR

ENSAYO NÚMERO	LA-001 P2+50	LA-002 P4+50	LA-003 P6+50	LA-004 P8+50	LA-005 P11+1000
Diámetro de probeta (cm.)	5,01	5,03	5,01	5,01	5,01
Longitud de probeta (cm.)	7,20	6,10	6,50	6,80	6,50
Caraga Aplicada(Kg.)	4451,00	2978,00	1124,00	1240,00	1243,00
Resistencia a la Tracción Indirecta Trl.: (Kg/cm <sup>2</sup> )	78,55	61,79	21,97	23,17	24,30

MUESTRA: PARROQUIA UERTAS - CANTÓN ZARUMA

REALIZADO: ING. RAMIRO JIMÉNEZ

YACIMIENTO: ROCA

FECHA: 05/02/2015

SECTOR: MINA COMUNITARIA HUERTAS

SOLICITADO: SR. LEONARDO AGUILAR

ENSAYO NÚMERO	LA-006 P12+1105	LA-007 P15+1300	LA-003 P6+50		
Diámetro de probeta (cm.)	5,01	5,01	5,03		
Longitud de probeta (cm.)	5,80	6,30	6,60		
Caraga Aplicada(Kg.)	1342,00	2846,00	1105,00		
Resistencia a la Tracción Indirecta Trl.: (Kg/cm <sup>2</sup> )	29,40	57,40	21,19		

ING. RAMIRO JIMÉNEZ VEGA  
RESPONSABLE GEOTÉCNICO





**"GEOCONS" LABORATORIO**

Geotecnia - Consultora & Constructora

Telf: 072-540907

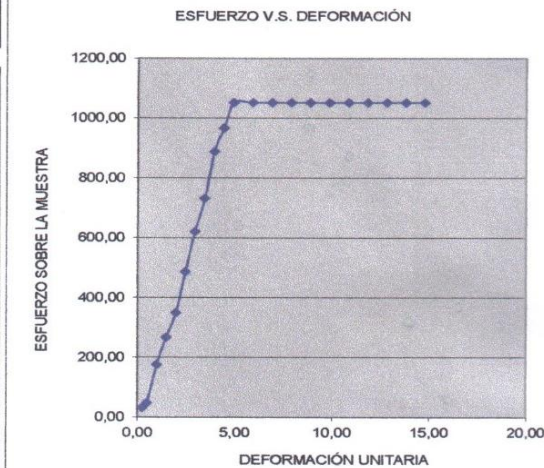
Cel: 0994974048

**ENSAYO DE COMPRESIÓN SIMPLE INCONFINADA**

<b>Muestra :</b>	INALTERADA REMOLDEADA	<b>Norma:</b>	AASHTO T - 208
<b>Proyecto:</b>	TESIS SR. LEONARDO AGUILERA	<b>Fecha:</b>	05/02/2015
<b>Ubicación:</b>	L.A.-001 P2+50	<b>Realizó:</b>	ING. RAMIRO JIMÉNEZ

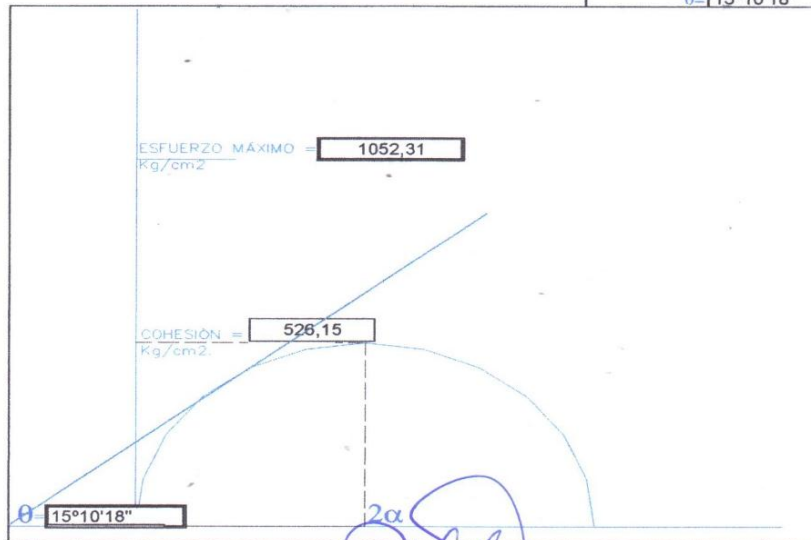
<b>Longitud:</b>	4,93 cm	<b>Ancho:</b>	5,16 cm	<b>Area:</b>	25,4388 cm <sup>2</sup>
<b>Cont. Humedad:</b>	0,15 %	<b>quilt:</b>	1052,31 Kg/cm <sup>2</sup>	<b>Cohesión:</b>	526,154 Kg/cm <sup>2</sup>
<b>Espesor:</b>	5,18 cm.	<b>Volumen Muestr.:</b>	131,77 cm <sup>3</sup>	<b>Peso Muestr.:</b>	353,40 gr.
<b>Densidad Humeda :</b>		<b>2,682 g/cm<sup>3</sup></b>	<b>Densidad Seca:</b>		<b>2,678 g/cm<sup>3</sup></b>

