



UNIVERSIDAD DE GUAYAQUIL
FACULTAD DE CIENCIAS NATURALES
CARRERA DE INGENIERÍA GEOLÓGICA

TESIS DE GRADO PRESENTADO COMO REQUISITO PARA LA
OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE
INGENIERO GEÓLOGO

TEMA:

“DETERMINACIÓN DE LAS ASOCIACIONES MINERALES CON
CONTENIDO DE ORO EN LA VETA HIDROTHERMAL DEL DISTRITO
MINERO ZARUMA-PORTOVELO”

AUTOR:

JORGE ANTONIO TUTIVÉN GÁLVEZ

DIRECTOR DE TESIS:

ING. VÍCTOR NARVÁEZ BAQUERIZO, M.Sc.

GUAYAQUIL-ECUADOR

2017



UNIVERSIDAD DE GUAYAQUIL
FACULTAD DE CIENCIAS NATURALES
CARRERA DE INGENIERÍA GEOLÓGICA

TESIS DE GRADO PRESENTADO COMO REQUISITO PARA LA
OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE
INGENIERO GEÓLOGO

TEMA:

“DETERMINACIÓN DE LAS ASOCIACIONES MINERALES CON
CONTENIDO DE ORO EN LA VETA HIDROTERMAL DEL DISTRITO
MINERO ZARUMA-PORTOVELO”

AUTOR:

JORGE ANTONIO TUTIVÉN GÁLVEZ

DIRECTOR DE TESIS:

ING. VÍCTOR NARVÁEZ BAQUERIZO, M.Sc.

GUAYAQUIL-ECUADOR

2017

©DERECHO DE AUTOR

© Derecho de autor

Según la ley de propiedad intelectual, Art. 5: “El derecho de autor nace y se protege por el solo hecho de la creación de la obra, independientemente de su mérito, destino o modo de expresión... El reconocimiento de los derechos de autor y de los derechos conexos no está sometido a registro, depósito, ni al cumplimiento de formalidad alguna.”.

JORGE ANTONIO TUTIVÉN GÁLVEZ

2017



**UNIVERSIDAD DE GUAYAQUIL
FACULTAD DE CIENCIAS NATURALES
CARRERA DE INGENIERÍA GEOLÓGICA**

CERTIFICACIÓN

En calidad de Tutor de esta Tesis Certifico que el presente trabajo ha sido elaborado por el señor Jorge Antonio Tutivén Gálvez, por lo que autorizo su presentación.

.....
**ING. VÍCTOR NARVÁEZ BAQUERIZO, M.Sc.
DIRECTOR DE TESIS**



UNIVERSIDAD DE GUAYAQUIL
FACULTAD DE CIENCIAS NATURALES
CARRERA DE INGENIERÍA GEOLÓGICA

CALIFICACIÓN QUE OTORGA EL TRIBUNAL QUE RECIBE LA SUSTENTACIÓN Y DEFENSA DEL TRABAJO INDIVIDUAL DE TITULACIÓN: TESIS DENOMINADA: “**DETERMINACIÓN DE LAS ASOCIACIONES MINERALES CON CONTENIDO DE ORO EN LA VETA HIDROTERMAL DEL DISTRITO MINERO ZARUMA-PORTOVELO**”

Autor: **JORGE ANTONIO TUTIVÉN GÁLVEZ**

Previo a obtener el Título de: **INGENIERO GEÓLOGO**

MIEMBROS DEL TRIBUNAL

CALIFICACIÓN (Número y Letras)

Ing. Glgo. Galo Salcedo Maridueña, Ph.D.
PRESIDENTE DEL TRIBUNAL

Ing. Glgo. Jorge Alonso Díaz, M.Sc.
MIEMBRO DEL TRIBUNAL

Ing. Glgo. Alfredo Noboa Cárdenas
MIEMBRO DEL TRIBUNAL

SUSTENTACIÓN Y DEFENSA DEL TRABAJO INDIVIDUAL DE TITULACIÓN REALIZADA EN LA SALA DE SESIONES DE LA FACULTAD, EL DÍA.....LO CERTIFICO.

Abg. Jorge Solórzano Cabezas
SECRETARIO DE LA FACULTAD

DEDICATORIA

A Dios por guiar mis pasos especialmente en los momentos difíciles.

A mis padres Antonio Tutivén y Vilma Gálvez que siempre han sido mi pilar y ejemplo, y me han dado la fuerza, constancia y perseverancia para superarme.

A mis hermanos Sharon Tutivén y David Tutivén de los cuales he aprendido mucho y me esfuerzo cada día para que estén orgullosos de mí.

A mis 2 ñaños que están en el cielo los cuales siempre estarán conmigo.

AGRADECIMIENTO

A Dios por haberme dado la fuerza, paciencia e inteligencia para llevar adelante este trabajo.

A mis padres de los cuales recibí todo su apoyo durante mi vida.

A todos mis profesores que contribuyeron a su manera en formarme como profesional especialmente a la Ing. Tania Guevara MSc., Ing. Roque Maldonado MSc., e Ing. Mario Falquez por sus sabios consejos y enseñanzas.

A los Ing. Victor Narvaez MSc., Ing. Jorge Alonzo MSc., Ing. Alfredo Noboa por haberme ayudado en la realización de este trabajo.

A Lucho Martinez, Pamela Minchala, Ximena Nativí, Ivan Solorzano y Beto Macas por ser grandes amigos y compañeros.

RESUMEN

La presente tesis trata sobre la identificación de la o las asociaciones minerales con mayor contenido de oro presentes en la veta denominada Calderona. El trabajo se llevó a cabo en la ciudad de Zaruma, provincia de El Oro, en la mina Amistad, área minera Amistad. La metodología utilizada se dividió en 2 partes, la primera comprendió el levantamiento topográfico, seguido de recolección de muestras de punto para su posterior descripción macroscópica y análisis en laboratorio, la segunda parte consistió en realizar los mapas de concentración de oro y plata, además de mineralógicos utilizando como software para la representación el AutoCAD.

Se concluyó que la mayor concentración de oro en la veta Calderona en la mina Amistad está relacionada con las zonas oxidadas, a partir de la alteración de los minerales primarios y su lixiviación, y la asociación mineral con mayor contenido de oro es Cuarzo-Goethita-Jarosita, además que en los sectores donde la veta presenta gran potencia los valores de oro aumentan.

Palabras claves: Alteración, asociaciones minerales, enriquecimiento secundario, minerales primarios.

ABSTRACT

The present thesis deals with the identification of the mineral association (s) with the highest gold content present in the Calderona vein. The work was carried out in the city of Zaruma, El Oro province, in the Amistad mine, Amistad mining area. The methodology used was divided into 2 parts, the first comprised the topographic survey of the mine, followed by the collection of point samples for later macroscopic description and analysis in the laboratory, the second part consisted of the gold concentration maps and silver, in addition to mineralogical software using AutoCAD.

It was concluded that the highest concentration of gold in the Calderona vein in the Amistad mine is related to the oxidized zones, due to the alteration of the primary minerals and their leaching, and the mineral association with the highest gold content is Quartz- Goethite-Jarosite, in addition that in the sectors where the vein has great power gold values increase.

Keywords: alteration, mineral association, primary minerals, secondary enrichment stage.

INDICE

CERTIFICACIÓN.....	iii
AGRADECIMIENTO.....	vi
CAPITULO 1.....	1
1.1 INTRODUCCIÓN.....	1
1.2 ANTECEDENTES	2
1.3 JUSTIFICATIVOS.....	3
1.4 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	4
1.5 HIPÓTESIS	5
1.6 OBJETIVOS	6
1.6.1 Objetivo general.....	6
1.6.2 Objetivos específicos	6
1.7 ÁREA DE ESTUDIO	6
1.8 UBICACIÓN Y VÍAS DE ACCESO.....	8
1.9 OROGRAFÍA, HIDROGRAFÍA E HIDROGEOLOGIA.....	9
1.9.1 Orografía	9
1.9.2 Hidrografía	9
1.9.3 Hidrogeología	10
1.10 USOS DE SUELO, POBLACIÓN Y SUS ACTIVIDADES	11
1.11 CLIMA Y VEGETACIÓN	12
CAPITULO 2.....	13
2.1 GEOLOGÍA REGIONAL.....	13
2.2 GEOLOGÍA LOCAL	15
2.2.1 Paleozoico.....	16
2.2.2 Terciario.....	16

2.3 GEOLOGIA ESTRUCTURAL	18
.....	19
2.4 TIPO DE YACIMIENTO	20
2.5 GÉNESIS DEL YACIMIENTO	20
2.6 TIPO DE MINERALIZACIÓN.....	22
2.7 TIPOS DE ALTERACIONES	23
2.7.1 Alteración veta Calderona	23
CAPITULO 3.....	25
3.1 METODOLOGIA	25
3.1.1 Metodología de las observaciones macroscópicas.....	26
3.1.2 Metodología de trabajo de gabinete	28
3.2 MATERIALES	29
CAPITULO 4.....	30
4.1 RESULTADOS.....	30
4.1.1 Textura, estructura y asociaciones minerales presentes en la veta Calderona.	33
4.1.2 Asociaciones minerales presentes en los diferentes niveles en la Mina Amistad.	34
Tabla 11: Asociaciones minerales en los diferentes niveles de la Mina Amistad	34
CAPITULO 5.....	38
5.1 DISCUSIONES	42
CONCLUSIONES	45
RECOMENDACIONES	46
BIBLIOGRAFÍA.....	47
ANEXOS.....	49
1. Fotos	50

3.	Formato de mapeo	56
4.	Análisis de laboratorio.....	57
5.	Mapas	59

INDICE DE ILUSTRACIONES

Ilustración 1: Esquema de sistema hidrogeológico en la zona de Zaruma y Portovelo.....	10
Ilustración 2: Geología estructural correspondiente al yacimiento Zaruma-Portovelo	19

INDICE DE MAPAS

Mapa 1: Mapa de ubicación zona de estudio.....	7
Mapa 2: Mapa geología regional	13
Mapa 3: Geología local	15
Mapa 4. Proyección al plano vertical mapa de concentración de oro.....	37
Mapa 5. Proyección al plano vertical mapa de contenido de plata.....	38
Mapa 6. Proyección al plano vertical mapa de concentración de goethita.....	39
Mapa 7. Proyección al plano vertical mapa de concentración de OFe	40
Mapa 8. Proyección al plano vertical mapa de contenido de pirita.....	41
Mapa 9. Mapa geológico Mina Amistad	59

INDICE DE FOTOS

Foto 1: Alteración argílica de veta Calderona	24
Foto 2: Topografía Mina Amistad.	26
Foto 3: Toma de muestras.....	27
Foto 4: Empaquetamiento de muestra.	27
Foto 5: Descripción de muestra.....	28
Foto 6: Potencia de veta, muestra código NS0150030	43
Foto 7: Zona brechada, muestra código C1860030.....	43
Foto 8: Zona oxidada 1, procedente del nivel superior (NS)	50
Foto 9: Zona oxidada 2, procedente del nivel superior (NS)	50
Foto 10: Zona oxidada 3, procedente del nivel superior (NS)	51
Foto 11: Zona oxidada 4, procedente del nivel superior (NS)	51
Foto 12: Topografía del Pozo P.....	52
Foto 13: Zona inundada Pozo P	52
Foto 14: Muestra código A1650050.....	53
Foto 15:Muestra código A1550030	53
Foto 16: Descripción de muestra código A1450010	54
Foto 17: Descripción de muestra código A1850090	54
Foto 18: Descripción de muestra código NS0050010	55
Foto 19: Descripción de muestra código NS0150030	55

INDICE DE TABLAS

Tabla 1. Indicadores climáticos medios.....	12
Tabla 2: Materiales de campo.	29
Tabla 3: Software	29
Tabla 4: Resultados	30
Tabla 5: Códigos de descripciones	31
Tabla 6: Rangos de contenido de oro	31
Tabla 7: Rangos de contenido de plata.....	31
Tabla 8: Contenido de goethita	32
Tabla 9: Contenido de óxidos de Fe.....	32
Tabla 10: Contenido de pirita	32
Tabla 11: Asociaciones minerales en los diferentes niveles de la Mina Amistad ..	34

CAPITULO 1

1.1 INTRODUCCIÓN

El presente trabajo determina la o las asociaciones minerales (primarias y secundarias) más ricas en oro en la veta Calderona, la cual pertenece al sistema filoniano de Portovelo- Zaruma, en el Distrito Minero Portovelo, el cual se realizó en el área minera Amistad, puntualmente en la Mina Amistad, localizada aproximadamente a 2 km del centro de la ciudad de Zaruma, provincia de El Oro.

Dentro del área, en el pasado, la veta Calderona se explotó mediante trabajos de tipo artesanal, en la actualidad las labores mineras son consideradas como pequeña minería.

La galería principal mide aproximadamente 400m, de la cual se desprenden una serie de rebajes y pozos.

En lo concerniente a métodos utilizados, la actividad se inició con el levantamiento topográfico del túnel mediante el empleo de estación total en la galería principal y en los diferentes subniveles, posteriormente se realizó el levantamiento geológico y la identificación macroscópica de los minerales presentes en la veta. La toma de muestras en los diferentes subniveles y su posterior análisis de laboratorio mediante el método de ensayo al fuego y lectura de absorción atómica permitió realizar los mapas de concentración de oro.

1.2 ANTECEDENTES

La mina “Amistad” tuvo sus inicios en el año 1980, mediante la creación de la sociedad minera San Antonio. Esta mina se inició con una galería principal de aproximadamente 300 m en dirección N-E, la cual cortó la veta Calderona, sin embargo, no se realizaron trabajos de explotación al no contar con valores altos de concentración de oro. Además, presumiblemente se cree que el trabajo estaba dirigido principalmente a cortar la veta Sexmo, la cual era conocida por presentar los denominados “**clavos de oro**” y tener una gran potencia. Al llegar a la veta Sexmo se realizó una serie de trabajos rudimentarios, los cuales fueron abandonados presumiblemente por encontrarse material con baja ley.

La sociedad minera San Antonio tuvo su final en el año de 1983, por lo que las labores fueron abandonadas.

