



UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO DE PUNO

FACULTAD DE INGENIERÍA GEOLÓGICA Y

METALÚRGICA

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA GEOLÓGICA



“CARACTERIZACIÓN GEOLÓGICA DEL PROYECTO MINERO SAN ANTONIO, RÍO GRANDE – CONDESUYOS – AREQUIPA”

TESIS

PRESENTADA POR:

Bach. HAROL GIANFRANCO APAZA PACARA

PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:

INGENIERO GEÓLOGO

PUNO – PERÚ

2022



DEDICATORIA

*A Dios, por ser la razón de mi fortaleza y
mi guía espiritual en mí día a día.*

*A mis padres Americo Apaza y
Yovana Pacara quienes siempre me
apoyaron moral y económicamente
durante mis estudios, así como su
amor para culminar mi carrera
profesional.*

*A mis docentes de la escuela Profesional
de Ingeniería geológica quienes tienen el
arduo trabajo de transmitirnos sus
conocimientos en las aulas y el campo.*

Harol G. Apaza Pacara



AGRADECIMIENTO

Mi agradecimiento especial a la “UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO – PUNO”, a los docentes de la ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA GEOLÓGICA quienes me acogieron, compartieron sus experiencias y sabidurías y que lograron darme una formación para el desarrollo profesional y personal.

Al Ing. Roberto Zegarra Ponce por su valiosa dirección y asesoramiento metodológico en la ejecución del presente trabajo y ser un ejemplo de persona para todos los estudiantes de la escuela, al personal administrativo de la Facultad de Ingeniería geológica y metalúrgica quienes me apoyaron en la medida de sus posibilidades para la presentación de este trabajo de investigación.

Al Ing. Aldo Gavidia que me brindó la oportunidad de ser parte del proyecto minero San Antonio, al Ing. Joyer Gallardo por ser mi guía y apoyo en el trabajo.

Harol G. Apaza Pacara



ÍNDICE GENERAL

DEDICATORIA

AGRADECIMIENTO

ÍNDICE GENERAL

INDICE DE FIGURAS

ÍNDICE DE TABLAS

ÍNDICE DE ACRÓNIMOS

RESUMEN13

ABSTRACT.....14

CAPÍTULO I

INTRODUCCIÓN

1.1PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....15

1.1.1 Problema General 16

1.1.2 Problemas Específicos 16

1.2 ANTECEDENTES16

1.3 JUSTIFICACIÓN18

1.4 OBJETIVOS.....18

1.4.1 Objetivo general..... 18

1.4.2 Objetivos específicos..... 18

1.5 HIPÓTESIS19

1.5.1 Hipótesis general..... 19

1.5.2 Hipótesis específicas 19

CAPITULO II

REVISIÓN DE LITERATURA

2.1 GEOMORFOLOGÍA20

2.1.1 Valles..... 20

2.1.2 Escarpa costera..... 21



2.1.3 Mesetas costaneras	22
2.1.4 Drenajes	22
2.2 GEOLOGIA REGIONAL.....	24
2.2.1 Pre-Cámbrico	25
2.2.2 Cretáceo	25
2.2.3 Neógeno	29
2.2.4 Cuaternario	31
2.3 FRANJA METALOGÉNICA.....	31
2.3.1 Franja de depósitos de Au-Pb-Zn-Cu relacionados con intrusiones de Cretácico Superior.....	32
2.4 GEOLOGÍA ECONÓMICA.....	32
2.4.1 Yacimientos Minerales	33
2.5 GEOLOGÍA ESTRUCTURAL	35
2.5.1 Zona de emplazamiento del Batolito.....	35
2.5.2 Zona de la depresión de Caravelí	36
2.5.3 Zona poco deformada.....	36
2.6 SISTEMAS DE FRACTURAMIENTO Y CIZALLA.....	37
2.6.1 Modelo de Riedel.....	37
2.6.2 Modelo de Ramsay	39
2.6.3 Teoría de fracturamiento de Anderson	39
2.7 TRABAJOS DE EXPLORACIÓN.....	40
2.8 GEOQUÍMICA Y QA/QC	41
2.8.1 Muestreo geoquímico en rocas	41
2.8.2 QA/QC	42
2.9 LABORES DE EXPLORACIÓN SUBTERRÁNEA.....	43
2.9.1 Cortadas y galerías.....	43
2.9.2 Piques y chimeneas.....	43



2.9.3 Subniveles.....	44
-----------------------	----

CAPÍTULO III

MATERIALES Y MÉTODOS

3.1 EQUIPOS Y MATERIALES	45
3.1.1 Recursos humanos	45
3.1.2 Materiales y equipos de campo.....	45
3.1.3 Materiales y equipos de perforación	46
3.1.4 Materiales de escritorio.....	46
3.1.5 Otros	46
3.2 METODOLOGÍA	46
3.2.1 Etapa 1: Gabinete, preparación de materiales y equipos	47
3.2.2 Etapa 2: Campo.....	47
3.2.3 Etapa 3: Laboratorio.....	48
3.2.4 Etapa 4: Gabinete, procesamiento de la información	48

CAPITULO IV

CARACTERIZACIÓN DEL ÁREA DE ESTUDIO

4.1 UBICACIÓN DEL PROYECTO.....	49
4.2 ACCESIBILIDAD.....	49
4.3 CLIMA	50
4.4 VEGETACIÓN	50
4.5 TOPOGRAFÍA.....	50
4.6 DRENAJE.....	50
4.7 GEOLOGÍA LOCAL	50
4.7.1 Formación Moquegua (Nm-Mo)	51
4.7.2 Volcánico Sencca (Ts-Vse).....	51
4.7.3 Batolito de la Costa	52
4.7.4 Complejo Bella Unión	54



CAPÍTULO V

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

5.1 MINERALOGÍA, MINERALIZACIÓN, GÉNESIS Y LITOLOGÍA	55
5.1.1 Alteración hidrotermal.....	55
5.1.2 Mineralogía.....	56
5.1.3 Caracterización de las principales estructuras mineralógicas	57
5.1.4 Paragénesis	63
5.1.5 Zoneamiento	65
5.1.6 Mineralización.....	65
5.2 CARACTERIZACIÓN ESTRUCTURAL DEL ÁREA DE ESTUDIO	71
5.2.1 Principales fallas que controlan el area de estudio.....	71
5.2.2 Estructuras mineralizadas en la zona de trabajo.....	72
5.2.3 Modelo Riedel del área de estudio	86
5.2.4 Zonas de transtensión	86
VI. CONCLUSIONES	89
VII. RECOMENDACIONES	90
VIII. REFERENCIAS	91
ANEXOS	94

Área : Geología y minería

Línea : Exploración Geológica

FECHA DE SUSTENTACIÓN: 10 de febrero 2022



INDICE DE FIGURAS

Figura 1	Valle Chorunga, vista desde el pueblo San Juan	21
Figura 2	Escarpa Costera	21
Figura 3	Meseta costera en el área de estudio.....	22
Figura 4	Columna Estratigráfica Regional	24
Figura 5	Mapa Metalogénico del Sur del Perú	32
Figura 6	Cuadro de estructuras asociadas	38
Figura 7	Modelo de fracturamiento de Riedel izquierdo	38
Figura 8	Elipsoide de deformación	39
Figura 9	Galería con dimensiones 1.20x1.80.....	43
Figura 10	Pique de exploración en Veta Susan	44
Figura 11	Grupo de exploración de interior de mina	48
Figura 12	Columna Estratigráfica Local.....	54
Figura 13	Posible paragénesis del proyecto Minero San Antonio	64
Figura 14	Au en veta de cuarzo	66
Figura 15	Pirita masiva	67
Figura 16	Mineral calcopirita.....	68
Figura 17	Mineral hematita.....	69
Figura 18	Mineral limonita	70
Figura 19	Muestra la falla Atiquipa y falla Iquipi	72
Figura 20	Bocamina del crucero a la veta Susan	73
Figura 21	Veta Susan	74
Figura 22	Perfil de la veta Susan al Sureste.....	75
Figura 23	Diagrama de rosas de la veta Susan	75
Figura 24	Direcciones de esfuerzos y tipos de fracturas respecto a su movimiento.....	76
Figura 25	Muestreo en veta Chillihuay.....	77
Figura 26	Veta Chillihuay se visualiza en su rumbo NW.....	77



Figura 27	Diagrama de rosas de la veta Chillihuay	78
Figura 28	Direcciones de esfuerzos y tipos de fracturas respecto a su movimiento.....	79
Figura 29	Veta Paricahua.....	80
Figura 30	Diagrama de rosas de la veta Paricahua	80
Figura 31	Direcciones de esfuerzos y tipos de fracturas respecto a su movimiento.....	81
Figura 32	Veta Chaco	82
Figura 33	Diagrama de rosas de la veta Chaco.....	82
Figura 34	Direcciones de esfuerzos y tipos de fracturas respecto a su movimiento.....	83
Figura 35	Veta Chambi	84
Figura 36	Diagrama de rosas de la veta Chambi	84
Figura 37	Direcciones de esfuerzos y tipos de fracturas respecto a su movimiento.....	85
Figura 38	Modelo Riedel del proyecto minero San Antonio	86
Figura 39	Zona de transtención.....	87
Figura 40	Sigmoide tipo S	87
Figura 41	Estructura sigmoidal múltiple.....	88



ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Ubicación del Área de estudio	49
Tabla 2. Accesibilidad al Proyecto San Antonio	49
Tabla 3. Muestreo en veta Susan	58
Tabla 4. Estimación de recursos indicados en la veta Susan	58
Tabla 5. Muestreo en veta Chillihuay	60
Tabla 6. Muestreo veta Paricahua.....	61
Tabla 7. Muestreo veta Chaco	62
Tabla 8. Muestreo veta Chambi.....	63



ÍNDICE DE ACRÓNIMOS

INGEMMET:	Instituto Geológico, Minero y Metalúrgico
WGS84:	World Geodetic System 84
UTM:	Universal Transverse Mercator
GPS:	Sistema de Posicionamiento Global
AU:	Oro
PY:	Pirita
CPY:	Calcopirita
CU:	Cobre
FE:	Hierro
AG:	Plata
CX:	Cuarzo
LI	Limonita
HCL:	Ácido clorhídrico
MSNM:	Metros sobre el nivel del mar
M:	Metros
HAS:	Hectáreas
MM:	milímetro
KM:	Kilometro
MA:	Millones de años
QA/QC:	Aseguramiento y control de calidad
N:	Norte
S:	Sur
E:	Este



W:	Oeste
ONE:	Oeste Norte Oeste
ESE:	Este Sur Este
KMS-BU	Complejo Bella Unión
JS-LA:	formación labra
JSKI-YU	Grupo Yura
KI-HU	Formación Hualhuani
KS-GD/MZ-LI	Súper-Unidad Linga
KS-TI/TO-GD:	Granodiorita de Tiabaya
NM-MO	Formación Moquegua
Q-AL	Depósitos aluviales
DIP:	Buzamiento
DIP DIR:	Dirección de buzamiento
MG:	Magnetita
PPM:	Partes por millón
TN:	Tonelada
GR:	Gramos
Pot:	Potencia



RESUMEN

El proyecto de investigación que lleva por título: “Caracterización geológica del proyecto minero San Antonio, Río Grande – Condesuyos - Arequipa”, se realizó frente al pueblo San Juan de Churunga. El proyecto minero consiste en los estudios de vetas angostas de cuarzo, pirita, calcopirita y el oro nativo que le da el valor económico al proyecto, el yacimiento está ubicado en el batolito de la costa de la región sur, metalogenéticamente se encuentra en la franja aurífera Nazca - Ocoña y presenta unidades litoestratigráficas conformadas por intrusivos del jurásico superior al oligoceno pertenecientes al complejo Bella Unión y a la Súper Unidad Linga, este depósito tiene varias estructuras mineralizadas dentro de ellas están las vetas Chillihuay, Chaco, Paricahua, Chambi, y Susan emplazadas en rocas intrusivas Monzonitas, granodioritas, areniscas y volcánicas respectivamente, con estructura mineralizadas importantes por el contenido de sus valores auríferos, dichas estructuras presentan un rumbo de N 45° a 85° W y un buzamiento de 75°-90° NE. Las diferentes estructuras mineralizadas están relacionados a la falla regional Iquipi con rumbo S 63° W y la falla Atiquipa influenciados por la placa de Nazca con la placa continental que lo subduce. Los resultados geoquímicos respecto al oro como los minerales que lo engloban, mapeo geológico y alteraciones hidrotermales nos permitieron orientarnos en la exploración, como también en el conocimiento del valor económico de las estructuras mineralizadas, el mapeo y observación en campo nos ayudaron a identificar la paragénesis del yacimiento. Para el desarrollo de la investigación se empleó el método descriptivo lo que permitió desarrollar nuestros objetivos específicos de determinar la mineralogía, mineralización, génesis y litología del yacimiento como el comportamiento estructural de las vetas; los resultados servirán a los directivos de la entidad a tener conocimientos específicos del proyecto minero San Antonio.

Palabras claves: Caracterización geológica, vetas, mineralogía, estructuras y falla.



ABSTRACT

The research project entitled: "Geological characterization of the San Antonio mining project, Río Grande - Condesuyos - Arequipa", was carried out in front of the town of San Juan de Churunga. The mining project consists of studies of narrow veins of quartz, pyrite, chalcopyrite and native gold that give the economic value to the project, the deposit is located in the batholith of the coast of the southern region, metallogenetically it is located in the strip auriferous Nazca – Ocoña and presents lithostratigraphic units made up of intrusives from the upper Jurassic to the oligocene belonging to the Bella Unión complex and the Linga Super Unit, this deposit has several mineralized structures within them are the Chillihuay, Chaco, Paricahua, Chambi, and Susan veins located in intrusive Monzonite rocks, granodiorites, sandstones and volcanic respectively, with important mineralized structures due to the content of their gold values, these structures have a course of N 45 ° to 85 ° W and a dip of 75 ° -90 ° NE. The different mineralized structures are related to the regional Iquipi fault heading S 63 ° W and the Atiquipa fault influenced by the Nazca plate with the continental plate that subducts it. The geochemical results regarding gold and the minerals that encompass it, geological mapping and hydrothermal alterations allowed us to guide ourselves in exploration, as well as in the knowledge of the economic value of mineralized structures; thin sections, polished, mapping and field observation helped us to identify the paragenesis of the deposit. For the development of the investigation, the descriptive method was used, which allowed us to develop our specific objectives of determining the mineralogy, mineralization, genesis and lithology of the deposit as well as the structural behavior of the veins; the results will serve the directors of the entity to have specific knowledge of the San Antonio mining project.

Keywords: Geological characterization, veins, mineralogy, structures and fault



CAPÍTULO I

INTRODUCCIÓN

El área de estudio está ubicada en el flanco occidental de los Andes del sur del Perú, metalogenéticamente ubicada en la franja aurífera Nazca Ocoña del Batolito de la costa, en la Provincia de Condesuyos distrito Rio Grande al sur del poblado Pueblo Libre, el acceso es por vía terrestre Arequipa - Ocoña con una distancia de 230 Km (carretera asfaltada) y luego 80 Km vía afirmada hasta la zona de estudio.

