



UNIVERSIDAD DEL AZUAY
FACULTAD DE CIENCIA Y TECNOLOGÍA
ESCUELA DE INGENIERÍA EN MINAS

**Caracterización mineralógica y evaluación de reservas del
macizo rocoso de La Josefina.**

Trabajo de graduación previo a la obtención del título de:
INGENIERO EN MINAS

Autores:

ANGÉLICA MARÍA CALLE PADILLA
DOMÉNICA JULIETA LÓPEZ ULLAURI

Director:

CARLOS FEDERICO AUQUILLA TERÁN

CUENCA, ECUADOR

2017

DEDICATORIA

A Dios y a la Virgen Purísima de Macas por haberme dado salud y las fuerzas necesarias para lograr esta meta, además de su amor e infinita bondad.

A mis Padres, Blanca Padilla y Augusto Calle que son el pilar fundamental en mi vida, gracias por toda la confianza depositada en mí, por sus innumerables sacrificios, por su amor, sus consejos y su apoyo incondicional. Gracias por educarme y perdonar todos mis errores. Todo lo que soy se los debo a ustedes. Les amo con todo mi corazón.

A mis hermanos, sobrinos y cuñado que son parte importante en mi vida les agradezco por siempre estar conmigo en las buenas y en las malas, por su cariño y la motivación en la culminación de mi carrera profesional.

A dos personas muy especiales en mi vida, Edwin Padilla y Carlos Vélez quienes estuvieron desde el inicio de esta etapa apoyándome y brindándome todo su cariño. Gracias por todo. Les quiero.

A toda mi familia y amigos que de una u otra manera han contribuido para el logro de mis objetivos.

Angélica Calle Padilla.

Este trabajo le dedico primero a Dios por haberme dado la fuerza y la voluntad para seguir adelante y cumplir con mi sueño.

A mis padres, Estuardo López y Julieta Ullauri, por haberme brindado siempre su apoyo, confianza y sabiduría, por siempre escucharme y aconsejarme. Les agradezco por aceptarme como soy y brindarme su amor incondicional, siempre fueron y serán mi ejemplo a seguir. Les amo con todo mí ser. Gracias por todo lo que hacen día a día por mí ya que gracias a eso soy lo que soy.

A mis hermanos, Xavier, Irina y Simoné, que siempre estuvieron pendientes de mí, me brindaron su cariño incondicional, siempre van a ser el motor de mi vida, gracias por ser como son, gracias a ustedes soy una mejor persona. Ustedes son demasiado importantes en mi vida le amo con todo el corazón.

Quiero dedicar esta tesis también a mis dos abuelitas y a mi Tío Klever que de alguna u otra manera siempre estuvieron pendientes de mí brindándome su apoyo y sus palabras de aliento para seguir adelante.

A mis dos abuelitos, que lamentablemente nunca los pude conocer, pero sé que desde el cielo siempre me cuidaron y me protegieron.

Y por último a todos mis compañeros y amigos, que siempre estuvieron ahí apoyándome, me brindaron su amistad y cariño su incondicional, a todos ellos que estuvieron para mí en las buenas y en las malas, gracias muchas gracias.

Doménica López Ullauri.

AGRADECIMIENTO

En este trabajo queremos agradecer a todos los docentes de la facultad de Ciencia y Tecnología de la Universidad del Azuay que de alguno u otra manera colaboraron en la realización de esta tesis.

A nuestro director de tesis, el Ing. Federico Auquilla, quien nos brindó sus conocimientos, experiencias y tiempo para la realización y culminación de este trabajo. Gracias por habernos brindado su amistad y motivación en todo este tiempo.

También queremos agradecer al Ing. Fernando Valencia, Ing. Patricio Feijoo, Dr. Juanito Calderón y todos nuestros profesores, quienes estuvieron pendientes y aportaron con un granito de arena para la realización de este trabajo y además nos ayudaron para nuestra formación como futuras profesionales. Nuestros más sinceros agradecimientos por habernos brindado su amistad y conocimiento.

También queremos agradecer a cada uno de nuestros compañeros por ser parte de nuestras vidas y por los buenos y malos momentos que compartimos durante esta etapa universitaria.

Angélica y Doménica.

CONTENIDO

DEDICATORIA	ii
AGRADECIMIENTO	iv
INDICE DE FIGURAS	viii
ÍNDICE DE TABLAS	x
ÍNDICE DE ANEXOS.....	xi
RESUMEN.....	xii
ABSTRACT	xiii
INTRODUCCIÓN	1
CAPÍTULO I: GENERALIDADES.....	3
1.1 Objetivos.....	3
1.1.1 Objetivo general.....	3
1.1.2 Objetivos específicos	3
1.2 Alcance	3
1.3 Datos Generales	4
1.3.1 Ubicación.....	4
1.3.2 Acceso.....	6
1.4 Antecedentes de la zona.....	7
1.4.1 Factores Técnicos	7
1.4.2 Factores Legales	8
CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO.....	9
2.1 Geología.....	9
2.1.1 Formación Biblián	9
2.1.2 Formación Yunguilla	9
2.1.3 Formación Tarqui.....	10
2.2 Microscopio petrográfico o microscopio de luz polarizante	12
2.3 Mineralogía y propiedades ópticas de los minerales	12
2.3.1 Color y Pleocroísmo	13
2.3.2 Exfoliación.....	13
2.3.3 Índice de refracción.....	14

2.3.4	Relieve o refringencia	14
2.3.5	Isotropía	14
2.3.6	Anisotropía.....	15
2.3.7	Birrefringencia	15
2.3.8	Ángulo de extinción.....	17
2.3.9	Maclas	17
2.3.10	Alteración.....	18
2.3.11	Forma y Hábito	18
2.4	Técnicas de análisis	20
2.4.1	Láminas delgadas.....	20
2.4.2	Análisis químico	20

CAPÍTULO III: CARACTERIZACIÓN MINERALÓGICA DE LA ZONA DE ESTUDIO A TRAVÉS DE LÁMINAS DELGADAS..... 21

3.1	Selección y recolección de muestras	21
3.2	Guía técnica para la elaboración de láminas delgadas.....	25
3.3	Reconocimiento de minerales y tipo de roca de la zona de estudio	30
3.3.1	Tipo de roca	30
3.3.2	Posicionamiento del microscopio	34
3.3.2.1	Disposición Ortoscópica	34
3.3.2.2	Disposición Cronoscópica	35
3.4	Propiedades ópticas de los minerales presentes en las láminas delgadas	35

CAPÍTULO IV: ANÁLISIS QUÍMICO..... 65

4.1	Análisis de la muestra N° 63	68
4.5	Análisis de la muestra N° 64	69
4.6	Análisis de la muestra N° 69	70

CAPÍTULO V: ANÁLISIS Y COMPARACIÓN DE RESULTADOS..... 71

5.1	Análisis	71
5.2	Comparación.....	72

CAPÍTULO VI: DISEÑO PRELIMINAR DE EXPLOTACIÓN.....	75
6.1 Generalidades	75
6.2 Criterios para el diseño de la explotación.....	76
6.3 Factores geométricos de estabilidad	77
6.3.1 Diseño de taludes	77
6.3.2 Explotación	78
6.4 Condición actual del terreno	79
6.5 Volumen de extracción	80
6.6 Etapas de explotación	81
6.6.1 Primera Etapa.....	82
6.6.2 Segunda Etapa.....	84
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	87
BIBLIOGRAFÍA.....	89
ANEXOS	92

INDICE DE FIGURAS

Figura 1.1 Mapa de ubicación de la zona de estudio	5
Figura 1.2 Mapa de acceso a la zona de estudio	6
Figura 2.1 Mapa geológico de la zona.	11
Figura 2.2 Partes del microscopio	12
Figura 2.3 Color y pleocroísmo de un mineral	13
Figura 2.4 Relieve de un mineral	14
Figura 2.5 Escala de Birrefringencia.....	16
Figura 2.6 Ángulo de extensión de los minerales	17
Figura 2.7 Macla simple en un cristal automorfo de hornblenda.....	17
Figura 2.8 Alteración de un mineral (Alteración de una biotita (marrón), con transformación a clorita (verde)).....	18
Figura 2.9 Forma de un mineral	19
Figura 2.10 Hábito de un mineral	19
Figura 3.1 Malla de Muestreo.	22
Figura 3.2 Recolección de muestras.....	23
Figura 3.3 Zona de Muestreo, área de cultivos.	23
Figura 3.4 Zona de Muestreo, área poblada.	24
Figura 3.5 Muestras de la nueva malla de muestreo.	24
Figura 3.6 Cortadora de disco diamantado.	25
Figura 3.7 Corte primario de la muestra en la máquina.	25
Figura 3.8 Primer corte de las muestras.	26
Figura 3.9 Pulido manual de las muestras.....	26
Figura 3.10 Pegado de las muestras.	27
Figura 3.11 Muestras pegadas en el portaobjetos.	27
Figura 3.12 Máquina de corte y desbastación de láminas delgadas.....	28
Figura 3.13 Corte secundario de las muestras.....	28
Figura 3.14 Pulido primario de la muestra.....	28
Figura 3.15 Pulido de las muestras a un espesor aproximado de 0.5mm.....	29
Figura 3.16 Reconocimiento de los minerales en el microscopio.....	29
Figura 3.17 Minerales y sus porcentajes presentes en la Andesita	31
Figura 3.18 Clasificación de las Rocas	33
Figura 4.1 Esquema de Streckeisen o Diagrama QAFP	67

Figura 4.2 Diagrama QAFP de la muestra N° 63	68
Figura 4.3 Esquema QAFP de la muestra N° 64.....	69
Figura 4.4 Esquema QAFP de la muestra N° 69.....	70
Figura 6.1Diseño de Explotación en una cantera.....	76
Figura 6.2 Esquema de explotación	78
Figura 6.3 Diseño de plataformas	78
Figura 6.4 Imagen Satelital	79
Figura 6.5 Modelo digital del terreno - Condiciones actuales	79
Figura 6.6 Perfil de explotación	81
Figura 6.7 Primer bloque de explotación	82
Figura 6.8 Segundo bloque de explotación	82
Figura 6.9 Tercer bloque de explotación.....	83
Figura 6.10 Cuarto bloque de explotación	83
Figura 6.11 Quinto bloque de explotación.....	84
Figura 6.12 Sexto bloque de explotación.....	84
Figura 6.13 Séptimo bloque de explotación.....	85
Figura 6.14 Octavo bloque de explotación	85
Figura 6.15 Noveno bloque de explotación	86

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 2.1 Calificativos para definir el hábito.....	19
Tabla 3.1 Minerales y sus porcentajes presentes en la Dacita.	30
Tabla 3.2 Minerales y sus porcentajes presentes en la Tonalita	32
Tabla 3.3 Propiedades ópticas de los minerales.....	36
Tabla 3.4 Ficha N° 1 de la muestra N° 2	37
Tabla 3.5 Ficha N° 2 de la muestra N° 5	39
Tabla 3.6 Ficha N° 3 de la muestra N° 6	41
Tabla 3.7 Ficha N° 4 de la muestra N° 7	43
Tabla 3.8 Ficha N° 5 de la muestra N° 22	45
Tabla 3.9 Ficha N° 6 de la muestra N° 24	47
Tabla 3.10 Ficha N° 7 de la muestra N° 25	49
Tabla 3.11 Ficha N° 8 de la muestra N° 28	51
Tabla 3.12 Ficha N° 9 de la muestra N° 29	52
Tabla 3.13 Ficha N° 10 de la muestra N° 31	53
Tabla 3.14 Ficha N° 11 de la muestra N° 41	54
Tabla 3.15 Ficha N° 12 de la muestra N° 47	55
Tabla 3.16 Ficha N° 13 de la muestra N° 49	56
Tabla 3.17 Ficha N° 14 de la muestra N° 51	57
Tabla 3.18 Ficha N° 15 de la muestra N° 59	58
Tabla 3.19 Ficha N° 16 de la muestra N° 61	59
Tabla 3.20 Ficha N° 17 de la muestra N° 63	60
Tabla 3.21 Ficha N° 18 de la muestra N° 64	61
Tabla 3.22 Ficha N° 19 de la muestra N° 68	63
Tabla 3.23 Ficha N° 20 de la muestra N° 69	64
Tabla 4.1 Minerales y sus porcentajes presentes en la muestra N° 63 según el análisis químico.....	68
Tabla 4.2 Minerales esenciales y sus porcentajes re-calculados.....	68
Tabla 4.3 Minerales y sus porcentajes presentes en la muestra N° 64 según el análisis químico.....	69
Tabla 4.4 Minerales esenciales y sus porcentajes re-calculados.....	69
Tabla 4.5 Minerales y sus porcentajes presentes en la muestra N° 69 según el análisis químico.....	70
Tabla 4.6 Minerales esenciales y sus porcentajes re-calculados.....	70

ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo 1 Coordenadas de los puntos de muestreos	92
Anexo 2 Mapa de los nuevos puntos de muestreos.....	94
Anexo 3 Análisis químico de la muestra N° 63	95
Anexo 4 Análisis químico de la muestra N° 64	97
Anexo 5 Análisis químico de la muestra N° 69	99
Anexo 6 Análisis de Fluorescencia de Rayos	101
Anexo 7 Condiciones de flujo de agua y presión intersticial para la sección del ábaco de cálculo	102
Anexo 8 Ábaco N° 5 de Hoek y Bay.....	103

CARACTERIZACIÓN MINERALÓGICA Y EVALUACIÓN DE RESERVAS DEL MACIZO ROCOSO DE LA JOSEFINA.

RESUMEN

El presente trabajo tiene como objetivo determinar el tipo de roca que conforma la zona de “La Josefina” y su viabilidad de ser considerado como material de construcción, para lo cual se realizó láminas delgadas, siendo necesario una recolección de muestras, recopilación de información de la zona de estudio, identificación de los minerales y comparación de los resultados con DRX, delimitación de la zona más apta para una posible explotación y elaboración de un diseño de explotación preliminar. Después de haber aplicado las dos técnicas de análisis se determinó que la roca existente en “La Josefina” es Tonalita y aplicando solo la técnica de láminas delgadas se determinó que en la zona de estudio existen rocas tipo Andesita y Dacita.

Palabras claves: láminas delgadas, DRX, material de construcción, Tonalita, Andesita y Dacita.

Carlos Federico Auquilla Terán

Director de Trabajo de Titulación

Fernando Tulio Valencia Guaricela

Director de Escuela

Angélica María Calle Padilla

Doménica Julieta López Ullauri

Autoras

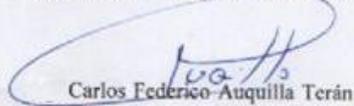
ABSTRACT

MINERALOGICAL CHARACTERIZATION AND RESERVES EVALUATION OF LA JOSEFINA ROCK MASSIF.

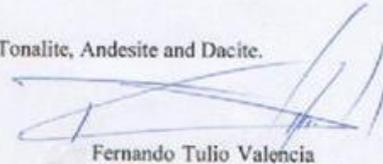
ABSTRACT

This work aimed to determine the type of rock found in the area of "La Josefina" and its feasibility to be considered as construction material. Hence, before conducting an analysis through thin sheets, it was necessary to collect samples and information from the study area, identifying the minerals and comparing results with X-ray diffraction (XRD), so as to delimitate the most suitable area for possible exploitation. Then, the elaboration of a preliminary exploitation design was performed. After applying the two techniques of analysis, it was determined that the existing rock in "La Josefina" is Tonalite. By using only the Thin Sheets technique, it was determined that there are Andesite and Dacite- type rocks in the study area, which like Tonalite are suitable for use as construction material.

Keywords: thin films, XRD, construction material, Tonalite, Andesite and Dacite.

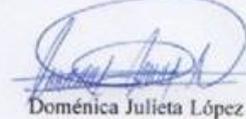

Carlos Federico Auquilla Terán

Thesis Director


Fernando Tulio Valencia

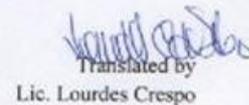
School Director


Angélica María Calle Padilla


Doménica Julieta López

Authors


UNIVERSIDAD DEL
UAY
Idiomas


Translated by
Lic. Lourdes Crespo

Calle Padilla María Angélica

López Ullauri Doménica Julieta

Trabajo de Titulación

Ing. Carlos Federico Auquilla Terán

Junio, 2017

CARACTERIZACIÓN MINERALÓGICA Y EVALUACIÓN DE RESERVAS DEL MACIZO ROCOSO DE LA JOSEFINA.

INTRODUCCIÓN

Debido a que la información que existe de la zona de estudio es muy general, se asume que todo el sector de La Josefina está conformado por un solo tipo de roca.

Por lo que, es importante realizar una caracterización y evaluación mineralógica del macizo rocoso presente en el lugar de tal manera que, la información obtenida mediante el estudio nos permita determinar el potencial de la zona de estudio como área de abastecimiento de material para la industria de la construcción.

A través del método de las láminas delgadas se puede establecer la composición mineralógica de una roca, aprovechando las propiedades ópticas que presentan los minerales no metálicos y de esta manera determinar el tipo de roca presente en la zona de estudio.

El método tradicional de caracterización de una roca se basa en la simple observación in-situ; en este proyecto de investigación proponemos un método poco utilizado en la zona de estudio, el mismo que servir como una guía para la caracterización mineralógica de otros lugares del Austro. El objetivo de este trabajo es determinar el tipo de roca que conforma la zona de La Josefina y su viabilidad de ser considerado como material de construcción.

CAPÍTULO I

GENERALIDADES

1.1 Objetivos

1.1.1 Objetivo general

El objetivo del presente trabajo es determinar el tipo de roca que conforma la zona de La Josefina y su viabilidad de ser considerado como material de construcción.

1.1.2 Objetivos específicos

Para este trabajo se han planteado tres objetivos específicos que son:

- Detallar la composición mineralógica de la roca de la zona de estudio
- Realizar una comparación de la composición mineralógica de roca basándose en láminas delgadas y análisis químico
- Realizar el diseño de explotación preliminar.

1.2 Alcance

- Se espera, mediante la elaboración del proyecto con base a la información recopilada, poder realizar la caracterización mineralógica de la zona de La Josefina y determinar si el material presente en la zona es apto para la industria de la construcción.
- También se contará con una base de láminas delgadas que servirán como elemento didáctico para la formación de los estudiantes de la carrera de Ingeniería en Minas.

- El informe de trabajo de titulación servirá además como guía práctica para la elaboración de secciones delgadas.
- Además, se busca alcanzar que los resultados de este proyecto sean aplicables no solamente a la zona de estudio, sino pueda servir como una guía para la caracterización mineralógica donde se tenga poca información de otras zonas del Austro.
- Determinar una zona apta para la extracción de materiales de construcción y realizar el diseño de explotación de esa zona.

1.3 Datos Generales

1.3.1 Ubicación

El área de estudio se localiza entre el límite político de la parroquia San Cristóbal, perteneciente al cantón Paute provincia del Azuay, comprendido en las siguientes coordenadas: PP: 737000,9687000 – P1: 740000,9687000 – P2: 737000,9686000 – P3: 740000,9686000 coordenadas tomadas en el sistema UTM – WGS 1984 – Zona 17S, abarcando un área de 300 ha.

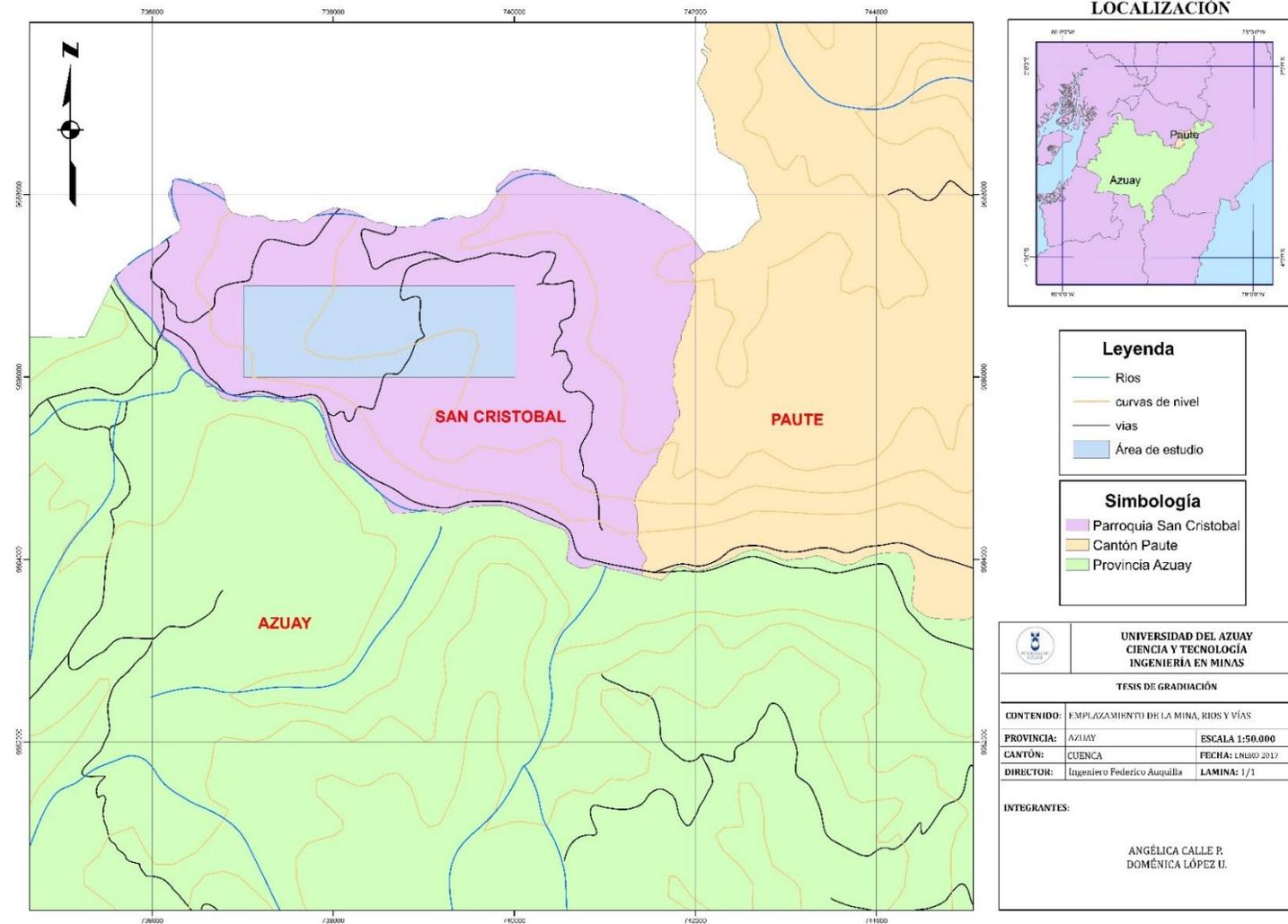


Figura 1.1 Mapa de ubicación de la zona de estudio

1.3.2 Acceso

El área de estudio se encuentra localizado en la zona “El Tاهual – Josefina”, perteneciente a la parroquia San Cristóbal, cantón Paute, provincia del Azuay.

Para acceder a la zona de estudio se debe avanzar por la Panamericana Norte, en dirección Cuenca – El Descanso, y aproximadamente a 2.5km desde la “Y” de El Descanso se toma el camino de tercer orden que se dirige a la parte alta de las concesiones mineras “Victoria”, “Victoria I” y “Victoria II”.

Para llegar a la otra zona de estudio se debe tomar la Panamericana Norte hasta la “Y” de El Descanso y tomar la vía hacia “San Cristóbal” para ingresar a la parte posterior del cerro “Tamuga” más conocido como “La Josefina”.



Figura 1.2 Mapa de acceso a la zona de estudio

Fuente: (Imagen satelital recuperada de Google Earth, 2017)

1.4 Antecedentes de la zona

La noche del 29 de marzo de 1993 se produjo uno de los sucesos más catastróficos en la historia del país denominado el “Desastre de la Josefina”. En este hecho se produjo el colapso del cerro Tamuga ocasionando dos deslaves dando como resultado el taponamiento del Río Paute y Jadán, por un embalse constituido por una mezcla de tierra y piedras, de aproximadamente 200 millones de metros cúbicos.

Este suceso se produjo por algunos factores que aportaron al colapso del cerro, tales como:

- La compleja geología de la zona atravesada por fallas y constituidas por materiales metamórficos fracturados y gran presencia de diaclasamiento al pie del cerro. (Sevilla, 1993)
- Condiciones de explotación anti técnicas, taludes verticales con presencia de materiales muy fracturado, en la base del carretero entre El Descanso y Paute.

A partir del año de 1999, esta zona ha sido sometida a tres procesos de estabilización, en los que se retiró material con el fin de evitar un inminente deslizamiento, mismo que fue aprovechado por organismos seccionales para realización de obras de infraestructura pública.

1.4.1 Factores Técnicos

El Cerro Tamuga se encuentra ubicado en el sector de “La Josefina”, 20 km al noroeste de la ciudad de Cuenca, está constituido principalmente por rocas tonalitas, cuyas características lo convirtieron en un atractivo para la industria minera orientada a la extracción de pétreos.

Las actividades mineras se empezaron a desarrollar de manera descontrolada, ya que la extracción se realizaba sin control, pudiéndose observar claramente deformaciones en la vía y descompensación del cerro.

Un año después del “Desastre de la Josefina”, el Gobierno Nacional en convenio con el Cuerpo Suizo de Socorro en caso de catástrofes, realizaron el proyecto denominado PRECUPA (Prevención Ecuador Cuenca Paute) cuyo objetivo era realizar estudios de fenómenos y amenazas basándose en seis campos de acción como: Topografía/Geodesia, Geología, Hidrometeorología, Sismología, Limnología y Difusión y participación. Este estudio abarcó un área 3700 km², incluido el sector de “La Josefina” (área de estudio), el informe del proyecto PRECUPA demostró que el Cerro Tamuga se desplaza aproximadamente 3.8 cm/año. (Basabe, 1998).

1.4.2 Factores Legales

Como efecto del desastre natural ocurrido en el sector “La Josefina”, jurisdicción de los cantones Cuenca, Paute y Gualaceo de la provincia del Azuay, se deslizó millones de metros cúbicos de material.

“Luego de 19 años de abandono, en los cuales se explotó en forma indiscriminada los áridos en la cuenca del Río Paute, se deterioró el entorno natural y se puso en grave riesgo la estabilidad hidrogeológica de la zona. Con decisión política, el 17 de junio de 2010 se inició el Plan de Remediación Ambiental y Social, cuando el Econ. Rafael Correa, expidió el Decreto Ejecutivo No. 389, que declara el Estado de Excepción en la Zona 1 de “La Josefina”, debido, según los estudios que motivaron dicha decisión, a factores de riesgo, inestabilidad, vulnerabilidad, así como debilidad estructural de los cerros colindantes, que constituían un verdadero atentado a la seguridad de la población de esta región”.

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

2.1 Geología

Descrita en el mapa geológico de la Corporación de Desarrollo e Investigación Geológico Minero - Metalúrgica (CODIGEM) en la Dirección General de Geología y Minas DGGM, 1974, el área de estudio se encuentra ubicado dentro de las formaciones Biblián, Yunguilla y Tarqui las cuales se describirán a continuación:

2.1.1 Formación Biblián

La formación Biblián está constituida por lutitas laminadas de colores predominantemente rojizos, suelos residuales arcillosos, plásticos y muy blandos. Esta formación está compuesta también de arcillolitas color morado y verde intercalado con areniscas fino granulares y vetas discordantes de yeso y azufre. Fue depositada en un ambiente de llanura aluvial. En la zona del “El Descanso” existe un afloramiento de andesitas y tobas.