DEFORMACIÓN UNITARIA	ESFUERZO SOBRE LA MUESTRA
0,25	32,39
0,49	48,82
0,98	177,37
1,48	269,08
1,97	351,63
2,46	488,03
2,95	622,87
3,45	732,82
3,94	890,18
4,43	967,62
4,92	1052,31
5,91	1052,31
6,89	1052,31
7,88	1052,31
8,86	1052,31
9,85	1052,31
10,83	1052,31
11,81	1052,31
12,80	1052,31
13,78	1052,31
14,77	1052,31



**Quilt= 1052,31 Kg/cm<sup>2</sup>**  
**Qadm= 350,77 Kg/cm<sup>2</sup>**

**ANGULO FRICCIÓN INTERNA θ**  
**θ= 15°10'18"**



**TIPO DE ROCA : " DURA" RANGO ENTRE 560 A 1400 Kg/cm<sup>2</sup>**

ING. RAMIRO JIMÉNEZ  
 RESPONSABLE GEOTÉCNICO





**"GEOCONS" LABORATORIO**

*Geotecnia - Consultora & Constructora*

Telf: 072-540907

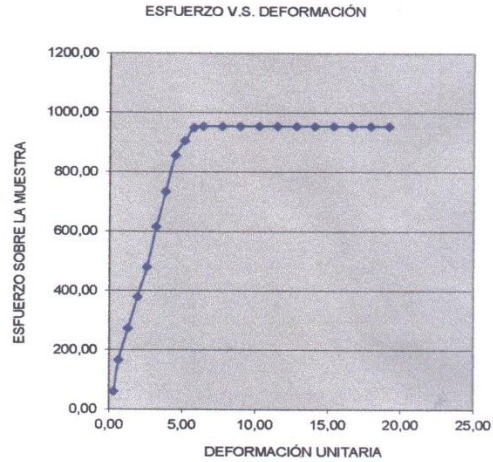
Cel: 0994974048

**ENSAYO DE COMPRESIÓN SIMPLE INCONFINADA**

Muestra :	INALTERADA REMOLDEADA	Norma:	AASHTO T - 208
Proyecto:	TESIS SR. LEONARDO AGUILERA	Fecha:	05/02/2015
Ubicación:	L.A.-002 P4+50	Realizó:	ING. RAMIRO JIMÉNEZ

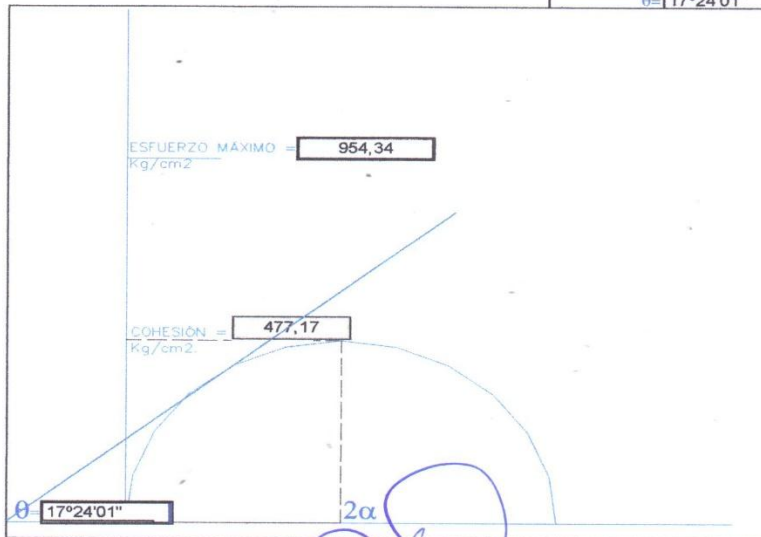
Longitud:	4,27 cm	Ancho:	3,97 cm	Area:	16,9519 cm <sup>2</sup>
Cont. Humedad:	0,25 %	quit:	954,34 Kg/cm <sup>2</sup>	Cohesión:	477,17 Kg/cm <sup>2</sup>
Espesor:	4,36 cm	Volumen Muest.:	73,91 cm <sup>3</sup>	Peso Muest.:	195,30 gr.
Densidad Humeda :		2,642 g/cm <sup>3</sup>	Densidad Seca:		2,636 g/cm <sup>3</sup>