El Proyecto Minero San Antonio está conformado por un conjunto de vetas filonianas de origen hidrotermal, el cual se determinara con estudios geológicos, La metodología utilizada en la presente investigación es de carácter descriptivo y explicativo; este estudio se desarrolló en cuatro etapas: 1) trabajos de gabinete, preparación de materiales y equipos, 2) trabajos en campo, 3) trabajo de Laboratorio y 4) trabajos de gabinete, procesamiento de la información; el objetivo general del presente trabajo fue realizar la Caracterización Geológica del Proyecto Minero San Antonio, como determinar la mineralogía, mineralización, génesis, litología y ver el comportamiento estructural de las vetas en el área de estudio.

La hipótesis planteada sobre el mapeo geológico y la determinación de los minerales en las estructuras mineralizadas nos ayudó a caracterizar la mineralogía como el movimiento estructural del área de estudio.

1.1 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

La minería es la actividad que el ser humano realiza para extraer y utilizar las sustancias minerales que existen en la naturaleza. El aprovechamiento de los recursos minerales está presente en la vida del hombre desde las más remotas edades, utilizándolas en su alimentación (sal común), manifestaciones artísticas, herramientas y artefactos primitivos para la vida doméstica y productiva. (Tumialán, 1987).

En el Perú existen diferentes tipos de yacimientos aún no estudiados como es el caso del proyecto minero San Antonio, sin embargo en el área de trabajo se encontró estructuras mineralizadas trabajadas por mineros informales del mismo lugar, que han



servido como labores de exploraciones para descubrir otras estructuras mineralizadas de menor potencia pero con altos valores auríferos.

Los problemas que enfrenta la presente investigación radican en conocer la génesis del yacimiento, conocer el comportamiento estructural del área de estudio, y principalmente como ejecutar la caracterización del proyecto minero San Antonio, con esta información obtenida se podrá entender el yacimiento minero.

Para esta investigación nos surgieron las siguientes interrogantes:

1.1.1 Problema General

- ¿Qué características geológica presenta el proyecto minero San Antonio, Río Grande – Condesuyos - Arequipa?

1.1.2 Problemas Específicos

- ¿Cómo se encuentran las estructuras mineralizadas del proyecto minero san Antonio, Río Grande – Condesuyos - Arequipa?
- ¿Cómo es el comportamiento estructural del proyecto minero San Antonio, Río Grande – Condesuyos - Arequipa?

1.2 ANTECEDENTES

El proyecto minero San Antonio se encuentra en un área donde se realizaron trabajos por cateadores, mineros informales, mineros artesanales y pequeños mineros siendo estos de exploración y explotación de los recursos encontrados, estos trabajos nos facilitaran en realizar la caracterización geológica del proyecto minero San Antonio.

(Pecho, 1983) Geología de los cuadrángulos de Pausa y Caravelí.

El estudio geológico de los cuadrángulos de Pausa y Caravelí abarca un área de unos 6000 kilómetros cuadrados y comprende parte de las provincias de Arequipa y Ayacucho. Este estudio aporta conocimientos de geomorfología, estratigrafía, rocas y zonas preferentes desde el punto de vista de la minería. Las rocas cristalinas están representadas por una serie metamórfica precámbrica, sobre la cual se encuentra una cadena sedimentaria volcánica, intrusivos por un agregado de rocas plutónicas e ígneas. Las rocas plutónicas del sector de Arequipa fueron identificadas en el período Cretácico superior mediante



datación por radiocarbono y se clasificaron como Cretácico Superior-Cretácico Inferior por su relación con los sedimentos. Los principales recursos económicos de estas plazas se encuentran en la franja azul verdosa que va desde Nazca hasta Ocoña, representada por los numerosos yacimientos que se encuentran en los valles de Ocoña, Caravelí, Pausa y Cotahuasi.

(Loaiza, 2008). Mineralización y Explotación Minera Artesanal en la Costa Sur media del Perú. La franja Nazca–Ocoña con mineralización oro-cobre-hierro, Abarca parte de la batolito Costera de Arequipa (Pitcher, 1985) y se ubica en la mitad de la costa sur del Perú. Gracias a la nueva perspectiva aurífera, este cinturón se extiende por el norte hasta el Hielo y por el sur hasta La Joya (Arequipa). Este cinturón ha sido ampliamente utilizado desde el siglo XVII, cuando hasta el momento se han encontrado más de un centenar de yacimientos de oro, cuyas propiedades son predominantemente de tipo filipino y de origen hidrotermal. Los eventos se extraen en busca de cobre de oro y plata. Este cinturón de oro conduce desde Ica hasta Chuquibamba / La Joya (Arequipa); está clasificada como una provincia metalogenética aurífera. La franja está ubicada en el Océano Pacífico de las Cordilleras Occidentales e incluye las divisiones de Ica, Arequipa y la parte sur de Ayacucho. El oro como elemento principal se presenta como oro libre (zonas NW y cinturón medio); en tamaño pequeño como Electrum (zona zona SE) y como solución sólida de pirita (zona Central y parte SE del cinturón)

(Acosta, 2009) Franjas Metalogeneticas del Perú, Está presente en tres zonas: Trujillo (Cerro Ballena; 9° 30'-10°), Canta (Lomada-Caracol-Lajas; 11° -11° 30') y Saramarca-Nazca-Ocoña (14° 30'-17°). Las estructuras mineralizadas de sulfuro de oro y cuarzo están alojadas en granito del Cretácico Superior en la batolita costera. En las áreas de Trujillo y Canta, los controles estructurales son las fallas secundarias NW-SE, NS y NE-SW en los sistemas de fallas regionales SZ-SE Conchao-Cocachacra y Tapacocha. En Saramarca Nazca - Ocoña, las estructuras mineralizadas se rigen por errores de orientación en el NW - SE, NS y E - Z, que forman el corredor Nazca - Ocoña (Acosta, 2008). Entre los principales sitios de este cinturón podemos mencionar a Orión, Caravelí, Ishihuinca, Calpa, Arirahua y San Juan de Churunga.



1.3 JUSTIFICACIÓN

En el Perú, se encuentran muchos yacimientos mineros metálicos, polimetálicos acompañados de minerales de Au, Cu, Ag, (Ishihuinca, Calpa, San Juan de Churunga, Caraveli, Nazca, Ocoña, etc.), donde en algunos se encuentran finalmente diseminados, y son explotados en diferentes lugares del Perú. Debido a lo largo y ancho del país existe mucha actividad que se dedica a la pequeña, mediana y gran minería, dentro de ello el afloramiento más extenso de rocas intrusivas en el Perú es el batolito de la costa que se emplaza paralela a la cordillera occidental, es donde se alojan varios yacimientos mesotermales de Au, Cu, Ag, generalmente en vetas angostas, dentro de ello se encuentra el proyecto minero San Antonio.

La presente investigación se realizó para conocer las características geológicas, mineralización de las vetas y determinar el comportamiento estructural del proyecto minero San Antonio. La presente tesis contribuirá significativamente para futuros estudios como también para tener conocimiento de la geología del área de estudio.

Este trabajo beneficiara a las comunidades aledañas por que generara empleo como también afectara positivamente en la economía del sector ya que se realizara el uso de diferentes servicios.

1.4 OBJETIVOS

1.4.1 Objetivo general

Determinar las Características Geológicas del proyecto minero San Antonio, Río Grande – Condesuyos – Arequipa

1.4.2 Objetivos específicos

- Determinar la Mineralogía, mineralización, génesis y litología del yacimiento macroscópicamente.
- Determinar el comportamiento estructural de las vetas para el desarrollo de sus labores orientado a las exploraciones.



1.5 HIPÓTESIS

1.5.1 Hipótesis general

Con el mapeo geológico y muestreo geológico subterráneo y superficial es posible determinar las características geológicas del proyecto minero San Antonio.

1.5.2 Hipótesis específicas

- Con los estudios minerográficos y petrográficos es posible conocer la génesis del yacimiento así como su mineralogía y litología.
- Con la Caracterización Geológica se determinara el comportamiento estructural del proyecto minero San Antonio, Río Grande – Condesuyos – Arequipa



CAPITULO II

REVISIÓN DE LITERATURA

2.1 GEOMORFOLOGÍA

El surgimiento de grandes unidades y subunidades geomorfológicas en el área por diversas fases orogénicas, que forman los Andes Peruanos. Clima cálido - seco con poca vegetación en el río San Antonio y permanentemente en los valles de Chorunga y Río Grande, las principales características geomorfológicas son los valles, escarpas costeras y mesetas costaneras.

2.1.1 Valles

Esta unidad geomorfológica es el resultado de una fuerte actividad erosiva desarrollada por un lado por la erosión de los ríos (Chorunga y Ocoña) y por otro lado por la erosión de materiales a ambos lados del valle. Como resultado de esta actividad, se han formado muchos acantilados y profundos valles. Grandes laderas empinadas en lugar de cañones muy profundos (Ocoña y Chorunga), presentan taludes muy pronunciados y laderas inclinadas al pie de los cerros, su dirección está determinada en algunos lugares por fallas regionales y otras fracturas resultantes del ascenso de los Andes. (Ver figura 1).

En los ríos Chorunga y Ocoña, los derrumbes y asentamientos son prácticamente no presentables no solo por la menor actividad erosiva, porque su pendiente es suave, sino también porque las laderas del valle están compuestas por rocas intrusiva y metamórficas. (Cuadrángulo de Pausa y Caravelly 1983).



Figura 1 : Valle Chorunga, vista desde el pueblo San Juan

2.1.2 Escarpa costera

Esta unidad del área de estudio corresponde al relieve formado por la cadena costera, donde los distintos picos alcanzan una altura de 650 a 1200 en el área de estudio, hasta llegar a la costa, que repentinamente termina en el Océano Pacífico. Y el litoral costero es casi inexistente a excepción de las bocas de los grandes valles, estos acantilados están formados por rocas metamórficas, graníticas y sedimentarias. (Ver figura 2) con edades desde el Precámbrico hasta el Mesozoico. (Machare, 1987)



Figura 2 : Escarpa Costera

Fuente: Imagen Sas Planet

2.1.3 Mesetas costaneras

Esta unidad geomorfológica de topografía suave conforma una meseta que se eleva levemente con respecto al mar, esta entre altitudes de 1000 a 1600 msnm en el campo de estudio (Ver figura 3).

En general, esta zona somera presenta un relieve que fluye lentamente, lo que se debe a la horizontalidad de los depósitos formados por rocas cenozoicas más o menos blandas y presenta una ligera pendiente sur-suroeste. (Boletín de Ocoña 1960).

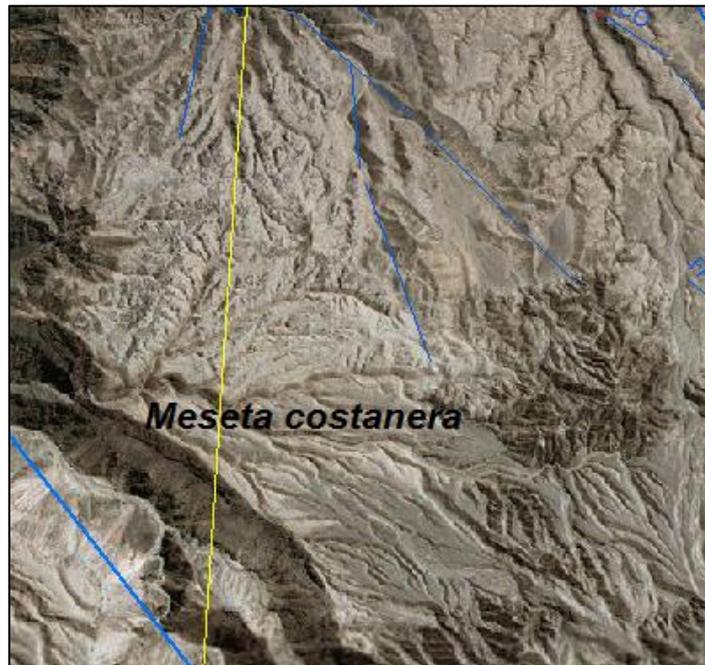
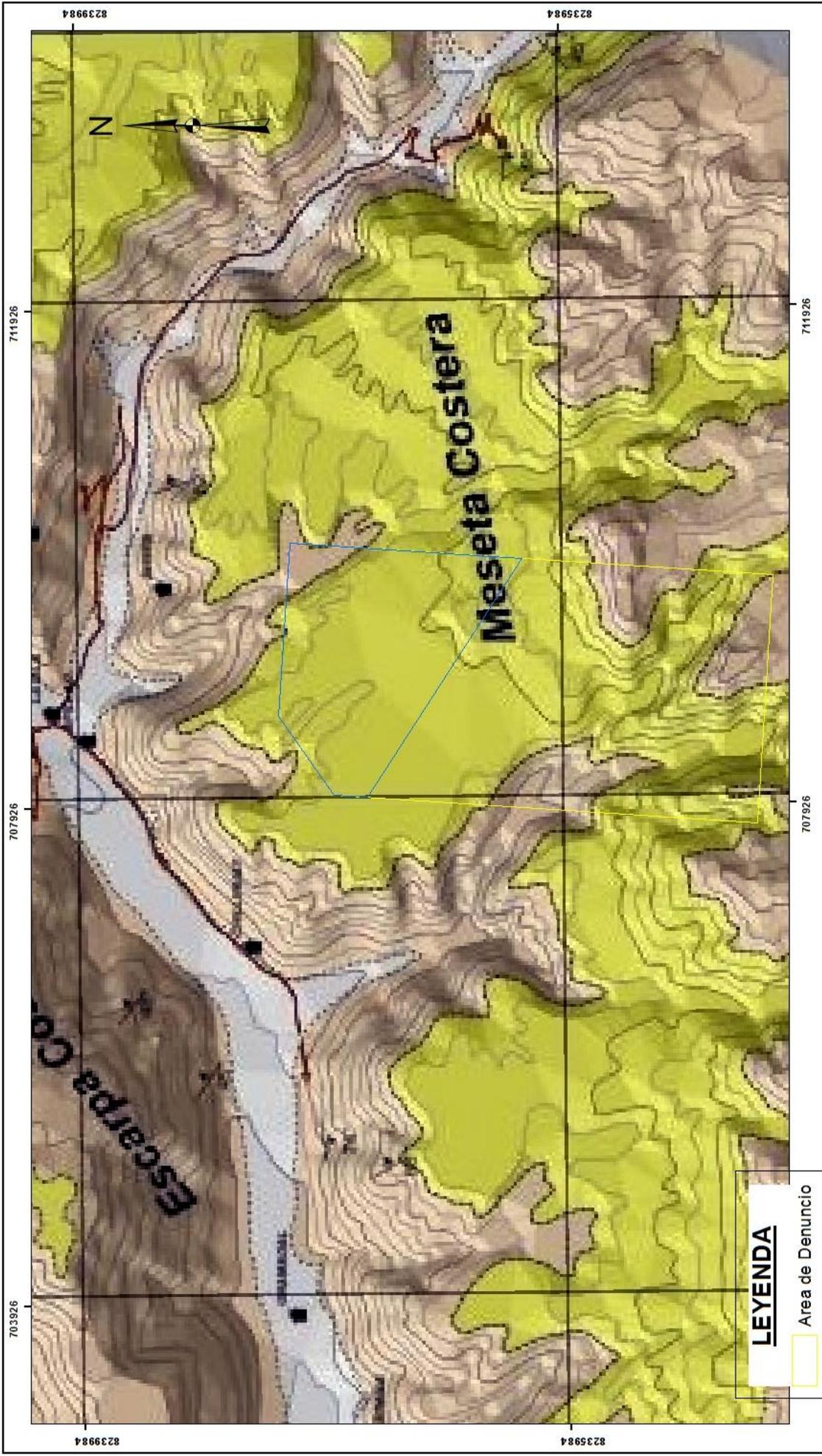


Figura 3 : Meseta costera en el área de estudio

Fuente: Imagen Sas Planet

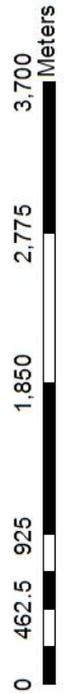
2.1.4 Drenajes

El drenaje en la zona de estudio es escaso, sin embargo en temporadas en el área del proyecto San Antonio, siendo los ríos más cercanos el río Chorunga, cuya agua es temporal en verano (enero-marzo) y el río Ocoña con agua permanente.