2.1.2 Formación Yunguilla

La formación Yunguilla constituida predominantemente por argilitas negras variando a arcillas café, oscuras o negras. La silicificación es común y se encuentran calizas y concentraciones carbonatadas en toda la secuencia, así como intercalación de lavas

andesíticas. Corresponde a una edad cretácica, y se compone de lutitas, gravas y conglomerados; limita al sur con la zona de Cuenca.

2.1.3 Formación Tarqui

La formación Tarqui del Cuaternario sobreyacen en discordancia a las formaciones Biblián y Yunguilla y principalmente está formada por material volcánico existiendo un predominio de los piroclastos, compuestos de tobas ácidas blancas y rojas, además de aglomerados andesíticos. Es característica la presencia de abundantes cristales euhedrales bipiramidales de cuarzo que se encuentran en pequeños bolsillos residuales en la superficie. (Hungerbuhler & Steinmann, 1996).

La formación Tarqui se asigna una edad Mioceno tardío (Dunkley & Gaibor, 1997) aunque es intruída por una dacita subvolcánica.

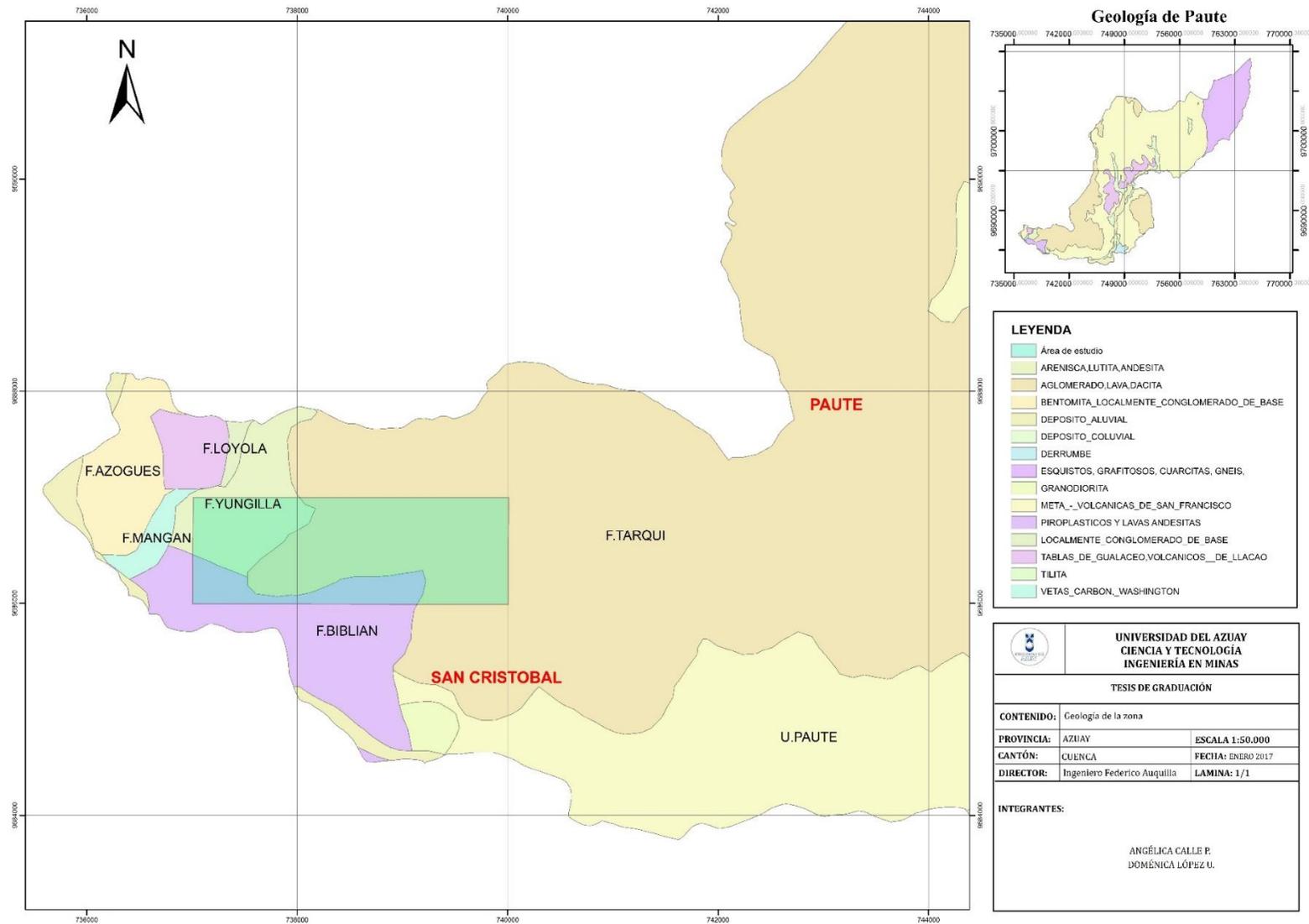


Figura 2.1 Mapa geológico de la zona.

2.2 Microscopio petrográfico o microscopio de luz polarizante

Este método de estudio se utiliza para el reconocimiento de minerales no metálicos o translucidos, a través de un microscopio de luz polarizante, compuesto por una platina o base giratoria y dos filtros polarizadores, el uno denominado polarizador que se ubica debajo de la base giratoria y otro conocido como analizador que se encuentra encima de la base. La diferencia en la luz que utiliza este Microscopio es que ésta vibra en un solo plano, mientras que la luz ordinaria vibra en todas las direcciones. (MacKenzie y Adams A. E, 1997, p. 9)

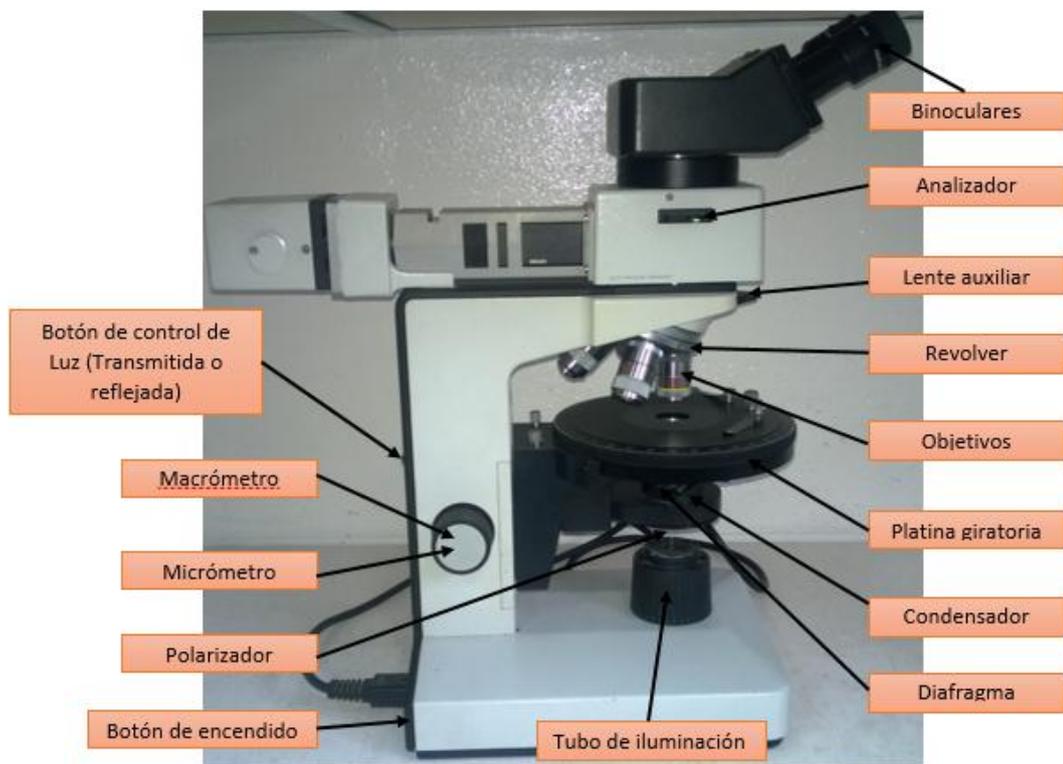


Figura 2.2 Partes del microscopio

2.3 Mineralogía y propiedades ópticas de los minerales

Para el reconocimiento de los minerales presentes en las rocas recolectadas en la zona de estudio utilizaremos el método denominado mineralogía óptica. “La mineralogía o microscopía óptica es una técnica que se utiliza para la determinación de minerales a partir de las propiedades ópticas que estos presentan” (Picot y Zdeněk, 1982, p.17) tales como:

2.3.1 Color y Pleocroísmo

Muchos de los minerales presentan cierto color viéndole a simple vista, sin embargo, al realizar láminas delgadas estos minerales se vuelven incoloros. El color es el efecto que se da cuando la luz blanca atraviesa el mineral y este cambia debido a la absorción selectiva de ondas esta propiedad es conocida como el color de absorción. Mientras que el pleocroísmo es un efecto o fenómeno que se da dependiendo de la orientación de los cristales de los minerales con respecto al plano polarizante del microscopio. (Picot P, y Zdeněk J, 1982, p. 17)

El color es unas de las propiedades ópticas más útiles para el reconocimiento de los minerales ya que esta característica permite reconocer con facilidad los cristales de los minerales presentes. Tanto el color como el pleocroísmo se deben describir con mucha precisión; para definir el pleocroísmo se pueden utilizar términos como débil, marcado, intenso o muy intenso. (Gil, 2009)



Figura 2.3 Color y pleocroísmo de un mineral

Fuente: (Gil, 2009)

2.3.2 Exfoliación

Es la propiedad que presentan algunos minerales de partirse o separarse en una dirección en particular, generalmente la exfoliación es paralela a las caras cristalinas. (MacKenzie W.S y Adams A. E, 1997, p. 16). Por lo general, los minerales siempre se dividen por los planos más débiles o de menor cohesión. Esta propiedad es muy utilizada para identificar minerales que, morfológicamente, no se ha desarrollado bien. (MacKenzie W.S y Adams A. E, 1997, p. 16)

2.3.3 Índice de refracción

Es una de las propiedades óptica de los minerales que depende de la velocidad de la luz, la densidad del mineral y la interface porta-objetos – mineral. Es muy difícil determinar un valor cuantitativo de esta propiedad, pero se puede estimar mediante el estudio del relieve de los minerales. (Picot P., y Zdeněk J., 1982, p. 18)

2.3.4 Relieve o refringencia

Es una propiedad definida como la intensidad de la sombra que presenta el mineral al borde de sus cristales. Los Minerales que no presentan color y tienen un índice de refracción similar a sus contiguos y al epoxi no presentan sus límites bien definidos.

Cuando el índice de refracción entre los minerales contiguos es muy diferente, se forma una línea brillante en el límite de contacto entre minerales, a este fenómeno se lo conoce como línea de Becke. (MacKenzie W.S y Adams A. E, 1997, p. 18)

El relieve se lo describe como: bajo, medio, alto, etc.

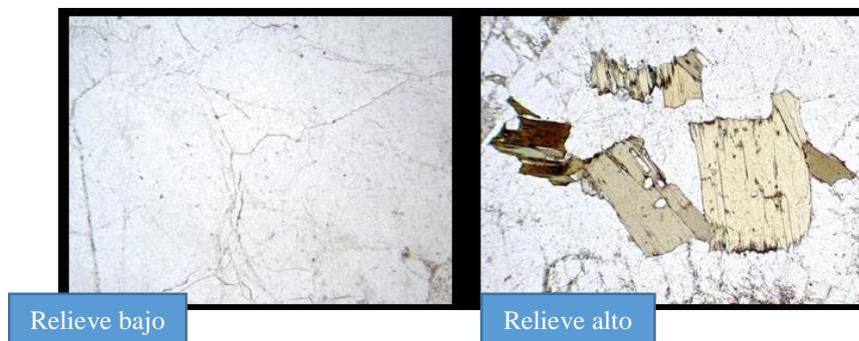


Figura 2.4 Relieve de un mineral

Fuente: (Gil, 2009)

2.3.5 Isotropía

“Es una propiedad que presenta ciertos minerales, la cual es independiente de la dirección de propagación de la luz”. (Raith, M., Raase, P., y Reinhardt, J, 2012, p. 62). Según Gil (2009) esta propiedad se presenta generalmente en materiales amorfos (sin forma) tales como vidrio, líquidos y gases, y los minerales cuyos cristales presentan un sistema de cristalización cúbico.

2.3.6 Anisotropía

Esta propiedad óptica es dependiente de la dirección de propagación de la luz y es una propiedad que presenta la mayoría de los minerales de los cuales se conoce su existencia. (Raith, M., Raase, P., y Reinhardt, J, 2012, p. 64). Es decir, en un mineral anisótropo existen variaciones en los índices de refracción por lo que la luz que atraviesa no se transmite a la misma velocidad en las diferentes direcciones en las que se ubica la lámina. (Gil, 2009)

2.3.7 Birrefringencia

Existen minerales que presentan dos índices de refracción, a esta particular característica se la conoce como doble refracción o birrefringencia. La birrefringencia es la medida cuantitativa entre los índices máximo y mínimo de refracción de un mismo mineral. Es propiedad se da cuando la luz polarizada del microscopio choca contra los cristales presente en el mineral, este haz de luz se divide en dos rayos que poseen velocidades de propagación distintas formándose en los cristales una diferencia de fase. Al atravesar el mineral los rayos se cruzan entre sí mostrando una zona conocida como colores de interferencia. (MacKenzie W.S y Adams A. E, 1997, p. 22).

Estos colores de interferencia dependen principalmente de:

- La birrefringencia de la lámina delgada.
- Espesor de la lámina.
- Orientación de la placa con el mineral.

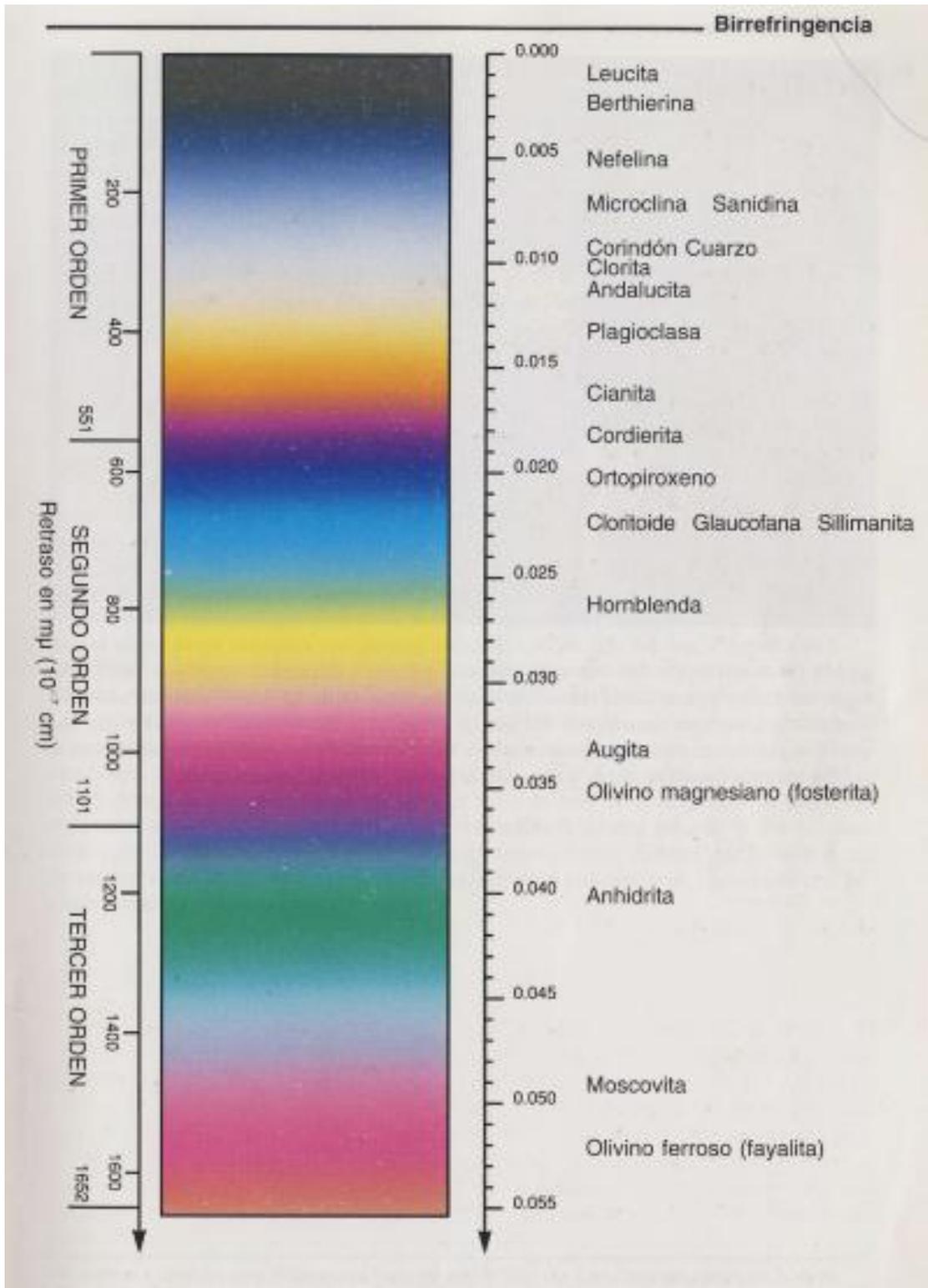


Figura 2.5 Escala de Birrefringencia

Fuente: (MacKenzie & Adams, 1997)

2.3.8 Ángulo de extinción

Es una propiedad óptica de los minerales en donde el color de birrefringencia cambia de intensidad cuando se gira la platina del microscopio petrográfico. La intensidad es casi nula cuando se realiza una rotación completa (90°). La posición de extinción de un cristal es el punto en donde ese cristal ya no deja pasar la luz, es decir está extinguido. El ángulo de extinción de un cristal es “el ángulo formado entre la posición de extinción y una dirección bien definida”. (MacKenzie W.S y Adams A. E, 1997, p. 26)

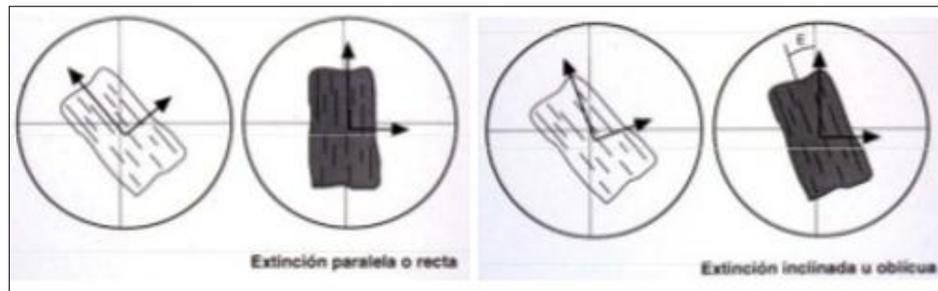


Figura 2.6 Ángulo de extinción de los minerales

Fuente: (Velilla, 2011)

2.3.9 Maclas

Gil (2009) define las maclas como la asociación de dos o más cristales pertenecientes a la misma especie mineral y que presentan relaciones cristalográficas entre ellos, esta propiedad es característica de ciertos minerales presentes lo cual facilita la identificación de los mismos. Si estas asociaciones se repiten múltiples veces en la lámina delgada se las denomina maclas polisintéticas o múltiples. (MacKenzie W.S y Adams A. E, 1997, p. 28)

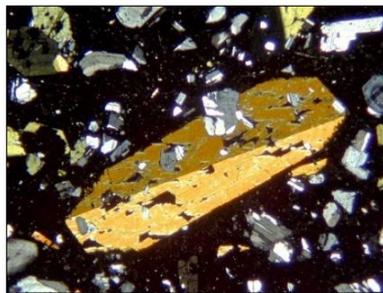


Figura 2.7 Macla simple en un cristal automorfo de hornblenda

Fuente: (Gil, 2009)

2.3.10 Alteración

“Generalmente la mayoría de los minerales presentan esta característica que se da debido al intemperismo”, es decir los minerales están sometidos a procesos de transformación debido a la presencia de agua, aire, viento, etc. (MacKenzie W.S y Adams A. E, 1997, p.30)

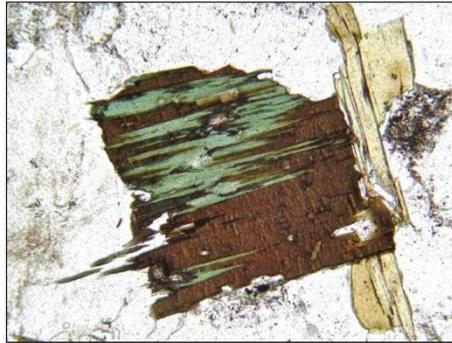


Figura 2.8 Alteración de un mineral (Alteración de una biotita (marrón), con transformación a clorita (verde))

Fuente: (Gil, 2009)

2.3.11 Forma y Hábito

Según Gil (2009) la forma se puede definir como la presencia de caras bien definidas de un mineral y según esta propiedad los minerales se clasifican en:

- *Automorfo*: También denominados minerales euhedral o idiomorfo y son los que tienen límites rectilíneos, es decir presentan caras bien definidas.
- *Subautomorfo*: También conocidos como minerales subhedrales o hipidiomorfo, y se denominan a aquellos minerales que carecen de una forma definida y presentan límites rectilíneos y curvos.
- *Xenomorfo*: Conocidos también como anhedral o alotriomorfos y son minerales que carecen de límites en sus caras.

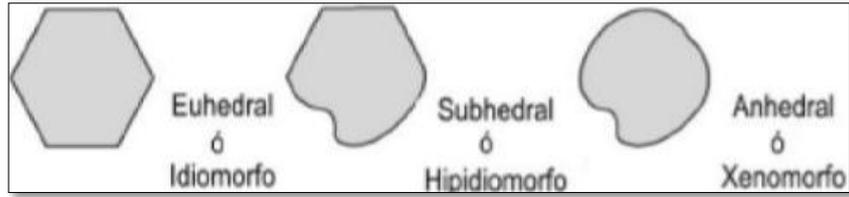


Figura 2.9 Forma de un mineral

Fuente: (Díaz, s.f)

MacKenzie W.S y Adams A. E (1997) define el término hábito como la forma que presentan los cristales en una muestra macroscópica, pero a diferencia de la forma esta propiedad es una observación en tres dimensiones. El hábito de los minerales se define a través de los siguientes términos:

Tabla 2.1 Calificativos para definir el hábito

CALIFICATIVO	FORMA
Acicular	Agujas (prismático muy alargado)
Prismático	Alargada corta.
Tabular	Paralelepípedo
Planar	Hojosa o plana
Fibroso	Muy alargada

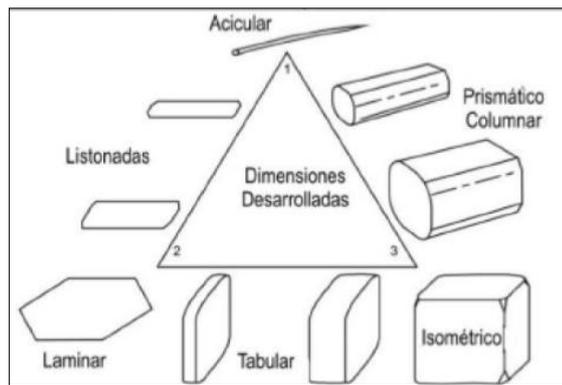


Figura 2.10 Hábito de un mineral

Fuente: (Díaz, s.f)

2.4 Técnicas de análisis

2.4.1 Láminas delgadas

Para la aplicación de la microscopía óptica es necesario realizar láminas delgadas que consiste en la elaboración de una sección de espesor aproximado de 30 micras, de tal manera que al colocar la placa en el microscopio polarizado permita atravesar la luz y de esta manera distinguir las características particulares de los minerales translucidos presentes en la muestra. (Gil, 2009).

2.4.2 Análisis químico

“El análisis químico permite determinar los elementos y grupos funcionales presentes en una sustancia mineral”. (Cornelis, 2001). Los análisis químicos de minerales se pueden realizar mediante varias técnicas analíticas, dentro de las cuales se encuentra la técnica de difracción de rayos X (DRX) que es una de las técnicas más eficaces para el análisis cuantitativo y cualitativo de fases cristalinas presente en una roca. Dentro del ámbito minero se utiliza esta técnica para la caracterización de minerales que presentan estructuras cristalográficas definidas, ya que la difracción de rayos X depende la interacción entre los rayos X y los cristales. (Betancourt. Et al, 2010)

Mediante esta técnica se puede determinar las sustancias minerales presentes, su porcentaje respecto al total de la muestra, etc.

El análisis de difracción de rayos X de las muestras recolectadas se lo realizará en el laboratorio de Química de la Universidad Técnica Particular de Loja (UTPL).

CAPÍTULO III

CARACTERIZACIÓN MINERALÓGICA DE LA ZONA DE ESTUDIO A TRAVÉS DE LÁMINAS DELGADAS.

3.1 Selección y recolección de muestras

Una vez determinada el área de estudio mediante mapas topográficos y geológicos de la zona, se trazó una malla de muestreo la cual nos permitió determinar las coordenadas de los puntos para la recolección de muestras. Anexo 1.

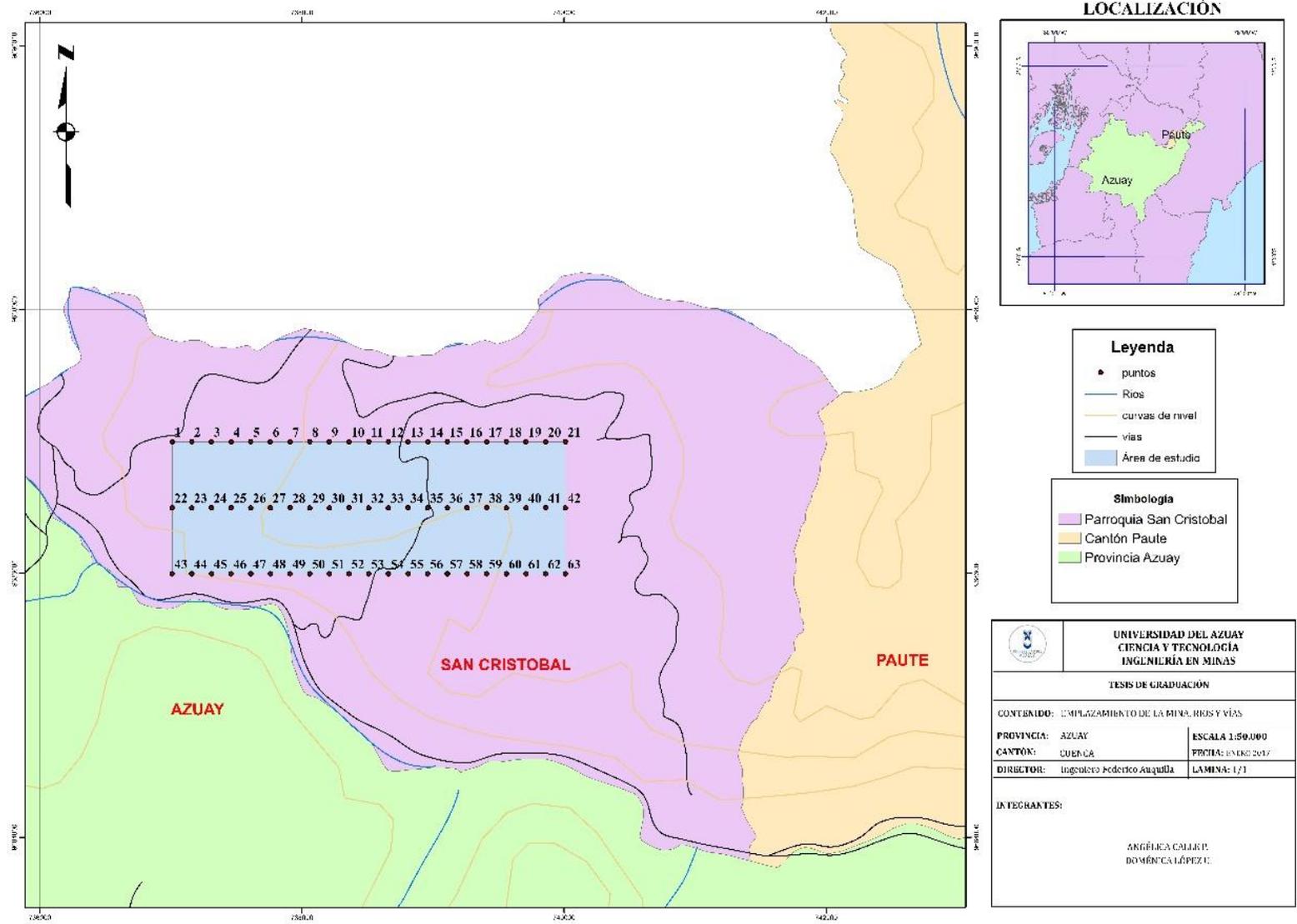


Figura 3.1 Malla de Muestreo.