En el año 2004, se reactivaron las operaciones de la mina, al ser concesionada una nueva área minera en este sector.

Los trabajos mineros en la veta Calderona se han desarrollado de una manera antitécnica hasta la actualidad, debido a esto, cuenta con muy poca información disponible para el presente trabajo y, por ende, la mina Amistad tiene un potencial aurífero aún desconocido, debido a la falta de exploración y estudios de estimación de reservas en la veta explotada actualmente y en las estructuras mineralizadas descubiertas por medio de cruceros.

1.3 JUSTIFICATIVOS

La Mina Amistad como ya se mencionó anteriormente, ha sido explotada de una manera antitécnica, por lo que se cuenta con muy poca información. Con el presente trabajo se obtuvo una serie de datos, lo cual permitió elaborar informes técnicos como el mapeo de galerías, mapas de concentración de oro y tener una descripción macroscópica de la veta Calderona. Esto permitirá tener información de apoyo para futuros trabajos a realizarse en dicha veta en la Mina Amistad u otros trabajos de sectores aledaños, donde pudiera estar presente el cuerpo mineral. La información obtenida también servirá de ayuda para realizar un futuro cálculo de reservas del bloque T que permitirá implementar una explotación técnica, evitando que se produzca el desecho de material con baja ley de oro, como sucede en la actualidad, donde se procesa únicamente material con altas concentraciones de oro.

1.4 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

Aprovechar los recursos de tipo mineral ha sido desde tiempos históricos la principal forma de sustento y mejoramiento de las condiciones de vida de las comunidades que han sido favorecidas con la riqueza existente en su entorno, producto de procesos naturales, y descubierta, en algunos casos, de manera fortuita, lo cual ha provocado actividades de explotación, tratamiento y beneficio de estos recursos sin cumplir parámetros técnicos.

Producto de las operaciones mineras llevadas a cabo sin control y sin contar con una planificación técnica y parámetros de seguridad, en el cantón Zaruma y Portovelo se pueden encontrar varias galerías de explotación en las que se reconoce la baja capacidad de inversión y las rústicas técnicas utilizadas, lo cual conlleva una serie de riesgos para la seguridad de las personas que trabajan en esas labores, así como de los habitantes ajenos a esta actividad, como se ha evidenciado en estos últimos años principalmente en el centro histórico del cantón Zaruma.

Cabe mencionar que la tendencia mundial marca en la actualidad un repunte en lo que concierne a la demanda y valorización de metales, lo cual hace atractiva la inversión en esta industria.

La empresa minera Amistad, en la actualidad planifica la explotación de un bloque denominado T, en lo que corresponde a la planificación de trabajos a mayor profundidad en la veta Calderona.

Este trabajo de explotación debe ser llevado a cabo de una manera técnica que permita contar con seguridad y eficiencia.

En base a lo expuesto se plantea la interrogante pertinente al presente trabajo de investigación, la cual nos dé una idea más clara de:

¿Cuáles son las asociaciones minerales más ricas en oro de la mina Amistad?

1.5 HIPÓTESIS

Las mineralizaciones de las vetas del yacimiento varían en extensión y en profundidad. En la zona del estudio la mineralización primaria está representada por cuarzo con abundante pirita y menor cantidad de calcopirita.

Se piensa que el ascenso del oro se dio conjuntamente con los sulfuros, siendo su principal medio de transporte en las soluciones mineralizantes la pirita y calcopirita; esto lo prueba el hecho de que en la región el aumento o disminución de cobre está íntimamente relacionado con el contenido de oro (A. Paladines & Soto, 2010). En la zona de oxidación los metales al haber sido alterados pasan de sulfuros a óxidos, presentando depósitos terrosos de color rojizo y negruzco, donde es común encontrar hojillas de oro (A. Paladines & Soto, 2010). Se cree que la mineralización con mayor concentración de oro en la veta Calderona está relacionada con la parte más baja de esta última zona.

Algo que se tendrá que tener muy en cuenta, será la potencia de la veta, ya que en las zonas de bonanza alcanza entre 300 y 400 cm (A. Paladines & Rosero, 1996)

1.6 OBJETIVOS

1.6.1 Objetivo general

Determinar la o las asociaciones minerales (primarias y secundarias) con mayor concentración de oro (Au) presentes en la Veta Calderona, en el área minera Amistad.

1.6.2 Objetivos específicos

- a) Realizar levantamiento topográfico de la Mina Amistad.
- b) Realizar un muestreo detallado en la Veta Calderona.
- c) Realizar análisis químicos a las muestras tomadas.
- d) Descripción macroscópica de muestras tomadas en la mina.
- e) Realizar el mapa de concentración de oro.
- f) Realizar mapas de mineralización.

1.7 ÁREA DE ESTUDIO

El área minera Amistad adjudicada a la empresa minera Amistad se encuentra ubicada al Norte del distrito, en el extremo sur occidental del Ecuador, políticamente pertenece al cantón Zaruma, provincia de El Oro.

Coordenadas UTM del área Amistad.

Las coordenadas UTM de la Bocamina son las siguientes:

X: 654328.135
Y: 9592715.149
Msnm: 1305.011

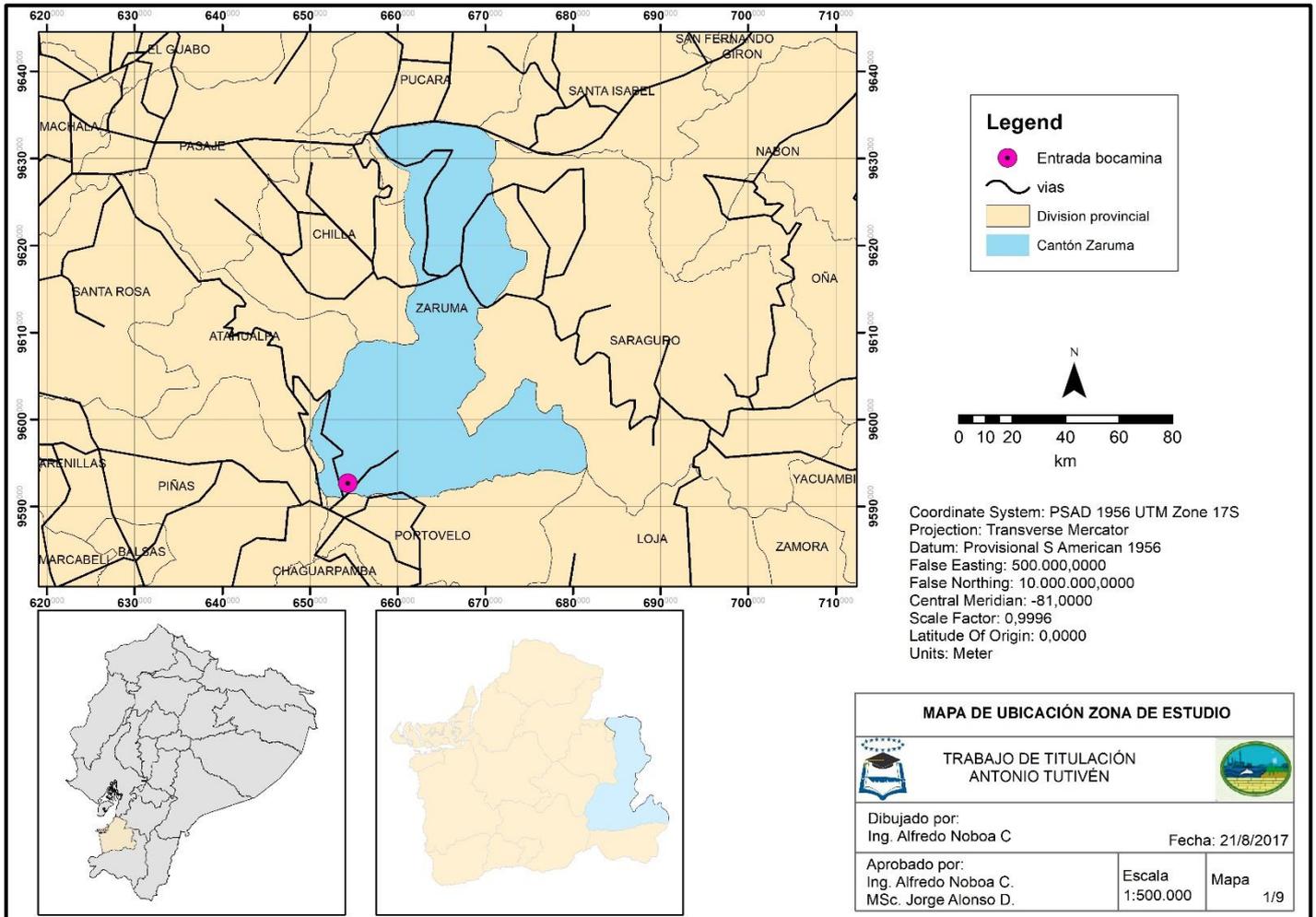
Los puntos que limitan el área minera son los siguientes:

P1
X: 654390,00
Y: 9592785,00

P3
X: 654490,00
Y: 9592585,00

P2
X: 654490,00
Y: 95927585,00

P4
X: 654390,00
Y: 9592585,00



Mapa 1: Mapa de ubicación zona de estudio

Fuente: Autor

1.8 UBICACIÓN Y VÍAS DE ACCESO

Al área donde se desarrolla el proyecto, se puede acceder de las siguientes formas:

Desde la capital del Ecuador, Quito, se cuenta con la opción de desplazarse mediante transporte terrestre hasta la ciudad de Machala utilizando las vías principales de primer orden, que siguen la ruta Quito-Santo Domingo-Guayaquil-Machala; o Quito-Latacunga-Riobamba-Machala, una vez en Machala, se toma la vía de primer orden que comprende la ruta Machala-Piñas-Zaruma, esta toma el nombre de Alonso de Mercadillo al llegar a Zaruma en honor a su fundador (Zavala, 2014). Una vez en la ciudad se deben transitar las vías urbanas hasta el sector Norte donde se encuentra la mina Amistad. Existe otra vía de acceso desde el Sur del país, tomando la vía Loja-Portovelo-Zaruma, para arribar al sitio del proyecto. También existe la posibilidad de trasladarse de manera aérea hasta la ciudad de Santa Rosa desde diferentes aeropuertos del país, seguidamente se debe tomar la ruta Santa Rosa-Piñas-Zaruma.

1.9 OROGRAFÍA, HIDROGRAFÍA E HIDROGEOLOGIA

1.9.1 Orografía

Zaruma se asienta sobre una zona montañosa perteneciente a la Cordillera de Viscaya, la cual a su vez es un ramal de la Cordillera de los Andes. El drenaje está dominado por el fracturamiento tectónico. Los depósitos de pie de monte que corresponden principalmente a conos de deyección indican generalmente pendientes menores que 40%. Las pendientes son localmente disectadas y convexas.

Sobre las rocas cristalinas se aprecian relieves heterogéneos, muy disectados, de moderados a fuertes. Las vertientes son abruptas y rectilíneas. Las pendientes comprenden un rango del 40-70%.

Gran parte de Portovelo se asienta sobre los únicos terrenos planos presentes en el sector, formados por terrazas aluviales depositadas a orillas del Río Amarillo, donde se presentan como elementos alargados. Los bordes pertenecientes a estas terrazas son susceptibles a inundaciones durante la época lluviosa.

1.9.2 Hidrografía

El área presenta un sistema hidrográfico en el sector Occidental y como límite del cantón al Río Calera, el cual está formado por sus tributarios los cuales son: Río Salado, y las quebradas Zaruma Urcu, Santa Bárbara, y Cascajo, entre otras de menor importancia. En la zona Oriente se localizan los Ríos Ortega y Salvias, los cuales son tributarios conformantes del Río Amarillo, las principales quebradas que

aportan al sistema son: Quebrada Las Chontas, Quebrada Honda, Sinsao, De La Máquina, Loma Larga, entre otras (Zavala, 2014).

1.9.3 Hidrogeología

La zona saturada está subordinada a las grietas que actúan como conductos en el seno del macizo rocoso, por lo que se trata de un acuífero de tipo fisura-libre-exterior. Hablando en términos generales, el nivel freático se encuentra a 5.0m de la superficie. Los socavones ubicados en cotas menores actúan como galerías de desfogue por lo que el nivel freático se vuelve también más bajo al descender el agua por dichas galerías.

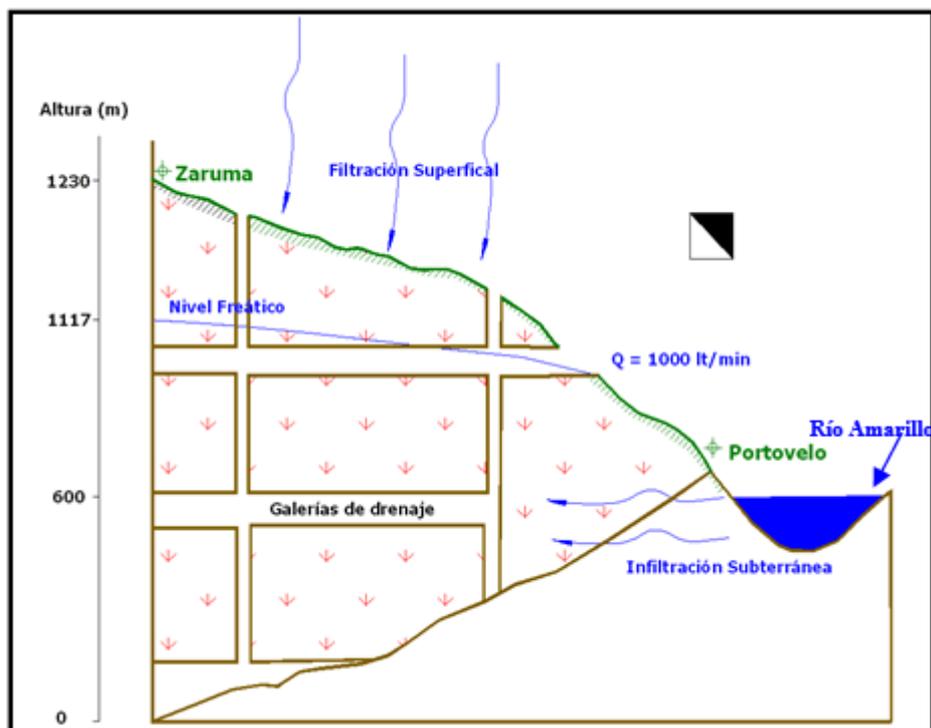


Ilustración 1: Esquema de sistema hidrogeológico en la zona de Zaruma y Portovelo.
Fuente: Autor

1.10 USOS DE SUELO, POBLACIÓN Y SUS ACTIVIDADES

En el área urbana, la cabecera cantonal se divide en 9 barrios, el uso de tipo residencial es el primario en todos estos, y el comercial se localiza principalmente en el Centro Histórico.