LEYENDA

- Area de Denuncio
- Area de Estudio
- Meseta Costera
- Escarpa Costera
- Valles
- Curvas de Nivel



UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO DE PUNO	
CARACTERIZACIÓN GEOLÓGICA DEL PROYECTO MINERO	
SAN ANTONIO	
MAPA GEOMORFOLÓGICO	
M-05	
BACH.: HAROL G. APAZA PACARA	
ING. GEOL. JOYER GALLARDO	
DATUM: WGS 84	FECHA: MAYO 2019
Esc.: 1:30000	

MODIFICADO POR	
REVISADO POR	
ZONA UTM 18 L	

2.2 GEOLOGIA REGIONAL

Diversas rocas, desde sedimentarias hasta volcánicas, muestran una geología compleja llena de una larga historia geológica, que probablemente inició el proceso de sedimentación y acumulación de grandes estratos. Comienza el proceso de fuerte magmatismo para crear arcos de islas que migran hacia el continente y fortalecen la corteza del continente; Al mismo tiempo, se acompaña de un proceso orogénico llamado fase herciniana, que crea los primeros esfuerzos de compresión. A través de este proceso, se introduce en el continente magmatismo calcalino-alcalino de tipo plutónico, formando cuerpos intrusivos (Batolito de la Costa) con una ligera dirección axial Andino (Acosta, 2010). (Ver anexo 02)

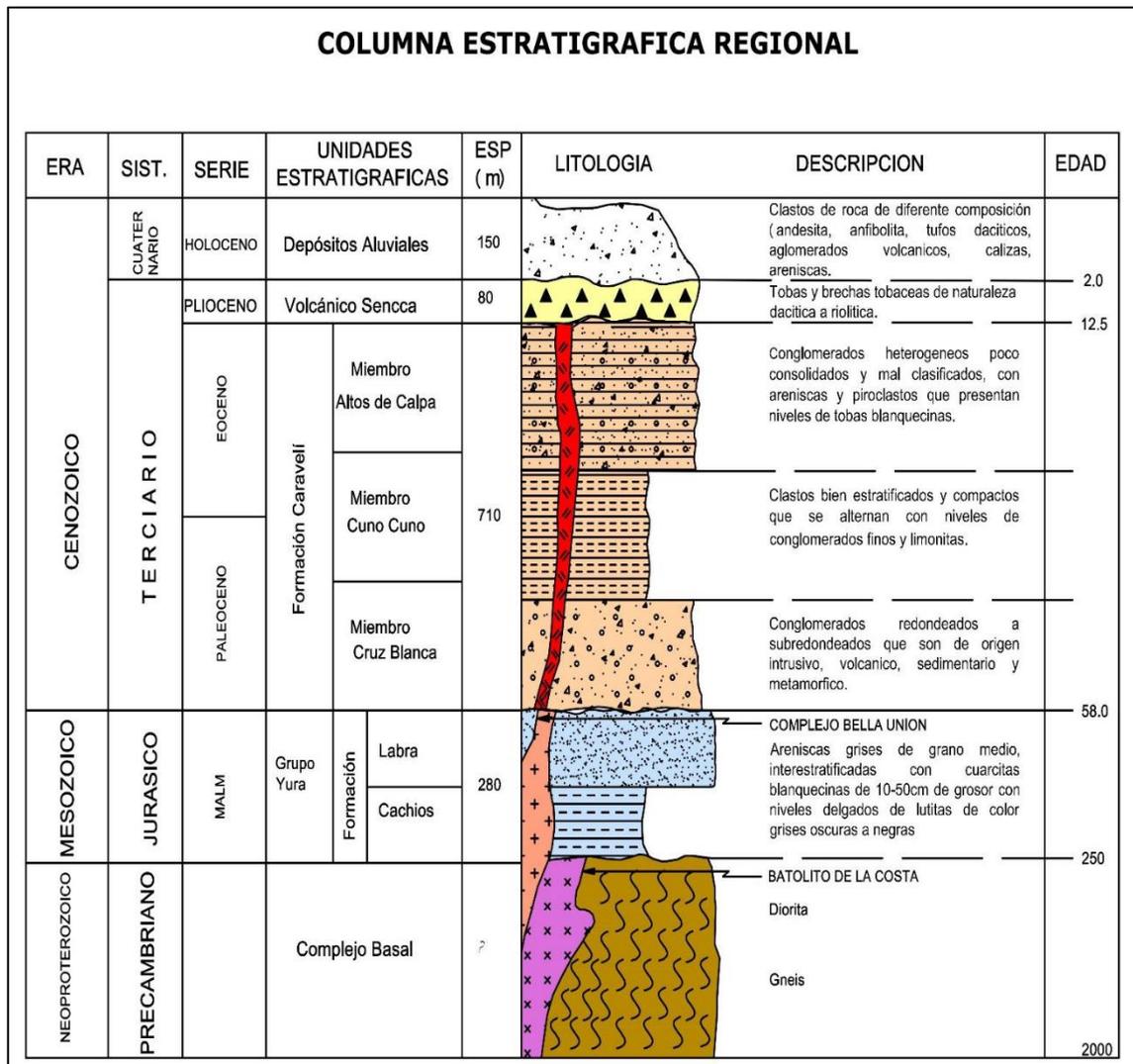


Figura 4 : Columna Estratigráfica Regional
Fuente: INGEMMET, (Vega & Marocco, (2004)



2.2.1 Pre-Cámbrico

2.2.1.1 Complejo Basal

Con este nombre (Bellido & Narvaez, 1960) Señalaron las rocas que forman la base de la cadena costera en el sur de Perú. Las rocas metamórficas que forman el subsuelo de esta zona están formadas principalmente por gneis, granito potásico con estructuras gneis, superficie de rodadura y componente intermedio, así como pequeños cuerpos laminares de pegmatita granate. La exhibición más extendida se encuentra en el lado noroeste de Caravelí y a lo largo de los ríos Ocoña, Marán y Cotahuasi. En el margen derecha del río Ocoña, al sur del cerro Ancha, estas rocas metamórficas se encuentran como techos colgantes, sobre intrusivos más modernos, tal como se puede ver en los cerros Takila y Ancha.

En los cuadrángulos estudiados el Complejo Basal, se encuentra cubierto discordantemente por diferentes tipos de rocas que van desde el Jurásico inferior hasta el Cuaternario.

La edad del complejo basal en esta zona se definió en base al metamorfismo regional que representaba y cómo podía correlacionarse con la litología del sur, donde la determinación radiométrica de la edad se realizó por el método Rb/Sr, dando entre 600 y 2000 Millones de años indicando que estas rocas pertenecieron al Precámbrico. (Davila, 1988)

2.2.2 Cretáceo

2.2.2.1 Grupo Yura (Jski-yu)

Las formaciones nombradas y agrupadas en el Labra-Cachíos (superior al Jurásico) se simplifican en una sola y en adelante se denominará Formación Labra, por las características y litología primaria de esta formación. (Quispesivana & Navarro, 2003)

2.2.2.1.1 Formación Labra (Js-la)

Esta unidad estratigráfica se encuentra plegada y presenta bastante fallamiento. La litología generalmente consiste en areniscas de color blanco a gris claro con gradaciones de grano opuestas, que encuentran su camino hacia el estrato. Se identifican muy pocos



horizontes de pizarra, que difieren y tienen colores de negro a gris verdoso, intercalados con una capa de arenisca.

Los afloramientos se encuentran alrededor de las quebradas Las Clavelinas, donde se eleva sobre el complejo de la Costa Basal con discontinuidad angular, se metamorfisaron cerca del distrito de Iquipi al entrar en contacto con la apófisis complejo subvolcánico Bella Unión.

En el sector sureste del cuadrangulo, sus estratos tienen una dirección Noroeste-Sureste. Que continua hacia el Este (hoja de Chuquibamba, 32-q).

En la región de Arequipa, la deposición se produjo en el Jurásico superior (Oxfordiano–Titoniano). Esta formación es correlacionada con dicha secuencia estratigráfica. (Quispesivana & Navarro, 2003)

2.2.2.1.2 Formación Hualhuani (ki-hu)

La Formación Hualhuani está presente en la Quebrada Huertamayo, a ambos lados de la Quebrada Pururuya y al sur de la Laguna Payacoto; estos valores atípicos muestran claras relaciones estratigráficas. También se conoce el pequeño este de la Quebrada de Huarajo, al este en Huarajo y más al este en Huinguirí; dos afloramientos como ventanas estratigráficas rodeadas de volcánicos Tacaza.

Litológicamente, la formación Hualhuani está compuesta por areniscas cuarzosas, duras, blancas, de grano medio a fino, en capas de 2 a 3 m con estratificación cruzada; Las areniscas desprenden colores amarillo-rojos en tonos claros, debido al contenido de hierro. La base y punta de la Formación Hualhuani están estratigráficamente alineadas con las formaciones Gramadal y Murco respectivamente, (Dávila, 1988).

El espesor de la Formación Hualhuani en el Cerro Llayculle, ubicado en la margen izquierda del río Pururuya, se estima en más de 250 m En la Quebrada de Huarajo, al oriente del poblado de Huarajo, se encontró el siguiente ejemplar: Equisetites sp del Jurásico Cretácico .

Debido a la edad de las unidades superior e inferior y al fósil encontrado, la Formación Hualhuani se ubica en el Cretácico Inferior. Está relacionado con la unidad del mismo nombre descrita alrededor de Arequipa y la Formación Chimú en el norte de Perú., (Dávila, 1988).



2.2.2.2 Complejo Bella Unión (Kms-Bu)

Consiste en una serie de cuerpos pequeños de composición andesita a dacita con afloramientos continuos de acuerdo al patrón estructural andino, ubicados en el lado oeste del batolito costero, en ambas márgenes del río Ocoña, otra de estas descargas intrusivas de pequeña escala ingresa y se metamorfisa en las rocas del complejo basal.

La petrografía, la composición varía de andesita afanítica a dacita porfírica, predominando la primera. El cuarzo se encuentra en cantidades más pequeñas en las dacitas que en los cristales de plagioclasa edral.

En el margen derecho del río Ocoña, estos cuerpos hipabisales emergen de zonas mineralizadas en contacto con rocas metamórficas e intrusivas. En el lado izquierdo, estas rocas son la causa de la mineralización.

El complejo regional Bella Unión pertenece al grupo Yura (Cretácico Superior Cretácico Inferior), junto a este cuerpo hipabisal se encuentra rodeado por rocas intrusivas del batolito costero (Cretácico Superior Cretácico Inferior); por lo tanto, se le asigna una edad entre el cretáceo media a cretáceo superior, (Zuñiga, 2014).

2.2.2.3 Batolito de la Costa

De acuerdo a los estudios de (Pitcher & Cobbing), el Batolito Costero del Perú ha sido emplazado en forma largada, paralelo y cerca al litoral, siguiendo una gran zona de fallas y fracturas localizadas en su extensión de márgenes activas entre las placas continentales y marina del Continente Sudamericano.

El Batolito de la Costa ha sido fraccionado en cinco grandes segmentos que son: Piura, Trujillo, Lima, Arequipa y Toquepala. Cada uno de estos segmentos, tanto en su estructura como en su composición mineralógica y forma un gran complejo conformado por cientos de plutones individuales, (Pecho, 1983).

Del lado de Arequipa existen cinco grandes súper unidades: Patap, Pampahuasi, Incahuasi, Linga y Tiabaya. En las plazas de Pausa y Caravelí, sólo los tres últimos afloramientos están cubiertos por formaciones terciarias; contenían rocas metamórficas del Complejo Basal y el hipabisal de Bella Unión. El cuerpo principal está formado por asociaciones de diorita, cuarzodiorita, granodiorita, monzonita y tonalidad, en las que la proporción de feldespato potásico varía mucho, lo que hace muy difícil separar estas



unidades, especialmente en las tres últimas. Esta asociación de rocas se incluye en el grupo más joven de rocas hipobismales de naturaleza subvolcánica, en forma de diques y pequeñas apófisis.

Tanto su composición mineralógica, como su estructura y textura se mantienen sin cambios por grandes distancias dentro de una misma super unidad. Los minerales máficos están constituidos por piroxenos, hornblenda y biotita, los cuales se presentan en concentraciones dando a la roca un aspecto moteado o dispersos en forma irregular; estas formas constituyen un factor para la diferenciación de las grandes unidades, (Pecho, 1983).

2.2.2.3.1 Súper-Unidad Linga (Ks-gd/mz-li)

Las rocas compuestas de esta superunidad se definieron como granodioritas y monzonitas y fueron descubiertas en la margen izquierda del río Churunga en forma de una delgada franja que corre de este a oeste.

La monzonita no es clara en los afloramientos encontrados en la margen izquierda del río Churunga entre Iquipi y la Quebrada de Chillihuay; está alterada por diminutos cuerpos hipabisales de microdioritas y otras rocas básicas, a diferencia de los descubiertos en el Cerro Santa Rosa (ángulo sureste del Cuadrángulo de Carabela), donde el contenido de silicio disminuye cuando llega al 3%, mientras que el feldespató alcalino se vuelve más abundante, clasificando esta roca como diorita de cuarzo.

La superunidad Linga se instaló hace 97 millones de años, lo que corresponde al Cretácico Superior según una determinación radiométrica realizada por NERC, el Consejo de Investigación del Medio Ambiente Natural de Gran Bretaña, en su trabajo del Batolito de la Costa, dirigidos por los doctores J. Cobbing & Pitcher. (Davila, 1988)

2.2.2.3.2 Súper Unidad Incahuasi (Ks-gd/to-in)

Dentro del área examinada, fue la cobertura más importante del 60% expuesta en forma de cuerpos pequeños y muy dispersos, en áreas con múltiples fracturas.