DEFORMACIÓN UNITARIA	ESFUERZO SOBRE LA MUESTRA
0,32	61,65
0,64	167,83
1,28	274,36
1,92	380,61
2,56	480,48
3,20	616,51
3,84	735,08
4,48	856,07
5,12	905,03
5,76	949,75
6,40	954,34
7,68	954,34
8,96	954,34
10,24	954,34
11,52	954,34
12,80	954,34
14,08	954,34
15,36	954,34
16,64	954,34
17,91	954,34
19,19	954,34



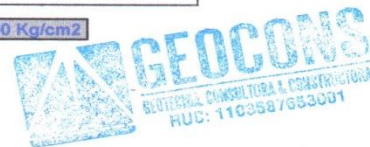
**Quit= 954,34 Kg/cm<sup>2</sup>**  
**Qadm= 318,11 Kg/cm<sup>2</sup>**

**ANGULO FRICCIÓN INTERNA 0**  
 $\theta = 17^{\circ}24'01''$



**TIPO DE ROCA: " DURA" RANGO ENTRE 550 A 1400 Kg/cm<sup>2</sup>**

**ING. RAMIRO JIMÉNEZ**  
**RESPONSABLE GEOTÉCNICO**





**"GEOCONS" LABORATORIO**

*Geotecnia - Consultora & Constructora*

Telf: 072-540907

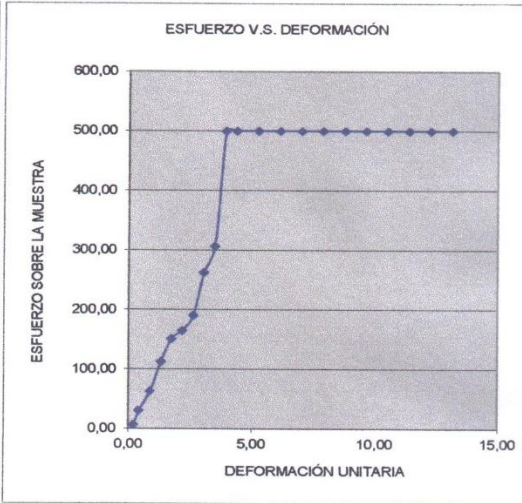
Cel: 0994974048

**ENSAYO DE COMPRESIÓN SIMPLE INCONFINADA**

<b>Muestra :</b>	INALTERADA REMOLDEADA	<b>Norma:</b>	AASHTO T - 208
<b>Proyecto:</b>	TESIS SR. LEONARDO AGUILERA	<b>Fecha:</b>	05/02/2015
<b>Ubicación:</b>	LA.-003 P6+50	<b>Realizó:</b>	ING. RAMIRO JIMÉNEZ