A nivel de cantón, el 66.34% del territorio se utiliza para actividades agropecuarias, el 33.32% es zona de conservación, el 0.14% corresponde a edificaciones y el 0.20 % responde a infraestructura vial (S. Paladines, 2012).

El uso de suelo en lo que se refiere a zona urbana de Zaruma está dominado por uso residencial, residencial/comercial, y producción; se da un desarrollo antrópico, por lo que en el centro de la ciudad se concentra la actividad bancaria, comercial y turística. En lo concierne al uso de espacio productivo, principalmente se concentra la explotación minera de tipo aurífero. Esta actividad subterránea se localiza en parte en el perímetro urbano de la ciudad. Además, los espacios productivos industriales se encuentran en el acceso a la ciudad de Portovelo (S. Paladines, 2012).

El área de expansión urbana se encuentra en la zona oeste de Zaruma, caracterizada por una baja densidad. Se constituye por los barrios Lay, Cuatro Caminos, Limoncito, El Faique y La Florida. Su superficie ha aumentado aproximadamente en un 130% en los últimos 10 años. El crecimiento de la ciudad se orienta principalmente hacia el sector de Portovelo y Ramírez Pamba (S. Paladines, 2012).

1.11 CLIMA Y VEGETACIÓN

El clima es subtropical o templado con dos estaciones bien definidas: una estación húmeda, con precipitaciones fuertes, acentuada en las partes altas entre los meses de diciembre a abril, y una estación seca que va de mayo a noviembre. La temperatura anual oscila entre 16-24 °C. LA precipitación anual es de 1582 mm/año, con una humedad relativa de 83% y una evaporación de 738 mm/año (Crespo, 2007) .

Tabla 1. Indicadores climáticos medios.

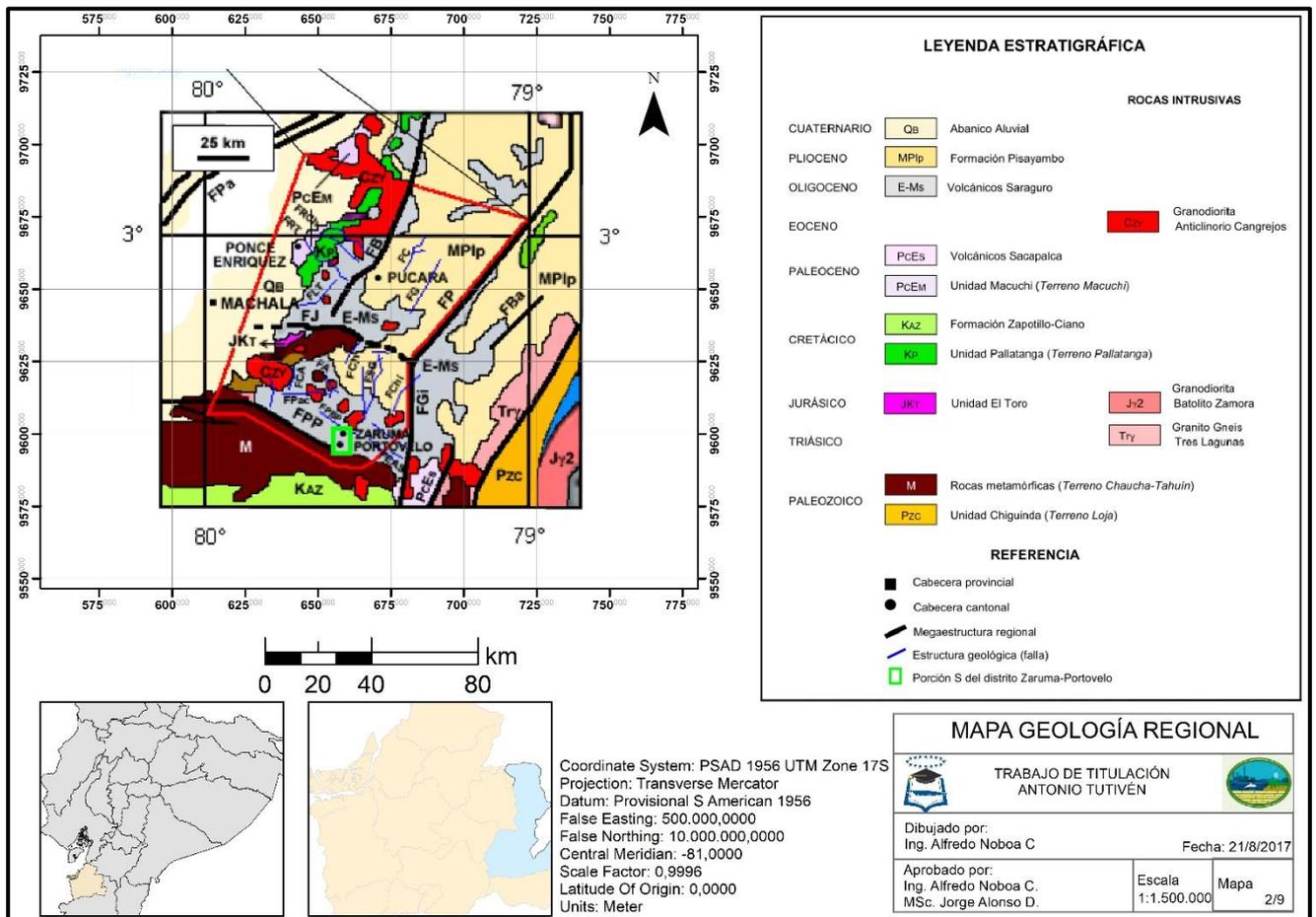
Precipitación total anual	1229 mm
Precipitación media mensual	102 mm
Evaporación media mensual	62 mm
Humedad relativa	84 %
Nubosidad	6/8
Temperatura ambiental media mensual	21.8 °C

Fuente: Plan de desarrollo Estratégico-Municipalidad de Zaruma 2004.

La vegetación es propia de un clima tropical, con la presencia de árboles como higueras, balsas, saca, chontilla, guarumo, mango, naranja, limón, y una variedad de arbustos, matorrales y hierbas (Crespo, 2007). La mayor parte del área está cubierta de pastizales.

CAPITULO 2

2.1 GEOLOGÍA REGIONAL



Mapa 2: Mapa geología regional
Fuente: (PRODEMINCA, 2000)

La faja de mineralización Zaruma-Portovelo se encuentra en el área SO de los Andes Ecuatorianos, al S de la Cordillera Occidental.

Limita al Norte con el Campo Mineral Molleturo, al Sur con la falla Piñas-Portovelo, al Este con la megaestructura regional Peltelec, cuya prolongación en

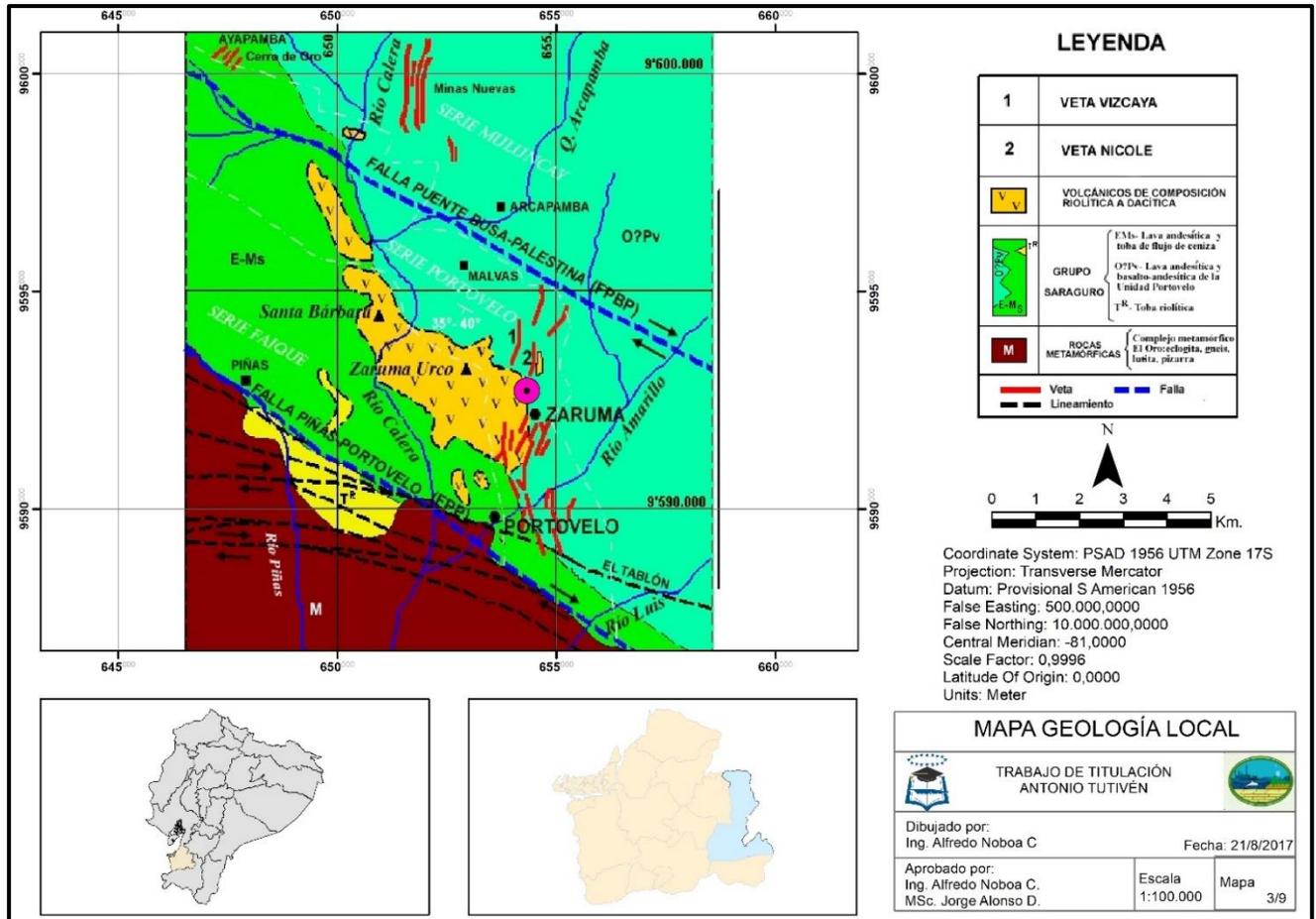
dirección Sur en el extremo oriente del distrito Zaruma-Portovelo se denomina falla Girón, y al Oeste con la provincia geológica Costa.

La falla Peltelec evidencia la acreción de los terrenos Chaucha y Tahuín al terreno oceánico Aloa en el Cretácico. A su vez la sutura Piñas-Portovelo relaciona la colisión continente-continente durante el Jurásico-Cretácico Inferior de los terrenos metamórficos mencionados anteriormente (Bonilla, 2009).

La geología correspondiente al área SO está representada por unidades pertenecientes al Paleozoico-Triásico de los Terrenos con afinidad continental Tahuín y Chaucha (rocas metamórficas del Complejo Metamórfico El Oro y Unidad El Toro) y Loja (Unidad Chiguinda); Rocas Cretácicas del Terreno de afinidad oceánica Pallatanga (Unidad Pallatanga) y rocas terciarias correspondientes al Terreno Macuchi (Unidad Macuchi). Las unidades mencionadas anteriormente se encuentran cubiertas por depósitos volcánicos procedentes de la actividad volcánica efusiva junto a representantes de actividad magmática plutónica terciaria (Bonilla, 2009).

En la zona S del área, el Cretácico Marino del Grupo Alamor, representado por las rocas correspondientes a la formación Zapotillo-Ciano y su facies piroclástica se prolonga y limita con las series metamórficas del Complejo Metamórfico El Oro, donde se aprecian intrusiones de los granitos El Prado, Guayabo-Porotillo con abundantes apófisis (Bonilla, 2009).

2.2 GEOLOGÍA LOCAL



Mapa 3: Geología local
 Fuente: (PRODEMINCA, 2000)

El distrito Zaruma Portovelo se ubica en la faja de mineralización aurífera-polimetálica Zaruma-Portovelo ocupando la parte SE de la misma. Se exponen las siguientes unidades geológicas (mapa #3):

2.2.1 Paleozoico

2.2.1.1 Rocas metamórficas (M)

Se asocian con el nombre de Complejo Metamórfico El Oro, ocupan el SO del área del distrito Zaruma-Portovelo y presentan al S de la falla piñas Portovelo una litología semipelítica perteneciente al terreno Chaucha-Tahuín.

Comprenden eclogitas, gneises, gneises graníticos, migmatitas de alto grado, arcosas metamorfizadas, pizarras, limonitas, serpentinas desmembradas, anfibolitas, paragneises, granodioritas foliadas, metapelitas, metacuarcitas, lutitas y conglomerados de clivaje de grado bajo a muy bajo (Bonilla, 2009) .

2.2.2 Terciario

Oligoceno, las unidades geológicas pertenecientes al oligoceno son las siguientes:

2.2.2.1 Volcánicos Saraguro (E-Ms)

También conocido como Grupo Saraguro, son propios de un ambiente deposicional subaéreo, ocupan el 60% del distrito Zaruma-Portovelo en la parte N y E. Está constituido por lavas de composición andesítica a basálto-andesítica con textura porfírica y masiva, tobas soldadas de flujo de ceniza de composición riolítica a dacítica, material volcánico retrabajado, tobas de composición dacítica a andesítica y brechas.