La composición litológica de la supe unidad consiste principalmente en tonalitas, granodioridas y dioridas.



La granodiorita suele presentarse en forma homogénea, de color gris claro, en roca fresca; en algunos lugares contiene xenolitos de microdiorita con un diámetro de 2 a 5 cm. La diorita es generalmente de color gris con grano medio, cristales finos y cristales anédricos. Los doctores. W. Pitcher y J. Cobbing, en base a mediciones radiométricas por el método K-Ar, colocaron una edad de 95 Millones de años a esta Super-unidad, que corresponde al Cretáceo superior, lo que puede asegurar por el hecho de que rocas sedimentarias de la formación San José y Caravelí, consideradas como de edad Paleoceno-Eoceno, están discordantemente sobre estos intrusivos. (Pecho, 1983)

2.2.2.3.3 Súper Unidad Tiabaya (Ks-gd-ti).

Esta unidad contiene la segunda amplitud del Batolito, que en general es magnífica y su saliente alcanza la forma de un cinturón con un ancho de más de 20 km y una longitud de 90 km.

Otra característica de esta Súper Unidad es la presencia más frecuente de xenolitos redondos de grano fino con un diámetro de 5 a 15 cm. y el número de presas de composición de microdiorita.

Esta súper unidad está configurada en 80 M.A. el pasado, datando el método Karque, según Pitcher lo sitúa en el Cretácico Superior. (Pecho, 1983).

2.2.3 Neógeno

2.2.3.1 Formación Moquegua (Nm-mo)

Conocida inicialmente como Formación Caravelí y asignada al Paleoceno-Eoceno (Pecho, 1984), equivalente a la Formación Moquegua en el Mioceno. Estos son depósitos torrenciales que representan acumulaciones al pie de los cerros.

Se han identificado tres facies: Las facies inferiores están compuestas por conglomerados medios, de los cuales el 60 por ciento están redondeados a subdivididos, en lugar de cuarzo y subvolcánicos. Facie media, compuesta por pizarra, arenisca fina, toba con textura toba; También se conocen áreas de ceniza volcánica y capas de conglomerados finos, dejando zonas resbaladizas bajo la erosión.

El facie superior compuesto por conglomerados heterogéneos pobremente consolidados conduce a areniscas superficiales y son visibles piroclastos. Se encuentra en



todo el sector sur de la hoja, sus sedimentos se extienden hacia el oeste (hoja de Cháparra, 32-o), sur (hoja de Ocoña, 33-p) y este (hoja de Chuquibamba, 32-q).

Dataciones hechas por el método K/Ar en unos horizontes tobáceos, cerca de la localidad de Amargoso brindaron $24,5 \pm 0,8$ Millones de años y $25,5 \pm 1,0$ Millones de años (Sébrier, 1988); relacionados a la edad del Mioceno-Oligoceno. (Quispesivana & Navarro, 2003).

2.2.3.2 Formación Sencca (Np-se)

El nombre original de estas rocas volcánicas proviene de la zona de Maure (Tacna-Puno) y fue introducido (Mendivil, 1965), cuando se describieron afloramientos de rocas piroclásticas depositados horizontalmente, en el fondo del Sencca entre la esquina noreste. En Caravelí ocupa pequeñas áreas bajo los acantilados y valles de Caravelí y Cotahuasi.

Litológicamente, se compone de tobas y brechas de toba, en su mayoría de carácter dacítico o riolítico. Las rocas y minerales en campo como el cuarzo, las escamas de biotita y el vidrio volcánico se pueden ver macroscópicamente a simple vista. Tienen un color blanco o blanco rosado, que se torna amarillo-grisáceo o rojizo. Esta formación se presenta sobre bancos densos, que forman cornisas verticales o en forma de depósitos trapezoidales, revestidos de arena gruesa y tobas reelaboradas.

En el cuadrángulo de Caravelí, en la margen izquierda del río Ocoña tiene la misma característica, cubierto de forma desigual por rocas intrusivas, hipabisales y sedimentarias, dispuestas horizontalmente de forma desigual, cubriendo rocas de distintas edades desde el Jurásico Superior hasta el Terciario. Así tenemos que en el río Clavelinas se encuentra en las rocas del grupo Yura y en muchos valles de Pausa y Caravelí está cubierto de rocas mesolíticas. El pico está cubierto unas veces por rocas volcánicas de Barroso y otras veces por nuevos sedimentos aluviales y piroclásticos. Su mayor espesor se observa en la quebrada de Cotahuasi, donde se encuentra entre los 90 y 100 m.

La edad de estas rocas volcánicas se asigna al Plioceno Medio a Alto en el sur del país, no solo en base a sus relaciones estratigráficas, sino también a la edad radiométrica entre 4.3 y 2.0 Millones de años, en Pausa y Caravelí reportan la misma edad; relacionado con las rocas piroclásticas sobre las que se encuentra la formación Sencca, (Pecho, 1983).



2.2.4 Cuaternario

2.2.4.1 Depósitos Aluviales (Q-al)

Estos son materiales que se transportan y almacenan en agua, su tamaño varía desde arcilla hasta grava gruesa, rocas pequeñas y bloques. Las facies más gruesas tienen bordes redondeados. Se distribuyen de manera estratiforme con una clasificación específica que varía mucho en densidad. Están muy desarrollados, ocupando fondos de ríos y valles, llanuras y abanicos aluviales, terrazas y paleocausas.

Son en su distribución suelos altamente anisotrópicos con propiedades geotécnicas muy variables relacionadas con la granulometría. El mantenimiento es irregular y en algunos medios tiene un alto contenido de sustancias orgánicas, por lo general tiene un alto nivel freático. Además, los materiales aluviales son una fuente de materiales de construcción, especialmente como agregados, (Rivera, 2011).

2.3 FRANJA METALOGENÉTICA

Las franjas metalogenéticas, representan períodos de mineralización que se extienden hacia sistemas de fracturas regionales y litologías que sustentan la mineralización de depósitos de minerales. De esta manera, (Quispe, 2008) definió 23 franjas metalogenéticas. La zona de estudio se relacionó con la franja metalogenética IX. (Ver figura 5).

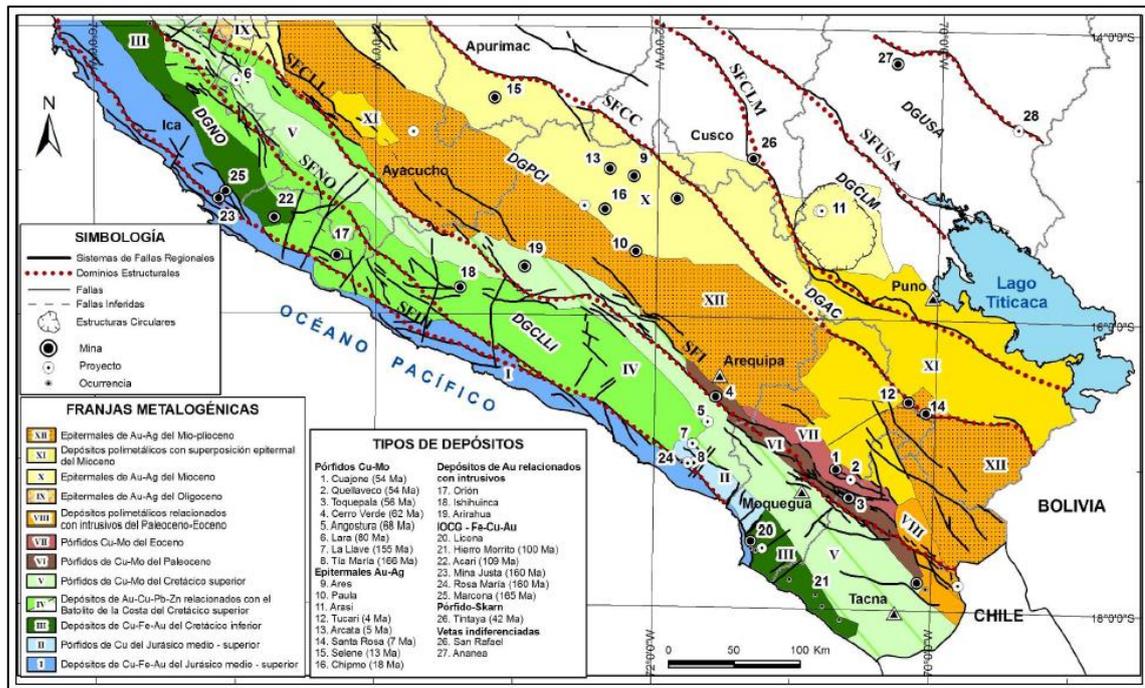


Figura 5 : Mapa Metalogénico del Sur del Perú,

Fuente: Jorge Acosta

2.3.1 Franja de depósitos de Au-Pb-Zn-Cu relacionados con intrusiones de Cretácico Superior

Se presenta discontinuamente en tres áreas: Trujillo (Cerro Ballena; 9°30'-10°), Canta (Lomada-Caracol-Lajas; 11°-11°30') y Saramarica-Nazca-Ocoña (14°30'-17°). Las estructuras mineralizadas de cuarzo-oro-sulfuros se encuentran hospedadas en granitoides del Cretácico superior del Batolito de la Costa, en las áreas de Trujillo y Canta los controles estructurales son las fallas secundarias NO-SE, N-S y NE-SO de los sistemas de fallas regionales NO-SE Conchao-Cocachacra y Tapacocha. En Saramarica-Nazca-Ocoña, las estructuras mineralizadas están controladas por fallas con orientaciones NO-SE, N-S y E-O, que constituyen el corredor Nazca-Ocoña (Acosta, 2008). Entre los principales depósitos de esta franja, se puede mencionar a Orión, Caravelí, Ishihuinca, Calpa, Arirahua y San Juan de Chorunga.

2.4 GEOLOGÍA ECONÓMICA

La geología económica, trata de las materias del reino mineral que el hombre extrae de la tierra para las necesidades y comodidad de su vida. La busca de dichas materias da origen a viajes de descubrimiento y colonización de nuevas tierras; su propiedad ha



determinado el poder comercial o política, y ha sido causa de luchas y guerras, (Bateman, 1982)

2.4.1 Yacimientos Minerales

Se llama yacimiento mineral al sector de la corteza terrestre en el cual, a raíz de unos u otros procesos geológicos se produjo la acumulación de una sustancia mineral, que puede utilizarse industrialmente, dada su cantidad, calidad y condiciones de yacimiento. (Smirnov, 1976)

Desde un punto de vista geoquímico, “acumulaciones o concentraciones de elementos que están presentes en la corteza terrestre sólo de forma diseminada” (Bateman, 1951).

Desde un punto de vista geoeconómico, “acumulación local geológicamente establecida, de un mineral específico que puede ser extraído bajo las condiciones económicas actuales”. (Sillitoe, 2001).

2.4.1.1 Recursos Minerales

"Recurso mineral" significa la concentración o presencia de material sólido de importancia económica en o dentro de la corteza terrestre en tal forma, leyes (o calidad) y cantidad que razonablemente se puede esperar una recuperación definitiva. La ubicación, cantidad, leyes (o calidad), sostenibilidad y otras características geológicas de un recurso mineral se conocen, estiman o interpretan a partir de conocimientos y pruebas geológicos específicos, incluido el muestreo. Los recursos minerales se distribuyen para aumentar la confianza geológica en las categorías, Indicado y Medido, (Jorc, 2012).

2.4.1.1.1 Mineral Inferido

“Recurso Mineral Inferido” es aquella parte de un Recurso Mineral en la que la cantidad y ley (o calidad) se estima sobre la base de evidencia geológica y muestreo limitados. La evidencia geológica, es suficiente para suponer pero no verificar la continuidad geológica y de ley (o calidad). Se basa en información de exploración, muestreo y pruebas recogidas a través de técnicas apropiadas de ubicaciones tales como afloramientos, trincheras, excavaciones, labores y sondajes, (Jorc, 2012).



El recurso mineral derivado tiene un nivel de confianza más bajo que el disponible en el recurso mineral designado y no debe convertirse en una reserva de mineral. Se puede esperar razonablemente que la mayoría de los recursos minerales finales puedan promoverse a la categoría de recursos minerales designados como resultado de la exploración en curso, (Jorc, 2012).

2.4.1.1.2 Mineral Indicado

"Recurso mineral designado" es la parte de un recurso mineral en la que la cantidad, las leyes (así como la calidad), la densidad, la forma y las propiedades físicas se estiman con suficiente confiabilidad para permitir cambios en los detalles de los factores cambiantes para respaldar la planificación y evaluar la viabilidad económica del yacimiento.

Dicho recurso mineral tiene un nivel de confianza menor que el recurso mineral medido y solo puede transferirse al stock probable, (Jorc, 2012).

2.4.1.1.3 Mineral Medido

Un "recurso mineral medido" es una porción de un recurso mineral en la que la cantidad, las leyes(o la cantidad), la densidad, la forma y las propiedades físicas se estiman con suficiente confiabilidad para permitir que se utilicen factores de modificación para respaldar la planificación minera detallada. Evaluación definitiva de la viabilidad económica del yacimiento.

El recurso mineral medido tiene un nivel más alto de confiabilidad que el disponible para la fuente mineral verificada y la fuente mineral extraída. Se puede convertir en un stock de mineral probado o bajo ciertas circunstancias a una Reserva de Mena Probable, (Jorc, 2012).

2.4.1.2 Calculo de ley mínima o Cut Off

La ley mínima explotable o grado de minería también se denomina ley de corte, es un mineral que representa un grado de minería económicamente aceptable, también sirve para determinar qué bloques previamente valorados de estructuras mineralizadas en el yacimiento tienen un monto superior a esta ley, mínimo para crear reservas. La información necesaria para calcular los niveles mínimos explotables consiste en:



- Costo total incluye: a) Costo de producción, b) Gastos de ventas, e) Gastos administrativos, d) Gastos financieros y e) Regalías.
- Balance Metalúrgico: a) Leyes de mineral de Cabeza, b) Leyes de concentrados, e) Ratios de concentración y d) Ley de elementos penalizables.
- Condiciones de comercialización y/o contratos de venta.
- Precios de los metales.

2.5 GEOLOGÍA ESTRUCTURAL

La geología estructural forma parte de la geotectónica, es decir, esta área estudia las especificidades estructurales y el desarrollo de la corteza terrestre en relación con los procesos mecánicos, movimientos y deformaciones que tienen lugar en ella.

Para una descripción sistemática de la tectónica que afecta al suelo que contiene estos cuadrados, se distinguen cinco zonas de deformación con características propias, cuya orientación estructural sigue la tendencia andina, (Pecho, 1983).

Estas zonas son:

- Zona del Macizo Pre-cambriano
- Zona plegada y fallada
- Zona de emplazamiento del Batolito
- Zona de la depresión de Caravelí
- Zona poco deformada

A continuación describiremos las zonas que afectan en área del proyecto:

2.5.1 Zona de emplazamiento del Batolito

La ubicación del Batolito Costero está regida por estructuras anteriores, como fallas y fallas profundas, siguiendo el modelo estructural andino.