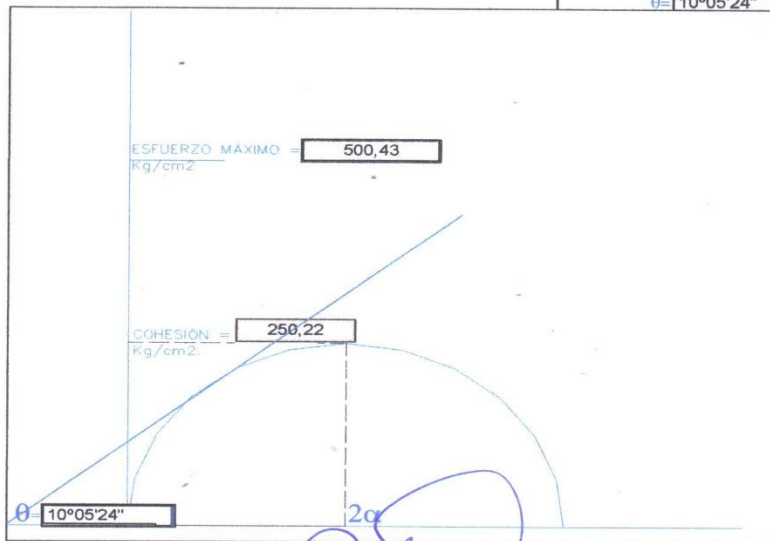
<b>Longitud:</b>	5,87 cm	<b>Ancho:</b>	5,8 cm	<b>Area:</b>	34,046 cm <sup>2</sup>
<b>Cont. Humedad:</b>	0,14 %	<b>quft:</b>	500,43 Kg/cm <sup>2</sup>	<b>Cohesión:</b>	250,216 Kg/cm <sup>2</sup>
<b>Esesor:</b>	5,80 cm	<b>Volumen Muestr.:</b>	197,47 cm <sup>3</sup>	<b>Peso Muestr.:</b>	556,00 gr.
<b>Densidad Humeda :</b>		<b>2,816 g/cm<sup>3</sup></b>	<b>Densidad Seca:</b>		<b>2,812 g/cm<sup>3</sup></b>

DEFORMACIÓN UNITARIA	ESFUERZO SOBRE LA MUESTRA
0,22	7,23
0,44	30,96
0,88	63,15
1,31	113,20
1,75	151,68
2,19	165,19
2,63	190,39
3,07	262,73
3,50	306,97
3,94	500,43
4,38	500,43
5,26	500,43
6,13	500,43
7,01	500,43
7,88	500,43
8,76	500,43
9,63	500,43
10,51	500,43
11,39	500,43
12,26	500,43
13,14	500,43



**quft=** 500,43 Kg/cm<sup>2</sup>  
**Qadm=** 166,81 Kg/cm<sup>2</sup>

**ANGULO FRICCIÓN INTERNA θ**  
 θ= 10°05'24"



**TIPO DE ROCA : "BLANDA" RANGO ENTRE 170 A 580 Kg/cm<sup>2</sup>**

ING. RAMIRO JIMÉNEZ  
 RESPONSABLE GEOTÉCNICO





**"GEOCONS" LABORATORIO**

Geotecnia - Consultora & Constructora

Tel: 072-540907

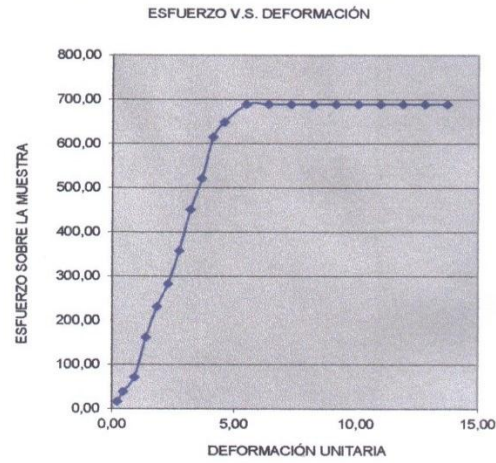
Cel: 0994974048

**ENSAYO DE COMPRESIÓN SIMPLE INCONFINADA**

Muestra :	INALTERADA REMOLDEADA	Norma:	AASHTO T - 208
Proyecto:	TESIS SR. LEONARDO AGUILERA	Fecha:	05/02/2015
Ubicación:	L.A.-004 P8+50	Realizó:	ING. RAMIRO JIMÉNEZ