Posteriormente se realizó la recolección de 63 muestras in - situ con la ayuda del GPS, se buscó los lugares más adecuados y representativos, en donde se tomaron las mejores muestras, éstas fueron enumeradas y depositadas en una funda, las cuales servirán para la elaboración de las láminas delgadas y su análisis químico.



Figura 3.2 Recolección de muestras.

Cuando se realizó el muestreo en la zona de estudio se pudo observar la presencia de áreas antrópicas, por lo cual se tuvieron que descartar un total de 26 muestras, debido a que al ser áreas intervenidas por el hombre las muestras recolectadas pueden presentar alguna alteración.



Figura 3.3 Zona de Muestreo, área de cultivos.



Figura 3.4 Zona de Muestreo, área poblada.

Debido a que se descartó un número considerable de muestra se optó por ampliar la malla de nuestro hacia el área de La Josefina, ya que se pudo observar que las rocas de esa área eran más competentes en su dureza y no estaban tan meteorizadas. Anexo 2.



Figura 3.5 Muestras de la nueva malla de muestreo.

En total se recolectaron 71 muestras, de las cuales se escogieron 20 para la realización de láminas delgadas, esta selección se realizó en base a su estructura que presentan y similitud mineralógica.

3.2 Guía técnica para la elaboración de láminas delgadas

Para la elaboración de las láminas delgadas se debe realizar el siguiente procedimiento:

1. Cortar las muestras en una cortadora de disco diamantado, de tal manera que el pedazo de roca obtenido sea de un tamaño adecuado el cual se pueda colocar en un portaobjetos.



Figura 3.6 Cortadora de disco diamantado.



Figura 3.7 Corte primario de la muestra en la máquina.



Figura 3.8 Primer corte de las muestras.

2. Cada muestra cortada deberá pasar a un proceso de devastación manual de una de sus caras, este pulido es importante ya que nos permite obtener una cara perfectamente plana, elimina las rayas generadas por el corte y evita que se generen burbujas al momento de pegarla en el portaobjetos.

Para el pulido se han utilizado lijas N^o 400, 600 y 800 respectivamente.



Figura 3.9 Pulido manual de las muestras.

3. Una vez pulido las muestras se procede al pegado, para esto utilizamos Epoxy UHU, este adhesivo contiene 2 componentes lo que permite conseguir una adhesión óptima y una unión uniforme, para que este proceso se cumpla la proporción de mezcla habitual debe ser de 1:1 en volumen (igual medida en los tubos); primero se debe colocar por separado cada componente y luego se procede al mezclado.

Sobre el portaobjetos se coloca la roca y se realiza una pequeña presión, de esta forma se evita que se generen burbujas.

Se recomienda dejar transcurrir mínimo 72 horas para una buena solidificación de la pega.



Figura 3.10 Pegado de las muestras.



Figura 3.11 Muestras pegadas en el portaobjetos.

4. Una vez secado el pegamento se procederá a colocar el portaobjetos en otra máquina de corte para la reducción del espesor de la muestra.



Figura 3.12 Máquina de corte y desbastación de láminas delgadas.



Figura 3.13 Corte secundario de las muestras.

5. Procedemos a colocar la muestra en la pulidora hasta obtener un espesor de 0.5mm.



Figura 3.14 Pulido primario de la muestra.



Figura 3.15 Pulido de las muestras a un espesor aproximado de 0.5mm.

6. Se realiza un pulido manual de las muestras hasta obtener un espesor de 30 micras aproximadamente, es importante que durante este pulido se vaya observando la lámina en el microscopio para evitar una sobre devastación de la muestra y que los cristales de los minerales pierdan su forma.
7. Colocamos las láminas en el microscopio polarizado y procedemos a realizar el reconocimiento de los cristales de los minerales presentes en cada una de las láminas.



Figura 3.16 Reconocimiento de los minerales en el microscopio.

3.3 Reconocimiento de minerales y tipo de roca de la zona de estudio

3.3.1 Tipo de roca

Según los datos y cartografía base del CODIGEM la roca existente en el área de estudio varía entre Dacita, Andesita y Tonalita.

3.3.1.1 Dacita

Según MacKenzie Et al (1996) la dacita es una roca ígnea volcánica cuyo equivalente en rocas plutónicas es la granodiorita, esta roca al igual que la granodiorita es de composición intermedia, es decir, que posee entre 52 y 66% de SiO₂. La diferencia entre estos dos tipos de rocas es que la dacita presenta una textura afanítica (grano fino) y la granodiorita tiene una textura fanerítica (grano grueso), tiene una dureza entre 5.5 y 6 según la escala de Mohs; está compuesta esencialmente por cuarzo, feldespato alcalino (ortoclasa), plagioclasas (oligoclasa – andesina) y minerales ferromagnesianos como hornblenda y biotita, además puede presentar minerales accesorios como piroxeno (augita), apatito, titanita y magnética. (National Audubon Society, 2008, p. 686)

Tabla 3.1 Minerales y sus porcentajes presentes en la Dacita.

MINERAL	PORCENTAJE
Cuarzo	10 – 35%
Feldespato potásico	20 – 40%
Plagioclasa	25 – 45%
Hornblenda	10 – 30%
Biotita	10 – 30%
Piroxeno	10 – 30%
Apatito	< 5%
Titanita	< 5%

Magnetita	< 5%
Ilmenita	< 5%

Fuente: (Dorronsoro, s/f y National Audubon Society, 2008)

3.3.1.2 Andesita

Según MacKenzie Et al (1996) la andesita es una roca volcánica de composición intermedia que tiene a la plagioclasa como mineral esencial en la pasta, además puede contener minerales ferromagnesianos como: biotita, piroxeno (Augita) y hornblenda.

La andesita presenta una textura afanítica – porfídica y posee una dureza de 5 – 6 en la escala de Mohs, tiene la misma composición que una Diorita y puede contener cuarzo, feldespato y piroxeno (hiperstena) como minerales accesorios y ocasionalmente puede presentar cristales de olivino (National Audubon Society, 2008, p. 687).

Figura 3.17 Minerales y sus porcentajes presentes en la Andesita

MINERAL	PORCENTAJE
Plagioclasa	> 90%
Hornblenda	25 – 40%
Biotita	25 – 40%
Piroxeno (Augita)	25 – 40%
Cuarzo	< 5%
Feldespato	< 5%
Piroxeno (hiperstena)	< 5%
Olivino	< 5%

Fuente: (Dorronsoro, s/f y National Audubon Society, 2008)

3.3.1.3 Tonalita

Al igual que la granodiorita la tonalita es una roca ígnea plutónica de composición intermedia formada principalmente por minerales como plagioclasas (oligoclasa y andesina), cuarzo, hornblenda y biotita, además minerales accesorios tales como piroxeno (augita), clorita, apatito y magnetita; también se encuentran feldespatos en cantidades muy pequeñas. (Olarde, 2003, p. 81)

Tabla 3.2 Minerales y sus porcentajes presentes en la Tonalita

MINERAL	PORCENTAJE
Cuarzo	10 – 35%
Plagioclasa	50 – 80%
Hornblenda	5 – 35%
Biotita	10 – 35%
Piroxeno	10 – 20%
Feldespatos potásicos	< 10%
Apatito	< 5%
Titanita	< 5%
Magnetita	< 5%

Fuente: (Dorronsoro, s/f, y Olarte, 2003)

Composición química		ÁCIDAS		INTERMEDIAS			BÁSICAS	ULTRA BÁSICAS
	SiO ₂	71.5%	65.3%	61.6%	60.4%	58.2%	48.6%	41.1%
	Al ₂ O ₃	14.%	16.1%	16.2%	17.0%	17.0%	16.2%	4.8%
	Fe O	2.9%	4.4%	6.3%	5.6%	6.9%	10.8%	11.1%
	Mg, Ca, Na, K (O)	9.9%	12.1%	13.7%	14.8%	15.4%	19.6%	38.1%

FORMAS DE YACIMIENTO	BATOLITOS LACOLITOS	PLUTÓNICAS O INTRUSIVAS	1'	Granito	Granodiorita	Cuarzodiorita (Tonalita)	Sienita	Diorita	Gabro	Diacasa	Peridotita	Fanerítica
	DIQUES LACOLITOS MANTOS		2'	Granito porfirico	Granodiorita porfirica	Cuarzodiorita porfirica	Sienita Porfirica	Diorita porfirica	Gabro porfirico		Basalto porfirica	Porfirítica
	COLADAS MANTOS	VOLCÁNICAS O EXTRUSIVAS	2'	Riolita porfirica	Dacita porfirica		Traquita porfirica	Andesita porfirica	Basalto	Afanítica		
			1'	Riolita	Dacita		Traquita	Andesita				

Minerales esenciales	Fd K > 2/3 del total de Fd	Fd K > 10% del total de Fd	Fd K < 10% del total de Fd	Fd K > 2/3 del total de Fd	Fd K < 10% del total de Fd		Fd poco o nada
		Fd Na-Ca > 2/3 del total de Fd			Fd Na-Ca > 2/3 del total de Fd		Olivino y/o augita
Minerales accesorios característicos		Fd Na			Fd Na	Fd Ca	
	Augita, hornblenda, biotita, moscovita	Augita, hornblenda, biotita		Augita, hornblenda, biotita, moscovita	Augita, hornblenda, biotita	Olivino y augita	

Figura 3.18 Clasificación de las Rocas

Fuente: (Olarde, 2003)

3.3.2 Posicionamiento del microscopio

Para el reconocimiento de los minerales es importante tomar en cuenta la posición en la que se encuentra el microscopio, debido a que de esto dependen las propiedades ópticas de los minerales que se pueden observar y determinar a través del microscopio. Existen dos disposiciones la una denominada Ortoscópica y la otra Cronoscópica. (Marcos, 2014)

3.3.2.1 Disposición Ortoscópica

Según Marcos (2014) mediante esta disposición del microscopio se puede determinar las siguientes propiedades ópticas:

LUZ POLARIZADA PLANA (LPNA)	LUZ POLARIZADA ANALIZADA (LPA)
Color	Ángulo de extinción
Pleocroísmo	Color de Interferencia
Forma y Hábito	Extinción
Crucero	Isotropía – Anisotropía
Relieve	Maclas y Zonación
Alteración	

Para ubicar el microscopio en esta disposición se debe seguir los siguientes pasos:

1. Encender el microscopio y colocar el porta-objetos sobre la platina giratoria.
2. Colocar el objetivo de bajo (5x) a medio aumento (20x) haciendo uso del revolver.
3. Enfocar la muestra haciendo uso del macrómetro y micrómetro del microscopio.
4. Retirar el lente del condensador y abrir el diafragma.
5. Según las propiedades que se necesita observar; colocar o retirar el analizador y la lámina auxiliar.

3.3.2.2 Disposición Cronoscópica

Según Marcos (2014) mediante esta disposición del microscopio se puede determinar la figura interferencia y el signo óptico.

Para ubicar el microscopio en esta disposición se debe seguir los siguientes pasos:

1. Encender el microscopio y colocar el porta-objetos sobre la platina giratoria
2. Colocar el objetivo de alto aumento (40x) haciendo uso del revolver
3. Insertar el lente del condensador y cerrar el diafragma
4. Colocar el analizador y el lente auxiliar.

3.4 Propiedades ópticas de los minerales presentes en las láminas delgadas

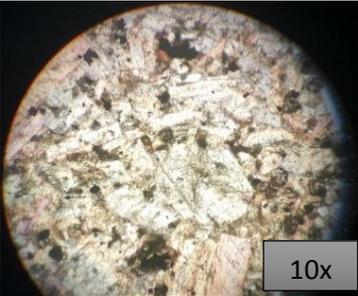
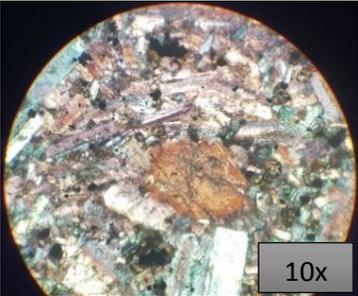
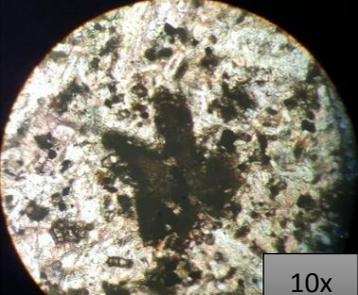
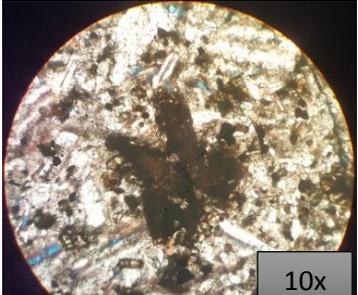
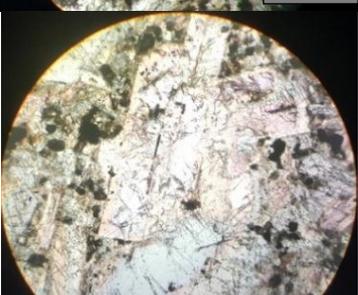
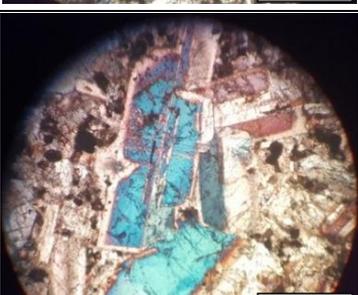
Como ya se mencionó en el capítulo anterior los minerales presentes en una roca se pueden identificar mediante las propiedades ópticas que esto poseen, por lo que en la siguiente tabla se presentan las propiedades necesarias para reconocer los diferentes minerales presentes en las rocas.

Tabla 3.3 Propiedades ópticas de los minerales

MINE- RAL	CUARZO	PLAGIOCLASA	FELDESPATO	HORNBLENDA	OLIVINO	BOTITA	PIROXENO (AUGITA)	EPIDOTA
PROPIEDADES								
SISTEMA DE CISTALIZACIÓN	Hexagonal	Triclínico	Monoclínico	Monoclínico	Rómbico	Monoclínico	Monoclínico	Monoclínico
COLOR	Incoloro	Incoloro	Incoloro - Opaco por alteración	Verde a Café	Incoloro (amarillo presencia de Fe)	Café, café amarillento y rojizo, verde	Incoloro	Amarillo verdoso - Incoloro
PLEOCROÍSMO	No presenta	No presenta	No presenta	Marcado - verde a marrón	No presenta	Marcado	Débil	Débil
FORMA	Cristales prismáticos - forma anhedral	Cristales euhedrales o anhedrales	Fenocristales subhedrales y anhedrales	Secciones seudo hexagonales - cristales raramente definidos	Cristales masivos	Tabular, en láminas y placas	Cristales subhedrales de 4 y 8 lados	Prismática, fibrosa y Hexagonal
MACLAS	No	Si	Si	Si	Si	No	Si	No
RELIEVE	Muy bajo	Bajo	Bajo	Alto	Medio a alto	Alto	Alto	Alto
COLOR DE INTERFERENCIA	Blanco - Primer orden	Gris a blanco - primer orden	Blanco a gris - Primer orden	Segundo Orden	Final del segundo orden y comienzo del tercer orden	Tercer orden	Segundo Orden	Amarilla a rosado - Segundo orden
BIRREFINGENCIA	Débil	Débil	Débil	Moderado	Muy Alta	Medio	Medio	Medio
EXTINCIÓN	Paralela a los cristales euhedrales	13 - 27°	De 5 - 13%	12 - 30°	Recta	1 - 6°	36 - 45°	65 - 90°
ROCAS DONDE SE ENCUENTRAN	Todo tipo de Roca	Rocas ígneas	Rocas ígneas	Rocas ígneas	Rocas ígneas	Rocas ígneas y metamórficas	Rocas ígneas y metamórficas	Rocas ígneas y metamórficas

Fuentes: (MacKenzie, 1996; Sámano y Navarro, s/f)

Tabla 3.4 Ficha N° 1 de la muestra N° 2

FICHA N° 1		MUESTRA N° 2	
UBICACIÓN	COORDENADA ESTE	737150	
	COORDENADA NORTE	9687000	
			
Roca Recolectada		Lámina Delgada	
TIPO DE ROCA		Andesita	
FOTOGRAFÍAS			
MINERALES PRESENTES	LPNA	LPA	
Hornblenda			
Biotita (Bt)			
Piroxeno (Hiperstena)			

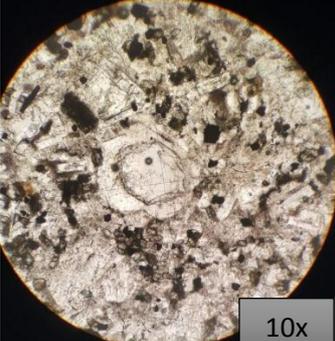
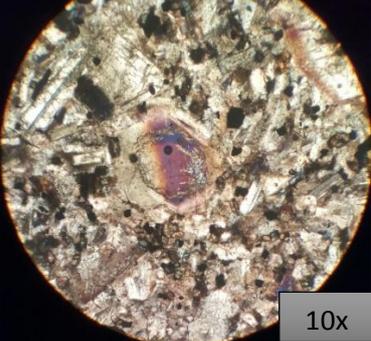
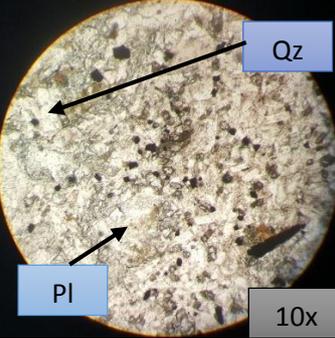
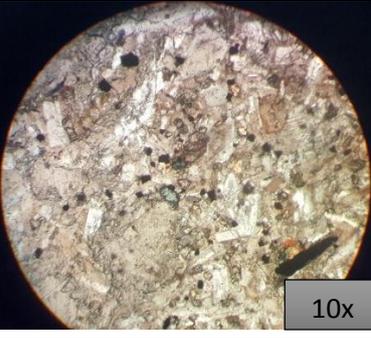
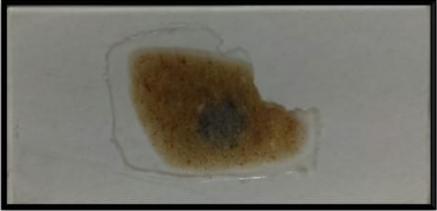
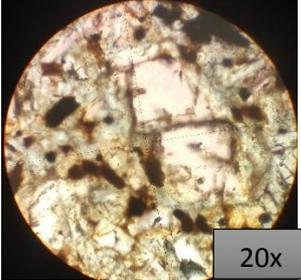
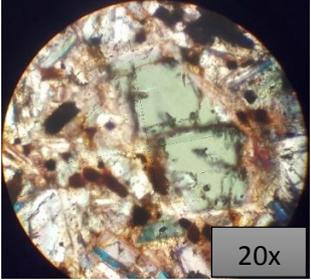
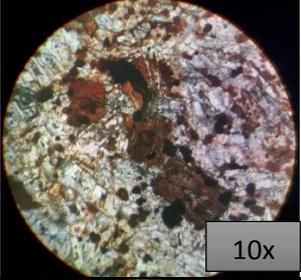
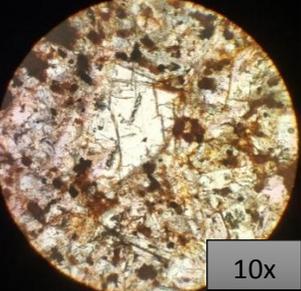
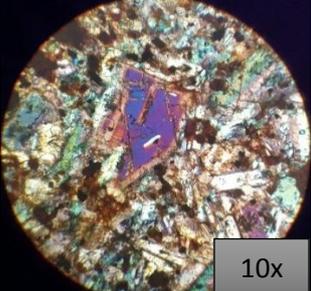
<p>Olivino</p>	 <p>10x</p>	 <p>10x</p>
<p>Cuarzo (Qz) y Plagioclasas (Pl)</p>	 <p>Qz</p> <p>Pl</p> <p>10x</p>	 <p>10x</p>

Tabla 3.5 Ficha N° 2 de la muestra N° 5

FICHA N° 2		MUESTRA N° 5	
UBICACIÓN	COORDENADA ESTE	737600	
	COORDENADA NORTE	9687000	
			
Roca Recolectada		Lámina Delgada	
TIPO DE ROCA		Andesita	
FOTOGRAFÍAS			
MINERALES PRESENTES	LPNA	LPA	
Hornblenda			
Biotita			
Olivino			

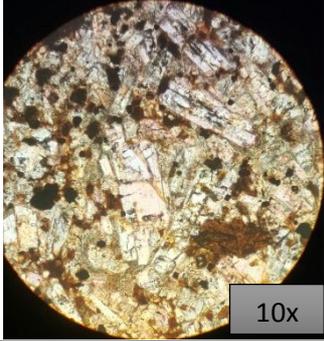
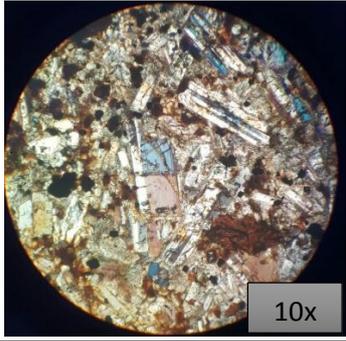
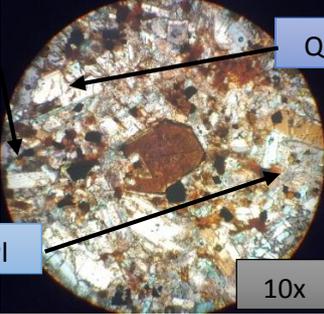
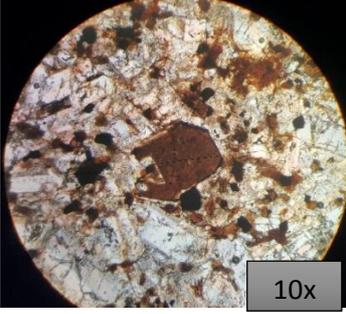
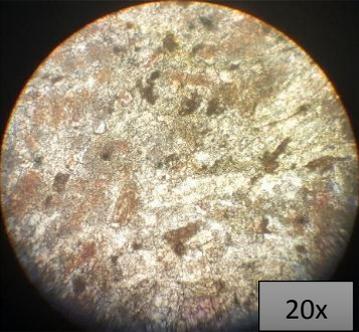
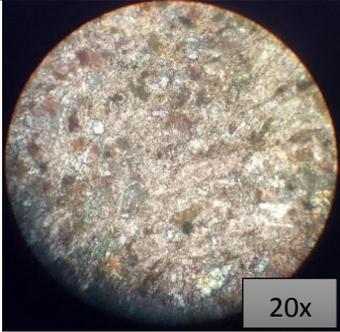
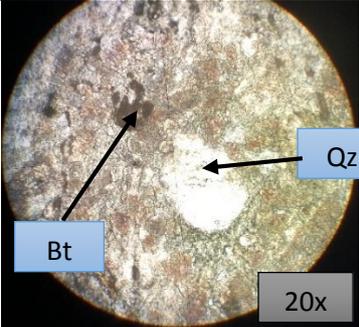
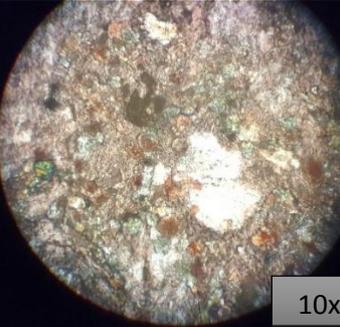
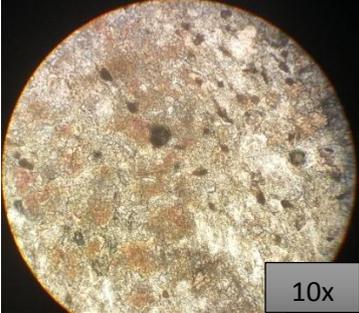
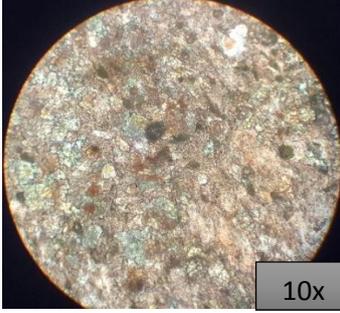
<p>Piroxeno (Hiperstena)</p>	 <p>10x</p>	 <p>10x</p>
<p>Cuarzo (Qz), Plagioclasas (Pl)</p>	 <p>Qz</p> <p>Pl</p> <p>10x</p>	 <p>10x</p>

Tabla 3.6 Ficha N° 3 de la muestra N° 6

FICHA N° 3		MUESTRA N° 6
UBICACIÓN	COORDENADA ESTE	737750
	COORDENADA NORTE	9687000
		
Roca Recolectada		Lámina Delgada
TIPO DE ROCA		Andesita
FOTOGRAFÍAS		
MINERALES PRESENTES	LPNA	LPA
Hornblenda		
Cuarzo (Qz) y Biotita (Bt)		
Plagioclasas		