En los sectores oriente y centro del distrito, Prat et al. (1997), determina la Unidad Portovelo como parte del Grupo Saraguro, cuya edad es de 38 Ma. Su potencia es menor a 1000 m (Bonilla, 2009).

2.2.2.2 Unidad Portovelo (O?Pv)

Aflora entre los poblados de Zaruma, Arcapamba, Huertas y Malvas y cerca al río Luis (9593100-672100), sobreyaciendo en discordancia al basamento metamórfico. A lo largo de la falla Piñas-Portovelo, se presenta en contacto tectónico con el complejo Metamórfico de El Oro. Esta unidad fue incluida por algunos autores en las Formaciones Celica, Volcanitas Saraguro y Piñon. Incluye tobas andesíticas y dacíticas, mantos de lavas basalto-andesíticas y andesitas de textura porfídica. Además, comprende tobas Ash Flow riolíticas a dacíticas con intercalaciones sedimentarias menores como pizarras y cherts (Bonilla, 2009).

Esta unidad está integrada de Este a Oeste por tres Series:

Muluncay, Portovelo, Faique.

La **Serie Muluncay** está constituida por brechas volcánicas, tobas y flujos de composición andesítica e Ignimbritas y forma la base de la serie Portovelo.

La **Serie Portovelo** posee un rumbo de NO-SE e inclina 35° a 40° al SO, está formada por lavas andesíticas y basalto-andesíticas. La actividad magmática continua con la Serie Faique, localizada al O y se superpone a la Serie Portovelo.

La **Serie Faique** está representada por rocas volcánicas similares a las presentes en la Serie Muluncay, con la diferencia de contar con una proporción mayor de tobas y menor de lavas andesíticas; esta culmina en intrusivos subvolcánicos, granodioríticos, dioríticos, riolíticos y monzoníticos cuarzosos en la parte Sur del distrito (Bonilla, 2009).

Al Oeste de Zaruma en las inmediaciones de los filones del distrito afloran stocks subvolcánicos de composición riolítica a dacítica. La edad establecida para esta unidad es de 28.4 a 21.5 Ma (Oligoceno Alto a Mioceno Temprano).

2.3 GEOLOGIA ESTRUCTURAL

Se encuentran juegos de fallas Norte-Sur, NW-SE, y NE-SW, siendo presumiblemente las Norte-Sur las más recientes.

La estructura principal de la región es el sistema de fallas/cabalgamiento Piñas-Portovelo (P-P) (ilustración #2), con dirección E-SE, las que tienen un descenso en el bloque Norte y separan al Grupo Saraguro del Complejo Metamórfico de El Oro (Carrión, 2010) y constituyen el límite Sur del sistema de vetas auríferas. Al SE de Portovelo se presenta un cabalgamiento con dirección Sur, buzando al norte, a diferencia del Oeste de Piñas donde aparecen con buzamiento alto. El desplazamiento del grupo Saraguro al Oeste de Zaruma apunta a un salto vertical de aproximadamente 3 km entre Piñas y Zaruma (PRODEMINCA, 2000).

Localizada a 10 km al Norte, se encuentra la Falla Punte Busa-Palestina (P-B-P) (ilustración #2), la cual es paralela a la Falla Piñas-Portovelo con la misma edad, orientación y sentido de movimiento. Dicha estructura delimita el enjambre principal de vetas en las cercanías de Malvas. Al Norte de la falla P-B-P, el sistema de vetas Minas Nueva simboliza la continuidad norte de la mineralización con un salto sinistral en planta de 2-4 km con respecto al principal enjambre. Con un desplazamiento dextral se encuentran fallas de rumbo NE con desplazamiento limitado, las cuales conforman un sistema conjugado con las estructuras de rumbo Noroeste. Entre Portovelo y Zaruma las estructuras de rumbo NS con buzamiento preeminente al Este se encuentran bien desarrolladas (PRODEMINCA, 2000).

Generalizando, las vetas se emplazaron siguiendo las direcciones estructurales, la dirección que predomina es N-S (oscila entre N10°W y N20°W) representado predominantemente entre Portovelo y Minas Nuevas. En dirección Sur de Portovelo las mismas vetas Norte-Sur presentan una deflexión hasta una

dirección NE-SE presentando una posición casi paralela a la Falla Piñas. En la parroquia Ayapamba (Cerro de Oro), la dirección principal que presentan las vetas es N-E ($N60^{\circ}E$), con un buzamiento general de $70^{\circ}E$. Esto visto a escala de distrito da al enjambre de vetas un aspecto general en Z.

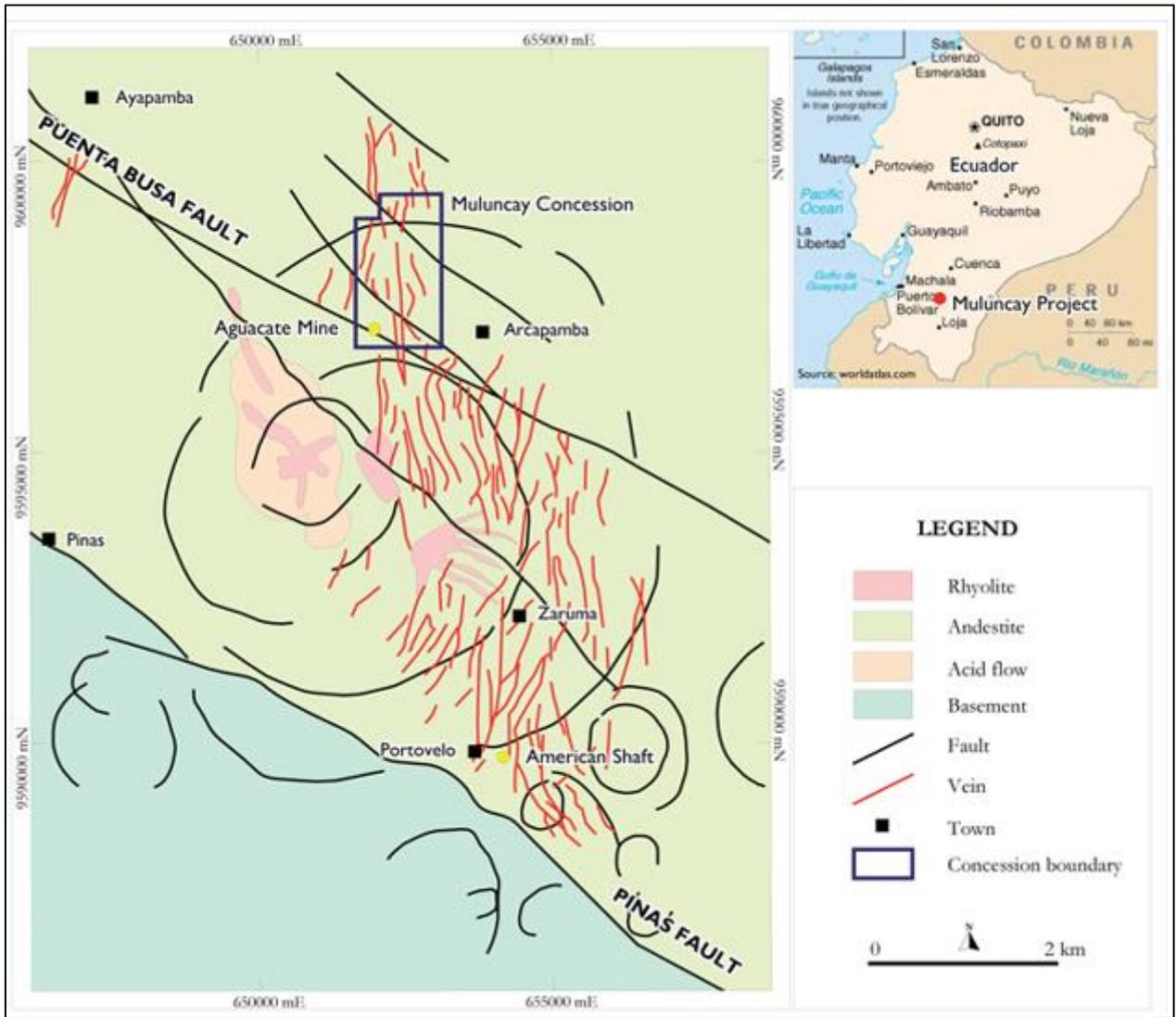


Ilustración 2: Geología estructural correspondiente al yacimiento Zaruma-Portovelo

Fuente: (Tunningley & Wilson, 2008)

2.4 TIPO DE YACIMIENTO

El Distrito Minero Portovelo abarca los yacimientos de Portovelo, Zaruma, minas nuevas y Ayapamba. Se trata de yacimientos auríferos de tipo argentífero polimetálico, vetiformes, de tipo epidermal constituidos de metales de base de cobre, plomo y zinc y preciosos de oro y plata (A. Paladines & Rosero, 1996).

Los filones y vetas están relacionados con procesos de rellenos, con contactos bien definidos y estructuras zonadas.

2.5 GÉNESIS DEL YACIMIENTO

El origen del yacimiento que emplaza la Veta Calderona está relacionado con la formación pre-tardía del terreno continental Chaucha, seguido de la ocurrencia de emplazamientos de rocas intrusivas del Cenozoico. En el terreno Chaucha, se aprecian varios registros magmáticos asignables a la actividad plutónica o volcánico-efusiva de la etapa Miocénica y un evento hidrotermal post-Miocénico con existencia de cuerpos magmáticos (Crespo, 2007). De este modo, durante el Cenozoico inferior la subducción de la placa oceánica Farallón bajo el margen continental se mantuvo oblicua hacia el NE. A continuación del Mioceno, ocurrió la ortogonalización E-W y aminoración del ángulo del plano de subducción (Pilger 1983), luego de que se depositó la unidad Portovelo (Grupo Saraguro). Luego de aparecer esta unidad, inició una actividad tectónica principalmente post-Miocénica, expuesta en la presencia de dos fallas principales del sector: PIÑAS-PORTOVELO y PUENTE DE BUSA-PALESTINA (ilustración #2), la acción de los movimientos transcurrentes verticales y horizontales ha dado paso a que en la roca de caja de composición andesítica se haya generado la mayoría de fisuras o estructuras de

transtensión y transpresión del trend general Norte-Sur, con buzamiento preferencial al Este; esto dio paso a la formación de la zona o franja excepcional de cizallamiento, la cual sirvió de roca encajante para varios filones y vetas luego de la despresurización de los fluidos hidrotermales. También ha dado paso a eventos tectónicos explosivos de brechificación de tipo eruptivo volcánico hidrotermal, caracterizado por la ocurrencia de brechas con clastos de composición andesito-dacítico, cementados por material de similar composición y sulfuros diseminados esporádicamente como la pirita en grano fino (en caja). Probablemente las vetas mineralizadas N-S iniciaron su formación simultáneamente o inmediatamente antes del cambio vectorial en el régimen de subducción. Las zonas con volcanitas entre las zonas de falla-cabalgamiento P-B-P y P-P bajo un esfuerzo compresivo mayor (σ_3 = Fuerza tangencial) en NE-SW a NNE-SSW presumiblemente habría desarrollado fallas de direcciones N-S a NNW-SSE (conjugadas izquierdas o cizallas Riedel sintéticas R1) con un sentido dextral de movimiento lateral, fracturas extensionales con la misma orientación y un juego de estructuras subordinadas de rumbo NE. Los duplexes de cizallas secundarias y los dispositivos en echelon, como los apreciables en el segmento Portovelo-Zaruma-Malvas, son propios de los regímenes transpresivos de cizalla simple. Estas estructuras secundarias tempranas, forman el primer estadio del desarrollo de vetas, rotaron progresivamente con el giro horario de los esfuerzos remotos y vetas tensionales adicionales que se constituyeron durante su evolución perpendicular a σ_3 (fuerza tangencial) y a discretos intervalos.

Durante un posterior episodio tectónico el enjambre de vetas posiblemente tuvo un desplazamiento sinistral e inflexiones mayores. En las vetas presentes en la Mina Bira los indicadores cinemáticos (relaciones S-C y estructuras dilatantes en

las inflexiones), apuntan a permanentes movimientos oblicuos normal-sinistral durante el segundo estadio del desarrollo de vetas (Crespo, 2007).

2.6 TIPO DE MINERALIZACIÓN

Las vetas de cuarzo aurífero polimetálico no están mineralizadas de forma homogénea, sino que poseen mineralización irregularmente distribuida que forma de los denominados “clavos de oro” en el argot minero (bonanzas) debido a procesos de fallamiento. Las intersecciones de fallas originan la mayor acumulación del mineral llamados “clavos” en el argot minero. A lo largo de su rumbo las mayores concentraciones de oro se encuentran al sur de las riolitas de Zaruma Urcu, mientras que en sentido vertical la compañía SADCO lo determinó entre los niveles F y S, en un intervalo de 300 m (A. Paladines & Rosero, 1996).

El yacimiento Portovelo está conformado por 4 estadios de mineralización: Pirita, calcopirita, esfalerita, galena, bornita, tetraedrita, tenantita, oro y plata que corresponden a los minerales primarios de mena, mientras que calcosina y covelina son producto del enriquecimiento secundario. Los minerales de ganga son el cuarzo y la calcita (A. Paladines & Rosero, 1996).

El oro nativo no se relaciona, o lo hace muy poco con el cuarzo compacto, denso, masivo con poca oxidación y sulfuros, a diferencia del cuarzo poroso, heterogéneo y manchado de limonita donde se presenta las mayores concentraciones (A. Paladines & Rosero, 1996).

2.7 TIPOS DE ALTERACIONES

La asociación más extendida a escala regional es la propilitización penetrativa, a diferencia de la argilitización, silisificación y alteración fílica, las cuales son de carácter local, preferencialmente ubicadas en la parte central del sistema mineralizado. Con referencia a la alteración argílica penetrativa intermedia a avanzada y la silisificación intensa, su presencia es más focalizada desde el norte de Portovelo hasta Arcapamba (PRODEMINCA, 2000).