Estos errores primarios, que juegan un papel importante en la emplazamiento de Batolito, se pueden agrupar en tres sistemas.

El primer sistema era de estilo NO-SE y era el más importante no solo por el número de descansos, sino también por unas decenas de kilómetros, Asimismo estas fallas ponen en contacto unidades del batolito con rocas del basamento. Los otros dos sistemas tienen



rumbo E-O y NE-SO, siendo posiblemente muchas de éstas posteriores a los intrusivos. (Pecho, 1983)

2.5.2 Zona de la depresión de Caravelí

Entre la Cordillera de la Costa, que actúa como pilar tectónico, y la Cordillera Occidental, existe una gran depresión longitudinal de carácter regional a lo largo de la costa; llena de rocas clásticas, que forman las denominadas Pampas de la Costa. Si bien estas pampas ocupan una amplia planicie en la región, casi horizontal al cuadrilátero de Caravelí, se ven afectadas por sucesivos períodos de erosión, que las deja por el valle relativamente amplio con la depresión de Caravelí en este cuadrángulo.

El origen de esta depresión se debe a efectos tectónicos provocados por errores es atribuida a efectos tectónicos causados por fallas escalonadas más o menos paralelas, casi invisible por la fuerte secuencia clástica que la recubre. Los principales efectos de estos errores se pueden ver en la flexibilidad de las capas terciarias, como en el caso de los movimientos de Choclón y Chuicane. (Pecho, 1983)

2.5.3 Zona poco deformada

Esta zona estructural ocupa el 60 por ciento del área de estudio está representada por rocas volcánicas y volcánico-sedimentarias cuyas edades son desde el Terciario superior al Cuaternario; tectónicamente están poco deformadas.

La mayoría de estas rocas pertenecen al Grupo Barroso, el cual visualiza una buena estratificación y buzamientos sub-horizontales a horizontales. Cerca de los aparatos volcánicos así como en las laderas de los grandes valles, las capas del Grupo Barroso y de las unidades más recientes tienen buzamientos que sobrepasan los 20°, (Pecho, 1983)



2.6 SISTEMAS DE FRACTURAMIENTO Y CIZALLA

2.6.1 Modelo de Riedel

Usando modelos experimentales y observaciones geológicas, se ha encontrado que cuando una zona está sujeta a deformación por corte en una sola región de corte, generalmente se forma un patrón predictivo de cinco conjuntos como una familia de fracturas en la cubierta, (Ver figura 6 y 7), (Sylvester, 1988).

- Cizallas Riedel, denotadas con la letra R, también referidas como fallas sintéticas de desplazamiento lateral.
- Cizallas Riedel conjugadas, indicadas con R' , o fallas antitéticas de desplazamiento lateral.
- Cizalla P o fallas sintéticas secundarias de desplazamiento lateral, simétrico a R; también conocidas como fallas Tchalenko – Skempton.
- Fracturas extensionales T o fallas normales.
- Cizallas y/o fallas paralelas a la zona de desplazamiento principal.

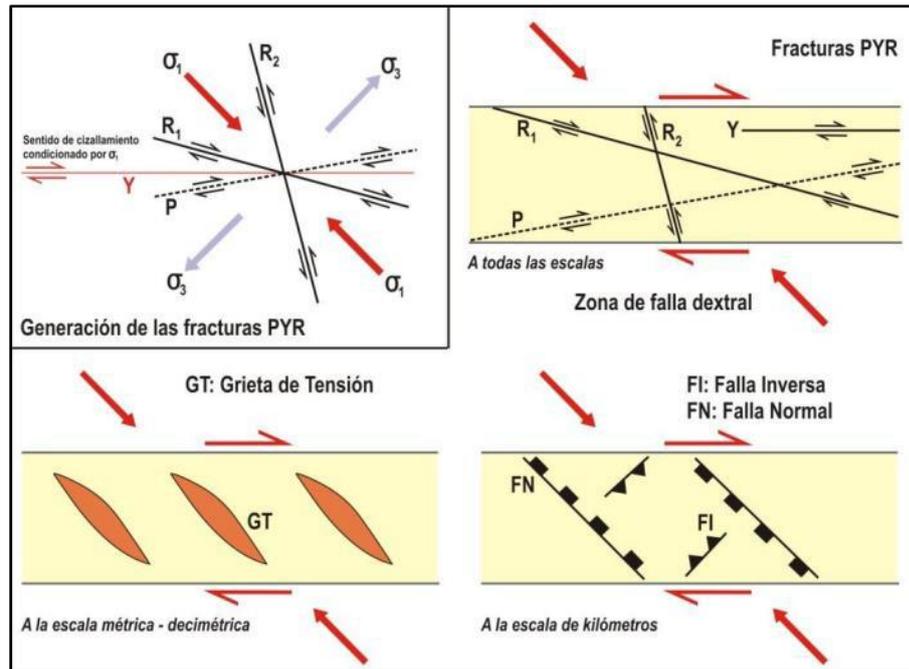


Figura 6 : Cuadro de estructuras asociadas

Fuente: Sylvester (1988) zona de falla a diferentes escalas.

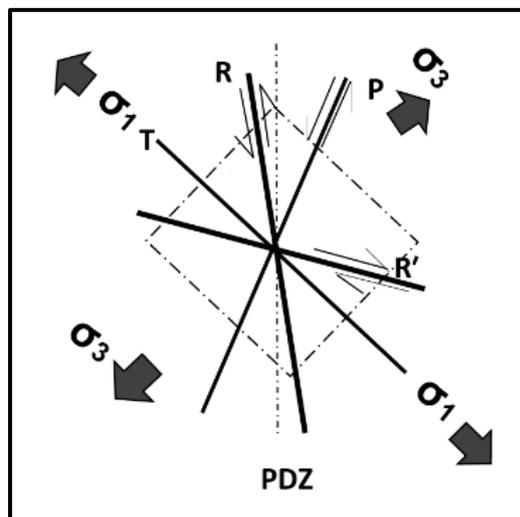


Figura 7 : Modelo de fracturamiento de Riedel izquierdo

Fuente: (Sylvester, 1988)

La relación angular entre los distintos juegos de fallas de un sistema Riedel, se da de la siguiente manera.

Las fallas principales aparecen en un ángulo de 45° con respecto a σ_1 . El sentido que desplaza de las cizallas R y P es el mismo que el de las fallas principales mientras que el de las fallas R' es opuesto (Sylvester, 1988). Así por ejemplo, en un sistema con fallas

maestras izquierdas, tanto R como P serán igualmente cizallas izquierda pero R' será derecha.

2.6.2 Modelo de Ramsay

Establecido por Ramsay en 1967, para un entendimiento en planta NE-SW, existe un cortante simple con convergencia de cortante en la dirección N-E en cinemática sinistral, donde hay diferentes estructuras de corriente alrededor de la zona de falla. El cortante simple es la deformación rotacional y no coaxial, que transforma un cubo en paralelepípedos no rectangulares, con deformaciones de este tipo, todos los vectores de desplazamiento son paralelos entre sí. La dirección de los vectores desplazados se llama direcciones de corte, y la del medio se llama simplemente superficie de corriente de corte o superficie de corte, pero las dos superficies del bloque giran, siendo el ángulo en el que giran el ángulo de corte., (Ver figura 8).

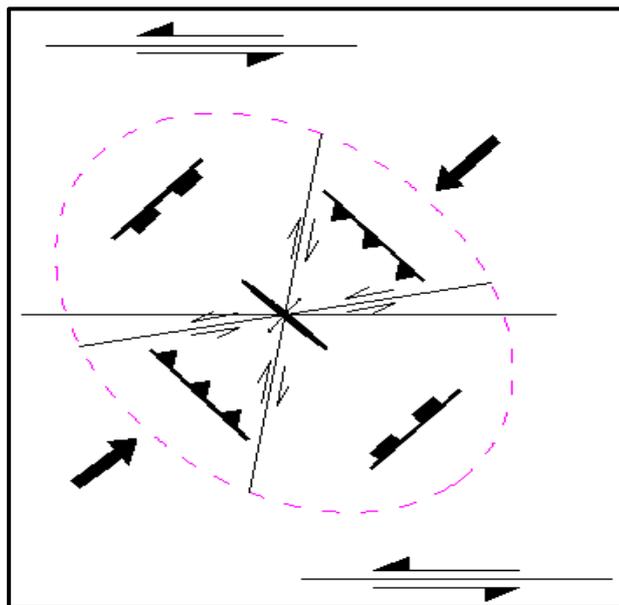


Figura 8 : Elipsoide de deformación

Fuente: Ramsay (1967)

2.6.3 Teoría de fracturamiento de Anderson

Anderson en 1905, realizó a comienzos de siglo una clasificación dinámica de las fallas basada en posicionamiento de tres vectores principales de esfuerzos G_1, G_2, G_3 ortogonales entre sí, que cumplen el requisito general de $G_1 > G_2 > G_3$.



Se da 3 grupos de fallas en base de los esfuerzos principales, a través de estos esfuerzos se van a determinar G1, G2, G3: Dependiendo de las posiciones de los factores se definen los tres tipos de falla principales:

- **Fallas normales**

Corresponde a una extensión, en que el esfuerzo máximo está en la vertical G1, y el mínimo en la horizontal G2 y G3, según la dirección de extensión.

- **Fallas inversas**

Corresponde a una compresión, en que el esfuerzo máximo está en la horizontal G1 y G2, según la dirección de compresión, y el mínimo en la vertical G3, corresponde está a la dirección de extensión.

- **Fallas de rumbo y/o transcurrentes**

Son aquellas en que el desplazamiento relativo se produce en la horizontal. El esfuerzo principal y el mínimo se sitúan en la horizontal G3 y G2, y el intermedio en la vertical G1, cuando existe una cierta componente en la horizontal, aun cuando la falla no se considere una falla en dirección, el movimiento relativo entre los bloques puede ser en el sentido de las agujas de reloj (Fallas dextrales), o en el sentido contrario (falla siniestra) (G2 vertical, G1 y G3 horizontal).

2.7 TRABAJOS DE EXPLORACIÓN

La exploración geológica minera se basa en una serie de actividades y diversas técnicas que se encuentran disponibles para llevar a cabo los trabajos determinados, generando oportunidades en la región de estudio.

Estos estudios consisten en una cartografía geológica basada en la representación del plano de referencia, en su mayoría se inicia con la topografía, de todos los hechos geológicos observados en la zona. En otras palabras, se trata de desarrollar planos geológicos, también se realiza el muestreo y análisis geoquímico de rocas mediante una serie de trabajos de superficie, tales como muestreo de sedimentos, rocas, etc. Una vez que se observa mineralización de importancia económica, es decir donde observamos leyes que son altas y que podemos aprovecharla, se realiza la perforación, para confirmar las conclusiones de las exploraciones subterráneas. Tales como (cortadas, galería, chimenea y pozos de exploración), que permiten determinar la geometría de un cuerpo mineral y su contenido en términos de minerales de importancia económica y así



continuamos realizando evaluaciones o estimaciones económicas donde se realiza el muestreo., determinando de la cantidad de (reservas) y de la calidad (ley Promedio) de mineral de un depósito. (Arribas, 1996)

2.8 GEOQUÍMICA Y QA/QC

2.8.1 Muestreo geoquímico en rocas

Es la operación que consiste en sacar una parte del material, cuyo valor se desea conocer. Esta parte se llama muestra y debe tener un valor representativo, lo más aproximado posible del que realmente tiene el total, de acuerdo al grado de exactitud requerido.

El grado de exactitud requerido depende de la cantidad de muestras tomada y de localidad de la misma; mientras mayor sea el número de ellas, mayor exactitud alcanzaremos, pero mayor será el costo de operación. Partiendo del principio conocido que una muestra es una porción pequeña, representativa de un conjunto o masa mayor, se deduce teóricamente al menos, que esa pequeña porción debe reunir las mismas características y propiedades del material representado y estar de acuerdo con el grado de exactitud requerido en base a la calidad y al número de muestras. (Levinson, 1980).

Sin duda la buena recolección de muestras ayuda fuertemente al estudio prospectivo de una región, de aquí la necesidad de recolectar buenas muestras que sean representativas del lugar. Siempre se procura que los fragmentos sean los más “frescos” posibles, se debe recolectar muestras representativas típicas de la roca. (Levinson, 1980).

La toma de muestras en roca y cuerpos mineralizados se realizó en afloramientos de rocas frescas y alteradas. Las muestras representativas fueron muestreadas aplicando las técnicas de geoquímica chip rock (puntos, canal), trincheras. Las muestras de roca recogidos con fines de exploración de minerales se dividen en diferentes categorías de exploración. Cada categoría se basa en el método de recolección y los métodos utilizados para el muestreo son:

- **Canales**

Son también las que más se utilizaron en la prospección y exploración geológica. Esta técnica se realizó en la superficie del afloramiento, y en labores mineras



subterráneas estructuras mineralizadas (vetas). Se recogieron la muestra en pequeños fragmentos en una longitud determinada. Generalmente en la sucesión a lo largo de una línea perpendicular a la veta.

- **Puntos**

Muestreo de chip rock, se realizó en afloramientos de roca con evidencias de mineralización. Estas muestras han sido tomadas con cincel punta de acero, combo obteniendo granos de mineral y en pequeñas proporciones el mineral, se realizó el muestreo en diferentes áreas del proyecto. Se recogieron de forma sistemática para proporcionar un valor representativo para cada estructura mineralizada. Las muestras Chip se recogen generalmente en un afloramiento de la roca matriz. Método es útil porque si la mineralización está presente, la anchura de la zona mineralizada se puede determinar.

Trincheras

Este sistema de muestreo es aplicado por lo general en lugares donde la mineralización está cubierta de material cuaternario o arenas, en el presente estudio realizamos trincheras de 5 a 10 m, y de 1.0 a 2.0 m. de profundidad.

2.8.2 QA/QC

Un constante cuidado a los principios básicos del muestreo, la planificación, y la aplicación del muestreo adecuado; la preparación de las muestra, técnicas analíticas y la interpretación, no aseguran la erradicación de un error, (Lloyd, 1998).

Una buena capacitación del personal de campo y de laboratorio, un buen mantenimiento y operación del equipo de laboratorio y una gestión eficaz del proyecto ayudarán a reducir este riesgo; Sin embargo, es necesario identificar la posibilidad de errores humanos y técnicos; de hecho los estudios sugieren que alrededor del 3-6 % de los datos analíticos en los escaneos convencionales sufren algún tipo de error de muestreo grave.

Es por consiguiente que todos los programas de exploración geoquímica, incluyen procedimientos efectivos de control de calidad que facilitan descubrir los problemas fuertes y subsanarlos, (Lloyd, 1998).

2.9 LABORES DE EXPLORACIÓN SUBTERRÁNEA

Son labores de exploración y desarrollo en los que se realizan trabajos de excavación, incluyendo perforación el horizontales y verticales (cortes, estocadas, pozos, chimeneas, rampas), cuyo objeto es: lograr salientes de oído para su posterior desarrollo, tales como como... tales como la implementación de cámaras diamantinas, donde se realizarán perforaciones diamantinas con el fin de controlar o prevenir la presencia de vetas en los resaltes previstos durante los trabajos de exploración.