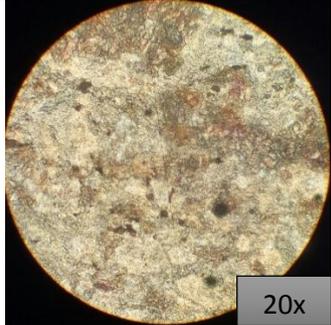
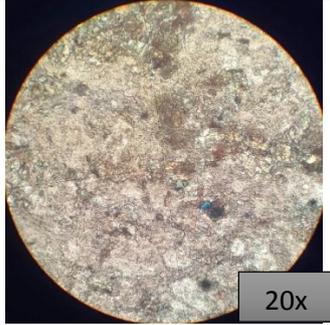
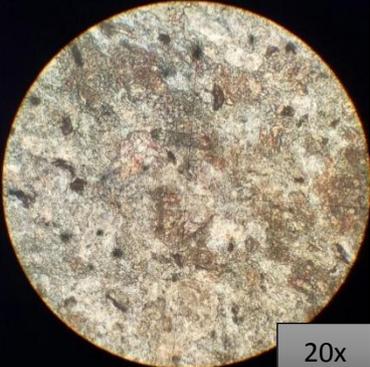
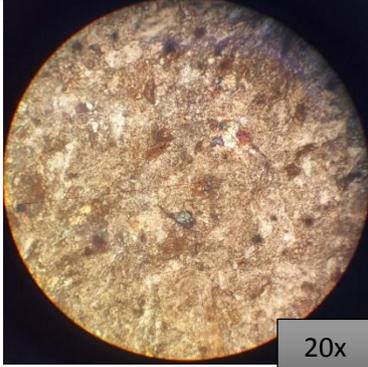
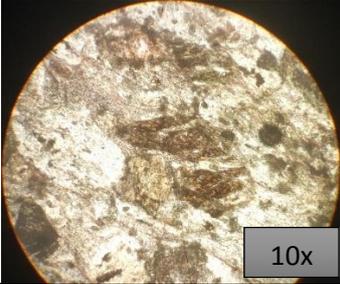
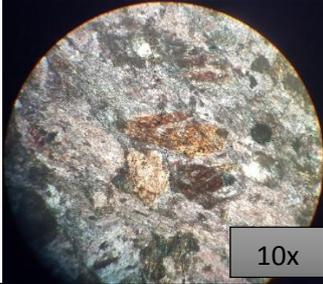
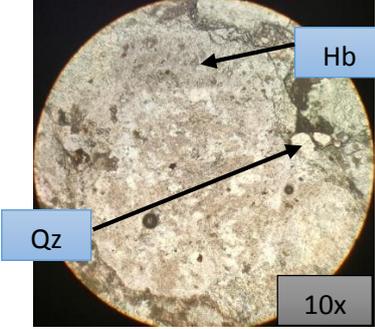
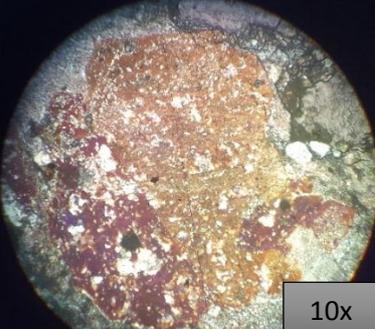
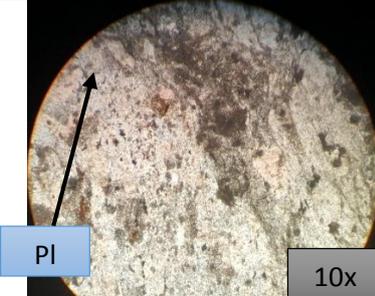
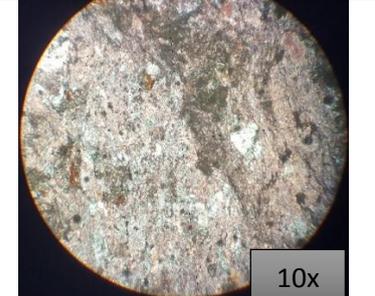
Olivino	 <p>20x</p>	 <p>20x</p>
Piroxeno (Hiperstena)	 <p>20x</p>	 <p>20x</p>

Tabla 3.7 Ficha N° 4 de la muestra N° 7

FICHA N° 4		MUESTRA N° 7
UBICACIÓN	COORDENADA ESTE	737900
	COORDENADA NORTE	9687000
		
Roca Recolectada		Lámina Delgada
TIPO DE ROCA		Andesita
FOTOGRAFÍAS		
MINERALES PRESENTES	LPNA	LPA
Biotita		
Cuarzo (Qz) y Hornblenda (Hb)		
Plagioclasas (Pl)		

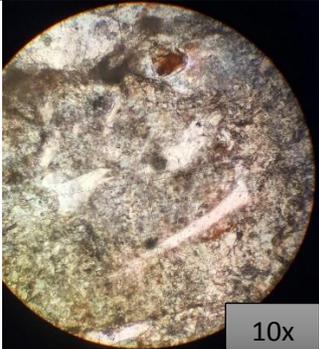
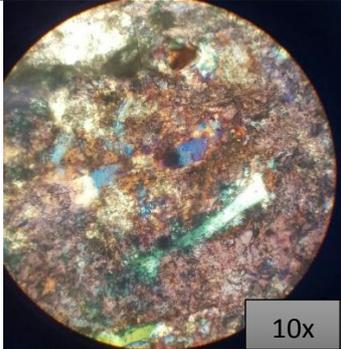
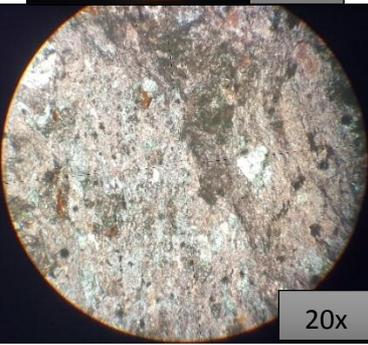
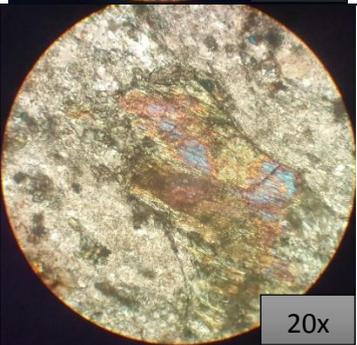
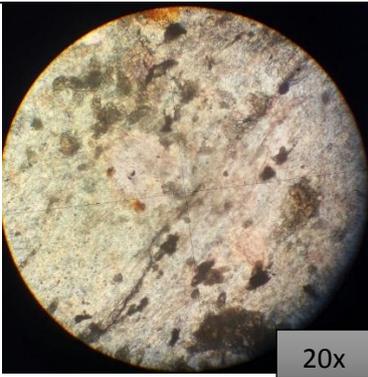
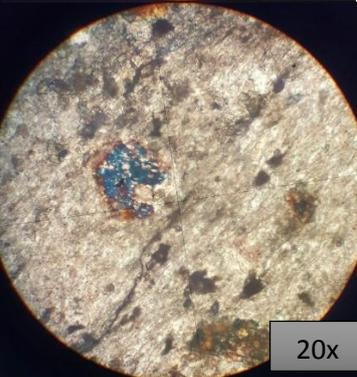
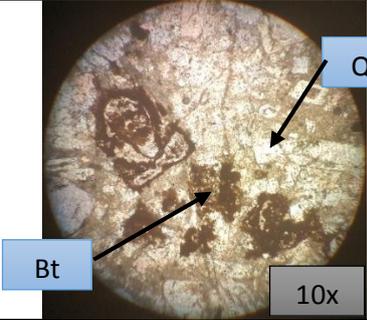
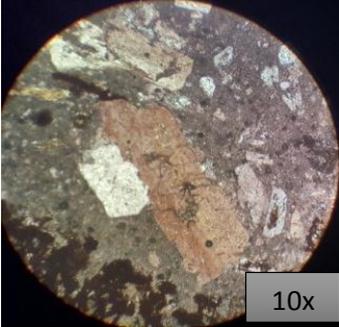
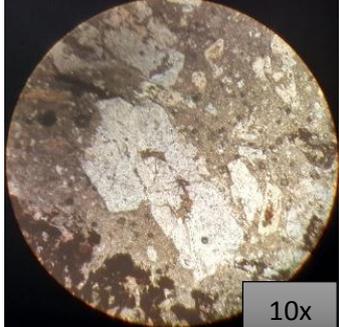
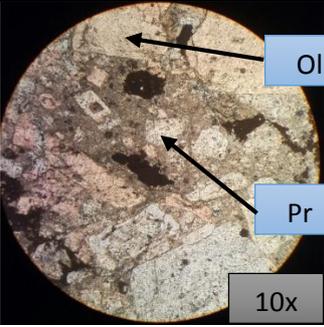
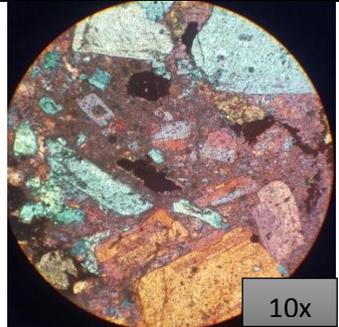
<p>Piroxeno (Hiperstena)</p>	 <p>10x</p>	 <p>10x</p>
<p>Epidota</p>	 <p>20x</p>	 <p>20x</p>
<p>Olivino</p>	 <p>20x</p>	 <p>20x</p>

Tabla 3.8 Ficha N° 5 de la muestra N° 22

FICHA N° 5		MUESTRA N° 22	
UBICACIÓN	COORDENADA ESTE	737000	
	COORDENADA NORTE	9686500	
			
Roca Recolectada		Lámina Delgada	
TIPO DE ROCA		Andesita	
FOTOGRAFÍAS			
MINERALES PRESENTES	LPNA	LPA	
Biotita (Bt) y Cuarzo (Qz)			
Hornblenda			
Piroxeno (Pr) y Olivino (Ol)			

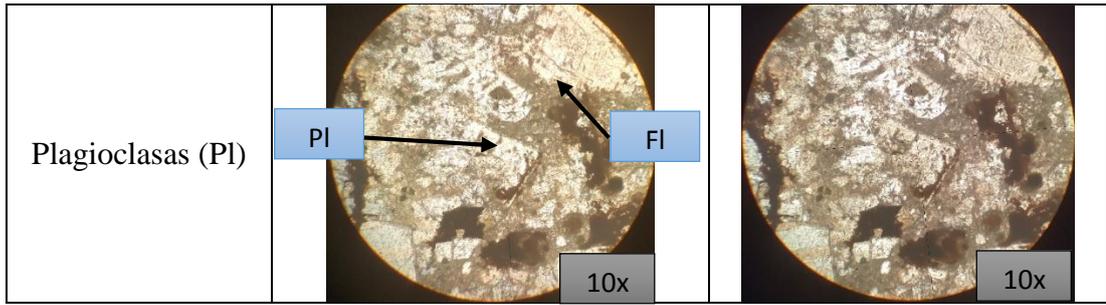
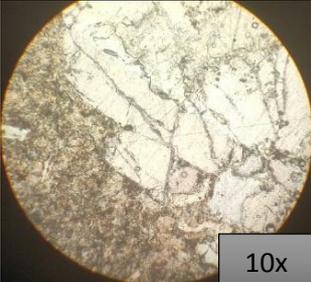
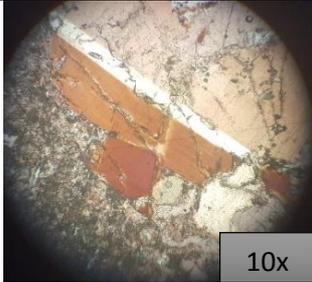
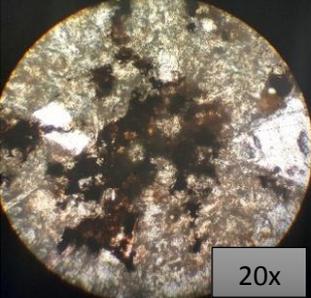
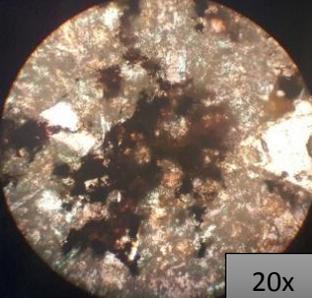
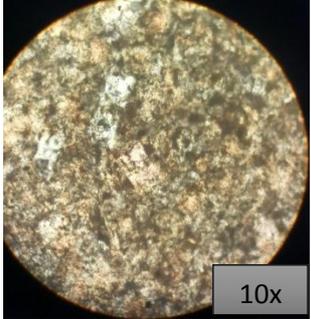
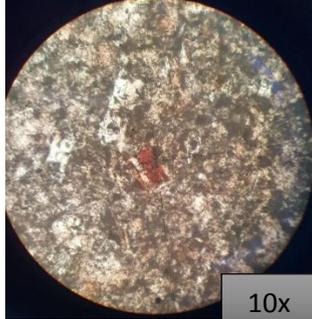


Tabla 3.9 Ficha N° 6 de la muestra N° 24

FICHA N° 6		MUESTRA N° 24
UBICACIÓN	COORDENADA ESTE	737300
	COORDENADA NORTE	9686500
		
Roca Recolectada		Lámina Delgada
TIPO DE ROCA		Andesita
FOTOGRAFÍAS		
MINERALES PRESENTES	LPNA	LPA
Hornblenda		
Biotita		
Piroxeno (Hiperstena)		

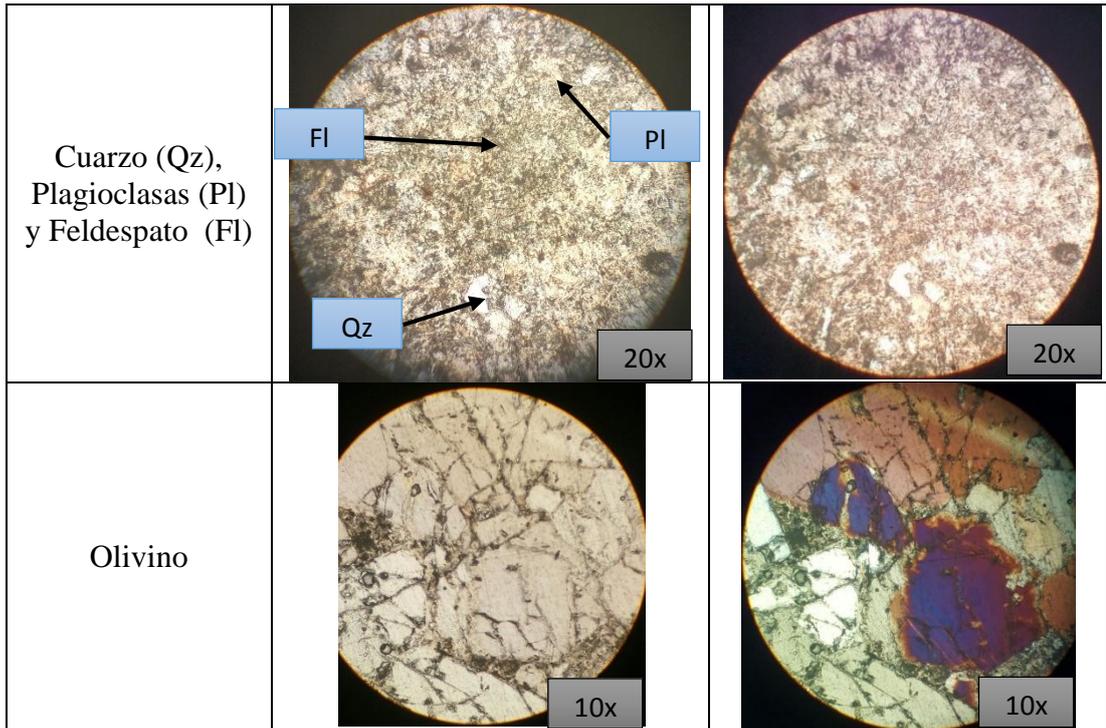
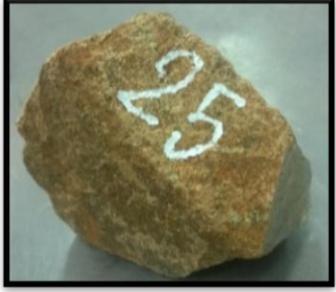
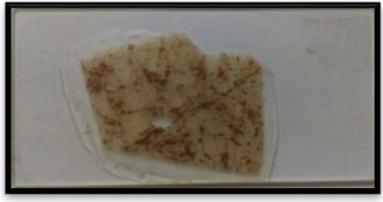
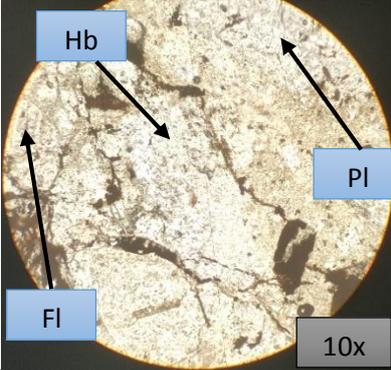
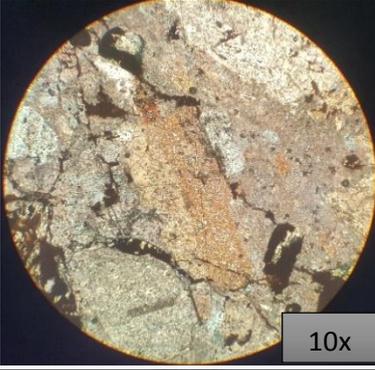
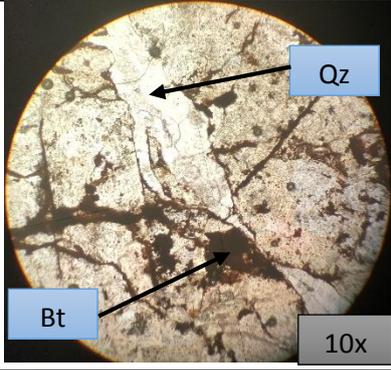
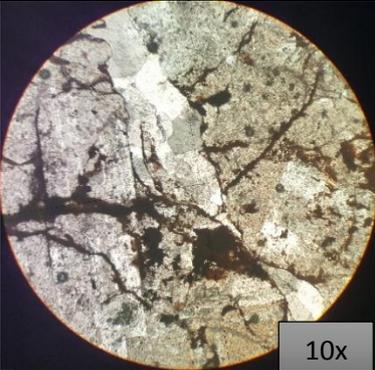
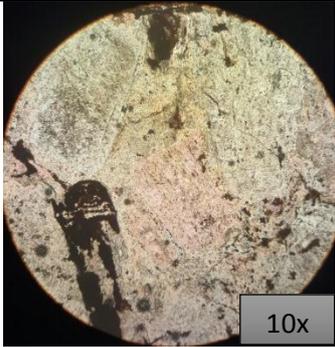
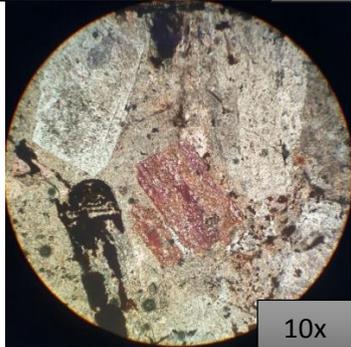


Tabla 3.10 Ficha N° 7 de la muestra N° 25

FICHA N° 7		MUESTRA N° 25
UBICACIÓN	COORDENADA ESTE	737450
	COORDENADA NORTE	9686500
		
Roca Recolectada		Lámina Delgada
TIPO DE ROCA		Andesita
FOTOGRAFÍAS		
MINERALES PRESENTES	LPNA	LPA
Hornblenda (Hb), Feldespato (Fl) y Plagioclasas (Pl)		
Biotita (Bt) y Cuarzo (Qz)		
Piroxeno (Hiperstena)		

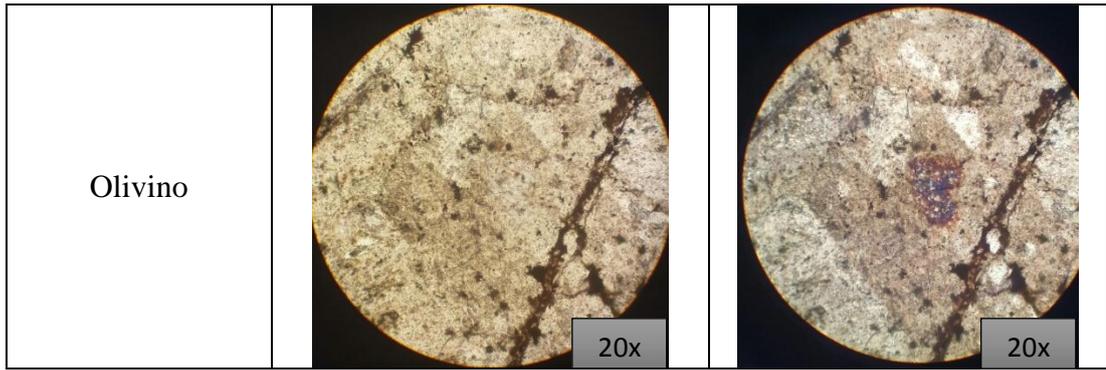


Tabla 3.11 Ficha N° 8 de la muestra N° 28

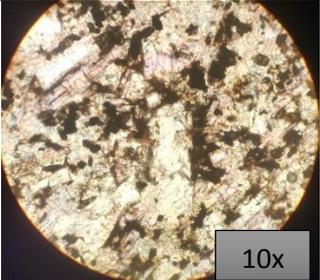
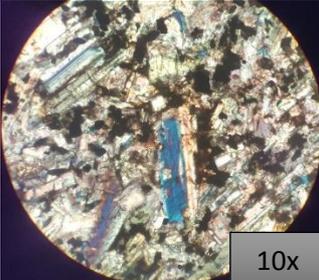
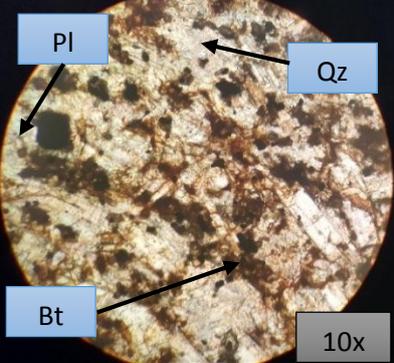
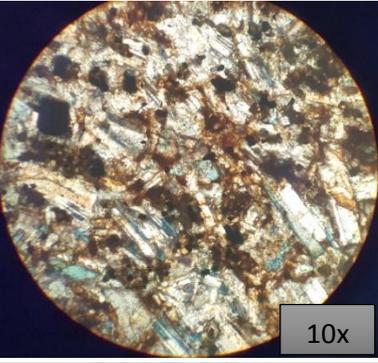
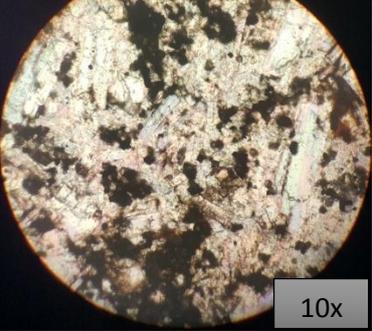
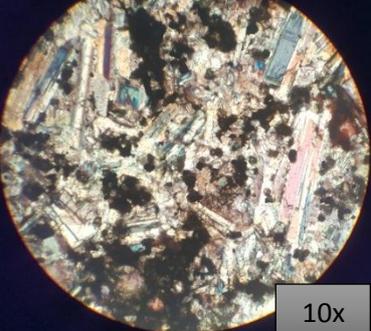
FICHA N° 8		MUESTRA N° 28
UBICACIÓN	COORDENADA ESTE	737900
	COORDENADA NORTE	9686500
		
Roca Recolectada		Lámina Delgada
TIPO DE ROCA		Dacita
FOTOGRAFÍAS		
MINERALES PRESENTES	LPNA	LPA
Piroxeno (Augita)	 10x	 10x
Biotita (Bt), Cuarzo (Qz) y Plagioclasas (Pl)	 10x	 10x
Feldespatos	 10x	 10x

Tabla 3.12 Ficha N° 9 de la muestra N° 29

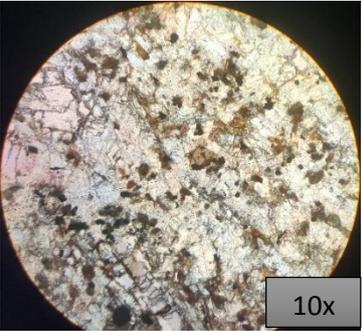
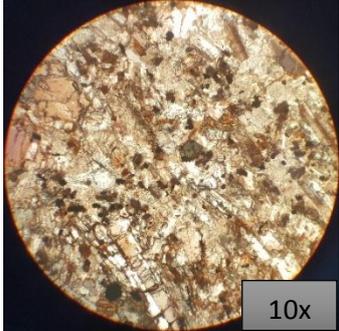
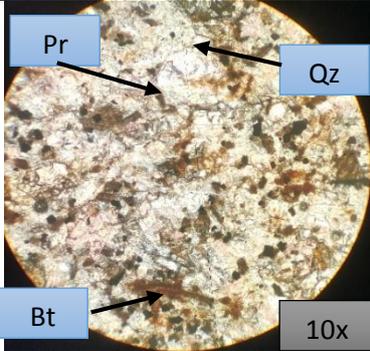
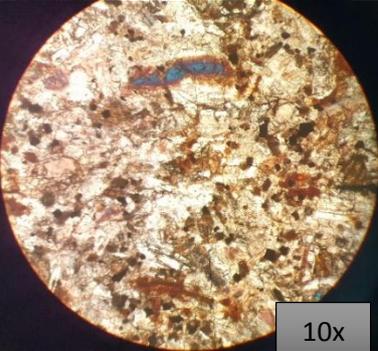
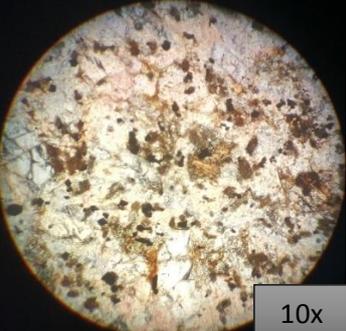
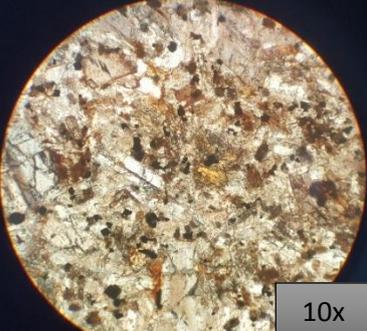
FICHA N° 9		MUESTRA N° 29
UBICACIÓN	COORDENADA ESTE	738050
	COORDENADA NORTE	9686500
		
Roca Recolectada		Lámina Delgada
TIPO DE ROCA		Dacita
FOTOGRAFÍAS		
MINERALES PRESENTES	LPNA	LPA
Plagioclasas		
Biotita (Bt), Cuarzo (Qz) y Piroxeno (Pr)		
Feldespato		

Tabla 3.13 Ficha N° 10 de la muestra N° 31

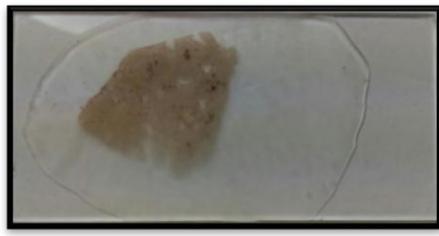
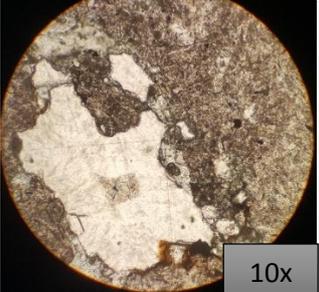
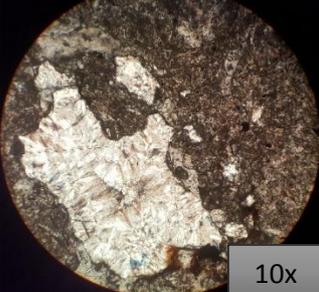
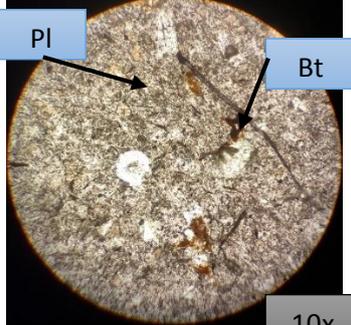
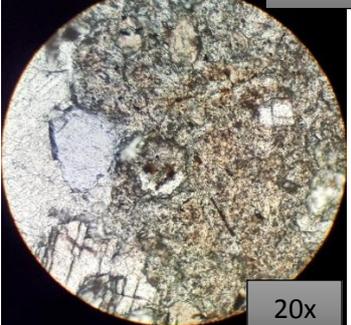
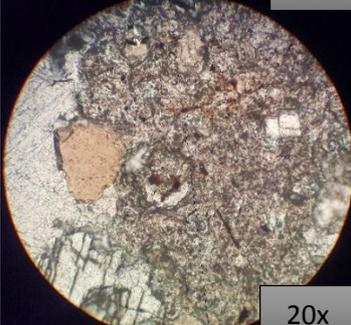
FICHA N° 10		MUESTRA N° 31
UBICACIÓN	COORDENADA ESTE	738350
	COORDENADA NORTE	9686500
		