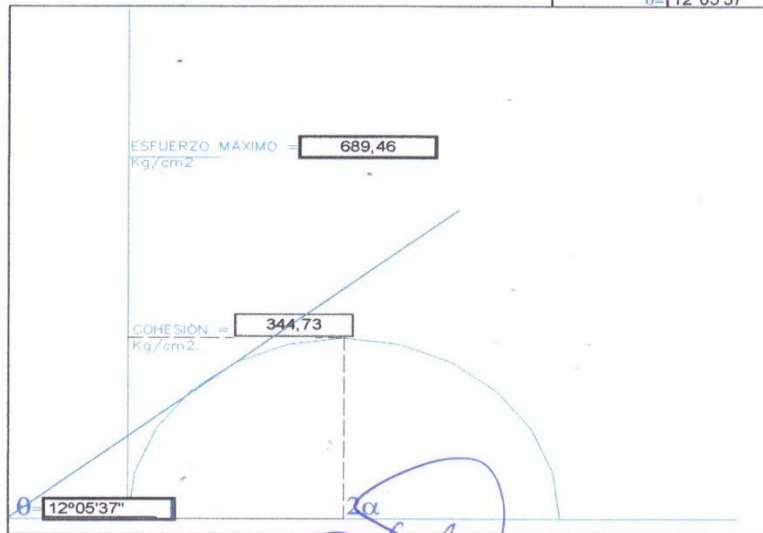
Longitud:	5,4 cm	Ancho:	5,55 cm	Area:	29,97 cm <sup>2</sup>
Cont. Humedad:	0,16 %	qult:	689,46 Kg/cm <sup>2</sup>	Cohesión:	344,732 Kg/cm <sup>2</sup>
Espesor:	5,48 cm.	Volumen Muest.:	164,24 cm <sup>3</sup>	Peso Muest.:	466,40 gr.
Densidad Humeda :	2,840 g/cm <sup>3</sup>	Densidad Seca:	2,836 g/cm <sup>3</sup>		

DEFORMACIÓN UNITARIA	ESFUERZO SOBRE LA MUESTRA
0,23	16,98
0,46	39,24
0,92	72,17
1,37	161,86
1,83	231,73
2,29	283,45
2,75	358,53
3,20	451,85
3,66	521,92
4,12	615,65
4,58	649,38
5,49	689,46
6,41	689,46
7,32	689,46
8,24	689,46
9,15	689,46
10,07	689,46
10,98	689,46
11,90	689,46
12,81	689,46
13,73	689,46



qult= 689.46 Kg/cm<sup>2</sup>  
 Qadm= 229.82 Kg/cm<sup>2</sup>

ANGULO FRICCIÓN INTERNA θ  
 θ= 12°05'37"



TIPO DE ROCA: " DURA" RANGO ENTRE 560 A 1400 Kg/cm<sup>2</sup>

ING. RAMIRO JIMÉNEZ  
 RESPONSABLE GEOTÉCNICO





**"GEOCONS" LABORATORIO**

*Geotecnia - Consultora & Constructora*

Telf: 072-540907

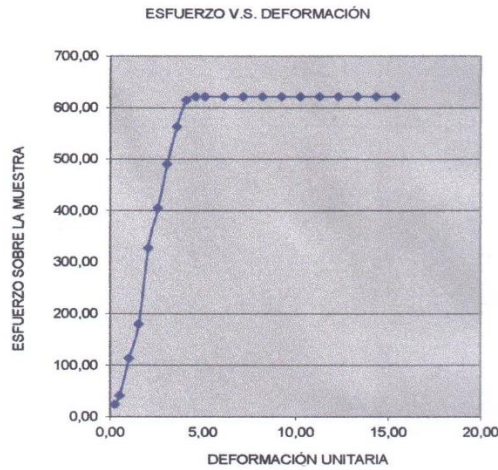
Cel: 0994974048

**ENSAYO DE COMPRESIÓN SIMPLE INCONFINADA**

<b>Muestra :</b>	INALTERADA REMOLDEADA	<b>Norma:</b>	AASHTO T - 206
<b>Proyecto:</b>	TESIS SR. LEONARDO AGUILERA	<b>Fecha:</b>	05/02/2015
<b>Ubicación:</b>	L.A.-005 P11+1000	<b>Realizó:</b>	ING. RAMIRO JIMÉNEZ