2.9.1 Cortadas y galerías

Son labores horizontales de 1.2 x 1.8 metros de sección, realizadas principalmente con fines exploratorios, para dar accesos y servicios a las zonas de trabajo, (Ver figura 9).



Figura 9 : Galería con dimensiones 1.20x1.80

Fuente: propia

2.9.2 Piques y chimeneas

Son labores verticales y/o inclinadas de doble compartimiento de 2.4 m x 1.2 m de sección y de chimeneas simples de 1.2 m x 1.2 m. de sección, estas labores se realizan en forma convencional, (Ver figura 10).



Figura 10 : Pique de exploración en Veta Susan

Fuente: propia

2.9.3 Subniveles

Son labores horizontales de 1.2 m x 1.8 m de sección, realizadas durante la etapa de preparación a partir de una chimenea sobre el nivel principal y sirven para delimitar el inicio del área de explotación.



CAPÍTULO III

MATERIALES Y MÉTODOS

3.1 EQUIPOS Y MATERIALES

Para la ejecución del proyecto de investigación se usó recursos humanos, materiales de campo, Materiales y equipos de perforación, materiales de escritorio y análisis de laboratorio.

3.1.1 Recursos humanos

- 1 Geólogo Senior
- 1 Geólogo Asistente
- 2 Muestreros
- 1 Almacenero
- 2 Perforistas
- 2 Ayudantes de Perforistas
- 4 Peones
- 1 Chofer

3.1.2 Materiales y equipos de campo

- 1 GPS
- 2 Brújulas tipo Brunton
- 2 Picotas
- Lupas 20X y 10X
- Libreta de campo
- Lápiz de dureza
- Ácido clorhídrico
- Protactor
- Cámara fotográfica
- Bolsas de Muestreo
- Precintos
- Sacos
- Combas de 4 libras



- Cinceles punta de acero
- Cinceles punta diamante
- Camioneta 4x4
- EPP'S

3.1.3 Materiales y equipos de perforación

- Perforadora tipo Jacklec
- Perforadora Bosh
- Comprensora
- Carros Mineros
- Palas
- Picos
- Amoladora
- Otros.

3.1.4 Materiales de escritorio

- Mesas
- Impresora
- Laptop
- Escalimetro
- Hojas bond A2, A3 y A4
- Tableros
- Lápices de colores

3.1.5 Otros

- Alimentación
- Combustible

3.2 METODOLOGÍA

Para el desarrollo del presente trabajo de investigación desarrollamos una metodología descriptiva y desde un enfoque cuantitativo porque durante la investigación usamos variables; para determinar la mineralogía, mineralización, génesis y litología del yacimiento nos enfocamos en el reconocimiento del área de estudio, igual para determinar



el comportamiento estructural de las vetas presentes para luego dar una descripción de cómo se encontraban en el Proyecto Minero San Antonio.

Buscamos explicar cómo se desarrolla la problemática de la investigación y está sujeto a resultados de Laboratorio; también se aplicó una metodología comparativa, analítica y explicativa, para dar a conocer los resultados de trabajo de investigación.

Para el desarrollo del trabajo de investigación lo dividimos en 4 etapas de trabajo:

3.2.1 Etapa 1: Gabinete, preparación de materiales y equipos

En esta etapa procedimos a recabar información existente, analizar la zona y realizar una programación para realizar los trabajos, se realizó la recopilación y análisis de la información geológica existentes del área de estudio, en base a cartas nacionales y mapas geológicos, a escala. 1: 100.000 del cuadrángulo de Pausa y Caravelí, proporcionado por el Instituto Geológico Minero Metalúrgico (INGEMMET), del boletín 31p, y 32p, así mismo la foto interpretación a partir de imágenes satelitales del área del proyecto, la interpretación de imágenes satelitales, también realizamos la preparación de planos base como planos topográficos, planos interpolando las fotografías obtenidas del software SAS PLANET, todos estos planos fueron trabajados en el software ArcGis, todos estos planos fueron preparados para realizar el mapeo de la zona y poder identificar las principales estructuras del área de estudio.

3.2.2 Etapa 2: Campo

Con la información obtenida en la etapa 1, procedimos a realizar la etapa de campo, que consiste en recabar toda la información posible del área de estudio, en esta etapa realizamos trabajos como el mapeo geológico, toma de datos para la caracterización estructural, muestreo geológico de las principales estructuras encontradas en la exploración, paralelo a estos trabajos también se realizó la perforación y voladura de una labor para poder recabar mejor información en la veta Susan, con la mayor información posibles tomada terminamos lo que fue la etapa de campo, (Ver figura 11)



Figura 11 : Grupo de exploración de interior de mina

Fuente: propia, tomada en el campamento

3.2.3 Etapa 3: Laboratorio

Una vez terminado el muestreo geológico en las estructuras mineralizadas como en las rocas encajonantes enviamos estas a un laboratorio para su análisis y conocer su contenido mineralógico, como también conocer el tipo de roca que tenemos en la zona de estudio.

3.2.4 Etapa 4: Gabinete, procesamiento de la información

En esta etapa procesamos la información obtenida en campo, analizamos los resultados geoquímicos de laboratorio, cartografiado geológico, alteraciones, resultados del muestreo geológico, realizaremos los mapas correspondientes al mapeo geológico, caracterización estructural y realizamos el informe final del proyecto.

CAPITULO IV

CARACTERIZACIÓN DEL ÁREA DE ESTUDIO

4.1 UBICACIÓN DEL PROYECTO

El proyecto minero San Antonio está ubicado en el distrito de Río Grande, provincia de Condesuyos, departamento de Arequipa (anexo 01 – Mapa de Ubicación) La zona de estudio se encuentra ubicada en la vertiente occidental de la Cordillera Occidental de los Andes del Sur del Perú, a 170 km. al Noroeste de la ciudad de Arequipa en línea recta, en el valle de Ocoña, lado derecho de la quebrada Chorunga, el área de estudio está dentro de la concesión Hevania II, y tiene como referencia las siguientes coordenadas UTM, (Ver Tabla 1)

Tabla 1. Ubicación del Área de estudio

PUNTO	ESTE	NORTE	DATUM
A1	710044.79	8238242.40	WGS 84
A2	709903.63	8236326.66	WGS 84
A3	707993.72	8237620.62	WGS 84
A4	708014.11	8237897.32	WGS 84
A5	708650.00	8238345.21	WGS 84
ZONA	18	BANDA	L

Fuente: Elaboración propia

4.2 ACCESIBILIDAD

El acceso se realiza desde Lima por la panamericana sur hasta el km. 775, y desde Arequipa 245 km. Por la carretera panamericana norte, hasta llegar al pueblo de Ocoña, se toma un desvío al Nor- Este por la margen izquierda del río Ocoña, hasta llegar a la mina San Juan de Chorunga a 80 km. Aproximadamente,(Ver tabla 2)

Antes de ingresar a la mina existe un desvío por el poblado de Pueblo Libre hacia la quebrada de San Antonio hasta llegar a la concesión Hevania II.

Tabla 2. Accesibilidad al Proyecto San Antonio



LOCALIDAD	KILOMETROS	HORAS	TIPO DE VIA
Lima – Ocoña	775	12	Asfaltado
Arequipa – Ocoña	245	4	Asfaltado
Ocoña – San Juan	80	3	Afirmada
San Juan – San Antonio	1.5	15 min	Trocha

Fuente: Elaboración propia

4.3 CLIMA

El clima es cálido y seco, en primavera (Noviembre-Diciembre) presenta lluvias en las zonas altas lo que genera la presencia de huaycos en la zona del proyecto minero San Antonio. Durante otoño las zonas con altitudes mayores a 700 msnm, están cubiertas por neblinas intensas,

4.4 VEGETACIÓN

La vegetación en la quebrada San Antonio es escasa y de carácter permanente en los valles de Chorunga y Rio Grande.

4.5 TOPOGRAFÍA

La topografía es semi - abrupta con altitudes de que van de 750 a 1600 m.s.n.m, en algunas zonas las rocas están cubiertas por material del cuaternario, en las laderas están expuestas las rocas intrusivas del Batolito de la Costa.

4.6 DRENAJE

El drenaje de la zona se caracteriza por ser mayormente del tipo dendrítico; a nivel regional el agua de ríos y quebradas confluyen al río Ocoña,

Localmente el río Chorunga discurre con dirección NE-SW, su caudal es permanente durante todo el año, aumentando éste considerablemente en los meses de verano debido a las intensas lluvias que ocurren en las partes altas.

4.7 GEOLOGÍA LOCAL

La geología local de la zona de estudio se compone básicamente de rocas hipabisales (Complejo Bella Unión) e intrusivo de origen plutónico (Batolito de la Costa). El



Complejo Bella Unión que aflora en la zona de estudio, representada por diques Andesíticos y Monzoníticos es responsable de la migración de la mineralización.

Los estudios de (Pitcher & Cobbing, 1983) dan a conocer detalladamente las unidades y súper unidades y segmentos para el plutonismo del Batolito de la Costa, comparando los segmentos en unidades y súper unidades.

4.7.1 Formación Moquegua (Nm-Mo)

En el área de estudio podemos encontrar a la formación Moquegua como roca que emplaza a la veta chambi y veta Paricahua, ubicada en la zona media de la concesión Hevania II.

Se reconoció roca areniscas finas, con textura tobácea, Dataciones realizadas por el método K/Ar en unos horizontes tobáceos, cerca de la localidad de Amargoso brindaron $24,5 \pm 0,8$ Ma y $25,5 \pm 1,0$ Ma; correspondiéndole la edad del Mioceno-Oligoceno. (Quispesivana & Navarro, 2003)

4.7.2 Volcánico Sencca (Ts-Vse)

En el área de estudio se encuentra al volcánico sencca al Norte de la concesión Hevania II, en esta zona está emplazado la veta susan, este tipo de litología esta al inicio de la quebrada Chorunga. .

Afloramientos de esté volcánico, en la zona se encuentran en la margen izquierda del río Ocoña.

Litológicamente está constituido por tobas de naturaleza mayormente dacítica. Macroscópicamente se observas feldespatos, cuarzo, laminillas de biotita y vidrio volcánico, ya que presenta una coloración blanco rosáceo en fractura fresca, variando a gris amarillento o rojizo por intemperismo. Su espesor máximo para la zona de estudio es de 80 metros aproximadamente.

Edad y Correlación

Se le asigna una edad correspondiente al Plioceno medio a superior (S. Mendivil, 1965), la edad no solo ha sido asignada por sus relaciones estratigráficas, sino también



por dataciones radiométricas los cuales indican edad entre 2 y 4.3 M.a. Se correlaciona con los tufos del mismo nombre que afloran en los cuadrángulos de Ichuña (Moquegua) y Characato (Arequipa).

El volcánico Sencca yace discordantemente en forma horizontal cubriendo rocas de diferentes edades, su tope algunas veces se encuentra cubierto por depósitos aluviales y piroclásticos recientes.

4.7.3 Batolito de la Costa

4.7.3.1 Súper Unidad Incahuasi (ks-gd/to-in)

La Súper Unidad Incahuasi está integrada principalmente por intrusivos tonalíticos, granodiorita y dioríticas, originados por fases de pulsaciones magmáticas y por el emplazamiento de cuerpos tardíos, representados por monzodioritas y dioritas, los cuales han sido emplazados en los bordes de esta súper-unidad.

4.7.3.1.1 Granodiorita (Grd)

Esta litología está presente en el área de estudio a lo largo de toda la longitud de la Veta Chaco al Norte de la concesión Hevania II, este reconocimiento se logró gracias a la toma de muestra en una labor que se viene desarrollando con fines de exploración en dicha veta. Gradualmente los cambios entre la mineralogía y la textura de la granodiorita varían tanto en profundidad como en afloramiento esto es debido a los distintos parámetros como temperatura, presión, composición y gradiente térmico.

Se toma referencia de muestras microscópicas tomadas dentro de la super- unidad Incahuasi que generalmente están conformadas por granodioritas y monzonitas, estas presentan un dirección preferencial de rumbos NW-SE en el margen izquierdo de la quebrada Chorunga.

La composición mineralógica de cinco muestras estudiadas en láminas delgadas, tomadas en la quebrada Chorunga y Ocoña: boletín n° 37 (Víctor P.1983)

Muestras: Cv-90, Cv-74, Cv-75, Cv-65, Cv-70 tomada en la margen izquierda del río Ocoña, quebrada Chorunga, estudiada en lámina delgada nos hace ver que está constituida por 48% de plagioclasas, ortosa 16%, cuarzo 12%. Minerales accesorios: biotita 5% y como minerales secundarios calcita y sericita 12 % estas rocas han sido clasificadas como



granodiorita y se caracterizan por presentar cristales anhedrales de plagioclasas bien desarrolladas, con 2 a 3 mm de diámetro.

Edad del emplazamiento

La superunidad Incahuasi se ha emplazado hace 83 Ma es correspondiente al Cretácico superior (Cobbing & Pitcher, 1982).

4.7.3.2 Súper Unidad Linga (Ks-gd/Mz-li)

En la zona de estudio estas rocas se encuentra ubicada al Noroeste de la concesión Hevania II, en estas rocas están emplazados estructuras como la veta Chillihuay. Las rocas constituyentes de esta unidad en el área de estudio han sido determinadas como monzonitas, se exponen en la margen izquierda del río Chorunga en forma de una delgada faja orientada de este a oeste.

Sus afloramientos se encuentran alrededor de la Super unidad Incahuasi y sus contactos no son claramente expuestos por estar cubiertos por depósitos terciarios y cuaternarios.

En los afloramientos que se encuentran en la margen izquierda del río Chorunga entre Iquipi y la quebrada Chillihuay, la monzonita no es pura; está alterada por pequeños cuerpos hipabisales de microdioritas y otras rocas básicas, en contraste con las que se exponen en el cerro Santa Rosa (sur-este del cuadrángulo de Caravelí) en donde el contenido de sílice baja notablemente, ya que llega al 3 % mientras el feldespato alcalino se hace más abundante clasificándose esta roca como una diorita cuarcífera.

Edad de emplazamiento

La super unidad Linga se ha emplazado hace 97 M.a. que corresponde a cretáceo superior según las determinaciones radiométricas efectuadas por el NERC. The Natural environment research Council de Gran Bretaña, en sus trabajos realizados sobre el Batolito de la Costa.

4.7.4 Complejo Bella Unión

4.7.4.1 Dique Andesita (Tms-An)

Esta roca se encuentra a manera de diques que cortan al intrusivo, son cuerpos tabulares discordantes que rellenan las fracturas, estos diques en la zona de investigación se encuentra instruyendo al gran cuerpo Batolítico y su dirección generalmente es E-W paralelo a las vetas con buzamiento variables, a lo largo de Veta Paricahua y Chambi, se comporta como un control litológico ya que entre el contacto de la Andesita con el intrusivo se encuentra el fluido mineral.

Por su textura se pueden diferenciar el dique es la llamada andesita con textura afanítica que se diferencia debido a que los cristales de plagioclasas son de tamaño a microcristalino.