A escala métrica, las vetas más representativas como Viscaya en su roca de caja presentan halos de alteración con asociación cuarzo-clorita-sericita-adularia-calcita y localmente piritita. A continuación de estas vetas la alteración varía en forma secuencial en las asociaciones argílica y propilítica. Sobre el envoltorio propilítico se superponen parches con abundante sericita (illita) y adularia (PRODEMINCA, 2000).

2.7.1 Alteración veta Calderona

La alteración visible en la veta calderona, está comprendida por una zona central de silisificación (cuarzo) de aproximadamente 1.0 m (puede llegar hasta 3.0m). Lateralmente ésta pasa a una alteración argílica arcillosa de aproximadamente 10 cm la cual disminuye con el aumento de la profundidad.



Foto 1: *Alteración argílica de veta Calderona*
Fuente: Autor

CAPITULO 3

3.1 METODOLOGIA

Antes y durante el estudio se realizó una recopilación y revisión de bibliografía sobre el tipo de mineralización encontrada en el yacimiento Zaruma-Portovelo, además de los tipos de alteraciones y estructuras que se presentan, esto con el fin de tener una idea más clara y puntual sobre el tema.

El desarrollo del estudio se inició con el levantamiento topográfico (foto #2) integral de la Mina Amistad mediante el uso de estación total, esto consistió en tomar la mayor cantidad de puntos topográficos en las galerías, rebajes y pozo principal con el objetivo de contar con basta información en el momento de la graficación de la mina y ubicación de muestras. El muestreo se realizó a la par del levantamiento topográfico.

Análisis de laboratorio

El análisis de las muestras se realizó en el laboratorio GoldenLab, ubicado en la ciudad de Portovelo, el método utilizado es FIRE ASSAY (Ensayo al Fuego) combinado con espectrofotometría de absorción atómica (EF-EAA), este método es lineal en el rango de 2 a 7 mg/L, con valores de límite de detección de 0.06 mg/L y límite de cuantificación de 0.20 mg/L.



Foto 2: *Topografía Mina Amistad.*
Fuente: Autor

La metodología utilizada en el estudio se dividió en 2 fases, que son:

3.1.1 Metodología de las observaciones macroscópicas

Se tomaron 35 muestras de punto, a lo largo del rumbo de la veta Calderona en sus principales galerías y a diferentes profundidades siguiendo su buzamiento, las muestras se recolectaron cada 5 metros, realizando surcos de 10 cm, el peso de las muestras osciló entre 10 y 15 kg (foto #3), estas fueron depositadas en fundas de muestreo (foto #4) y codificadas utilizando valores del absisaje de las galerías y tomando siglas de los nombres de los diferentes niveles de la mina.



Foto 3: Toma de muestras
Fuente: Autor



Foto 4: Empaquetamiento de muestra.
Fuente: Autor

Se realizó la descripción de las muestras (Ver tabla # 4 de resultados) tomadas de la veta utilizando lupa 14 x y lápiz rayador con imán, lo que permitió identificar sus asociaciones mineralógicas, alteraciones y estructuras (Foto #5).



Foto 5: Descripción de muestra.
Fuente: Autor

3.1.2 Metodología de trabajo de gabinete

Utilizando la proyección al plano vertical de la mina amistad se imprimieron 5 planos a escala 1:250, en los cuales se ubicaron los códigos referenciados de las muestras. Seguido de esto se realizó la interpolación manual de los valores de oro, plata, pirita, óxidos de hierro y goethita por separado. Una vez culminado la interpolación se procedió a digitalizar las interpolaciones manuales, escaneando dichos mapas y solapándolos en la proyección vertical digital mediante el uso del software AutoCAD.

3.2 MATERIALES

Tabla 2: *Materiales de campo.*

Brújula
Cinta métrica
GPS
Carta geológica del lugar
Carta topográfica del lugar
Estación total
Martillo geológico
Libreta de campo
Fundas de muestreo
Spray
Cuña
Combo
Lupa 14x
Lápiz rayador con imán

Fuente: Autor.

Tabla 3: *Software*

Excel
AutoCAD
Microsoft world

Fuente: Autor

CAPITULO 4

4.1 RESULTADOS

Tabla 4: Resultados

Proyecto:		Datos y Ubicación Geográfica de la Muestra						Estructuras				Litología		MINERALIZACIÓN										ALTERATION (DE 1-3)							Resultados de Laboratorio						
Responsable:		Desde	Hasta	Espesor (m)	Este	Norte	Elevación	Azimut	Buzamiento	Tipo de Esquemata	Espesor (cm)	Litología Principal	Menor Litología	Zona de Mineralización	Intensidad de Inyección	Intensidad de Vetillo	Diseminado	Vetillo%	pyrit%	catopirita%	calcosina%	XIDOS DE HIERRO				Limonita	Intensidad de paragonita	Intensidad de Sericita	Intensidad de argilica	Intensidad de epidota	Intensidad de Sulfuración	Intensidad de Clorita	magnetita%	Intensidad de calcita	Albiton	Contenido de Au en ppm	Contenido de Ag en ppm
Fecha:																						Sistema de coordenadas UTM Zona 17S datum PSAD 56															
Código de la Muestra	Estación	Desde	Hasta	Espesor (m)	Este	Norte	Elevación	Azimut	Buzamiento	Tipo de Esquemata	Espesor (cm)	Litología Principal	Menor Litología	Zona de Mineralización	Intensidad de Inyección	Intensidad de Vetillo	Diseminado	Vetillo%	pyrit%	catopirita%	calcosina%	Jimena	Goethita	Hematita	Total	Limonita	Intensidad de paragonita	Intensidad de Sericita	Intensidad de argilica	Intensidad de epidota	Intensidad de Sulfuración	Intensidad de Clorita	magnetita%	Intensidad de calcita	Albiton	Contenido de Au en ppm	Contenido de Ag en ppm
A1450010	A 0+145	140	145	5,00	654446,71	9592731,7	1308,4	332	50	VN	110	Celica	N/A	MDX	0	3	7	3	1	tr	0	3	4	0	7	1	1	0	1	0	2	0	0	0	0	0,1	5,7
A1500020	A 0+150	145	150	5,00	654449,89	9592728,2	1308,6	347	52	VN	90	Celica	N/A	MDX	0	3	7	3	2	tr	0	3	4	1	6	tr	1	0	1	0	2	tr	0	0	0	1,7	15,59
A1550030	A 0+155	150	155	5,00	654452,36	9592723,9	1308,8	345	50	VN	115	Celica	N/A	LD	0	1	8	2	1	tr	0	2	1	3	6	1	1	0	1	0	2	tr	0	0	0,5	5,23	
A1600040	A 0+160	155	160	5,00	654454,39	9592719,6	1308,9	343	51	VN	110	Celica	N/A	MDX	0	2	7	3	1	tr	0	4	3	1	6	1	1	0	1	0	2	tr	0	0	1,45	9,83	
A1650050	A 0+165	160	165	5,00	654456,5	9592715,4	1309,0	343	50	VN	130	Celica	N/A	LD	0	3	7	3	0	0	0	10	12	3	25	tr	0	0	2	0	2	tr	0	0	4,1	15,85	
A1700060	A 0+170	165	170	5,00	654458,72	9592711,1	1309,1	350	50	VN	90	Celica	N/A	MDX	0	3	7	4	1	tr	0	2	3	1	6	2	2	0	1	0	2	tr	0	0	1,35	14,75	
A1750070	A 0+175	170	175	5,00	654460,68	9592706,5	1309,1	352	50	VN	90	Celica	N/A	MDX	0	2	7	3	1	tr	0	3	4	8	15	2	1	0	1	0	2	tr	0	0	4	14,85	
A1800080	A 0+180	175	180	5,00	654462,55	9592701,9	1309,2	350	50	VN	90	Celica	N/A	MDX	0	1	6	4	1	tr	0	3	4	1	8	1	1	0	1	0	2	tr	0	0	6,8	12,9	
A1850090	A 0+185	180	185	5,00	654464,67	9592697,3	1309,3	348	52	VN	92	Celica	N/A	MDX	0	1	8	2	2	tr	0	1	1	0	2	1	1	0	1	0	2	tr	0	0	1,9	7,15	
A1900100	A 0+190	185	190	5,00	654467,6	9592694,94	1309,5	330	51	VN	91	Celica	N/A	MDX	0	1	8	2	1	tr	0	2	2	0	4	tr	1	0	2	0	2	tr	0	0	1,15	9,3	
A1950110	A 0+195	190	195	5,00	654471,38	9592691,1	1308,2	315	51	VN	90	Celica	N/A	MDX	0	1	8	2	1	tr	0	1	3	0	4	tr	1	0	2	0	1	0	0	0	2	52,62	
A2000120	A 0+200	195	200	5,00	654475,21	9592687,9	1308,2	316	50	VN	78	Celica	N/A	MDX	0	1	8	2	1	tr	0	2	4	0	6	tr	1	0	2	0	1	0	0	0	0,4	6,23	
B1660010	B 0+166	161	166	5,00	654454,03	9592735,8	1300,1	335	50	VN	90	Celica	N/A	LD	0	1	8	2	1	tr	0	2	3	0	5	0	1	0	1	0	2	tr	0	0	6	23,1	
B1760020	B 0+171	166	171	5,00	654452	9592740,3	1299,1	333	52	VN	90	Celica	N/A	LD	0	1	8	2	1	tr	0	4	6	tr	10	1	1	0	2	0	1	0	0	0	5,3	12,73	
B1760030	B 0+176	171	176	5,00	654449,51	9592744,6	1299,2	336	52	VN	80	Celica	N/A	LD	0	1	9	1	1	tr	0	4	2	tr	6	tr	1	0	1	0	1	0	0	0	1,45	9	
B1860040	B 0+181	176	181	5,00	654447,1	9592748,9	1299,5	336	52	VN	82	Celica	N/A	LD	0	1	8	2	2	tr	0	2	3	0	5	0	2	0	1	0	2	tr	0	0	2,3	14,6	
B1860050	B 0+186	181	186	5,00	654444,63	9592752,9	1299,5	340	52	VN	75	Celica	N/A	MDX	0	1	7	3	3	0,1	0	2	1	0	3	1	2	0	2	0	2	tr	tr	0	1,5	27,23	
B1910060	B 0+191	186	191	5,00	654441,42	9592757,4	1299,6	338	51	VN	76	Celica	N/A	MDX	0	1	8	2	3	0,2	0	2	4	0	6	0	2	0	1	0	2	tr	tr	0	1,4	49,7	
B1960070	B 0+196	191	196	5,00	654439,31	9592761,7	1299,8	350	50	VN	74	Celica	N/A	LD	0	2	7	3	2	tr	0	2	7	1	10	0	1	0	2	0	2	tr	0	1	5,3	19,1	
B2010080	B 0+201	196	201	5,00	654437,33	9592766,2	1300,2	350	51	VN	83	Celica	N/A	MDX	0	2	4	6	1	0,2	0	2	2	0	4	tr	1	0	2	0	2	tr	0	0	0,75	11,45	
C1760010	C 0+176	171	176	5,00	654459,41	9592738,6	1293,1	317	52	VN	75	Celica	N/A	MDX	1	2	8	2	2	tr	0	5	2	13	20	1	1	0	1	0	2	tr	0	0	0,95	8,65	
C1810020	C 0+181	176	181	5,00	654455,81	9592741,3	1293,3	314	52	VN	75	Celica	N/A	MDX	1	2	3	7	7	tr	0	2	3	0	3	1	3	0	1	0	2	tr	0	0	0,5	14,3	
C1860030	C 0+186	181	186	5,00	654453,36	9592745,4	1294,1	340	53	VN	76	Celica	N/A	MDX	2	1	8	2	3	tr	0	2	3	0	3	tr	0	3	0	1	0	2	tr	0	0	0,55	5,9
C1910040	C 0+191	186	191	5,00	654450,16	9592749,4	1294,1	320	51	VN	77	Celica	N/A	MDX	2	1	8	2	9	0,2	0	3	5	0	7	tr	0	3	0	1	0	2	tr	1	1,65	18,5	
C1960050	C 0+196	191	196	5,00	654446,06	9592753,5	1294,8	320	52	VN	77	Celica	N/A	MDX	0	2	4	6	1	0	0	6	9	1	15	tr	1	0	1	0	2	tr	0	0	197,3	40,3	
P1530010	P 0+153	150	153	3	654453,19	9592727,8	1307,314	342	53	VN	91	Celica	N/A	MDX	0	1	9	1	4	tr	0	1	3	0	4	1	1	0	2	0	2	tr	0	0	0,3	13,15	
P1560020	P 0+158	153	156	3	654454,56	9592728,6	1304,906	339	51	VN	92	Celica	N/A	MDX	0	1	5	5	1	tr	0	3	2	1	6	tr	1	0	1	0	3	tr	0	1	4,25	21,23	
P1610030	P 0+161	156	161	5	654457,49	9592730,6	1300,302	340	54	VN	85	Celica	N/A	MDX	0	1	7	3	4	tr	0	2	2	0	4	1	2	0	1	0	2	tr	0	0	0,6	15,33	
P1660040	P 0+166	161	166	5	654460,14	9592732,3	1296,48	332	55	VN	78	Celica	N/A	MDX	0	1	7	3	1	tr	0	1	3	0	4	0	1	0	0	0	3	tr	0	0	2,25	7,4	
P1710050	P 0+171	166	171	5	654462,94	9592734	1292,621	330	57	VN	76	Celica	N/A	MDX	0	1	6	4	3	tr	0	1	2	0	3	1	1	0	0	0	3	tr	0	0	3,55	10,3	
NS005001	NS 0+005	0	005	5	654441,02	9592709,2	1337,5	320	62	VN	240	Celica	N/A	LD	0	2	6	4	0	tr	0	3	10	7	20	0	0	0	2	0	2	tr	0	0	4,95	4	
NS010002	NS 0+010	0	010	5	654440,99	9592704,1	1337,5	322	61	VN	240	Celica	N/A	LD	0	2	7	3	0	tr	0	1	6	5	12	0	0	0	2	0	2	tr	0	0	0,5	1,3	
NS015003	NS 0+015	0	015	5	654444,52	9592699,6	1336,0	320	61	VN	250	Celica	N/A	LD	0	1	3	7	0	tr	0	4	19	12	35	0	0	0	2	0	1	0	0	109,65	21,1		
NS020004	NS 0+020	0	020	5	654446,59	9592695,3	1336,4	330	60	VN	120	Celica	N/A	LD	0	1	2	2	8	tr	0	7	8	3	18	0	0	0	2	0	1	0	0	4,8	9,4		
NS025005	NS 0+025	0	025	5	654448,33	9592691,2	1337,9	322	62	VN	100	Celica	N/A	LD	0	2	4	6	1	0,3	0	4	7	2	13	0	1	0	1	0	2	tr	0	0	1,55	13,15	