Roca Recolectada		Lámina Delgada
TIPO DE ROCA		Dacita
FOTOGRAFÍAS		
MINERALES PRESENTES	LPNA	LPA
Cuarzo		
Biotita (Bt) Plagioclasas (Pl)		
Hornblenda		

Tabla 3.14 Ficha N° 11 de la muestra N° 41

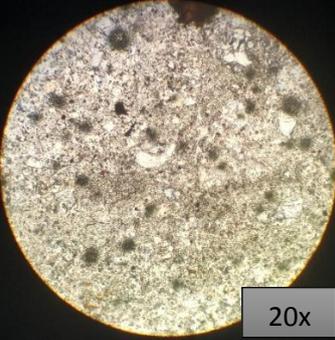
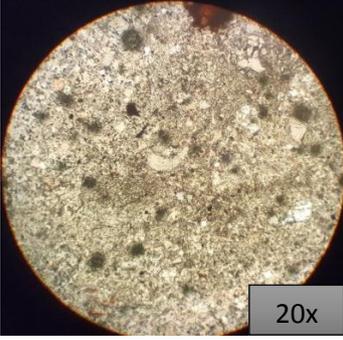
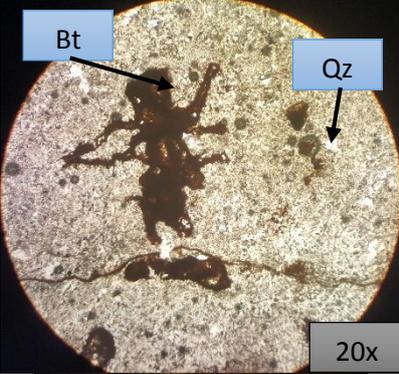
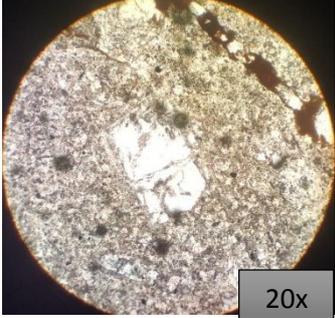
FICHA N° 11		MUESTRA N° 41
UBICACIÓN	COORDENADA ESTE	739850
	COORDENADA NORTE	9686500
		
Roca Recolectada		Lámina Delgada
TIPO DE ROCA		Dacita
FOTOGRAFÍAS		
MINERALES PRESENTES	LPNA	LPA
Plagioclasas		
Biotita (Bt) y Cuarzo (Qz)		
Hornblenda		

Tabla 3.15 Ficha N° 12 de la muestra N° 47

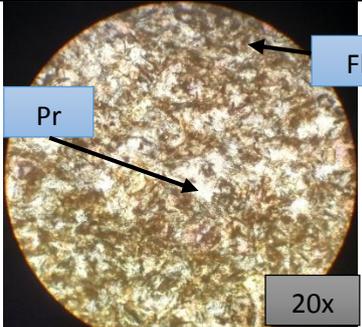
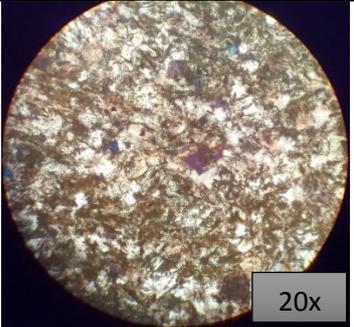
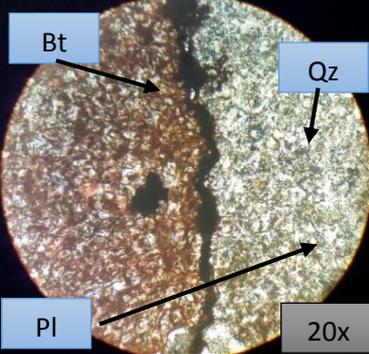
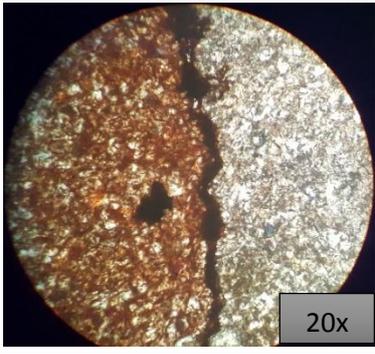
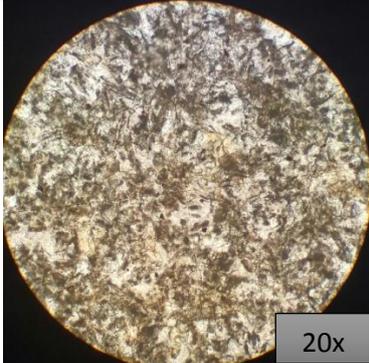
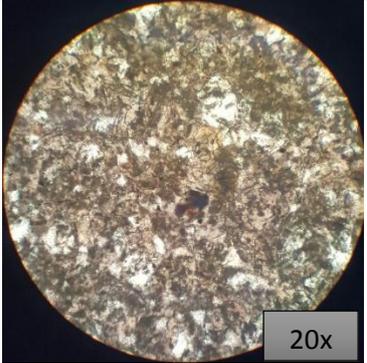
FICHA N° 12		MUESTRA N° 47	
UBICACIÓN	COORDENADA ESTE	737600	
	COORDENADA NORTE	9686000	
			
Roca Recolectada		Lámina Delgada	
TIPO DE ROCA		Andesita	
FOTOGRAFÍAS			
MINERALES PRESENTES	LPNA	LPA	
Piroxeno (Pr) y Feldespato (Fl)			
Biotita (Bt), Cuarzo (Qz) y Plagioclasa (Pl)			
Olivino			

Tabla 3.16 Ficha N° 13 de la muestra N° 49

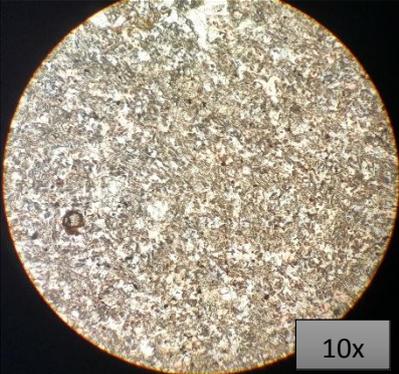
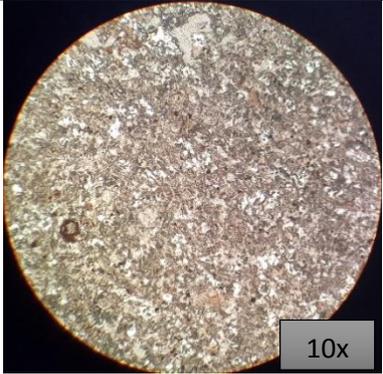
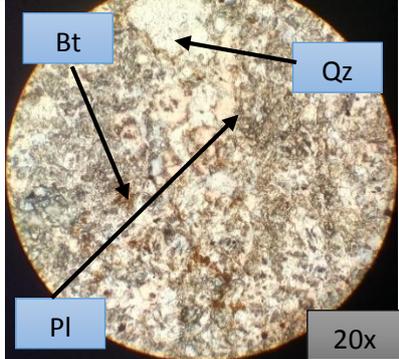
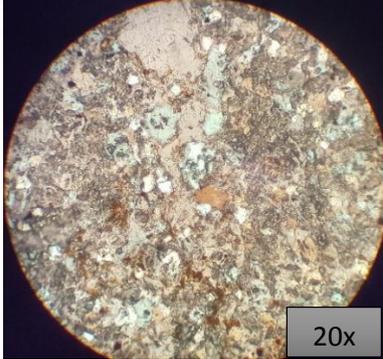
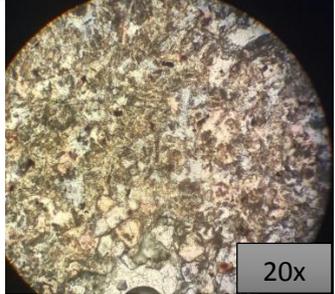
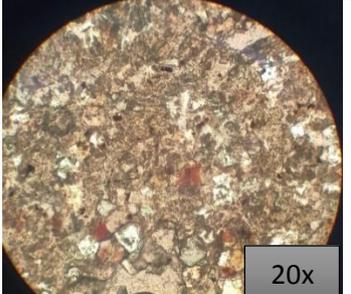
FICHA N° 13		MUESTRA N° 49
UBICACIÓN	COORDENADA ESTE	737600
	COORDENADA NORTE	9686000
		
Roca Recolectada		Lámina Delgada
TIPO DE ROCA		Andesita
FOTOGRAFÍAS		
MINERALES PRESENTES	LPNA	LPA
Cuarzo	 10x	 10x
Biotita (Bt), Hornblenda (Hb) y Plagioclasa (Pl)	 20x	 20x
Piroxeno (Hiperstena)	 20x	 20x

Tabla 3.17 Ficha N° 14 de la muestra N° 51

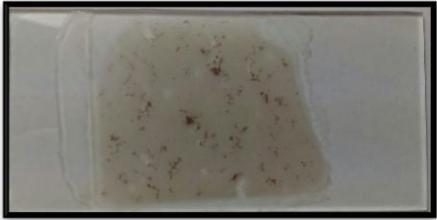
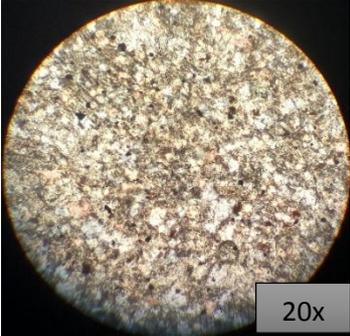
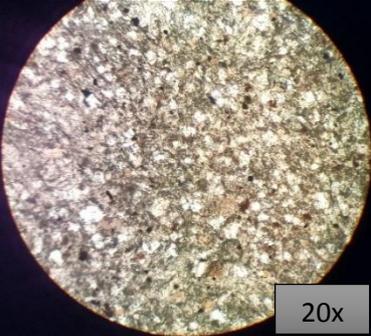
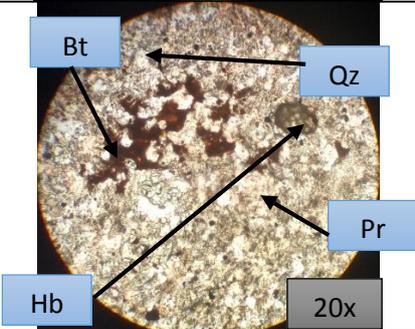
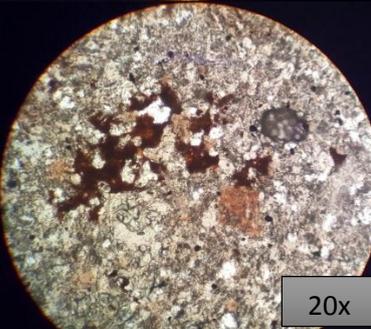
FICHA N° 14		MUESTRA N° 51
UBICACIÓN	COORDENADA ESTE	738200
	COORDENADA NORTE	9686000
		
Roca Recolectada		Lámina Delgada
TIPO DE ROCA		Andesita
FOTOGRAFÍAS		
MINERALES PRESENTES	LPNA	LPA
Plagioclasas		
Biotita (Bt), Hornblenda (Hb), Cuarzo (Qz) y Piroxeno (Hiperstena) (Pr)		

Tabla 3.18 Ficha N° 15 de la muestra N° 59

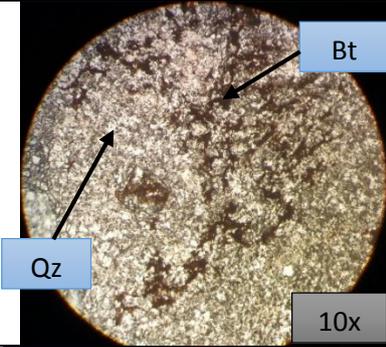
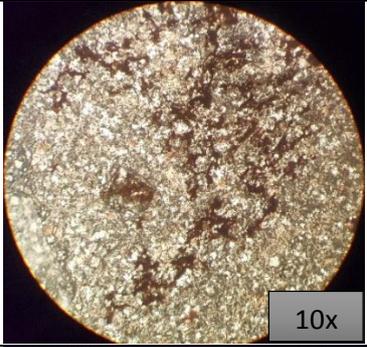
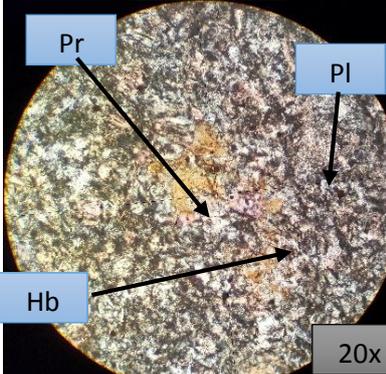
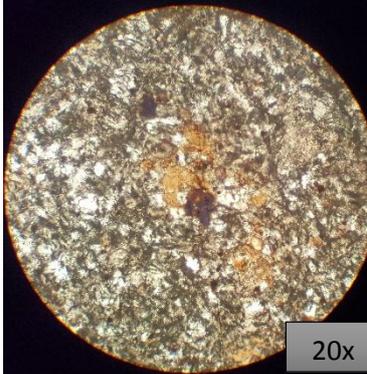
FICHA N° 15		MUESTRA N° 59
UBICACIÓN	COORDENADA ESTE	739400
	COORDENADA NORTE	9686000
		
Roca Recolectada		Lámina Delgada
TIPO DE ROCA		Tonalita
FOTOGRAFÍAS		
MINERALES PRESENTES	LPNA	LPA
Biotita (Bt) y Cuarzo (Qz)		
Piroxeno (Augita) (Pr), Hornblenda (Hb) y Plagioclasas (Pl)		

Tabla 3.19 Ficha N° 16 de la muestra N° 61

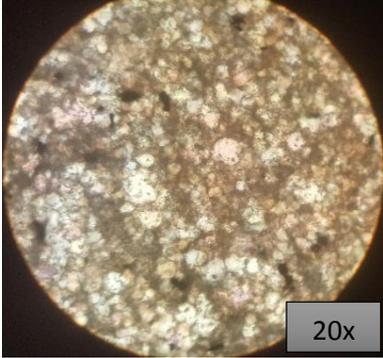
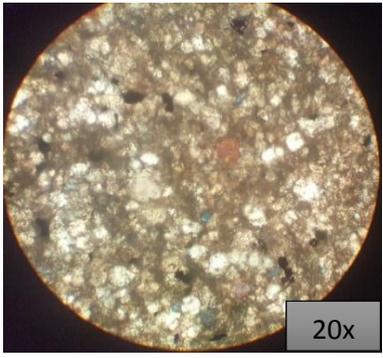
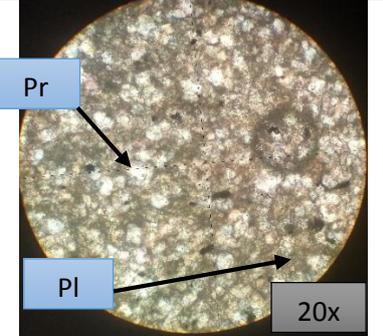
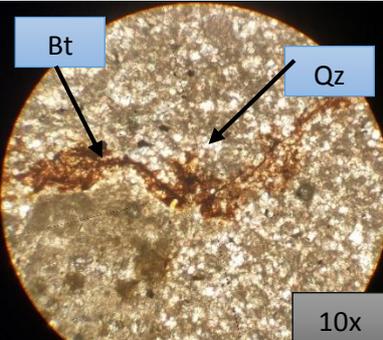
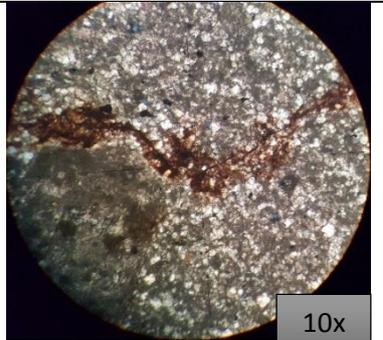
FICHA N° 16		MUESTRA N° 61
UBICACIÓN	COORDENADA ESTE	739700
	COORDENADA NORTE	9686000
		
Roca Recolectada		Lámina Delgada
TIPO DE ROCA		Tonalita
FOTOGRAFÍAS		
MINERALES PRESENTES	LPNA	LPA
Hornblenda		
Piroxeno (Augita) (Pr) y Plagioclasas (Pl)		
Biotita (Bt) y Cuarzo (Qz)		

Tabla 3.20 Ficha N° 17 de la muestra N° 63

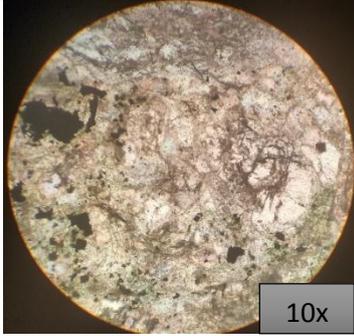
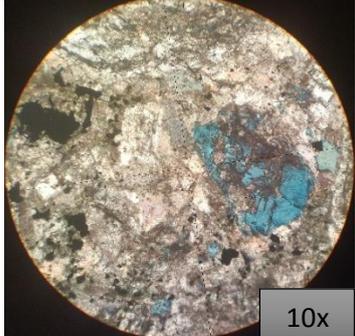
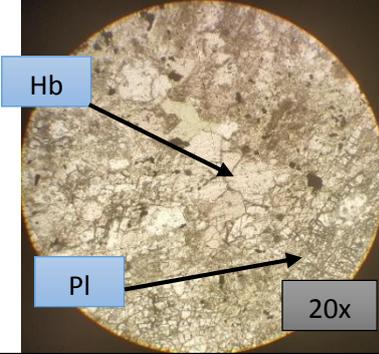
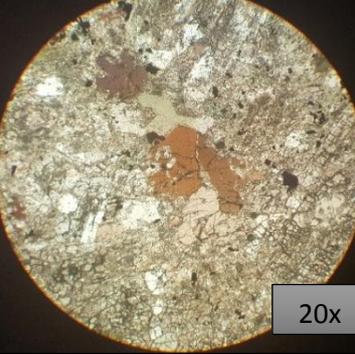
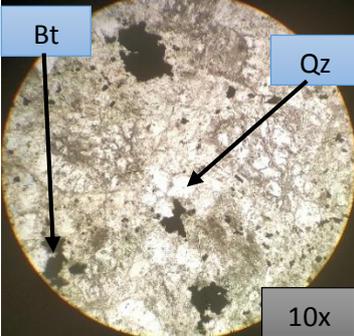
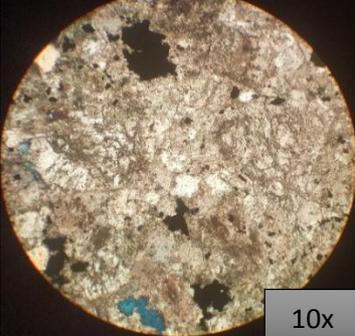
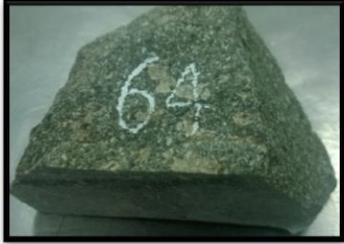
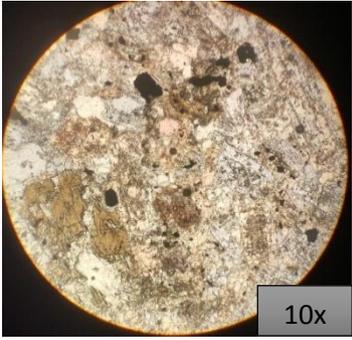
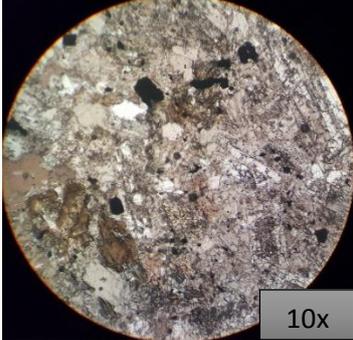
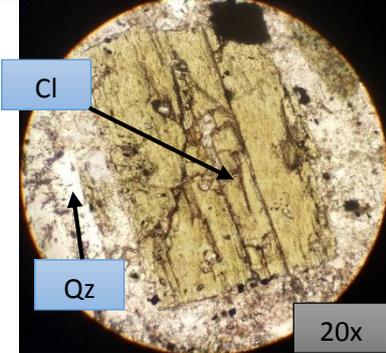
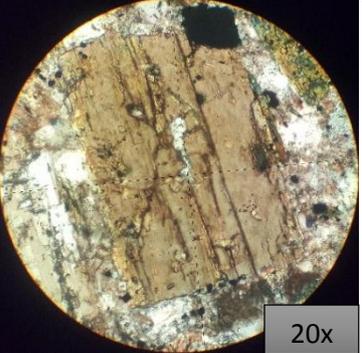
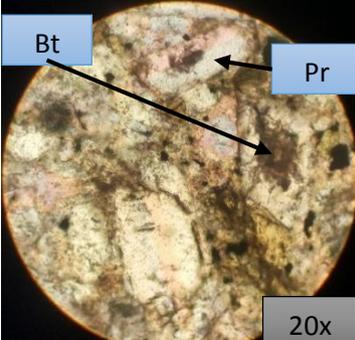
FICHA N° 17		MUESTRA N° 63	
UBICACIÓN	COORDENADA ESTE	740000	
	COORDENADA NORTE	9686000	
			
Roca Recolectada		Lámina Delgada	
TIPO DE ROCA		Tonalita	
FOTOGRAFÍAS			
MINERALES PRESENTES	LPNA	LPA	
Piroxeno (Augita)			
Hornblenda (Hb) y Plagioclasas (Pl)			
Biotita (Bt) y Cuarzo (Qz)			

Tabla 3.21 Ficha N° 18 de la muestra N° 64

FICHA N° 18		MUESTRA N° 64	
UBICACIÓN	COORDENADA ESTE	740000	
	COORDENADA NORTE	9685500	
			
Roca Recolectada		Lámina Delgada	
TIPO DE ROCA		Tonalita	
FOTOGRAFÍAS			
MINERALES PRESENTES	LPNA	LPA	
Plagioclasas			
Clorita (Cl) y Cuarzo (Qz)			
Biotita (Bt) y Piroxeno (Augita) (Pr)			

Hornblenda

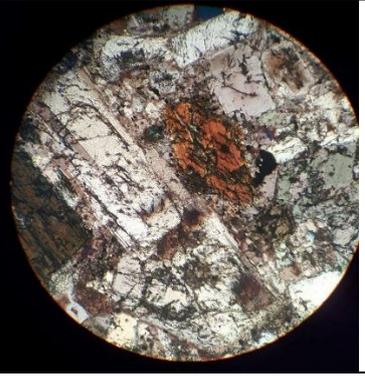
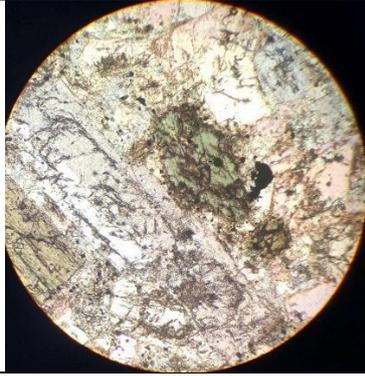


Tabla 3.22 Ficha N° 19 de la muestra N° 68

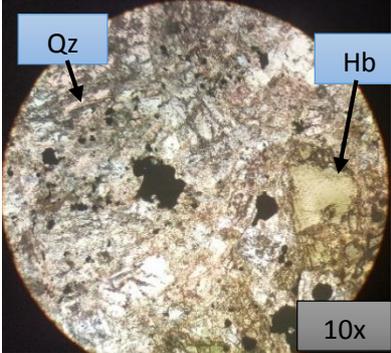
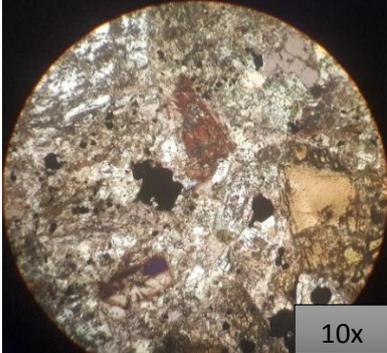
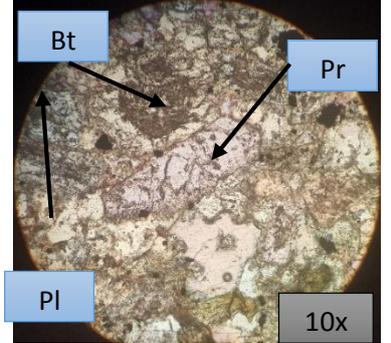
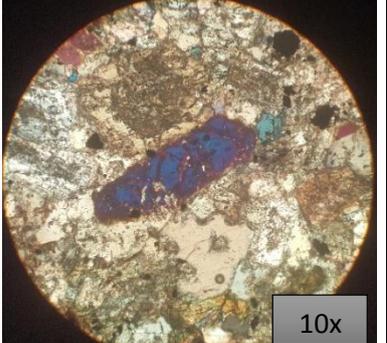
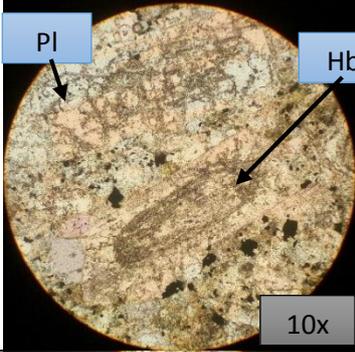
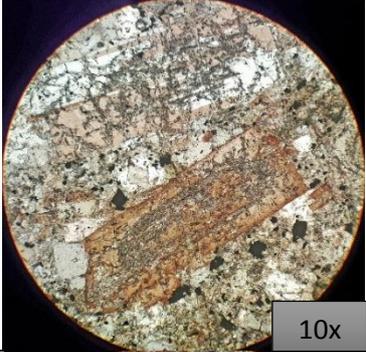
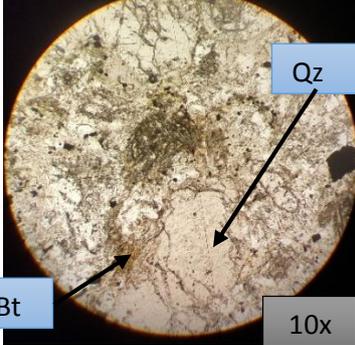
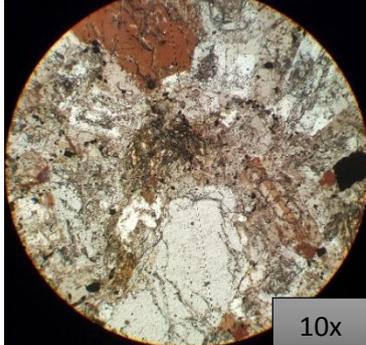
FICHA N° 19		MUESTRA N° 68
UBICACIÓN	COORDENADA ESTE	739400
	COORDENADA NORTE	9685500
		
Roca Recolectada		Lámina Delgada
TIPO DE ROCA		Tonalita
FOTOGRAFÍAS		
MINERALES PRESENTES	LPNA	LPA
Hornblenda (Hb) y Cuarzo (Qz)		
Biotita (Bt), Piroxeno (Augita) (Pr) y Plagioclasas		

Tabla 3.23 Ficha N° 20 de la muestra N° 69

FICHA N° 20		MUESTRA N° 69
UBICACIÓN	COORDENADA ESTE	739250
	COORDENADA NORTE	9685500
		
Roca Recolectada		Lámina Delgada
TIPO DE ROCA		Tonalita
FOTOGRAFÍAS		
MINERALES PRESENTES	LPNA	LPA
Hornblenda (Hb) y Plagioclasas (Pl)		
Biotita (Bt) y Cuarzo (Qz)		

CAPÍTULO IV

ANÁLISIS QUÍMICO

Como ya se mencionó anteriormente el análisis químico es una técnica que sirve para determinar cuantitativa y cualitativamente los minerales presentes en una roca. Para realizar el análisis químico, necesario en este estudio, se escogieron tres muestras (N°63, N°64 y N°69) representativas, las cuales se ubican en la zona de “La Josefina”.