Edad de emplazamiento

Se asume al terciario inferior.

ERA	SISTEMA	SERIE	UNIDAD ESTRATIGRAFICA			DESCRIPCION
CENOZOICO	CUATERNARIO	HOLOCENO	Depósitos aluviales	Eólicos y aluviales	Q al	Clastos de rocas de diferente composición
	TERCIARIO	PLIOCENO	Grupo Moquegua	Volcánico Sencca	Np-se	Tobas mayormente dacítica o riolítica.
		EOCENO - PALEOCENO	Grupo Moquegua	Formación Moquegua	Nm-mo	Areniscas finas
MESOZOICO	CRETÁCEO	SUPERIOR	Batolito de la costa	Súper Unidad Linga	Ks-gd/mz-li	Monzonitas
				Súper Unidad Incahuasi	Ks-gd/to-in	Granodioritas
	JURÁSICO	SUPERIOR	Grupo Yura	Formación Labra	Js-la	Areniscas de coloraciones blanquecinas a gris claras

Figura 12 : Columna Estratigráfica Local

Fuente: Elaboración Propia



CAPÍTULO V

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

5.1 MINERALOGÍA, MINERALIZACIÓN, GÉNESIS Y LITOLOGÍA

Las estructuras mineralizadas en el Proyecto Minero San Antonio se presentan en forma de vetas y estructuras sigmoides con una dirección predominante NW, con longitudes superiores a los 250m y espesores que varían entre 0.10m y 1.00m.

5.1.1 Alteración hidrotermal.

Las Vetas en la zona de estudio están emplazados en rocas volcánicas, intrusivas y sedimentarias en donde las soluciones hidrotermales han provocado diferentes tipos de alteraciones, en la roca caja de las estructuras mineralizadas en el proyecto minero San Antonio se reconoció alteraciones constantes como la silicificación, piritización, sericitación y la alteración propilítica.

5.1.1.1 Silicificación

En el área de estudio el sílice se encuentra hospedado en la roca caja, su textura es en general micro granular con presencia de venillas en la misma, una parte de la sílice proviene de las mismas rocas por reacciones químicas entre la pared rocosa y las soluciones mineralizantes, en las estructuras mineralizadas el cuarzo es quien engloba al Au dado que los resultados de muestreo en este mineral dieron buenas leyes de Au.

5.1.1.2 Sericitación

El en área de estudio la sericita se presenta en forma de microescamas formando agregados densos este tipo de alteración lo podemos observar en la cortada de la Veta Susan como en el pique de la Veta Paricahua.

5.1.1.3 Piritización

Este tipo de alteración se presenta en todas las estructuras mineralizantes de la zona de estudio en forma cubica y fina, rellenando cavidades del cuarzo, también podemos encontrarla en la roca caja en forma diseminada y en venillas.



5.1.1.4 Alteración propilítica

Este tipo de alteración es común en depósitos de cuarzo aurífero y en rocas intrusivas y volcánicas que son las que se reconocieron en el Proyecto Minero San Antonio, esta alteración se observó en el dique andesítico por la presencia de Calcita y clorita.

5.1.2 Mineralogía

La mineralogía de las vetas del Proyecto minero San Antonio está dado como mineral principal de mena el Oro (Au), este mineral se encuentra libre y encapsulado en minerales como el cuarzo, pirita, calcopirita, hematita, limonita entre otros que vendrían a ser nuestros minerales de ganga.

5.1.2.1 Minerales de mena

Es el mineral principal o el mineral rico económicamente hablando, en el proyecto San Antonio el mineral de mena es el Oro (Au), que se encuentra como Oro libre, sin embargo los muestreos que se realizó nos hacen decir que el Oro se encuentra mayormente encapsulado en la pirita masiva, también las muestras de cuarzo nos dan buenas leyes de Oro, al igual que en la zona de óxidos como en la hematita y la limonita.

5.1.2.2 Minerales de ganga

5.1.2.2.1 Pirita (S₂Fe)

En las Vetas de Proyecto minero San Antonio la pirita se presenta en cristales cúbicos de 0.2-0-3mm y de forma masiva, esta última es donde más se dieron indicios de la presencia de Oro, las muestras en este mineral dieron leyes altas de Au.

5.1.2.2.2 Cuarzo (SiO₂)

Es el mineral de ganga de suma importancia en este tipo de yacimiento se encuentran de textura masiva de color blanco, lechoso, englobando al oro, pirita, calcopirita, a simple vista en la veta susan se presenta fracturada, craquelada lo que nos indica una buena presencia de oro, se tiene leyes que van de 15 a 20 gr/tn.



5.1.2.2.3 Calcopirita (S₂ CU FE)

Se encuentra de forma escasa en las vetas del área de estudio, está asociada muchas veces a la pirita. Tiene un color amarillo latón, lustre metálico, aspecto masivo, su presencia en las muestras tomadas dieron buenos valores de Au.

5.1.2.3 Minerales de oxidación

5.1.2.3.1 Hematita (FE₂O₃)

Se encuentra en la zona de óxidos especialmente en fracturas rellenando espacios vacíos, formando patinas y principalmente en la veta, de color rojizo mayormente asociado a material terroso, conjuntamente con la limonita de color amarillo, en las muestras tomadas dan buenos valores de Au.

5.1.2.3.2 Limonita (FE₂ O₃ H₂O)

Es de origen secundario, este mineral es siempre de origen supergénico, se forma por la solución o alteración de los minerales de hierro previamente existentes, se presenta mayormente en variedades terrosas, de color pardo amarillento.

5.1.3 Caracterización de las principales estructuras mineralógicas

5.1.3.1 Caracterización mineralógica y mineragráfica de la Veta Susan

5.1.3.1.1 Control mineralógico

En la veta Susan el cuarzo y la pirita masiva son las guías mineralógicas más importantes porque el oro se encuentra englobado en la pirita y el cuarzo. En esta estructura la presencia de pirita cristalizada no representa un interés económico puesto que las leyes de las muestras que se tomaron arrojaron leyes bajas, en cambio las muestras tomadas en el cuarzo y la pirita masiva arrojaron buenas leyes respecto al Oro.

La mineralogía de la veta consta de cuarzo, limonitas, hematitas y oro libre en la zona de óxidos; cuarzo pirita, calcopirita y otros minerales en la zona de sulfuros; la veta Susan tiene potencias de 0.10 -0.90m con leyes que van desde los 10-35 gr Au/ton sin considerar la dilución del mineral, presenta sigmoides y forma lenticular y cuando la veta es más delgada aumenta sus valores de Au

5.1.3.1.2 Control litológico

El control litológico para la mineralización en la veta Susan es de tobas dacíticas, compuesta mineralógicamente de feldespatos, cuarzo, biotita y vidrio volcánico, presenta una coloración rosácea en fractura fresca, variando a gris amarillento o rojizo intemperismo, la roca volcánica está cubierta por presencia de material cuaternario, esta litología se puede apreciar al inicio de la quebrada chorunga.

5.1.3.1.3 Muestreo

Tabla 3. Muestreo en veta Susan

MUESTRA	VETA	UBICACIÓN	POTENCIA(m)	LEY Au gr/Tn
201	Susan	Interior mina	0.2	36.577
202	Susan	Interior mina	0.2	6.787
203	Susan	Interior mina	0.1	4.594
204	Susan	Interior mina	0.25	3.394
205	Susan	Interior mina	0.1	14.603
206	Susan	Interior mina	0.15	30.783
207	Susan	Interior mina	0.18	15.165
208	Susan	Interior mina	0.6	3.211
209	Susan	Interior mina	0.22	5.657

Fuente: Elaboración Propia

5.1.3.1.4 Estimación de Recursos

a) Estimación de recursos indicados Veta Susan

Para calcular los recursos de mineral indicado en la Veta Susan, se usaron datos de leyes obtenidas en interior mina de laboreo con fines de exploración, la potencia está dada de acuerdo al punto de muestreo realizado en la Veta Susan

Tabla 4. Estimación de recursos indicados en la veta Susan

Potencia (m)	LEY Au gr/Tn	Pot X Ley	Potencia (m)	LEY Au gr/Tn	Pot X Ley
0.2	36.577	7.3154	0.15	30.783	4.617
0.2	6.787	1.3574	0.18	15.165	2.730
0.1	4.594	0.4594	0.6	3.211	1.927
0.25	3.394	0.8485	0.22	5.657	1.245
0.1	14.603	1.4603			
		Sumatoria:	2	120.77	21.96

Fuente: elaboración propia

5.3.1.1 Calculo de la Ley Promedio

La ley promedio se da del cálculo de la sumatoria de la potencia por la ley dividido por la sumatoria de la potencia

$$\text{Ley promedio} = \frac{\sum(\text{Pot} \times \text{Ley})}{\sum \text{Pot}}$$
$$\text{Ley promedio} = \frac{21.96}{2} = 10.98$$

Restando su castigo de 10%, la Ley promedio nos da 9.88 Gr/Tn

5.1.3.2 Caracterización mineralógica y mineragrafica de la veta chillihuay

5.1.3.2.1 Control mineralógico

En la veta Chillihuay el cuarzo, la pirita y la calcopirita constituyen las guías mineralógicas más importantes, el cuarzo lechoso engloba el mayor porcentaje de Au nativo, la pirita engloba el Au en sus cristales, la calcopirita en un menor porcentaje engloba al Au, el Au se presenta en forma libre en los óxidos, en el muestreo resalta mejores leyes las muestras obtenidas en óxidos, el cuarzo y en la pirita masiva.

La mineralogía de la veta consta de cuarzo, pirita, calcopirita y óxidos de cobre hematita y limonita, la veta Chillihuay tiene potencias que van de 0.10 -0.30m con leyes que van desde los 10-45 gr Au/ton sin considerar la dilución del mineral, presenta sigmoides, en esta veta se observa la potencia de la pirita de hasta 0.10m.

5.1.3.2.2 Control litológico

El control litológico para la mineralización en la veta Chillihuay es de Monzonitas, en la roca se observa igual porcentaje de plagioclasas y feldespato alcalino, esta roca se encontró bastante alterada y su presencia de cuarzo es menor al 5%, correspondientes a la súper unidad linga, estas rocas están cubiertas por presencia de material cuaternario.

5.1.3.2.3 Muestreo

Tabla 5. Muestreo en veta Chillihuay

MUESTRA	VETA	UBICACIÓN	POTENCIA(m)	LEY Au gr/Tn
210	Chillihuay	Superficie	0.2-0.25	1.783
211	Chillihuay	Superficie	0.1-0.15	4.216
212	Chillihuay	Superficie	20	6.205
213	Chillihuay	Superficie	15	3.599
214	Chillihuay	Superficie	0.1	64.010
215	Chillihuay	Superficie	0.1	14.500
216	Chillihuay	Superficie	0.1	1.040
217	Chillihuay	Superficie	0.1	60.510

Fuente: Elaboración Propia

5.1.3.3 Caracterización Mineralógica y Minerográfica de la Veta Paricahua

5.1.3.3.1 Control mineralógico

En la veta Paricahua el cuarzo, pirita, hematita y limonita constituyen las guías mineralógicas más importantes, el oro se encuentra encapsulada en la pirita y el cuarzo y en forma libre en los óxidos, en el muestreo resalta mejores leyes las muestras obtenidas en óxidos y en la pirita masiva.

La mineralogía de la veta consta de cuarzo, pirita, calcopirita y óxidos de cobre (hematita y limonita), la veta Paricahua tiene potencias que van de 0.05 - 0.25m con leyes que van desde los 10-50 gr Au/ton en promedio, en esta estructura se tiene muestras altos erráticos por la presencia de constante de oro libre en los óxidos.

5.1.3.3.2 Control litológico

El control litológico para la mineralización en la veta Paricahua es de Areniscas finas, asociado a un dique andesítico de textura afanítica con cristales de plagioclasa microcristalina que están en contacto con el techo de la veta, estas rocas corresponden a la formación Moquegua que anteriormente se conocía como formación Caraveli, estas rocas están cubiertas por presencia de material cuaternario.

5.1.3.3 Muestreo

Tabla 6. Muestreo veta Paricahua

MUESTRA	VETA	UBICACIÓN	POTENCIA (m)	LEY Au gr/Tn
218	Paricahua	SN Pique	0.10	35.24
219	Paricahua	SN Pique	0.18	31.51
220	Paricahua	SN Pique	0.10	16.8
221	Paricahua	SN Pique	0.15	16.53
222	Paricahua	SN Pique	0.12	43.99

Fuente: Elaboración Propia

5.1.3.4 Caracterización mineralógica y mineragrafica de la Veta Chaco

5.1.3.4.1 Control mineralógico

En la veta Chaco el cuarzo, y óxidos de hierro constituyen las guías mineralógicas más importantes, el oro se presenta englobada en la pirita y el cuarzo y en forma libre en los óxidos.

La mineralogía de la veta consta de cuarzo, pirita, calcopirita y óxidos de cobre (hematita y limonita), la veta Paricahua tiene potencias que van de 0.05 - 0.20m con leyes que van desde los 10-60 gr Au/ton en promedio, en esta estructura se tiene muestras altos erráticos por la presencia de constante de oro libre en los óxidos.

5.1.3.4.2 Control litológico

El control litológico para la mineralización en la veta Chaco es de granodioritas constituida por un 48% de plagioclasas, 16% ortosa, 12% cuarzo y minerales accesorios la biotita y como minerales secundarios calcita y sericita con un 12% ubicado en la caja techo, en la caja piso se encuentra un dique andesítico de potencia pequeña, estas rocas corresponden a intrusivos de la Súper Unidad Linga, estas rocas están cubiertas por presencia de material cuaternario.

5.1.3.4.3 Muestreo

Tabla 7. Muestreo veta Chaco

MUESTRA	VETA	UBICACIÓN	POTENCIA(m)	LEY Au gr/ Tn
223	Chaco	Pique – 0	0.05	-----
224	Chaco	Pique - 9m	0.08	24.510
225	Chaco	Pique -19.5	0.06	5.210
226	Chaco	Pique -28.3	0.10	107.480
227	Chaco	Pique -33.60	0.60	24.510

Fuente: Elaboración Propia

5.1.3.5 Caracterización mineralógica y mineragrafica de la Veta Chambi

5.1.3.5.1 Control mineralógico

En la veta Chambi el cuarzo, pirita, calcopirita y óxidos de hierro constituyen las guías mineralógicas más importantes, el oro se presenta encapsulado en la pirita, el cuarzo y la calcopirita y en forma libre en los óxidos.

La mineralogía de la veta consta de cuarzo, pirita, calcopirita y sulfuros de cobre, la veta Paricahua tiene potencias que van de 0.10 - 0.25m con leyes que van desde los 10-40 gr Au/ton en promedio, en esta estructura se tiene muestras altos erráticos por la presencia de constante de oro libre en los óxidos.