Fuente: Autor

Tabla 5: Códigos de descripciones

CODIGOS			
Estructuras		Lugar de Muestreo	
FL	Falla	A	Línea principal
CT	Contacto	P	Pozo
FR	Fractura	B	Nivel B
VN	Vetilla/Veta	C	Nivel C
DC	Diaclasa	NS	Nivel superior
N/A	No aplica		
TR	Traza		

Fuente: Autor

Tabla 6: Rangos de contenido de oro

Contenido de Oro Au	
0 - 1 ppm	
1 - 2 ppm	
2 - 4 ppm	
4 - 6 ppm	
>6ppm	

Fuente: Autor

Tabla 7: Rangos de contenido de plata

Contenido de Plata Ag	
0 - 5 ppm	
5 - 10 ppm	
10 - 20 ppm	
20 - 40 ppm	
>40ppm	

Fuente: Autor

Tabla 8: Contenido de goethita

Contenido de Goethita	
0 - 2 %	
3 - 4 %	
5 - 6 %	
7 - 8 %	
> 9 %	

Fuente: Autor

Tabla 9: Contenido de óxidos de Fe

Contenido de Oxidos de Fe	
0 - 5 %	
10 - 15 %	
15 - 20%	
>20%	

Fuente: Autor

Tabla 10: Contenido de pirita

Contenido de Pirita	
0 - 1%	
1.1 - 2 %	
2.1 - 3 %	
3.1 - 4 %	
> 4 %	

Fuente: Autor

4.1.1 Textura, estructura y asociaciones minerales presentes en la veta Calderona.

La veta presenta una textura brechosa y veteadas. En lo que corresponde a estructuras las que predominan son las de reemplazos típicas de los filones del sistema del distrito.

La mineralización primaria está representada por pirita la cual se presenta en cristales cúbicos mayormente diseminados, calcopirita la cual se la encuentra en pequeñas cantidades en forma de cristales anhédricos y en ocasiones alojadas sobre la superficie de la pirita. El material de ganga es el cuarzo, el cual dependiendo de la profundidad presenta diferentes texturas como macizo y tipo boxwork, además su coloración también es variable, así en las zonas oxidadas se presenta con coloración amarillento-rojiza, mientras en la zona primaria se presenta con tonalidades que van de blanco a gris blanquecino.

En lo que respecta a la mineralización secundaria, los minerales presentes son goethita, jarosita y hematita, los cuales se encuentran en las partes oxidadas de la veta, presumiblemente producto de la alteración de los sulfuros como pirita y calcopirita.

La alteración presente en la veta Calderona es la argílica.

4.1.2 Asociaciones minerales presentes en los diferentes niveles en la Mina Amistad.

Tabla 11: Asociaciones minerales en los diferentes niveles de la Mina Amistad

TÚNEL	ZONA	FILÓN	MINERALES DE MENA	Minerales secundarios	MINERALES DE GANGA	ROCA ENCAJANTE	ALTERACIÓN
NS (nivel superior)	LD	CALDERONA	Oro, plata, pirita, calcopirita	Jarosita, Goethita, Hematita	Cuarzo	Lavas andesíticas	Argílica
Nivel A	MX-LD	CALDERONA	Oro, plata, pirita, calcopirita (Tr)	Jarosita, Goethita, Hematita	Cuarzo	Lavas andesíticas	Argílica
Nivel B	MX-LD	CALDERONA	Oro, plata, pirita, calcopirita	Jarosita, Goethita, Hematita	Cuarzo	Lavas andesíticas	Argílica
Nivel C	MX	CALDERONA	Oro, plata, pirita, calcopirita	Jarosita, Goethita, Hematita	Cuarzo	Lavas andesíticas	Argílica

Fuente: Autor

Mx: Zona mixta

LD: Zona lixiviada

Túnel nivel superior (NS).

La veta en este sector tiene una coloración amarilla rojiza con una morfología de tipo rosario y presenta textura brechoide. Los minerales de mena son oro, plata, pirita y calcopirita.

La pirita representa aproximadamente el 1%, se aprecia en cristales cúbicos diseminados. La calcopirita es de carácter anhedral con coloración verdosa, se presenta en trazas y sobre la superficie de la pirita.

El cuarzo es el material de ganga y se presenta de forma anhedral con textura boxwork.

En este nivel de la mina se presentan grandes niveles de oxidación aprox 19.6 %, con la presencia de minerales de tipo secundario como goethita y jarosita.

Túnel nivel A.

La veta en este sector tiene una coloración gris clara, presenta una textura tipo brechoide. Los minerales de mena son oro, plata, pirita y calcopirita.

La pirita representa aproximadamente un 2%, se presenta como cristales euhedrales diseminados con hábito cúbico. La calcopirita se presenta sobre la superficie de la pirita o como cristales anhedrales diseminados.

El cuarzo es el material de ganga y se encuentra de forma anhedral a subhedral.

En este nivel de la mina se presenta una oxidación de 8%, con presencia de minerales de tipo secundario como goethita, hematita y jarosita.

Túnel nivel B.

La veta en este sector se presenta una coloración gris clara, con textura brechoide. Los minerales de mena son oro, plata, pirita y calcopirita.

La pirita representa aproximadamente el 2%, se presenta como cristales euhedrales con hábito cúbico diseminados de un tamaño mayor a los presentes en el nivel A. La calcopirita se presenta de manera anhedral y diseminada.

El cuarzo es el material de ganga y se encuentra de forma anhedral a subhedral.

En este nivel la oxidación representa un aproximado de 8 % con presencia de minerales secundarios como goethita, jarosita y trazas de hematita.

Túnel nivel C.

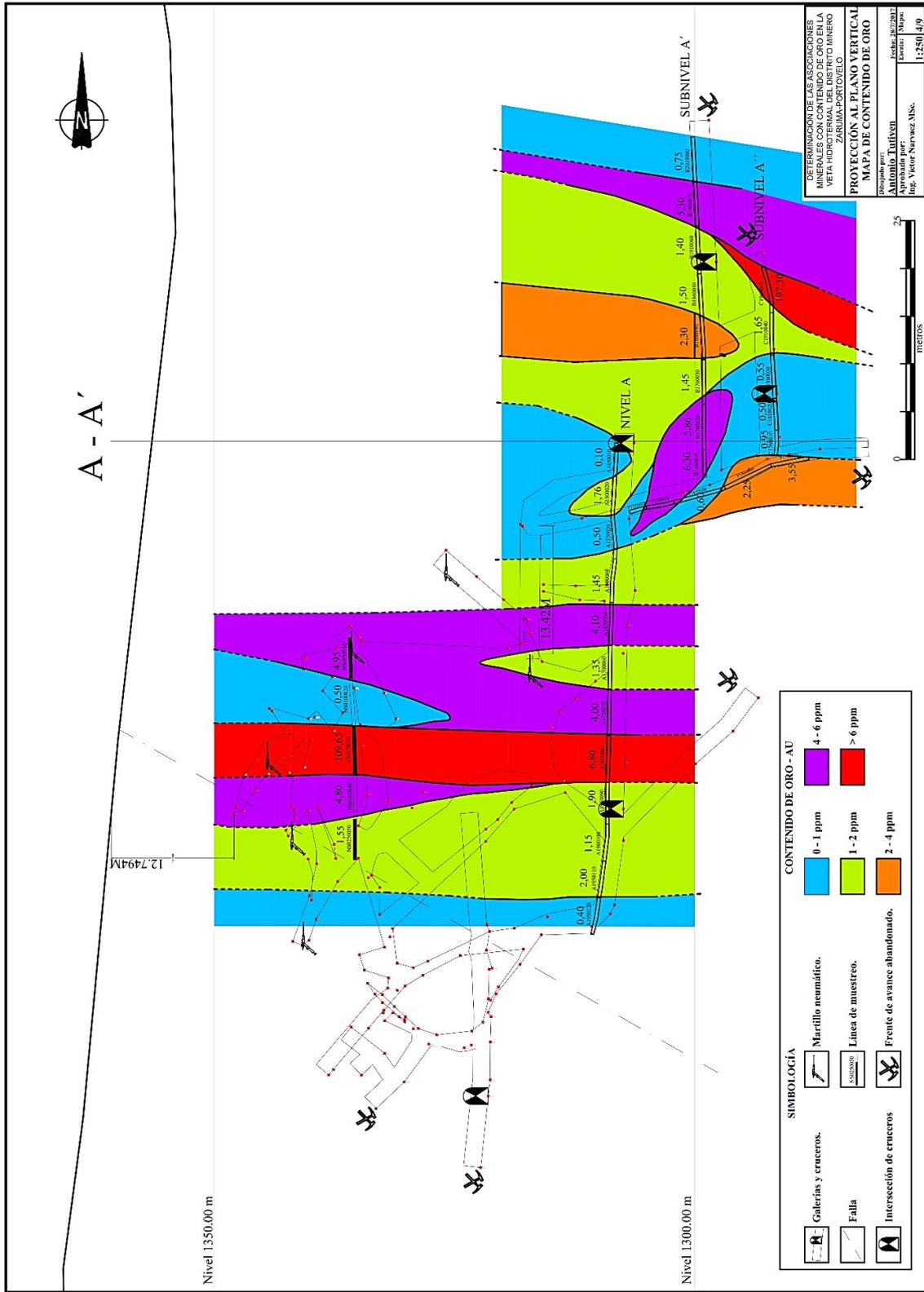
La veta en este sector presenta una coloración gris clara, con textura brechoide. Los minerales de mena son oro, plata, pirita y calcopirita.

La pirita representa aproximadamente un 5%, se presenta como cristales euhedrales, en algunos sectores de gran tamaño con hábito cúbico. En este nivel se nota la ausencia de calcopirita.

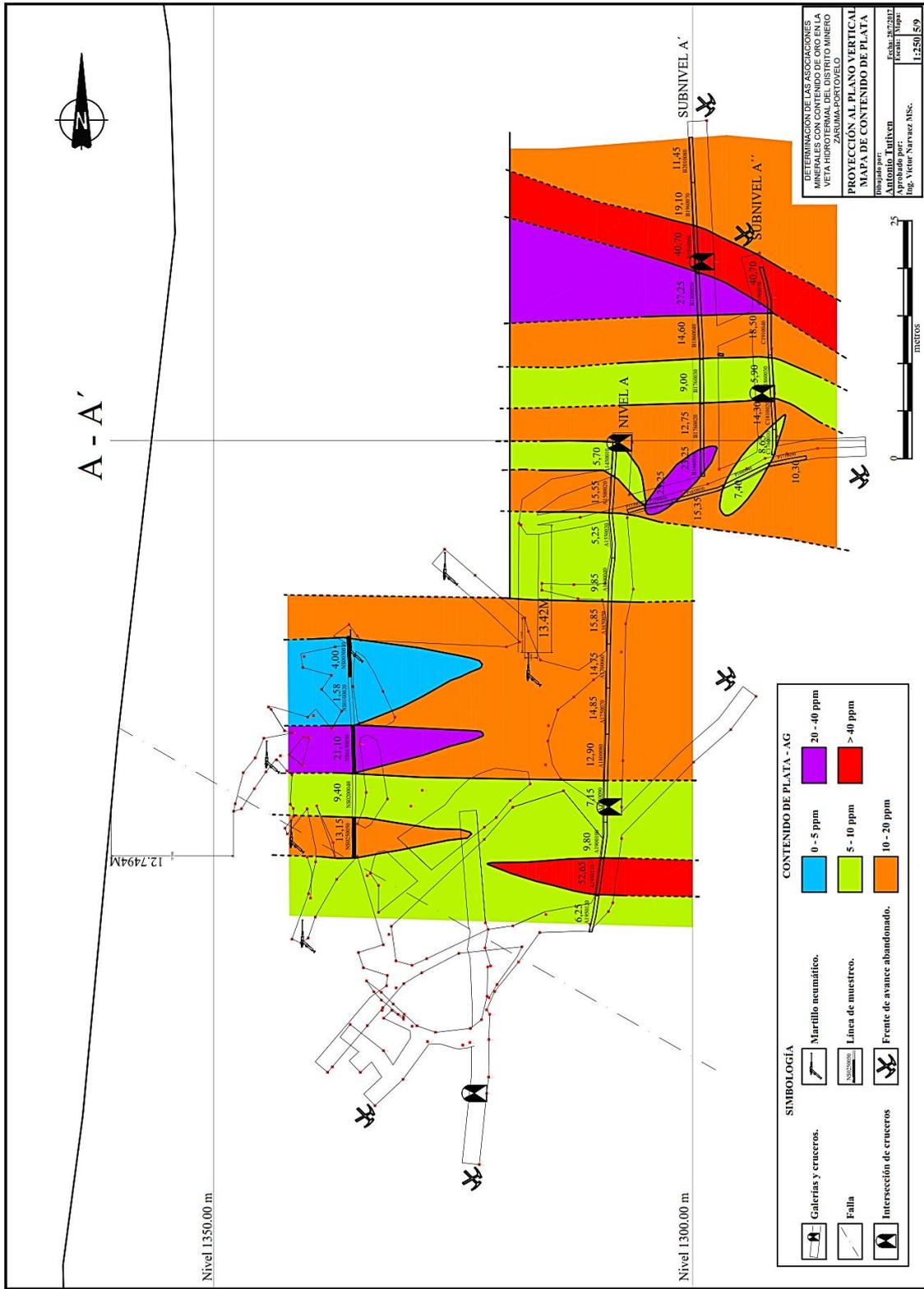
El cuarzo es el material de ganga y se encuentra de forma anhedral a subhedral.