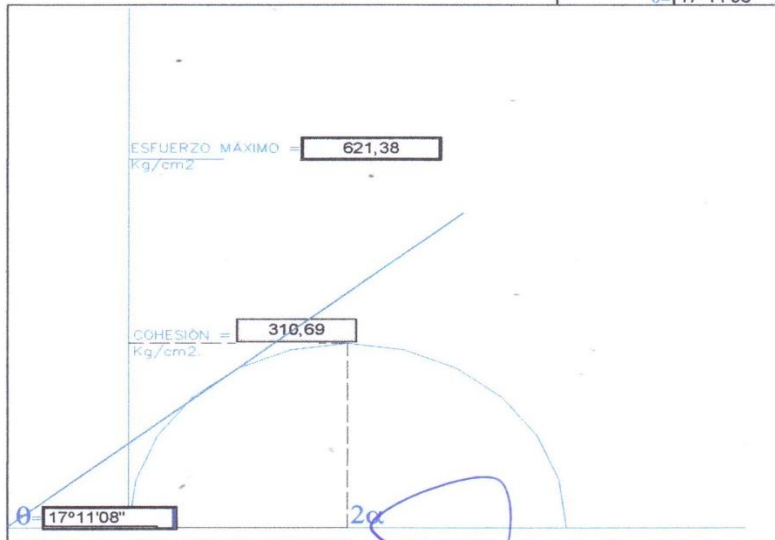
<b>Longitud:</b>	5,2 cm	<b>Ancho:</b>	4,95 cm	<b>Area:</b>	25,74 cm <sup>2</sup>
<b>Cont. Humedad:</b>	0,16 %	<b>quilt:</b>	621,38 Kg/cm <sup>2</sup>	<b>Cohesión:</b>	310,691 Kg/cm <sup>2</sup>
<b>Espesor:</b>	5,05 cm.	<b>Volumen Muestr.:</b>	129,99 cm <sup>3</sup>	<b>Peso Muestr.:</b>	353,90 gr.
<b>Densidad Humeda :</b>		<b>2,723 g/cm<sup>3</sup></b>	<b>Densidad Seca:</b>		<b>2,719 g/cm<sup>3</sup></b>

DEFORMACIÓN UNITARIA	ESFUERZO SOBRE LA MUESTRA
0,26	24,36
0,51	41,80
1,03	114,41
1,54	180,69
2,05	328,36
2,57	406,02
3,08	491,26
3,59	563,79
4,11	615,58
4,62	621,38
5,13	621,38
6,16	621,38
7,18	621,38
8,21	621,38
9,24	621,38
10,26	621,38
11,29	621,38
12,32	621,38
13,34	621,38
14,37	621,38
15,39	621,38



**Quit= 621,38 Kg/cm<sup>2</sup>**  
**Qadm= 207,13 Kg/cm<sup>2</sup>**

**ANGULO FRICCIÓN INTERNA  $\theta$**   
 $\theta = 17^{\circ}11'08''$



**TIPO DE ROCA : " DURA" RANGO ENTRE 560 A 1400 Kg/cm<sup>2</sup>**

ING. RAMIRO JIMÉNEZ  
 RESPONSABLE GEOTÉCNICO





**"GEOCONS" LABORATORIO**

Geotecnia - Consultora & Constructora

Tel: 072-540907

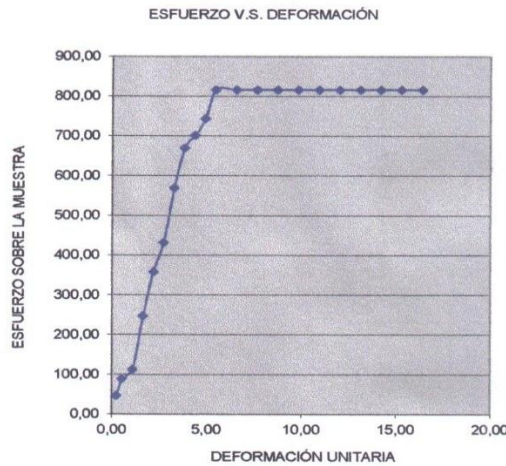
Cel: 0994974048

**ENSAYO DE COMPRESIÓN SIMPLE INCONFINADA**

Muestra :	INALTERADA REMOLDEADA	Norma:	AASHTO T - 208
Proyecto:	TESIS SR. LEONARDO AGUILERA	Fecha:	05/02/2015
Ubicación:	L.A.-007 P15+1300	Realizó:	ING. RAMIRO JIMÉNEZ