Para la elaboración de este análisis las muestras mencionadas fueron enviadas al Laboratorio de Difracción de Rayos X de la Universidad Técnica Particular de Loja, en donde fueron cortadas, trituradas y cuarteadas para luego ser ingresadas en el Difractómetro D8 ADVANCE, el programa EVA y TOPAS para la determinación de cualitativa y cuantitativa respectivamente de los minerales presentes en las rocas analizadas.

Según Streckeisen (1976), para poder identificar el tipo de roca en base a los porcentajes de los minerales presentes es necesario hacer uso del esquema de Streckeisen o diagrama QAPF. Este diagrama clasifica a las rocas ígneas en base al contenido de minerales esenciales como: plagioclasas, feldespato potásico y cuarzo.

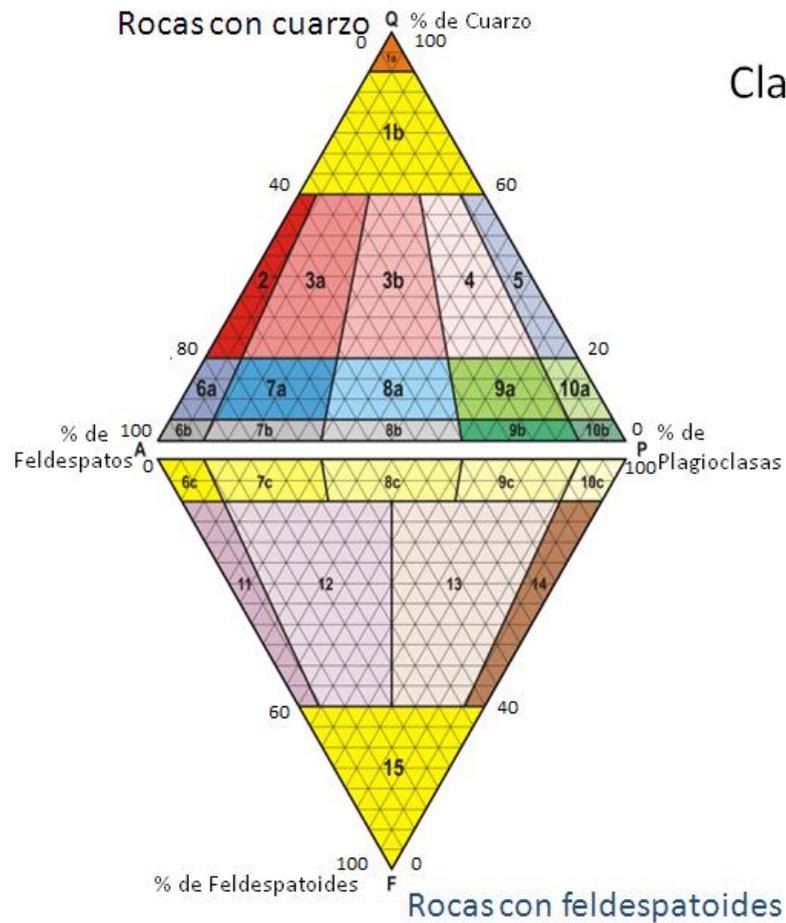
Para el uso de este esquema solo se considera los porcentajes de los minerales mencionados, por lo que es necesario recalcular el porcentaje obtenido mediante el análisis químico utilizando las siguientes fórmulas:

$$S = \% \text{ de Cuarzo} + \% \text{ de plagioclasas} + \% \text{ de Feldespato potásico}$$

$$\% \text{ de Cuarzo recalculado} = \frac{\% \text{ de Cuarzo}}{S} * 100$$

$$\% \text{ de Plagioclasas recalculado} = \frac{\% \text{ de Plagioclasas}}{S} * 100$$

$$\% \text{ de Feldespato potásico recalculado} = \frac{\% \text{ de Feldespato potásico}}{S} * 100$$



Clasificación de Streckeisen. Rocas plutónicas

- 1a: Cuarzolita (silexita)
- 1b: Granitoide rico en cuarzo
- 2: Granito de feldespato alcalino
- 3:
 - 3a: Sienogranito
 - 3b: Monzogranito
- 4: Granodiorita
- 5: Tonalita
- 6: Sienitas de feldespato alcalino
 - 6a: Cuarzosienita de feldespato alcalino
 - 6b: Sienita de feldespato alcalino
 - 6c: Sienita de feldespato alcalino con feldespatoideos
- 7: Sienitas
 - 7a: Cuarzosienita
 - 7b: Sienita
 - 7c: Sienita con feldespatoideos
- 8: Monzonitas
 - 8a: Cuarzomonzonita
 - 8b: Monzonita
 - 8c: Monzonita con feldespatoideos
- 9: Monzodiorita / monzogabro
 - 9a: Cuarzo - monzodiorita / cuarzo - monzogabro
 - 9b: Monzodiorita / monzogabro
 - 9c: Monzodiorita / monzogabro con feldespatoideos
- 10: Dioritas / gabros (si tiene más del 50% de An en la Pl)
 - 10a: Cuarzodiorita / cuarzogabro
 - 10b: Diorita / gabro
 - 10c: Diorita / gabro con feldespatoideos
- 11: Sienita feldespatoica
- 12: Monzosienita feldespatoica
- 13: Monzogabro / monzodiorita feldespatoica
- 14: Gabro / diorita feldespatoica
- 15: Foidita

Figura 4.1 Esquema de Streckeisen o Diagrama QAFP

Fuente: (Streckeisen, 1976)

4.1 Análisis de la muestra N° 63

Los resultados obtenidos en el análisis químico (Anexo N° 3) fueron los siguientes:

Tabla 4.1 Minerales y sus porcentajes presentes en la muestra N° 63 según el análisis químico

MINERAL	ANÁLISIS QUÍMICO (%)
Cuarzo	20,56
Plagioclasas (oligoclasa – andesina)	59,54
Feldespato potásico (ortoclasa)	0,44
TOTAL	80,54

Tabla 4.2 Minerales esenciales y sus porcentajes re-calculados

MINERAL	PORCENTAJE RE-CALCULADO %
Cuarzo	25,53
Plagioclasas (oligoclasa – andesina)	73,93
Feldespato potásico (ortoclasa)	0,54
TOTAL	100

Después de realizar el esquema QAFP se determinó que la roca es una Tonalita.

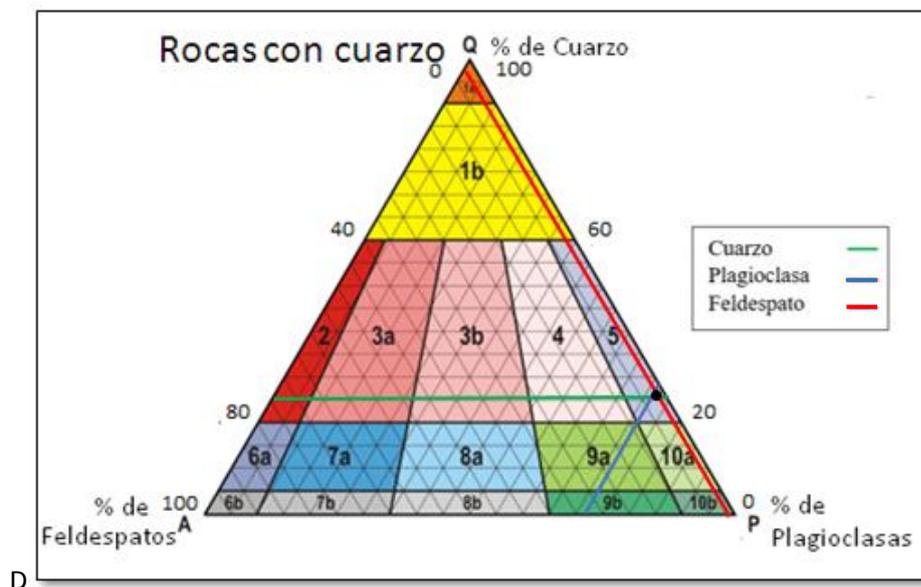


Figura 4.2 Diagrama QAFP de la muestra N° 63

4.5 Análisis de la muestra N° 64

Los resultados obtenidos en el análisis químico (Anexo N° 4) fueron los siguientes:

Tabla 4.3 Minerales y sus porcentajes presentes en la muestra N° 64 según el análisis químico

MINERAL	ANÁLISIS QUÍMICO (%)
Cuarzo	28,43
Plagioclasas (oligoclasa – andesina)	54,05
Feldespato potásico (ortoclasa)	0,47
TOTAL	82,95

Tabla 4.4 Minerales esenciales y sus porcentajes re-calculados

MINERAL	PORCENTAJE RE-CALCULADO %
Cuarzo	34,27
Plagioclasas (oligoclasa – andesina)	65,16
Feldespato potásico (ortoclasa)	0,57
TOTAL	100

Después de realizar el esquema QAFP se determinó que la roca es una Tonalita.

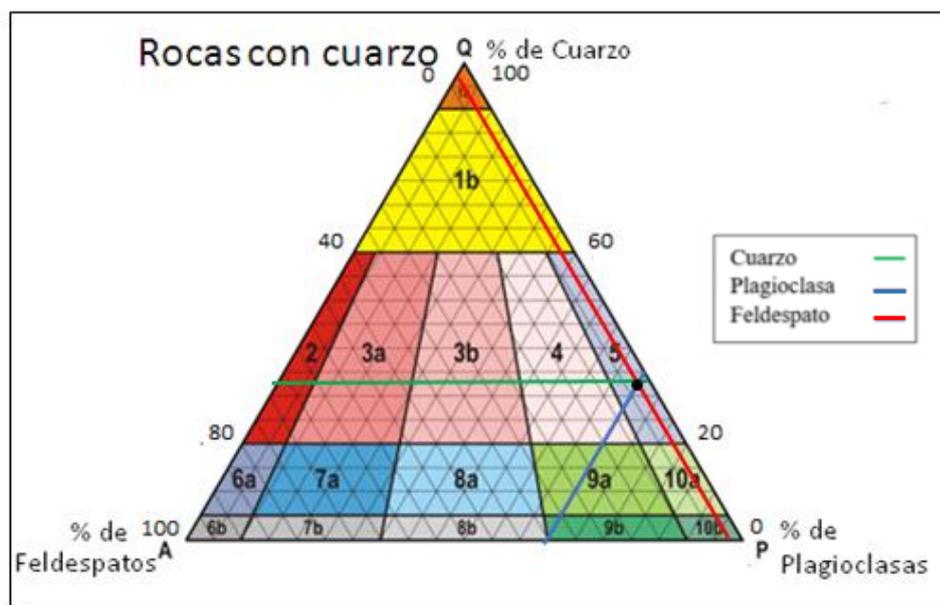


Figura 4.3 Esquema QAFP de la muestra N° 64

4.6 Análisis de la muestra N° 69

Los resultados obtenidos en el análisis químico (Anexo N° 5) fueron los siguientes:

Tabla 4.5 Minerales y sus porcentajes presentes en la muestra N° 69 según el análisis químico

MINERAL	ANÁLISIS QUÍMICO (%)
Cuarzo	24,28
Plagioclasas (oligoclasa – andesina)	57,25
Feldespato potásico (ortoclasa)	0,48
TOTAL	82,01

Tabla 4.6 Minerales esenciales y sus porcentajes re-calculados

MINERAL	PORCENTAJE RE-CALCULADO %
Cuarzo	29,61
Plagioclasas (oligoclasa – andesina)	69,81
Feldespato potásico (ortoclasa)	0,58
TOTAL	100

Después de realizar el esquema QAFP se determinó que la roca es una Tonalita.



Figura 4.4 Esquema QAFP de la muestra N° 69

CAPÍTULO V

ANÁLISIS Y COMPARACIÓN DE RESULTADOS

5.1 Análisis

Una vez realizado el análisis mediante láminas delgadas se determinó que en la zona de estudio existe tres tipos de roca tales como: Andesita, Dacita y Tonalita. Además, la roca que conforma la zona de “La Josefina” es una Tonalita y se la determinó mediante láminas delgadas y análisis químico (DRX).

Cada una de estas rocas se diferencian por la cantidad de porcentajes contenidas en sus minerales, mediante las láminas delgadas se determinó que los cristales de los minerales presentes en las rocas son:

- Las muestras número: 2, 5, 6, 7, 22, 24 y 25, pertenecientes a la formación Yunguilla y las muestras número: 47, 49 y 51, pertenecientes a la formación Biblián que fueron recolectadas en la zona del “Tahual - Descanso” son rocas andesíticas y presentan los siguientes minerales en su composición:
 - Cuarzo (<3%)
 - Plagioclasa (> 90%)
 - Hornblenda (25 – 40%)
 - Biotita (25 – 40%)
 - Piroxeno (Hiperstena) (< 5%)
 - Olivino (< 5%)

- Las muestras número: 28, 29, 31 y 41, pertenecientes a la formación Tarqui, que fueron recolectadas en la zona intermedia entre “El Tahual” y “La

Josefina” son rocas tipo Dacitas que presenta la siguiente composición mineralógica:

- Cuarzo (10 – 35%)
 - Feldespato (20 – 40%)
 - Plagioclasa (25 – 45%)
 - Biotita (10 – 30%)
 - Hornblenda (10 – 30%)
 - Piroxeno (Augita) (10 – 30%)
- Las muestras número: 59, 61, 63, 64, 68 y 69 perteneciente al intrusivo de “La Josefina, que fueron recolectan en el sector de “La Josefina” son rocas tipo Tonalita cuya composición mineralógica es:
 - Cuarzo (10 – 35%)
 - Plagioclasa (50 – 80%)
 - Hornblenda (5 – 35%)
 - Biotita (10 – 35%)
 - Piroxeno (Augita) (10 – 20%)

5.2 Comparación

Como ya se mencionó anteriormente aplicando la técnica de láminas delgadas se logró determinar tres tipos de roca existentes en la zona de estudio.

En la zona de “El Tahual – El Descanso” se identificó una roca tipo andesita que por sus propiedades mecánicas es utilizada principalmente en el área de la construcción y en la fabricación de hormigones, sin embargo, esta zona no fue considerada para la posible explotación de material, debido a que el área ya se encuentra concesionada a la Empresa Fuenlabrada del grupo industrial GRAIMAN S.A.

En la zona central del área del estudio se determinó que está compuesta por una roca Dacita, que al igual que la Andesita se utiliza como material de construcción y para la elaboración de hormigones, pero este sector también fue descartado como una posible

zona de interés para la extracción de material debido a que es un área intervenida antrópicamente lo que dificultaría la posible explotación de material.

En la zona de “La Josefina” se identificó una roca intrusiva tipo Tonalita que presenta una dureza entre 6 y 7 en la escala de Mohs y debido a sus características es una roca muy utilizada en la construcción, fabricación de pavimentos tanto rígido como flexible, lastrado de vías y como roca ornamental, por lo tanto, esta zona se consideró como un área de interés para una posible extracción de material.

De esta zona se escogió las tres muestras mencionadas en el capítulo anterior para realizar el análisis químico y comparando con la técnica de láminas delgadas podemos establecer lo siguiente:

- Utilizando la técnica de láminas delgadas es muy difícil establecer qué tipo de plagioclasas se encuentran en la muestra debido a que estas se encuentran como matriz y muchas de las veces presenta alteraciones o intrusiones de otras minerales dificultando la identificación del mineral lo que no sucede en el análisis químico en el cual se determina el tipo de plagioclasas y sus respectivos porcentajes presentes en la roca.
- En el análisis mediante láminas delgadas se puede determinar la presencia de algunos minerales que en la Difracción de Rayos X no se detectan debido a que en este análisis no se consideran minerales que están presentes en porcentajes muy bajos.
- En el análisis químico de la muestra N°63 (Anexo 3) se logró determinar la presencia de algunos minerales tales como: Ortoclasa, Magnetita, Calcita, Rutilo, Vermiculita y Clorita que en la lámina delgada de la misma muestra no se pudo establecer su presencia debido a que se encuentran en cantidades muy pequeñas.

- En el análisis químico de la muestra N°64 (Anexo 4) se logró determinar la presencia de algunos minerales tales como: Ortoclasa, Magnetita, Calcita, Estatita, Rutilo, Vermiculita y Clinocloro, dichos minerales no se pudieron determinar mediante el análisis por lámina delgada debido a que se encuentran en cantidades muy pequeñas.
- En el análisis químico de la muestra N°69 (Anexo 5) se logró determinar la presencia de algunos minerales tales como: Ortoclasa, Hematita, Estatita, Titanomagnetita, Magnetita, Calcita, Rutilo, Vermiculita y Clorita que en la lámina delgada de la misma muestra no se pudo establecer su presencia debido a que se encuentran en cantidades muy pequeñas.
- Al realizar las láminas delgadas se estableció la presencia de Biotita en las tres muestras mientras que en análisis químico solo detectó la presencia de este mineral en la muestra N° 63 (Anexo 3).
- En el análisis mediante lámina delgada de la muestra N° 63 y 64 se identificó la presencia de piroxenos tipo Augita mientras que el análisis químico no se detectó la presencia de este mineral en la roca.

CAPÍTULO VI

DISEÑO PRELIMINAR DE EXPLOTACIÓN

Durante la explotación de diferentes obras como: vías, presas, yacimientos minerales, etc., se han evidenciado problemas de deslizamientos los mismos que probablemente fueron causados por aspectos como: condiciones climáticas adversas, condiciones geológicas desfavorables, zonas de alta sismicidad, intervenciones antrópicas. Todo esto aportando desfavorablemente para las obras en las que se trabaje, (Bock, 1983).

Método de explotación de una cantera de materiales pétreos representa un proceso tecnológico fundamental dentro de la minería a cielo abierto lo que conlleva complejidad ya que de él depende el rendimiento económico.

Los estudios de la estabilidad de taludes están dirigidos a conseguir un talud final económico y seguro. Actualmente se registran numerosos casos en donde canteras y yacimientos minerales presentan problemas relacionados a inestabilidades por falla en taludes. Los terrenos en los que se producen movimientos se dividen en tres grupos: macizos rocosos, suelos y en algunos casos en materiales de relleno, (López, 1999).

6.1 Generalidades

El mineral que se pretende explotar es una roca Tonalita, pero mediante recorridos al lugar se pudo observar que es una roca muy meteorizada que presenta alteraciones de fracturación y disgregación, por lo cual se considera que se comporta como un suelo no cohesivo. Para el diseño preliminar de explotación se espera extraer 600 metros cúbicos al día, es decir alrededor de 158400 metros cúbicos anuales.

La explotación se realizará desde la cota 2575 hasta la 2695 msnm.

6.2 Criterios para el diseño de la explotación

En el momento de proyectar una mina a cielo abierto se deben tener en cuenta los siguientes parámetros: geométricos, geomecánicos y operativos.

- **Geométricos:** Función de la estructura y morfología del yacimiento, pendiente en terreno, pendiente en límites de propiedad, etc.
- **Geomecánicos:** Dependientes de los ángulos máximos estables de los taludes en cada uno de los dominios estructurales en que se haya dividido el yacimiento.
- **Operativos:** Para el diseño de bermas y taludes se debe tomar en cuenta las dimensiones de la maquinaria que se empleará en los trabajos de explotación y de esta manera general condiciones de eficiencia y seguridad.

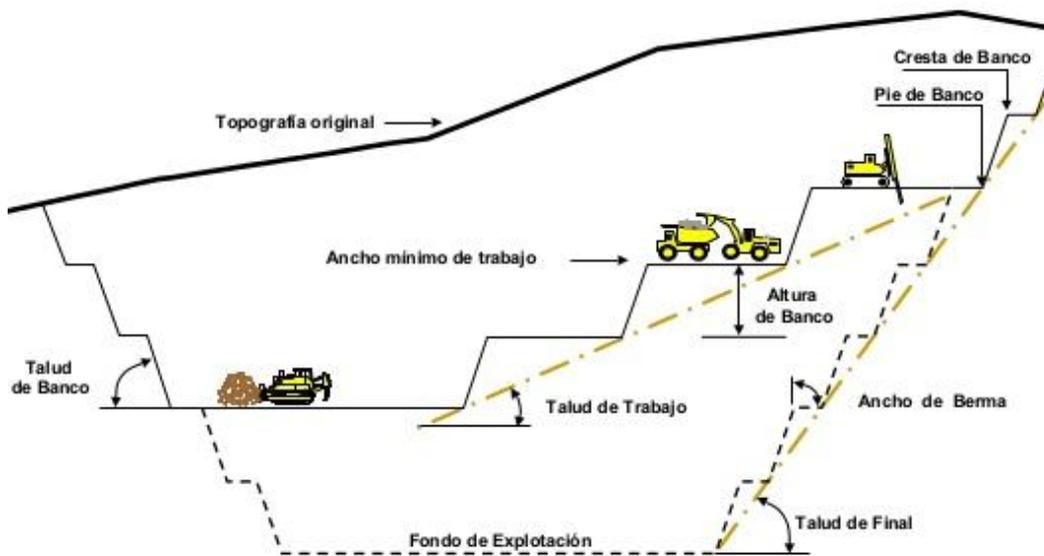


Figura 6.1 Diseño de Explotación en una cantera

Fuente: (García, 2014)

6.3 Factores geométricos de estabilidad

Para el cálculo de parámetros geométricos de taludes se utilizó el método Ábacos de Hoek y Bray el cual consiste en determinar el grado de seguridad por medio de un coeficiente llamado Factor de Seguridad (F.S).

Se sabe que el factor de seguridad es definido como la razón entre acciones estabilizantes y acciones desestabilizantes, por esta razón es igual a 1 en el caso de la situación límite, mayor a 1 es el caso de una situación estable.

Los ábacos pueden emplearse para estudiar la estabilidad de taludes en terrenos homogéneos, tipo suelo, o roca muy fracturada, que generalmente se rompen con una superficie de deslizamiento casi circular.

Para las condiciones del talud de acuerdo a lo observado en las visitas realizadas y a las condiciones climáticas del lugar usamos el ábaco No. 5 de Hoek y Bray. (Anexo 7 y 8)

6.3.1 Diseño de taludes

Datos		
Peso Específico: γ	2700	kg/m ³
Fricción Interna: ϕ	45	°
Cohesión: c	30000	kg/m ²
Altura del banco: H	5	m

6.3.2 Explotación

TALUDES PARA EXPLOTACIÓN PRIMERA Y SEGUNDA ETAPA			
Valor a comparar en ábacos	Factor de seguridad	Ángulo del talud	Altura del talud
$\frac{c}{\gamma * H * Tg\phi} = 0.74$	$FS = \frac{Tg\phi}{(\text{Valor del ábaco})} = 3.7$	$\beta = 70^\circ$	H = 5m

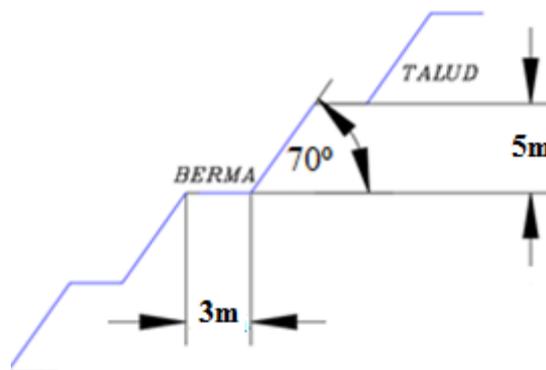


Figura 6.2 Esquema de explotación

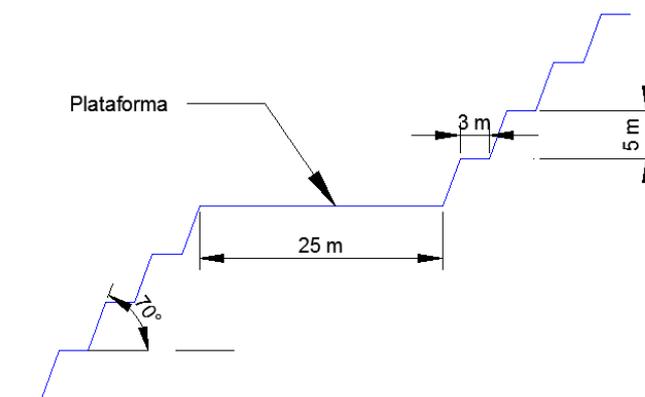


Figura 6.3 Diseño de plataformas

Para el diseño preliminar de explotación de la cantera se realizará tomando en cuenta un ángulo de talud 70° con una altura de 5 m. y una berma de 3m dándonos un factor de seguridad de 3.7, esto nos indica de que se trata de un talud potencialmente estable, ya que el factor de seguridad es superior a 1.