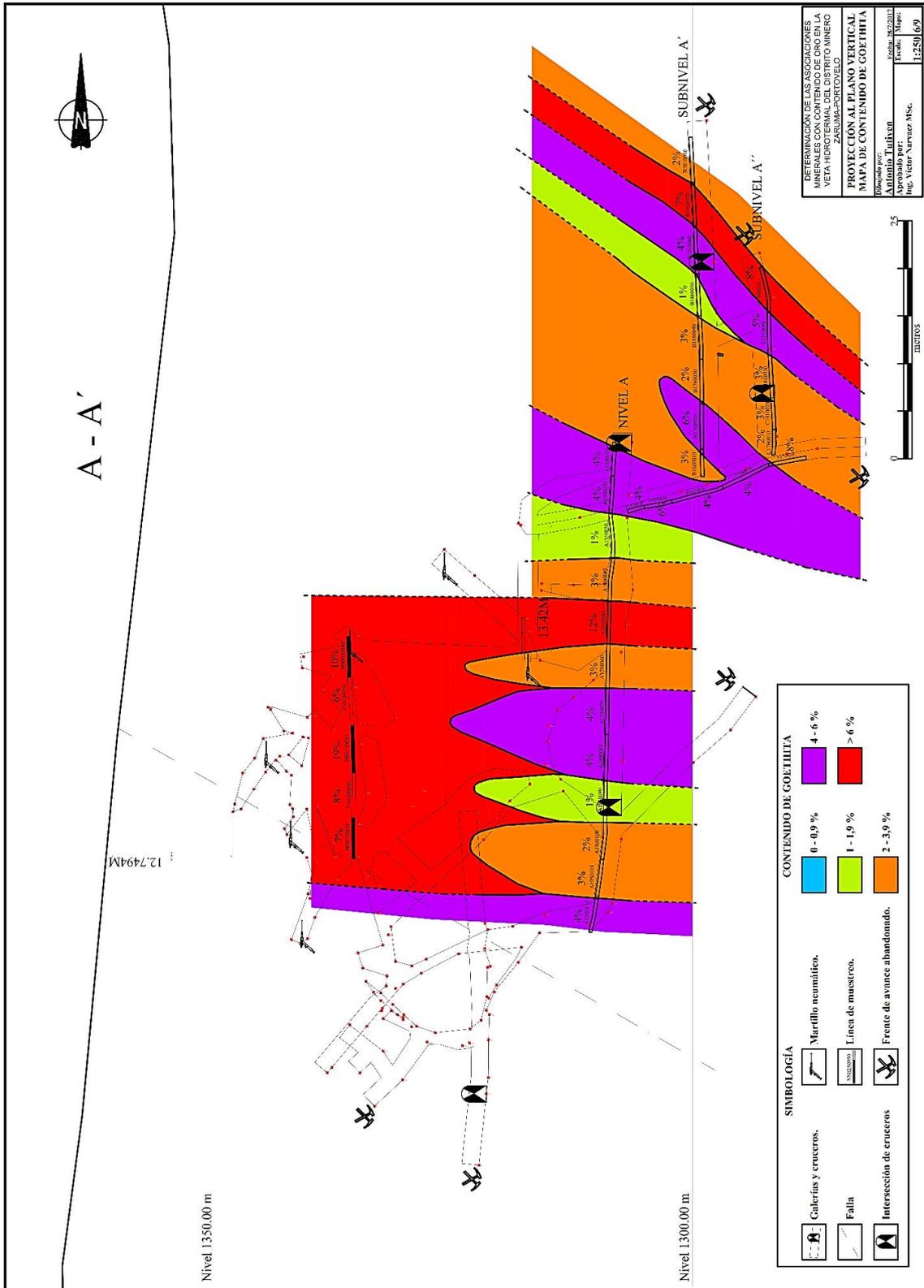
En este nivel la oxidación representa aproximadamente un 10% con presencia de minerales de origen secundario como goethita, jarosita y hematita.

La roca caja es una lava andesítica que presenta trazas de cloritización y en los contactos con la veta una alteración de tipo argílica, la cual aumenta en intensidad mientras más cerca se está de superficie.

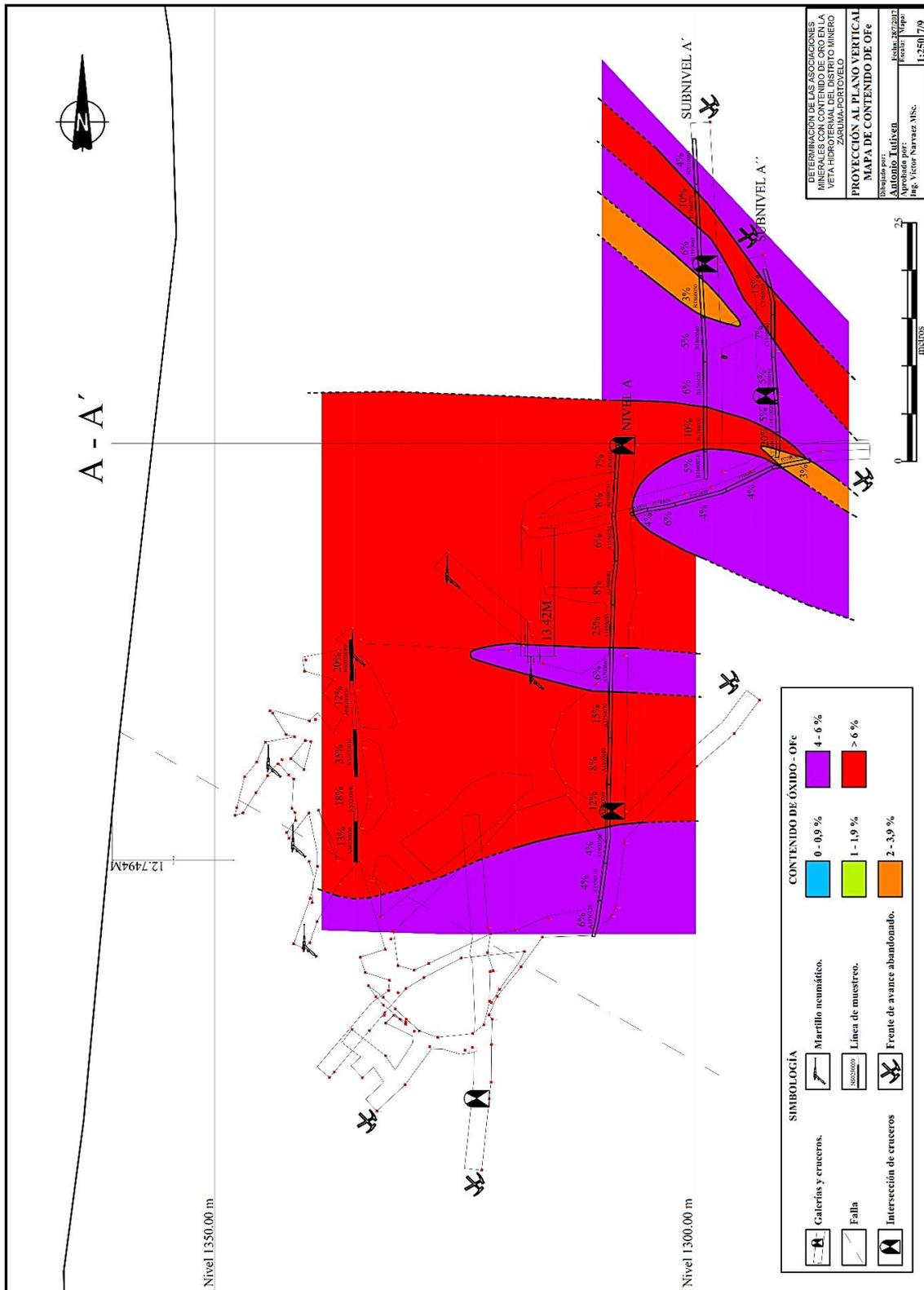


Mapa 4. Proyección al plano vertical mapa de concentración de oro.
Fuente: Autor

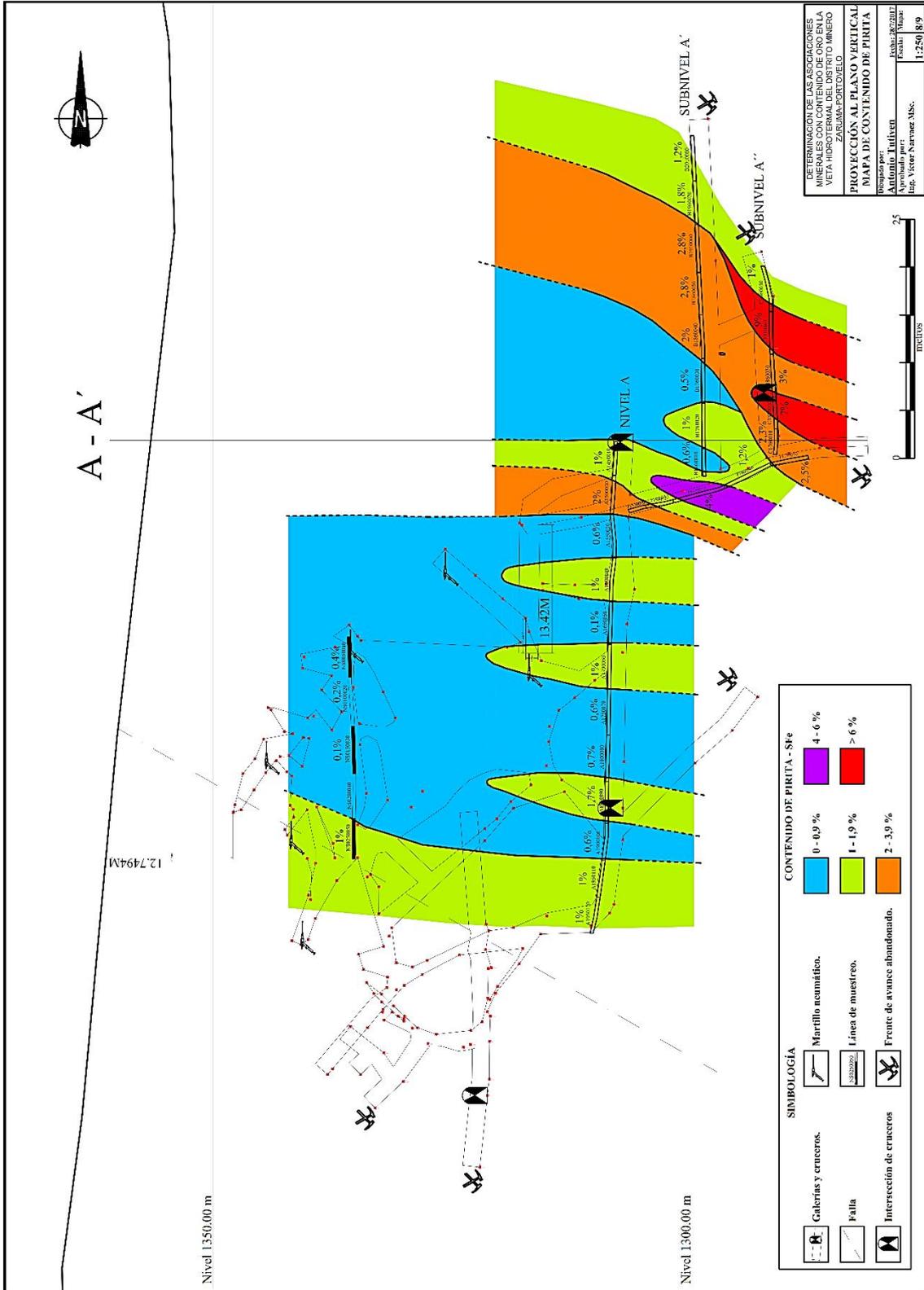




Mapa 6. Proyección al plano vertical mapa de concentración de goethita
Fuente: Autor



Mapa 7. Proyección al plano vertical mapa de concentración de OFe
Fuente: Autor



Mapa 8. Proyección al plano vertical mapa de contenido de pirita
Fuente: Autor

CAPITULO 5

5.1 DISCUSIONES

Analizando los mapas de mineralización y de concentración de oro realizados en el presente estudio, se denota una gran afinidad entre las zonas con mayor concentración de oro (Mapa #4) y las más ricas en óxido de Fe (Goethita principalmente) (Mapa #6, #7), a diferencia de lo observado de las partes más ricas en pirita (Mapa #8) donde la presencia de oro baja drásticamente. En lo que respecta a la parte estructural, el oro se concentra en las zonas donde la veta presenta gran potencia. Lo expuesto anteriormente se aprecia principalmente en las muestras citadas a continuación. La primera, con código NS0150030 con una concentración de oro de 109 g/t (segunda concentración de oro más alta), donde el nivel de óxidos llega al 35% y la potencia de la veta alcanza 300 cm (Foto #6), es decir los valores más altos del presente estudio en lo que se refiere a estos dos rubros.

En la segunda, con código C1960050 con una concentración de oro de 197.3 g/t (posee la mayor concentración de oro del total de muestras), se observa un contenido de óxido de Fe menor al 50% que la muestra código NS0150030 con una concentración de oro de 109.65 g/t , pero a su vez presenta una potencia alta de aproximadamente 200 cm, cabe mencionar que la zonas de muestreo que la anteceden en dirección sur en el nivel C, código C1910040-C1860030 (poseen concentraciones de oro de 1.65 g/t y 0.55 g/t respectiva), los cuales son valores muy bajos (no rentables), provienen de un sector en que la veta se presenta

brechada (foto #7), por lo que se tiene la hipótesis de que se trataría de un “**choque (cruce) de vetillas**” lo que ocasiona el aumento de la concentración de oro.