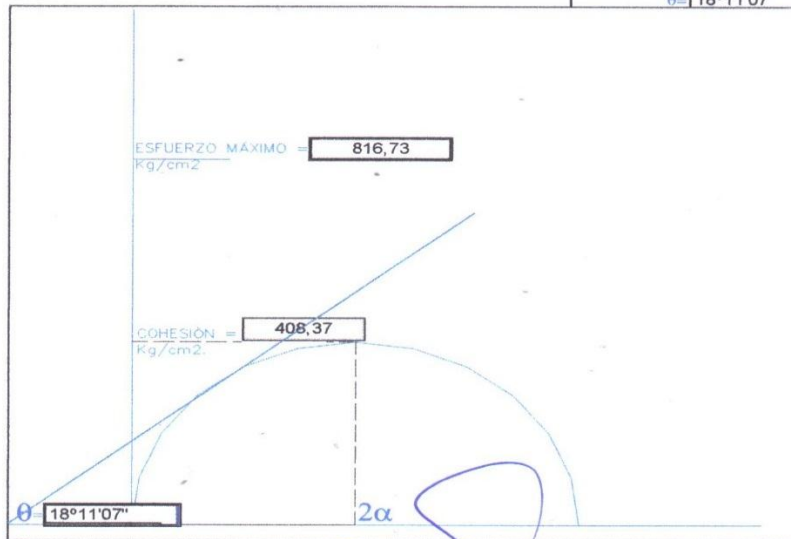
Longitud:	4,7 cm	Ancho:	4,65 cm	Area:	21,855 cm <sup>2</sup>
Cont. Humedad:	0,16 %	qu <sub>it</sub> :	816,73 Kg/cm <sup>2</sup>	Cohesión:	408,366 Kg/cm <sup>2</sup>
Espesor:	4,80 cm	Volumen Mue <sub>st</sub> .:	104,90 cm <sup>3</sup>	Peso Mue <sub>st</sub> .:	283,50 gr.
Densidad Humeda :	2,702 g/cm <sup>3</sup>		Densidad Seca:	2,698 g/cm <sup>3</sup>	

DEFORMACIÓN UNITARIA	ESFUERZO SOBRE LA MUESTRA
0,27	47,82
0,55	89,13
1,09	113,70
1,64	248,04
2,19	358,96
2,73	432,49
3,28	569,71
3,82	670,42
4,37	701,99
4,92	743,95
5,46	816,73
6,56	816,73
7,65	816,73
8,74	816,73
9,83	816,73
10,93	816,73
12,02	816,73
13,11	816,73
14,20	816,73
15,30	816,73
16,39	816,73



qu<sub>it</sub> = 816,73 Kg/cm<sup>2</sup>  
 Qadm = 272,24 Kg/cm<sup>2</sup>

ANGULO FRICCIÓN INTERNA  $\theta$   
 $\theta = 18^{\circ}11'07''$



TIPO DE ROCA: "DURA" RANGO ENTRE 560 A 1400 Kg/cm<sup>2</sup>

ING. RAMIRO JIMÉNEZ  
 RESPONSABLE GEOTÉCNICO







**"GEOCONS" LABORATORIO**

Telf: 072-540907

Cel: 0994974048

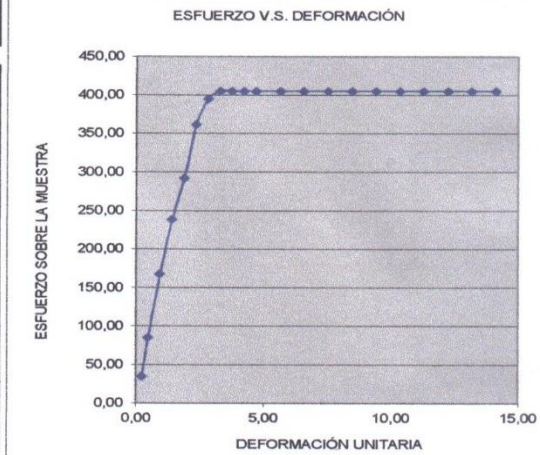
Geotecnia - Consultora & Constructora

**ENSAYO DE COMPRESIÓN SIMPLE INCONFINADA**

Muestra :	INALTERADA REMOLDEADA	Norma:	AASHTO T - 208
Proyecto:	TESIS SR. LEONARDO AGUILERA	Fecha:	05/02/2015
Ubicación:	L.A.-008 P17+5000	Realizó:	ING. RAMIRO JIMÉNEZ