6.4 Condición actual del terreno

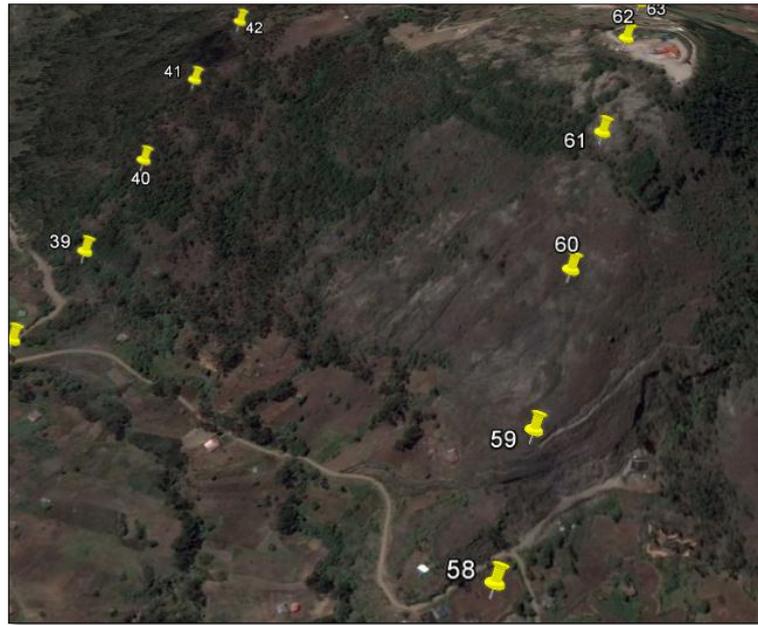


Figura 6.4 Imagen Satelital

Fuente: (Google Earth, 2017)

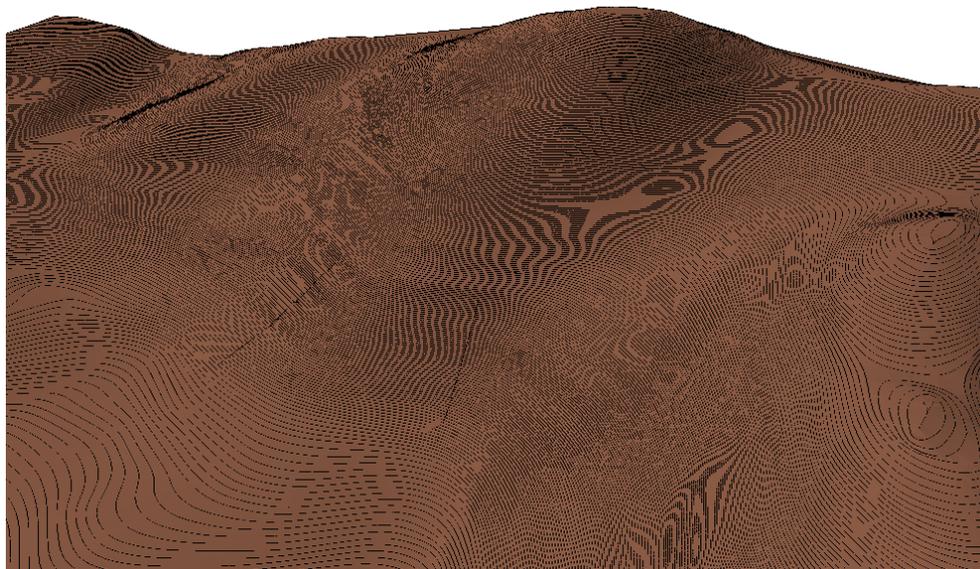


Figura 6.5 Modelo digital del terreno - Condiciones actuales

6.5 Volumen de extracción

Después de haber delimitado la zona para una posible extracción de material, se realizó el cálculo aproximado de la sobrecarga (constituida principalmente por la capa vegetal de aproximadamente 15cm de espesor) y volúmenes de extracción, los cuales se detallan a continuación:

Tabla 6.1 Detalle del volumen de extracción

DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	UNIDAD
Volumen de sobrecarga	3375	m3
Volumen primera etapa	356183,5	m3
Volumen segunda etapa	428507,175	m3
Volumen total de extracción	784690,675	m3
Días laborables	22	días/mes
Producción diaria	600	m3/día
Producción mensual	13200	m3/mes
Producción anual	158400	m3/año
Duración de la explotación	4,60	años
Duración de la primera etapa	2,00	años
Duración de la segunda etapa	2,60	años

Tabla 6.2 Volumen de extracción por etapas

PRIMERA ETAPA				
	ÁREA (m2)	VOLUMEN (m3)	VOLUMEN ANUAL (m3)	
Primer semestre	332,7253	83181,325	188426,30	AÑO 1
Segundo semestre	420,9799	105244,975		
Primer semestre	315,0509	78762,725	167757,20	AÑO 2
Segundo semestre	355,9779	88994,475		

SEGUNDA ETAPA				
Primer semestre	438,6102	109652,55	201310,5	AÑO 3
Segundo semestre	366,6318	91657,95		
Primer semestre	297,2078	74301,95	154696,3	AÑO 4
Segundo semestre	321,5774	80394,35		
Primer semestre	290,0015	72500,375	72500,375	AÑO 5

6.6 Etapas de explotación

La extracción del material se lo realizará mediante un sistema de explotación por bancos descendentes y se la realizará en dos etapas compuestas por 9 bloques y cada bloque se extraerá en aproximadamente 6 meses.

Para la explotación del material se deberá construir vías de acceso a la parte superior de la cantera con el fin de permitir el ingreso de la maquinaria necesaria para la extracción, carguío y transporte del material.

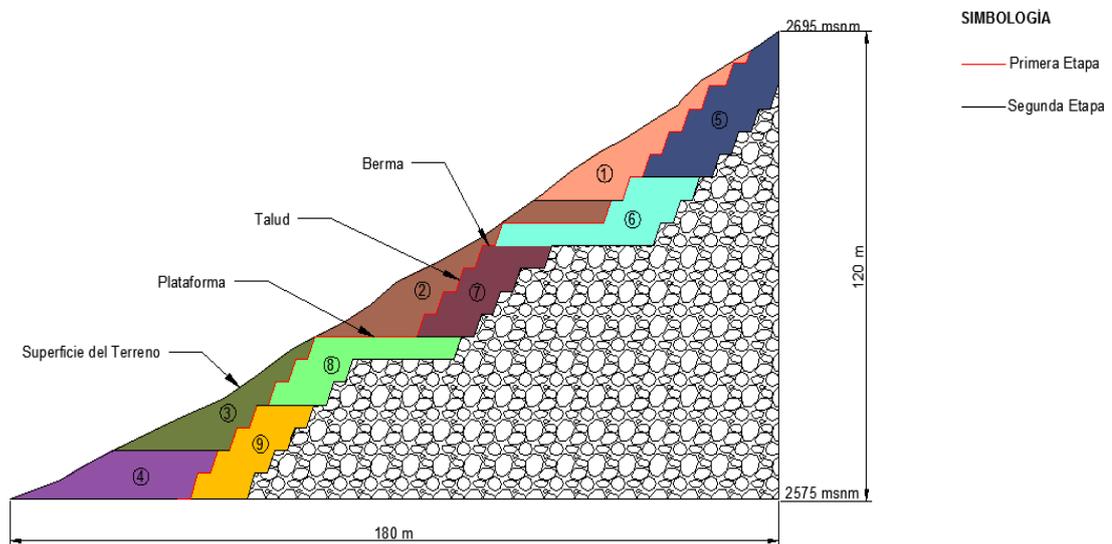


Figura 6.6 Perfil de explotación

6.6.1 Primera Etapa

6.6.1.1 Primer año de explotación

Volumen de extracción	83181,325	m3
-----------------------	-----------	----

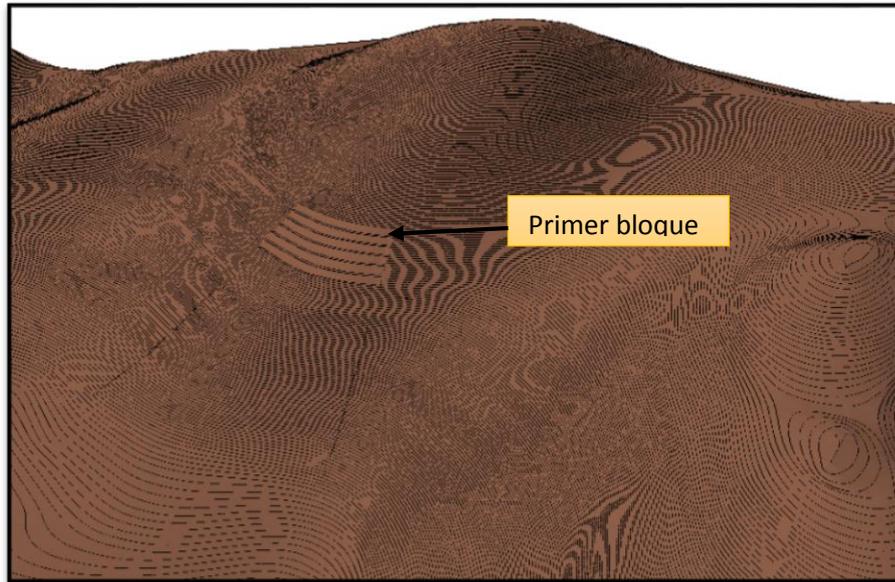


Figura 6.7 Primer bloque de explotación

Volumen de extracción	83181,325	m3
-----------------------	-----------	----

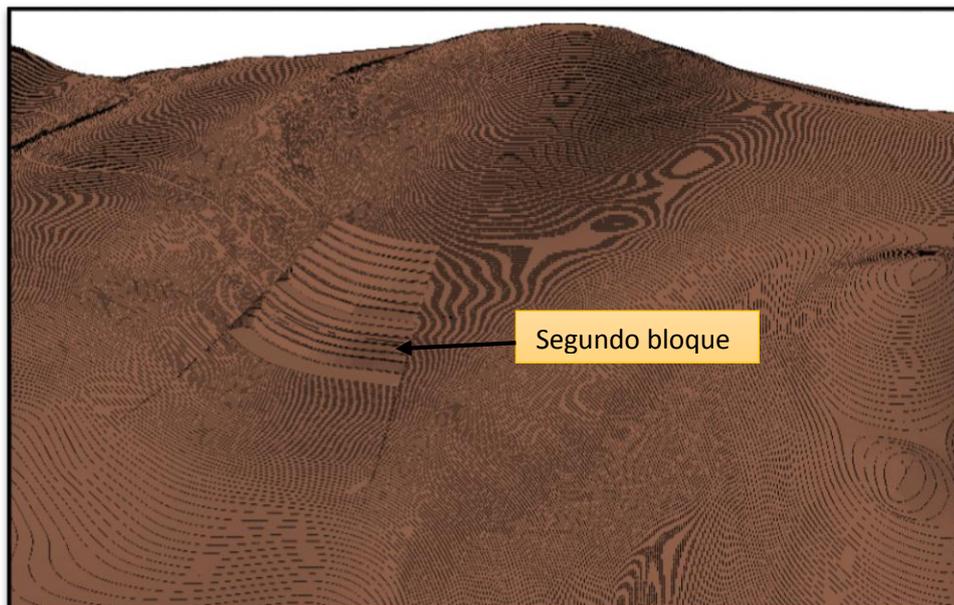


Figura 6.8 Segundo bloque de explotación

6.6.1.2 Segundo año de explotación

Volumen de extracción	78762,725	m3
-----------------------	-----------	----

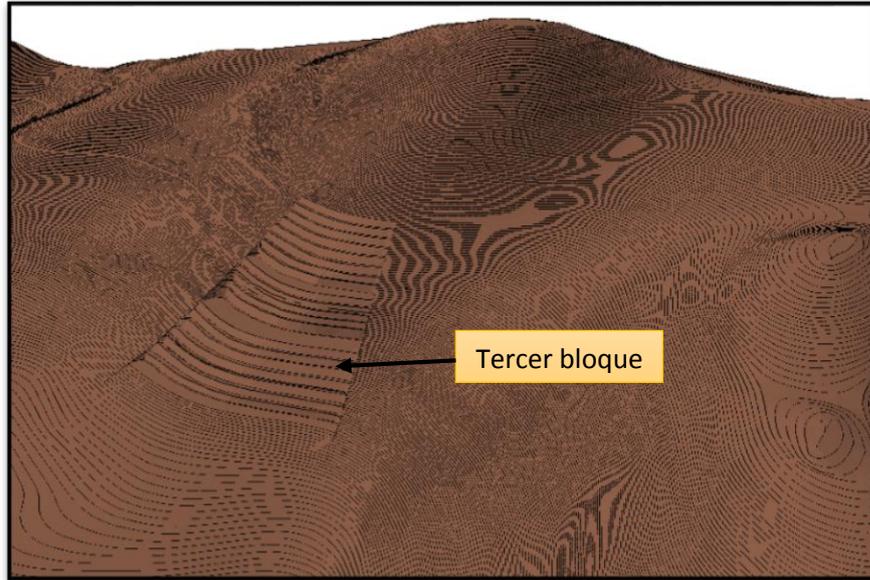


Figura 6.9 Tercer bloque de explotación

Volumen de extracción	88994,475	m3
-----------------------	-----------	----

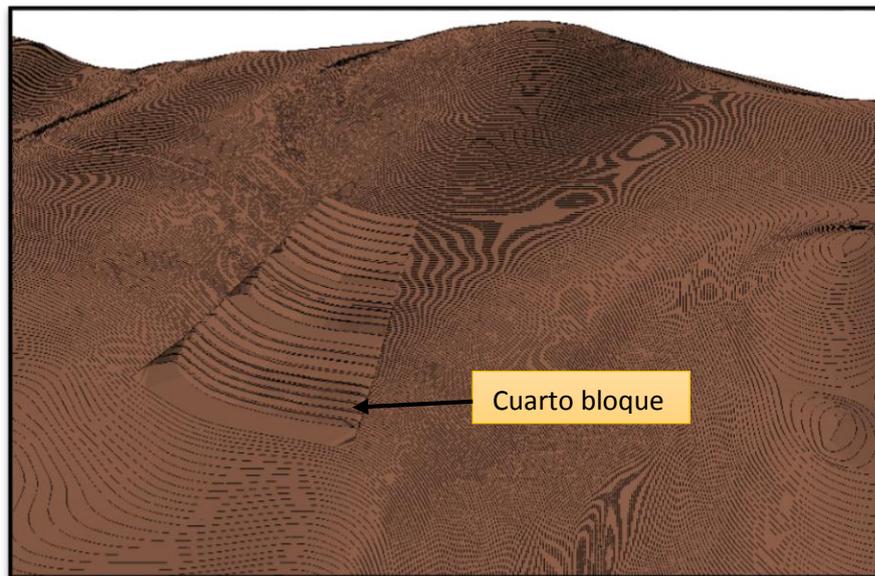


Figura 6.10 Cuarto bloque de explotación

6.6.2 Segunda Etapa

6.6.2.1 Tercer año de explotación

Volumen de extracción	109652,55	m3
-----------------------	-----------	----

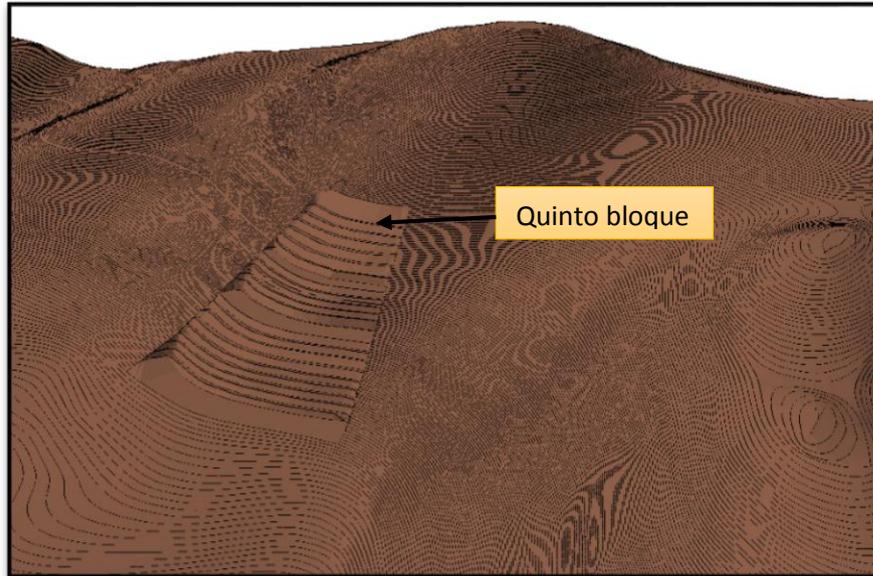


Figura 6.11 Quinto bloque de explotación

Volumen de extracción	91657,95	m3
-----------------------	----------	----

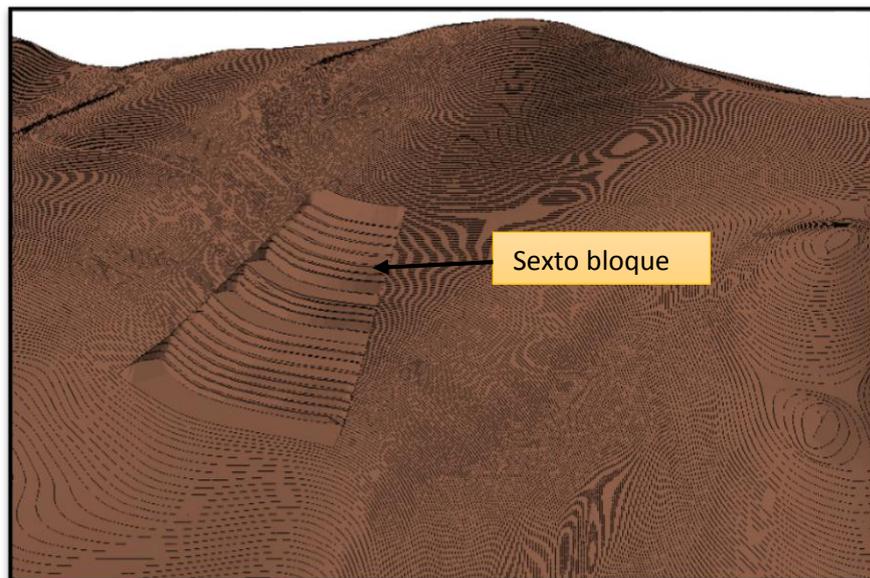


Figura 6.12 Sexto bloque de explotación

6.6.2.2 Cuarto año de explotación

Volumen de extracción	74301,95	m3
-----------------------	----------	----

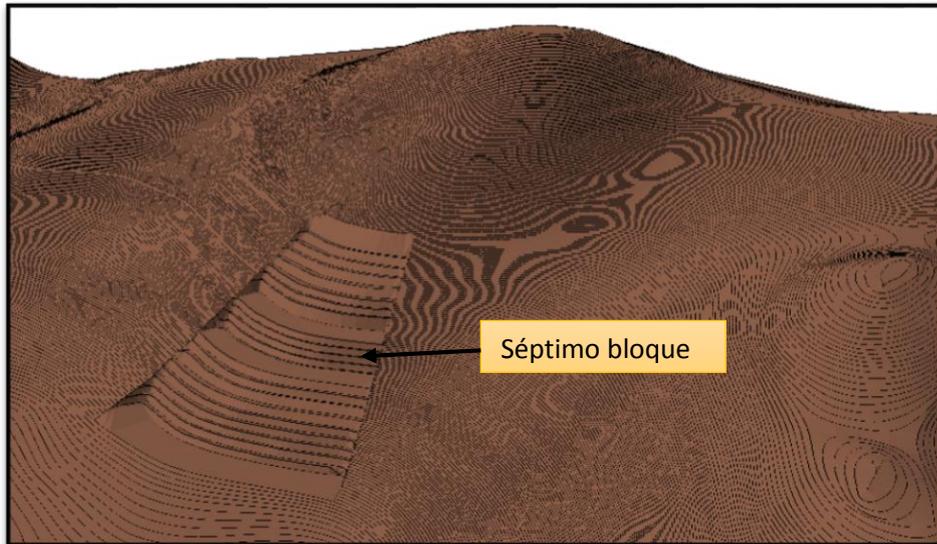


Figura 6.13 Séptimo bloque de explotación

Volumen de extracción	80394,35	m3
-----------------------	----------	----

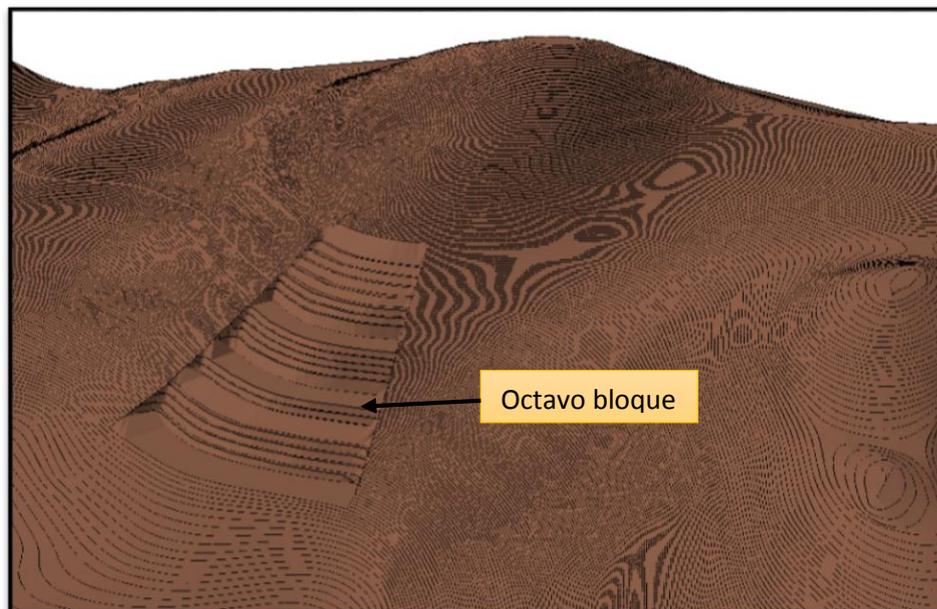


Figura 6.14 Octavo bloque de explotación

6.6.2.3 Quinto año de explotación

Volumen de extracción	72500,375	m3
-----------------------	-----------	----

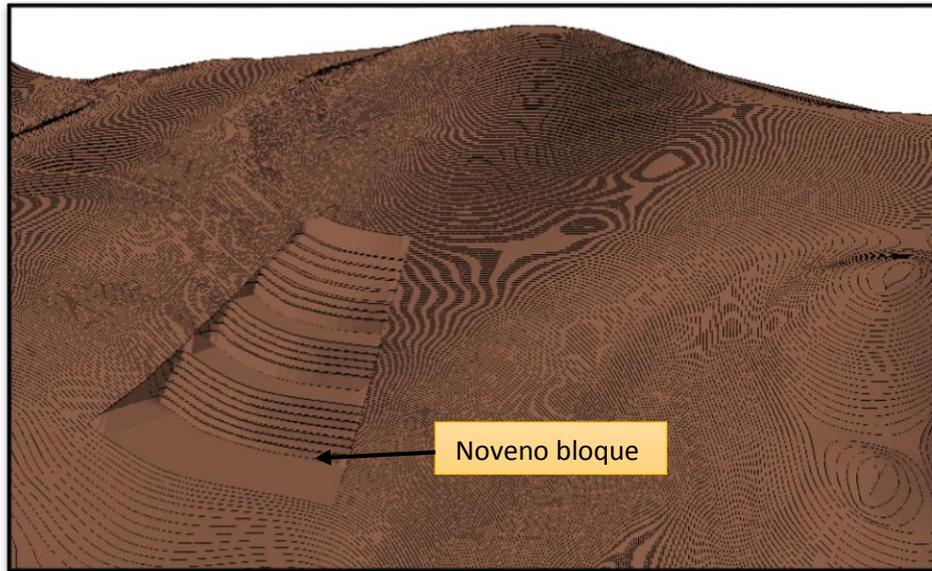


Figura 6.15 Noveno bloque de explotación

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Conclusiones:

- En el presente trabajo se logró determinar que en la zona de estudio existe tres tipos de rocas: Andesita, Dacita y Tonalita, las cuales son muy utilizadas en el ámbito de la construcción. Estos resultados fueron determinados mediante láminas delgadas y análisis químico.
- Debido a que el material existente en la zona de estudio es una roca muy fracturada la cual se comporta como suelo; para un diseño de explotación a cielo abierto siempre se deberá calcular con un factor de seguridad mayor a 1.
- El mineral que se podría explotar en la zona es una roca tipo Tonalita y como estéril se tiene una capa vegetal de aproximadamente 15cm de espesor.
- Las reservas posibles existentes en la zona, tomando como referencia la cota 2575 msnm, son de 2700000 m³ de material; para el diseño preliminar de explotación se pretende extraer 784690,675 m³ aproximadamente.
- Se estima que la explotación de las dos etapas tenga una duración de cuatro años y medio, pudiendo extenderse la vida útil de la mina si se diseña y explota el lado sur de la cantera.

Recomendaciones:

- El talud analizado tiene un factor de seguridad alto, pero se recomienda realizar un estudio estructural si al momento de la extracción del material se observa diaclasamiento en el macizo rocoso.
- Se recomienda mantener un monitoreo de los datos con el fin de controlar cambios en las características del macizo rocoso para su valoración constante de estabilidad.
- Antes de la explotación se recomienda realizar un estudio de factibilidad económica para poder establecer la rentabilidad del proyecto.
- Previo a la apertura de vías, se debe realizar un diseño vial en función de la pendiente del terreno y las características de los equipos que podrían utilizar en la explotación.
- Se recomienda realizar un estudio más amplio y detallado de la zona de estudio de manera que se permita ampliar las reservas.
- Se debe tomar en cuenta que en el área existe zonas pobladas lo cual dificultaría la explotación del material debido a que podría producir problemas sociales.

BIBLIOGRAFÍA

- Albella, J. (2003). Láminas delgadas y recubrimientos: preparación, propiedades y aplicaciones. España: Printed in Spain.
- Atlas en color de rocas y minerales en láminas delgadas. España: Aleu.
- Basase, P. y Cuerpo Suizo de Socorro (1998). *Prevención de Desastres Naturales en la Cuenca del Paute (PRECUPA)*. Ecuador: s.e.
- Betancourt, D., et al. (2010). *Análisis por difracción de rayos x de rocas provenientes de región esmeraldífera*. Colombia: Universidad Tecnológica de Pereira.
- Bock, H. (1983). Introducción a la mecánica de los macizos rocosos. Mir, Moscú.
- Ciudad Universitaria Virtual de San Isidoro (04 de Marzo del 2017). Recuperado de: <http://www.cuvsu.com/2016/01/identificacion-de-minerales-con-el.html>
- Clasificación modal de rocas plutónicas en el doble triángulo QAPF* (Streckeisen, 1976). Sitio web del Departamento de Geología de la Universidad de Granada. Recuperado el 10 de agosto de 2015, de <http://www.ugr.es/~petgquim/P3cweb.htm>
- CODIGEM, BGS. (1994). *Geological and occurrence maps of the southern Cordillera Real metamorphic belt, Ecuador*. Escala 1:500.000.
- Cornelis, K. (2001). *Manual de Mineralogía*. Mexico: Cuarta edición. Basado en la obra de J. D. Dana. Recuperado de: <http://portalweb.sgm.gob.mx/museo/minerales/tecnicas-quimicas-analiticas>.
- Dunkley, P., Gaibor, A. (1997). Informe No.2, Proyecto de Desarrollo Minero y Control Ambiental, Programa de Información Cartográfica y Geológica: Geology of the Western Cordillera of Ecuador between 2-3° S. CODIGEM-BGS, Quito, Ecuador.
- Dorronsoro, C. (2016). *Departamento de Edafología y Química Agrícola*. España: Universidad de Granada. Recuperado de: <http://edafologia.ugr.es/index.htm>
- García, J. (2014). Análisis para el manejo de materiales. Recuperado de <https://es.slideshare.net/garciacomve/anlisis-para-el-manejo-de-materiales>

- Gil, P. (2009). *Atlas de Mineralogía Óptica*. País Vasco: (s.e). Recuperado de: http://www.ehu.eus/mineralogiaoptica/Atlas_de_Mineralogia_Optica/Atlas_de_Mineralogia_Optica.html
- Hungerbühler, D., Steinmann M., (1996). *Curso Internacional Geología de Cuencas Sedimentarias (Mioceno, Sur del Ecuador) Guía de Campo*. Instituto de Geología, Escuela Politécnica Federal de Zurcú, Suiza, pag. 29.
- López, J. C. (1999). *Ingeniería de Túneles*. Madrid, España: Entorno gráfico.
- MacKenzie W. S., & Adams A. E. (1997). *Atlas en color de rocas y minerales en lámina delgada*. Barcelona: Masson S.A.
- MacKenzie W.S., Donaldson C.H., & Guilford C. (1996). *Atlas de Rocas Ígneas y sus Texturas*. Barcelona: Masson S.A.
- MacKenzie W.S., & Guilford C. (s.a). *Atlas de Petrografía: Minerales formadores de rocas en lámina delgada*. Barcelona: Masson S.A.
- Marcos, C. (2014). *Microscopio virtual*. Ciudad Universitaria Virtual de San Isidoro, recuperado de: http://ocw.uniovi.es/pluginfile.php/4552/mod_resource/content/41/microscopio/index.html
- National Audubon Society. (2008). *Field Guide to Rocks and Minerals*. Estados Unidos: Chanticleer Press, Inc.
- Olarte, J. (2003). *Capítulo 4: Minerales y Rocas*. Colombia: Universidad Nacional de Colombia. Recuperado de: <http://www.docentes.unal.edu.co/jmmonteroo/docs/4-5%20Minerales%20-Rocas.pdf>
- Picot P., & Zdeněk J., (1982). *Atlas of ore minerals*. Amsterdam: Elsevier.
- Piedra, L. (2014). *Caracterización geológica y mineralógica de la zona minera La Pangui, área minera de Chinapintza, provincia de Zamora Chinchipe, Ecuador*. (Tesis de grado publicada). Universidad Técnica Particular de Loja. Loja, Ecuador.
- Ques J., & Tritlla J. (1997). *Introducción a las técnicas de preparación de láminas delgadas*, pp. 33-37 en *Atlas de Asociaciones Minerales en Lámina Delgada*, J. C.