Foto 6: Potencia de veta, muestra código NS0150030
Fuente: Autor



Foto 7: Zona brechada, muestra código C1860030
Fuente: Autor

Respecto los denominados “**clavos**” se estima que el único existente es el que inicia desde la muestra código NS0150030 con una concentración de oro de 109.65 g/t (mayor concentración de oro en el nivel superior, y segundo del total de las muestras), descendiendo siguiendo el buzamiento de la veta, proyectándose a las muestras código A1800080 y A1750070 con una concentración de oro de 6.8 g/t y 4 g/t respectivamente , ya que estas últimas poseen la mayor concentración de oro de las muestras tomadas en el nivel A, además, ambas presentan características mineralógicas muy similares (alto contenido de óxidos y bajo de sulfuros) . Lo que principalmente lleva a la sospecha que el “**clavo de oro**” va en esa dirección, son los registros de la empresa que apuntan que entre las 2 muestras anteriores mencionadas se recuperó valores muy altos en oro. Es muy probable que la parte más rica del denominado “**clavo de oro**” ya fuera explotada, por lo que se estima que los valores encontrados siguiendo el buzamiento de la veta bajo la muestra código A1800080, desciendan progresivamente, al igual que su oxidación, debido a que siguiendo esa dirección se va acercando a la zona primaria de la veta.

CONCLUSIONES

Se concluye que la mayor concentración de oro de la veta Calderona en la Mina Amistad está relacionada con una zona de oxidación, fruto de la alteración de los sulfuros y la liberación del oro de la estructura cristalina de estos.

Se concluye que en los sectores donde la potencia de la veta aumenta en gran medida, se produce un aumento en la concentración de oro, ya que se trata de **“choques (cruce) de vetillas”**.

El contenido de oro desciende en los sectores en que la veta se presenta brechada.

La asociación principal donde se concentra el oro es cuarzo-goethita -jarosita

RECOMENDACIONES

1. Se recomienda profundizar más en el estudio mediante el uso de briquetas con el fin de conocer con más detalle la paragénesis de la veta Amistad.

2. Analizar la veta Calderona en cotas inferiores, para conocer cómo se comporta en la zona primaria, en el presente estudio no se lo puedo realizar debido a mayor profundidad se proyecta fuera del área Minera Amistad, e ingresa al área Palacios la cual pertenece a la empresa Bira SA.

3. Avanzar con los frentes de explotación en dirección sur, ya que el presente estudio indica que la parte inferior del denominado **“clavo de oro”** no se ha explotado en esa dirección.

4. Avanzar con precaución en dirección sur con los frentes de explotación ya que el límite de la zona de exclusión minera del cantón Zaruma se encuentra próximo.

Al avanzar en los frentes de explotación norte, continuar recaudando información, con el fin de que, en un futuro estudio, poder comprobar si la mineralización con mayor concentración de oro, y las descripciones realizadas en el presente trabajo a la veta Calderona se mantienen.

BIBLIOGRAFÍA

Bonilla, W. (2009). *Metalogenia del Distrito Minero Zaruma-Portovelo República del Ecuador*. Universidad de Buenos Aires.

Carrión, G. (2010). *Estudio mineralógico para la determinación de oro refractario en los distritos mineros de Portovelo, Bella Rica y San Gerardo*. Universidad Técnica Particular de Loja.

Crespo, J. (2007). *Evaluación del Sistema de Explotación del Bloque R-Norte de la veta Santa Ana, Distrito Minero Zaruma-Portovelo*. Escuela Superior Politécnica del Litoral.

Paladines, A., & Rosero, G. (1996). *Zonación mineralógica del Ecuador* (1st ed., p. 93). Quito, Ecuador.

Paladines, A., & Soto, J. (2010). *Geología y yacimientos minerales del Ecuador* (1st ed., p. 159). Loja, Ecuador: UTPL.

Paladines, S. (2012). *"Vulnerabilidad a nivel municipal del cantón Loja" SNGR-PNUD-UEB*. Loja, Ecuador.

PRODEMINCA. (2000). *Depósitos porfídicos y epi-mesotermiales relacionados con intrusiones de las Cordilleras Occidental y Real* (1st ed.). Quito, Ecuador: UCP PRODEMINCA Proyecto MEN BIRF 36-55 EC.

Tunningley, A., & Wilson, C. (2008). *Muluncay Project Gold-Silver Deposit*. Muluncay, Ecuador.

Zavala, C. (2014). *Diseño de excavación de la galería principal de acceso a la mina "Reina del Cisne", distrito minero Portovelo-Zaruma, cantón Zaruma, provincia*

De El Oro. Universidad Central del Ecuador.

ANEXOS

1. Fotos

ZONAS CON MAYOR OXIDACIÓN



Foto 8: Zona oxidada 1, procedente del nivel superior (NS)

Fuente: Autor



Foto 9: Zona oxidada 2, procedente del nivel superior (NS)

Fuente: Autor



Foto 10: Zona oxidada 3, procedente del nivel superior (NS)

Fuente: Autor



Foto 11: Zona oxidada 4, procedente del nivel superior (NS)

Fuente: Autor

TOPOGRAFÍA MINA AMISTAD



Foto 12: Topografía del Pozo P

Fuente: Autor



Foto 13: Zona inundada Pozo P

Fuente: Autor

2. MUESTRAS

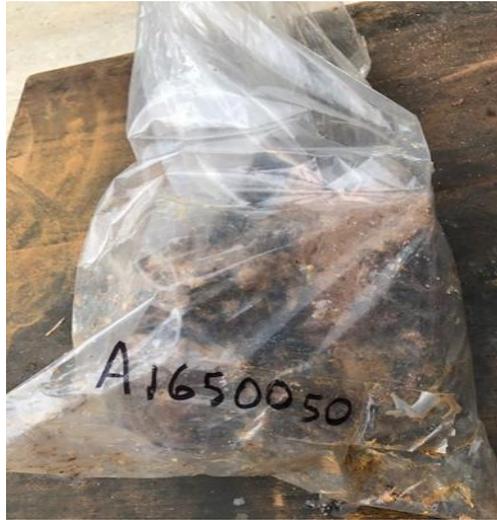


Foto 14: Muestra código A1650050

Fuente: Autor



Foto 15: Muestra código A1550030

Fuente: Autor

DESCRIPCIÓN DE MUESTRAS



Foto 16: Descripción de muestra código A1450010

Fuente: Autor



Foto 17: Descripción de muestra código A1850090

Fuente: Autor



Foto 18: Descripción de muestra código NS0050010

Fuente: Autor



Foto 19: Descripción de muestra código NS0150030

Fuente: Autor

4. Análisis de laboratorio



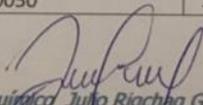
GoldenLab
LABORATORIO QUÍMICO METALÚRGICO

RUC: 0703460188001
Telf.: 0991518767 - 0986367332
E-mail: goldenlab@hotmail.es
www.goldenlab.com.ec

Solicitante: Roque Maldonado
Método: E.F.+AA (Ensayo al fuego y lectura en Absorción Atómica)
Fecha de reporte: 03/10/2016

Reporte N° 06623

#	CÓDIGO	Fecha Muestreo	Au-g/TM	Ag-g/TM	%Cu	%Pb	%Zn	%As	%Humedad
			Oro-total	Plata-total	Cobre	Plomo	Zinc	Arsénico	
			E.F	E.F	AA	AA	AA	EDL	GM
1	A1450010	21/09/16	0.10	5.70					
2	A1500020	21/09/16	1.70	15.55					
3	A1550030	21/09/16	0.50	5.25					
4	A1600040	21/09/16	1.45	9.85					
5	A1650050	21/09/16	4.10	15.85					
6	A1700060	21/09/16	1.35	14.75					
7	A1700070	21/09/16	4.00	14.85					
8	A1800080	21/09/16	6.80	12.90					
9	A1850090	21/09/16	1.90	7.15					
10	A1900100	21/09/16	1.15	9.80					
11	A1950110	21/09/16	2.00	52.65					
12	A2000120	21/09/16	0.40	6.25					
13	B1660010	21/09/16	6.00	23.20					
14	B1760020	21/09/16	5.80	12.75					
15	B1760030	21/09/16	1.45	9.00					
16	B1860040	21/09/16	2.30	14.60					
17	B1860050	21/09/16	1.50	27.25					
18	B1910060	21/09/16	1.40	49.70					
19	B1960070	21/09/16	5.30	19.10					
20	B2010080	21/09/16	0.75	11.45					
21	C1760010	21/09/16	0.95	8.65					
22	C1810020	21/09/16	0.50	14.30					
23	C1860030	21/09/16	0.55	5.90					
24	C1910040	21/09/16	1.65	18.50					
25	C1960050	21/09/16	197.30	40.70					
26	P1530010	21/09/16	0.30	13.15					
27	P1580020	21/09/16	4.25	21.25					
28	P1610030	21/09/16	0.60	15.35					
29	P1660040	21/09/16	2.25	7.40					
30	P1710050	21/09/16	3.55	10.30					



Ing. Químico Julio Rigchig G.
Reg. SENESCYT 1011-08-840900



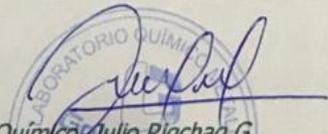
LABORATORIO QUÍMICO METALÚRGICO
GoldenLab
RUC 0703460188001

Dirección: Av. Principal Portovelo-Piñas, A pocos metros del Puente de la Florida, Junto a la chatarrera.

Solicitante: Ing. Roque Maldonado
Método: E.F.+AA (Ensayo al fuego y lectura en Absorción Atómica)
Fecha de reporte: 19/05/2017

Reporte N° 08561

N°	CÓDIGO	Fecha Muestreo	Au-g/TM	Ag-g/TM	%Cu	%Pb	%Zn	%As	%Humedad
			Oro-total	Plata-total	Cobre	Plomo	Zinc	Arsénico	
			E.F	E.F	AA	AA	AA	EDL	GM
	NSO050010	18/05/17	4.95	4.00					
	NSO100020	18/05/17	0.50	1.80					
	NSO150030	18/05/17	109.65	21.10					
	NSO200040	18/05/17	4.80	9.40					
	NSO550050	18/05/17	1.55	13.15					



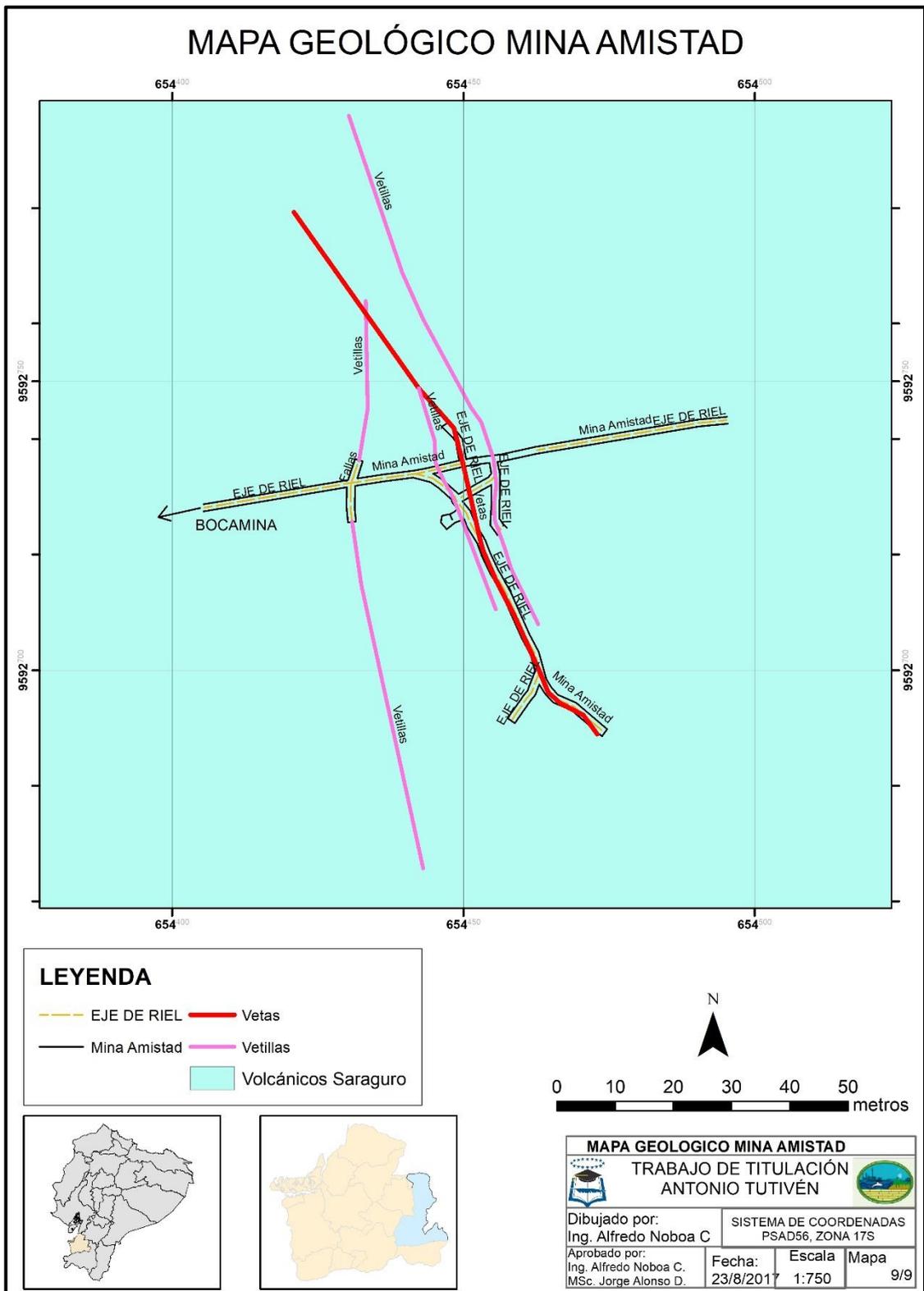
Ing. Químico Julio Rigchag G.
Reg. SENESCYT 1011-08-840900



GoldenLab
LABORATORIO QUÍMICO METALÚRGICO
Tec. Edwin Aguilar
CANCELADO

Dirección: Av. Principal Portovelo-Piñas, A pocos metros del Puente de la Florida, Junto a la chatarrera.

5. Mapas



Mapa 9. Mapa geológico Mina Amistad
Fuente: Autor