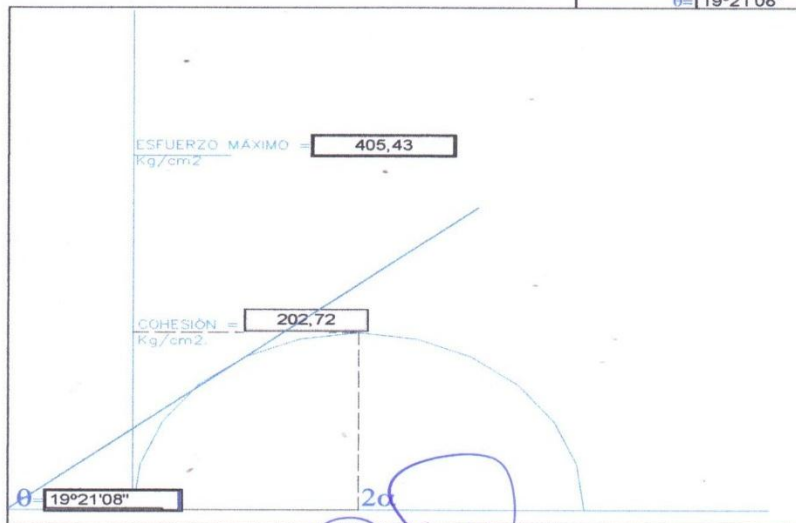
Longitud:	5,35 cm	Ancho:	5,4 cm	Area:	28,89 cm <sup>2</sup>
Cont. Humedad:	0,14 %	qult:	405,43 Kg/cm <sup>2</sup>	Cohesión:	202,716 Kg/cm <sup>2</sup>
Espesor:	5,50 cm	Volumen Muest.:	158,90 cm <sup>3</sup>	Peso Muest.:	452,80 gr.
Densidad Humeda :		2,860 g/cm <sup>3</sup>	Densidad Seca:		2,846 g/cm <sup>3</sup>

DEFORMACIÓN UNITARIA	ESFUERZO SOBRE LA MUESTRA
0,24	35,10
0,47	85,22
0,94	167,71
1,41	238,63
1,88	292,52
2,35	361,75
2,82	395,12
3,29	405,43
3,76	405,43
4,23	405,43
4,70	405,43
5,64	405,43
6,59	405,43
7,53	405,43
8,47	405,43
9,41	405,43
10,35	405,43
11,29	405,43
12,23	405,43
13,17	405,43
14,11	405,43



Qult= 405,43 Kg/cm<sup>2</sup>  
Qadm= 135,14 Kg/cm<sup>2</sup>

ANGULO FRICCIÓN INTERNA  $\theta$   
 $\theta = 19^{\circ}21'08''$



TIPO DE ROCA : "BLANDA" RANGO ENTRE 170 A 580 Kg/cm<sup>2</sup>

ING. RAMIRO JIMÉNEZ  
RESPONSABLE GEOTÉCNICO



**Lic. MARÍA AUGUSTA REYES VÉLEZ MG.SC.** DOCENTE DE LA CARRERA DE IDIOMA INGLÉS DEL ÁREA DE EDUCACIÓN EL ARTE Y LA COMUNICACIÓN DE LA UNIVERSIDAD NACIONAL DE LOJA

CERTIFICO:

Que he realizado la traducción del resumen de la tesis intitulada **“ESTUDIO GEOLÓGICO ESTRUCTURAL DEL SOCAVÓN DE 1500.00 METROS DE LA MINA GOLDEN MINERA COMUNITARIA HUERTAS DEL ÁREA MINERA CEBRAL, CÓDIGO 300267 PARROQUIA HUERTAS, CANTÓN ZARUMA PROVINCIA DE EL ORO”**. De autoría del señor Leonadrdo Erix Aguilar Aguilar.

Certifico en honor a la verdad, y autorizo al interesado hacer uso del presente en lo que estime conveniente.

Loja, 24 de julio de 2015

  
**Lic. María Augusta Reyes Vélez Mg.Sc.**  
**DOCENTE**