Melgarejo (ed.). Barcelona. Publicaciones de la Universidad de Barcelona y Fundación Folch.

Raith, M., Raase, P., & Reinhardt, J. (2012). *Guía para la microscopía de minerales en lámina delgada*. Uruguay: (s.e).

Sámano A., & Navarro S. (s.a). *Atlas digital de minerales en sección delgada*. México: Universidad de Sonora.

Sevilla, J. (1993). *El deslizamiento La Josefina consideraciones Geológicas*. Quito: Escuela Politécnica Nacional. p 5.

ANEXOS

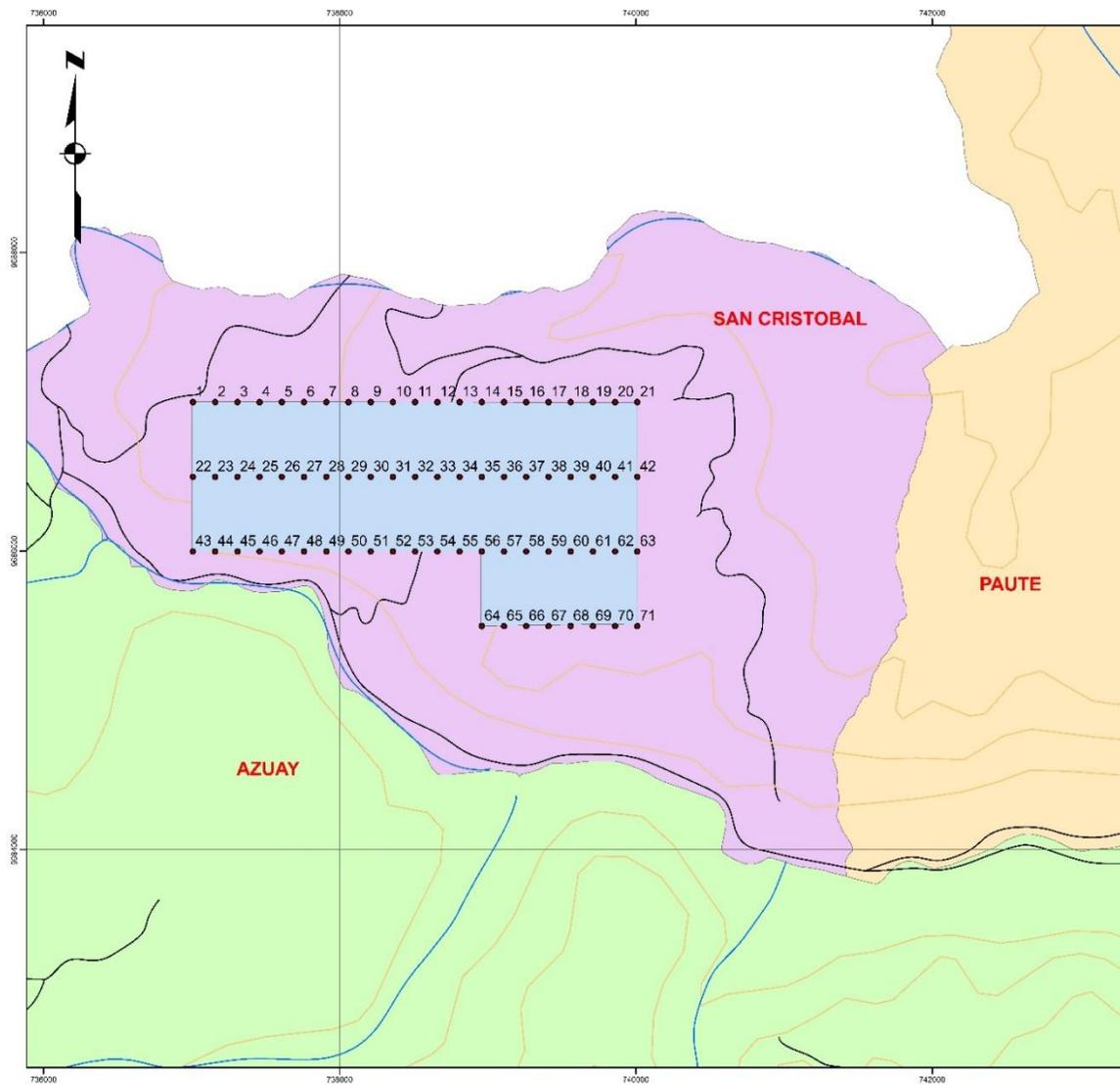
Anexo 1 Coordenadas de los puntos de muestreo

Coordenada Este	Coordenada Norte	Puntos de muestreo
737000	9687000	1
737150	9687000	2
737300	9687000	3
737450	9687000	4
737600	9687000	5
737750	9687000	6
737900	9687000	7
738050	9687000	8
738200	9687000	9
738350	9687000	10
738500	9687000	11
738650	9687000	12
738800	9687000	13
738950	9687000	14
739100	9687000	15
739250	9687000	16
739400	9687000	17
739550	9687000	18
739700	9687000	19
739850	9687000	20
740000	9687000	21
737000	9686785	22
737150	9686785	23
737300	9686785	24
737450	9686785	25
737600	9686785	26
737750	9686785	27
737900	9686785	28
738050	9686785	29
738200	9686785	30
738350	9686785	31
738500	9686785	32
738650	9686785	33
738800	9686785	34

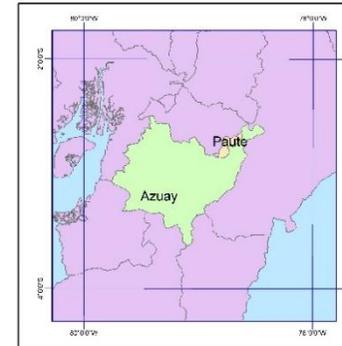
738950	9686785	35
739100	9686785	36
739250	9686785	37
739400	9686785	38
739550	9686785	39
739700	9686785	40
739850	9686785	41
740000	9686785	42
737000	9686000	43
737150	9686000	44
737300	9686000	45
737450	9686000	46
737600	9686000	47
737750	9686000	48
737900	9686000	49
738050	9686000	50
738200	9686000	51
738350	9686000	52
738500	9686000	53
738650	9686000	54
738800	9686000	55
738950	9686000	56
739100	9686000	57
739250	9686000	58
739400	9686000	59
739550	9686000	60
739700	9686000	61
739850	9686000	62
740000	9686000	63

Los puntos resaltados en color azul hacen referencia a las muestras descartadas.

Anexo 2 Mapa de los nuevos puntos de muestreos



LOCALIZACIÓN



Leyenda

- puntos de muestreo
- nueva área de estudio
- Rios
- curvas de nivel
- vías

Simbología

- Parroquia San Cristobal
- Cantón Paute
- Provincia Azuay

 UNIVERSIDAD DEL AZUAY CIENCIA Y TECNOLOGÍA INGENIERÍA EN MINAS	
TESIS DE GRADUACIÓN	
CONTENIDO: EMPLAZAMIENTO DE LA MINA, RIOS Y VÍAS	
PROVINCIA: AZUAY	ESCALA: 1:50.000
CANTÓN: CUENCA	FECHA: ENERO 2017
DIRECTOR: Ingeniero Federico Auquilla	LAMINA: 1/1
INTEGRANTES:	
ANGÉLICA CALLE P. DOMÉNICA LÓPEZ U.	

Anexo 3 Análisis químico de la muestra N° 63


UTPL
 UNIVERSIDAD TÉCNICA PARTICULAR DE LOJA

**UNIVERSIDAD TÉCNICA PARTICULAR DE LOJA
 LABORATORIO DE DIFRACCIÓN DE RAYOS X**
RESULTADO DE ANÁLISIS
Solicitante: Doménica López

Fecha: 10-04-2017

Muestras: 63

Resultados de Análisis por Difracción de Rayos X

La determinación de los componentes mineralógicos presentes en la muestra se realizó empleando el Difractómetro D8 ADVANCE, y el programa para la determinación cualitativa EVA y cuantitativa TOPAS. A continuación se detallan los resultados obtenidos:

MINERAL IDENTIFICADO	PORCENTAJE %
Cuarzo	20,56
Albita	5,97
Oligoclasa	59,54
Andesina	
Ortoclasa	0,44
Biotita	0,1
Hornblenda	0,65
Hornblenda	6,15
Rutilo	0,09
Magnetita	0,41
Calcita	1,56
Vermiculita	2,31
Clorita	2,22

 Ing. David González
ANALISTA

 Ing. Mónica Vega
RESPONSABLE DE LAB.

P. D.: No se consideran minerales en porcentajes muy bajos.

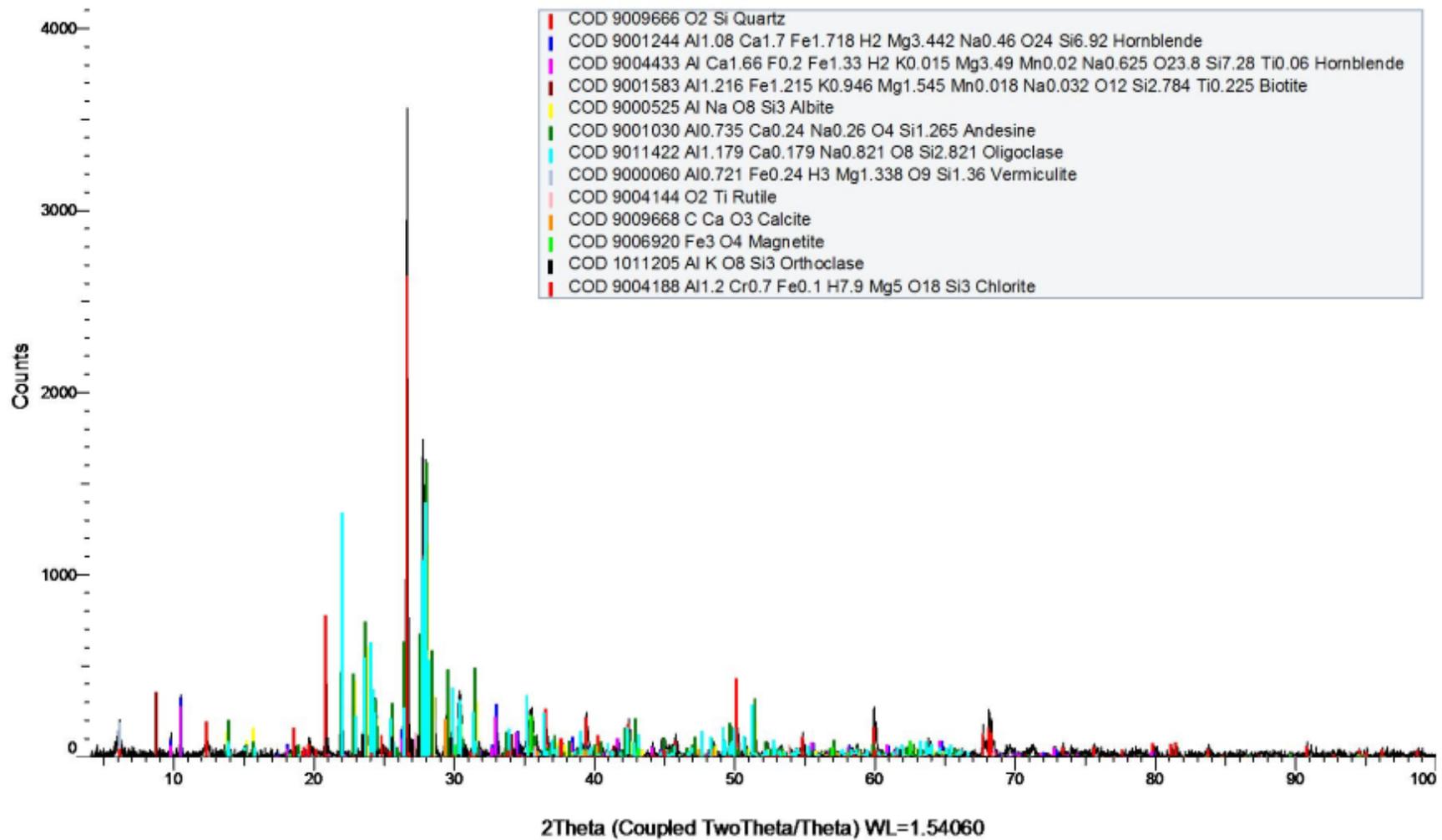
Se adjuntan difractograma EVA

Composición química de la muestra

San Cayetano Alto s/n
 Loja-Ecuador
 Telf.: (593-7) 370 1444
 informacion@utpl.edu.ec
 Apartado Postal: 11-01-608
 www.utpl.edu.ec



63 (Coupled TwoTheta/Theta)



Anexo 4 Análisis químico de la muestra N° 64



**UNIVERSIDAD TÉCNICA PARTICULAR DE LOJA
LABORATORIO DE DIFRACCIÓN DE RAYOS X**

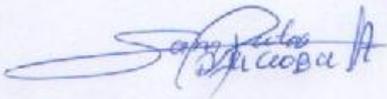
RESULTADO DE ANÁLISIS

Solicitante: Doménica López
Fecha: 10-04-2017
Muestras: 64

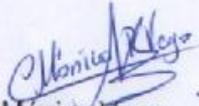
Resultados de Análisis por Difracción de Rayos X

La determinación de los componentes mineralógicos presentes en la muestra se realizó empleando el Difractómetro D8 ADVANCE, y el programa para la determinación cualitativa EVA y cuantitativa TOPAS. A continuación se detallan los resultados obtenidos:

MINERAL IDENTIFICADO	PORCENTAJE %
Cuarzo	28,43
Albita	3,94
Oligoclasa	54,05
Andesina	
Ortoclasa	0,47
Hornblenda	0,16
Enstatita	1,02
Rutilo	0,69
Magnetita	0,71
Vermiculita	2,66
Clinocloro	7,87



Ing. David González
ANALISTA



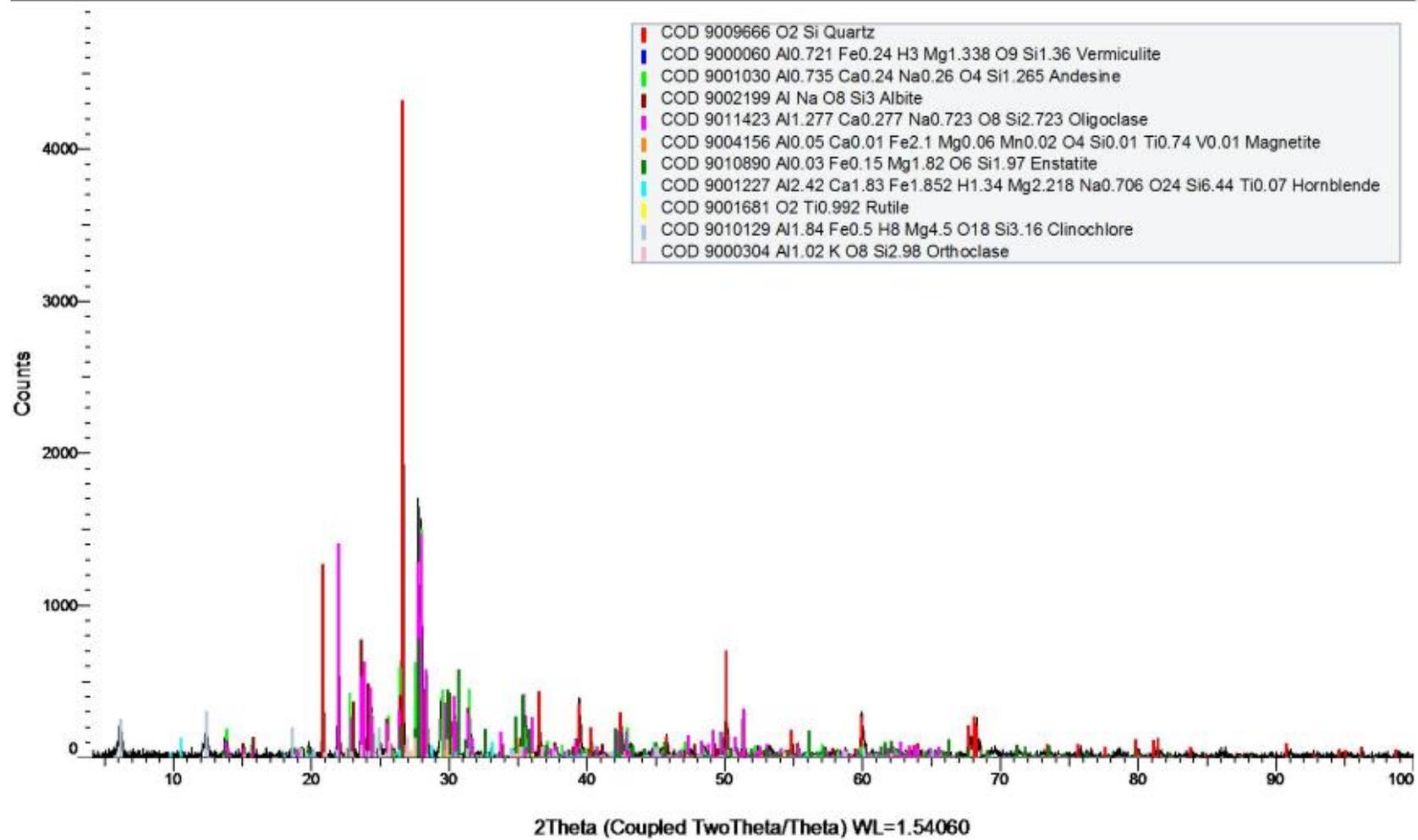
Ing. Mónica Vega
RESPONSABLE DE LAB.

P. D.: No se consideran minerales en porcentajes muy bajos.
Se adjuntan difractograma EVA
Composición química de la muestra



San Cayetano Alto s/n
Loja-Ecuador
Telf.: (593-7) 370 1444
informacion@utpl.edu.ec
Apartado Postal: 11-01-608
www.utpl.edu.ec

64 (Coupled TwoTheta/Theta)



Anexo 5 Análisis químico de la muestra N° 69


UTPL
 UNIVERSIDAD TÉCNICA PARTICULAR DE LOJA

**UNIVERSIDAD TÉCNICA PARTICULAR DE LOJA
 LABORATORIO DE DIFRACCIÓN DE RAYOS X**
RESULTADO DE ANÁLISIS
Solicitante: Doménica López

Fecha: 10-04-2017

Muestras: 69

Resultados de Análisis por Difracción de Rayos X

La determinación de los componentes mineralógicos presentes en la muestra se realizó empleando el Difractómetro D8 ADVANCE, y el programa para la determinación cualitativa EVA y cuantitativa TOPAS. A continuación se detallan los resultados obtenidos:

MINERAL IDENTIFICADO	PORCENTAJE %
Cuarzo	24,28
Albita	6,57
Oligoclasa	57,25
Andesina	
Ortoclasa	0,48
Hematita	0,48
Hornblenda	0,28
Hornblenda	4,02
Enstatita	0,7
Titanomagnetita	
Magnetita	0,53
Vermiculita	2,32
Clorita	3,09

 Ing. David González
ANALISTA

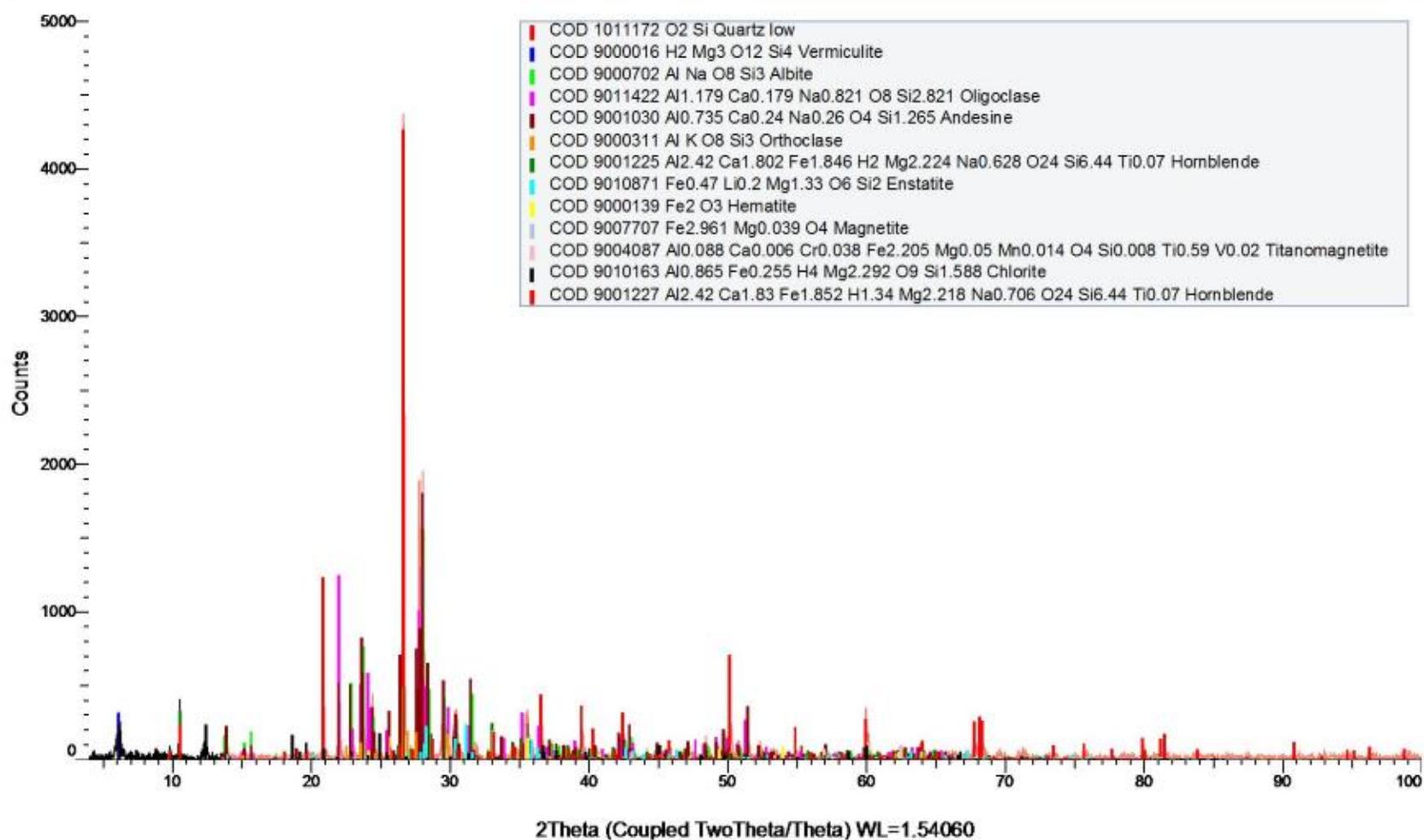
 Ing. Mónica Vega
RESPONSABLE DE LAB.

P. D.: No se consideran minerales en porcentajes muy bajos.
 Se adjuntan difracctograma EVA
 Composición química de la muestra.

San Cayetano Alto s/n
 Loja-Ecuador
 Telf.: (593-7) 370 1444
 informacion@utpl.edu.ec
 Apartado Postal: 11-01-608
 www.utpl.edu.ec



69 (Coupled TwoTheta/Theta)

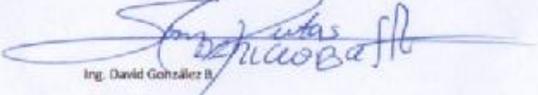


Anexo 6 Análisis de Fluorescencia de Rayos

RESULTADOS DEL ENSAYO QUÍMICO DE FLUORESCENCIA DE RAYOS EQUIS (FRX)																					
COMPOSICIÓN QUÍMICA EN PORCENTAJE DE ÓXIDOS																					
Muestra	Espectro	SiO ₂ (%)	Al ₂ O ₃ (%)	CaO (%)	MgO (%)	K ₂ O (%)	Fe ₂ O ₃ (%)	MnO (%)	TiO ₂ (%)	F ₂ O ₃ (%)	S (%)	V ₂ O ₅ (%)	Cr ₂ O ₃ (%)	CO ₂ (%)	CuO (%)	ZnO (%)	Sr (%)	ZrO ₂ (%)	SnO ₂ (%)	CoO (%)	HfO ₂ (%)
69	1902	60,20	19,40	7,51	4,49 +/- 4,65	0,90	5,88	0,19	0,56	N.D.	0,03	0,02	0,06	0,10	0,01	0,01	0,07	0,02	0,20	0,08	N.D.
64	1903	56,30	18,60	7,30	4,92 +/- 4,74	0,57	5,39	0,17	0,57	N.D.	0,07	N.D.	0,06	0,10	0,01	0,01	0,07	0,02	0,18	0,06	0,03
63	1904	59,20	18,00	6,41	4,17 +/- 4,64	0,81	5,40	0,19	0,52	N.D.	0,05	N.D.	0,05	0,10	0,03	N.D.	0,08	N.D.	0,18	0,04	N.D.

N.D. No Detectado

Realizado en un equipor de FRX marca BRUCKER, modelo S-1 TURBO

Analista: 
Ing. David González B.

Anexo 7 Condiciones de flujo de agua y presión intersticial para la sección del ábaco de cálculo

Condiciones del flujo de agua subterránea	Ábaco
 <p data-bbox="352 595 799 629">Talud seco - completamente drenado</p>	1
 <p data-bbox="352 864 735 931">Salida del agua a 1/8 de la altura del talud</p>	2
 <p data-bbox="352 1144 735 1211">Salida del agua a 1/4 de la altura del talud</p>	3
 <p data-bbox="352 1424 735 1491">Salida del agua a 1/2 de la altura del talud</p>	4
 <p data-bbox="352 1704 759 1771">Talud completamente saturado con recarga superficial continuada</p>	5

Anexo 8 Ábaco N° 5 de Hoek y Bay