Su afloramiento tiene unos 200 m de longitud con rumbo norte 60° oeste de buzamiento 60° en esta zona vienen trabajando varios años considerando esta zona muy importante por los resultados mineralógicos de la veta que según antecedentes vienen dando muy buenos valores auríferos; de acuerdo a las muestras que se han tomado de sacos de mineral producto del payaqueo han dado los siguientes resultados:

5.1.3.5.2 Control litológico

El control litológico para la mineralización en la veta Chambi es de Areniscas finas, asociado a un dique andesítico de textura afanítico en contacto con el techo de la veta, su afloramiento de estas estructuras es de 200 metros de longitud, estas rocas corresponden

a la formación Moquegua que anteriormente se conocía como formación Caraveli, estas rocas están cubiertas por presencia de material cuaternario.

5.1.3.5.3 Muestreo

Tabla 8. Muestreo veta Chambi

MUESTRA	VETA	UBICACIÓN	POTENCIA(m)	LEY Au gr/Tn
228	Chambi	SN Pique	0.20	47.786
229	Chambi	SN Pique	0.15	12.204
230	Chambi	SN Pique	0.18	14.500
231	Chambi	SN Pique	0.12	30.510
232	Chambi	SN Pique	0.22	9.021

Fuente: Elaboración Propia

5.1.4 Paragénesis

La Paragénesis es la relación mineralógica expresada en función de un determinado tiempo (orden cronológico), si varían las condiciones progresivamente a través del tiempo aparecerá un mineral como determinado como derivado de una mineral anterior, y puede por último convertirse en un tercero, siendo la recristalización el proceso responsable. Mediante los estudios de laboratorio, mapeo en detalle, observación de campo e interpretación se puede discutir la secuencia paragenética del proyecto minero San Antonio, (Ver figura 13).



Supergenica

En esta etapa se ve la presencia de minerales como la Limonita como resultado de la meteorización e intemperismo.

5.1.5 Zoneamiento

Se conoce como zoneamiento a la secuencia de la deposición mineral relacionada al espacio, en el área de estudio se presentan asociaciones de minerales de Au con el cuarzo, pirita, hematita, limonita.

Los eventos estructurales, litológicos y térmicos son los que facilitaron y enriquecieron la mineralización.

Zona de Sulfuros: Pirita, Calcopirita, cuarzo

Zona de óxidos: Hematita, Limonita, cuarzo

5.1.6 Mineralización

La mineralización en el área de estudio del Proyecto minero san Antonio está dado en las estructuras mineralizadas encontradas (Vetas), en estas estructuras podemos apreciar la presencia de estructuras sigmoides como son los clavos mineralizantes y los caballos o sigmoides múltiples, para un mejor conocimiento describimos los minerales de manera macroscópica.

5.1.6.1 Descripción macroscópica

- Oro



Figura 14 : Au en veta de cuarzo y pirita

FORMULA QUIMICA	AU
NOMBRE	Oro
COLOR	Amarillo dorado
TEXTURA	Maciza de forma irregular
BRILLO	Metalico
DUREZA	2.5 a 3
COMPOSICION QUIMICA	Au
PUNTO DE EBULLICION	2700°C
PUNTO DE FUNDICION	1063°C
EMPLEO	Industria de las joyas , anillos
PESO ESPECIFICO	19.3 g/cm ³

- **Pirita**



Figura 15 : Pirita masiva

FORMULA QUIMICA	FeS ₂
NOMBRE	Pirita
COLOR	Amarillo laton
RAYA	Gris oscura
BRILLO	Metalico
DUREZA	6 a 6.4
COMPOSICION QUIMICA	53,48 % de azufre y un 46,52 % de hierro
FRACTURA	Regular o Concoidea
SISTEMA CRISTALINO	Cubico
EMPLEO	Industria de las joyas , anillos
DENSIDAD	4.95-5.10 g/cm ³

- **Calcopirita**
-



Figura 16 : Mineral calcopirita

FORMULA QUIMICA	CuFeS ₂
NOMBRE	Calcopirita
COLOR	Amarillo laton dorado
RAYA	Negra verdosa
BRILLO	Metalico
DUREZA	3.5-4
COMPOSICION QUIMICA	Cu (34.6%), Fe (30.4%), S (35%)
FRACTURA	Desigual
SISTEMA CRISTALINO	Tetragonal
EMPLEO	mena de Cu
PESO ESPECIFICO	4.1-4.3 g/cm ³

- **Hematita**



Figura 17 : Mineral hematita

FORMULA QUIMICA	Fe ₂ O ₃
NOMBRE	Hematita
COLOR	Castaño rojizo
RAYA	roja
BRILLO	Metalico, terroso
DUREZA	5.5-6.5
COMPOSICION QUIMICA	Fe (70%), O (30%)
FRACTURA	Desigual
SISTEMA CRISTALINO	Hexagonal
EMPLEO	Mena de hierro
PESO ESPECIFICO	5.26/cm ³

- **Limonita**



Figura 18 : Mineral limonita

FORMULA QUIMICA	FeO(OH)·nH ₂ O
NOMBRE	Limonita
COLOR	Pardo amarillento
RAYA	Pardo amarillento a rojo
BRILLO	Submetalico
DUREZA	5-5.5
ORIGEN	Minerales con contenido de hierro
TRANSPARENCIA	Opaco
SISTEMA CRISTALINO	Amorfo
EMPLEO	Mena de hierro
DENSIDAD	3.6-4.4 g/cm ³



5.2 CARACTERIZACIÓN ESTRUCTURAL DEL ÁREA DE ESTUDIO

5.2.1 Principales fallas que controlan el area de estudio

El área de trabajo está controlado por dos fallas principales, las cuales son la Falla Iquipi y la Falla Atiquipa con un rumbo SW-NE, también se encontro fallas conjugadas como la falla San Antonio y la falla chillihuay que presentan un rumbo NW- SE, se reconoció estructuras de transpresión y extensión donde se encontraron estructuras mineralizada, con todas estas estructuras presentes se plasmó el modelo de Riedel, (Ver figura 19).

5.2.1.1 Falla atiquipa-san juan chorunga

La falla Atiquipa presenta un rumbo de $S81^{\circ}W$ y buzamiento $79^{\circ}N$, en superficie tiene una longitud de 25 km aproximadamente, es considerada como una falla de tipo cizalla con movimiento sinistral, la falla pasa por la quebrada San Juan, al norte del poblado de Alto Molino.

5.2.1.2 Falla iquipi

La falla Iquipi presenta un rumbo de $S62^{\circ}W$ y buzamiento $81^{\circ}S$, en superficie tiene una longitud de 18 km aproximadamente, es considerada como una falla de tipo cizalla con movimiento sinistral, la falla pasa cerca al poblado Iquipi por el cual lleva el nombre de falla Iquipi.

La Falla Iquipi es una estructura de gran dimensión identificada en el área de estudio que se prolonga hasta el cuadrángulo de Chuquibamba (32-q), lugar donde Huamán (1985) le atribuye un buzamiento al Sur.

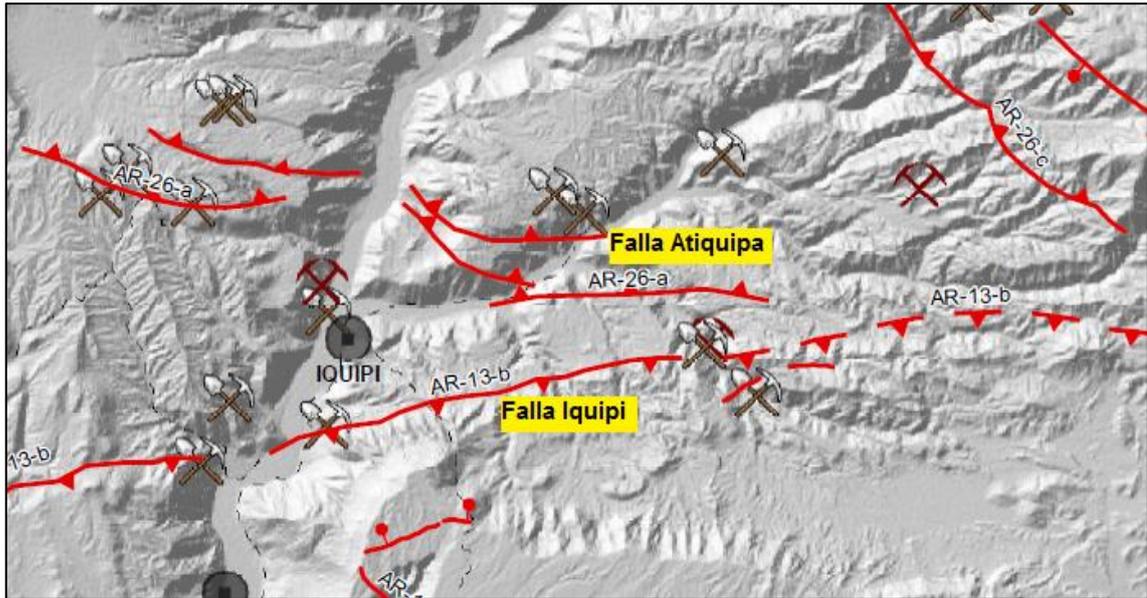


Figura 19 : Muestra la falla Atiquipa y falla Iquipi

Fuente: INGEMMET - *Mapa Neotectónico 2015 de la región*

5.2.1.3 Falla San Antonio

La falla San Antonio es una falla conjugada, en el área de estudio presenta un rumbo de N25°W y buzamiento 81°E, en superficie en el área de estudio tiene una longitud de 3.5 km aproximadamente, es considerada como una falla de tipo cizalla con movimiento dextral, la falla tiene un alcance hasta la quebrada San Juan llegando al centro poblado de Pueblo libre.

5.2.1.4 Falla Chillihuay

La falla Chillihuay es una falla conjugada, en el área de estudio presenta un rumbo de N40°W y buzamiento 79°E, en superficie en el área de estudio tiene una longitud de 4.5 km aproximadamente, es considerada como una falla de tipo cizalla con movimiento dextral, la falla está dada en todo lo que se conoce como quebrada Chillihuay.

5.2.2 Estructuras mineralizadas en la zona de trabajo

En la zona de estudio se reconoció estructuras mineralizadas como son: Veta Susan, Veta Chillihuay, Veta Paricahua, Veta Chaco y Veta Chambi; en estas estructuras se tomó los datos de rumbo, Buzamiento y toma de muestras para realizar un análisis a fondo.

5.2.2.1 Veta Susan

La Veta Susan está ubicada al norte extremo de la concesión Hevania II al inicio de la quebrada San Antonio, en esta estructura se encontró trabajos ya anteriormente realizados, se reconoció 5 cruceros El rumbo de esta veta es $N 80^{\circ} W$ y Buzamiento $85^{\circ} S$, presenta en su recorrido una potencia que va desde los 0.10m a 0.90m, bocamina (ver figura 20), mapa de la cortada Susan (Ver figura 21).



Figura 20 : Bocamina del crucero a la veta Susan

5.2.2.1.1 Crucero n° 1

Tiene una longitud desarrollada de 180m. , cortando a la veta susan y se ha desarrollado una galería de 85 m. al este y 50 m. al oeste en estructura mineralizada con una potencia de veta 0.20 – 0.30 m. y una ley promedio de 15 grAu / ton.; este crucero a cortado tres estructuras mineralizadas de 0.10 – 0.15 m. de potencia.

5.2.2.1.2 Crucero n° 2

Tiene una longitud de 60 metros y se ha desarrollado una galería de 80 m. al este y 20 m. al oeste en veta; en este nivel se preparó dos tajos que se ha trabajado con una ley promedio de 25 – 30 grAu / ton, con potencia de 0.25 - 0.30 m.

5.2.2.1.3 Crucero n° 3

Este crucero tiene 15 m. de longitud y se ha desarrollado 60 m. al este y 25 m. al oeste en estructura mineralizada. Parte de este nivel esta explotado hasta superficie

5.2.2.1.4 Crucero n° 4

Este crucero tiene una longitud de 120m, a los 60 m ha cortado una estructura mineralizada con minerales de cuarzo y pirita, desarrollándose en ambos lados sub-niveles de 10 m. Además este crucero ha pasado la proyección de la veta probablemente por una zona estrangulada que no se nota la veta, el clavo mineralizado en afloramiento se encuentra más hacia el este.

5.2.2.1.5 Crucero n° 5

Se ha desarrollado como 25 m. y ha cortado a la veta susan, en una zona de fallamiento, pero que no tiene mucho encampane más o menos 15 m. a superficie, que no se han percatado la intersección del crucero con la veta y se han pasado como 25 m. más al Sur.

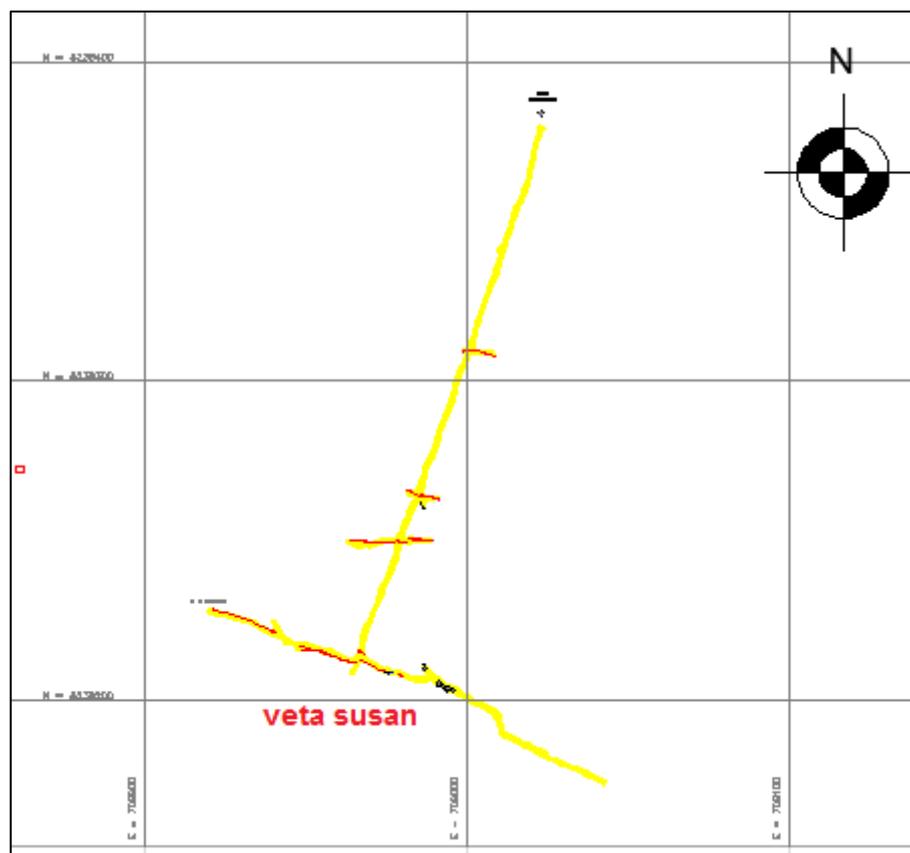


Figura 21 : Veta Susan

Se visualiza la cortada de NE a SW hasta la chocar en la veta Susan, se desarrolló las galerías visualizadas al NW y al SE.

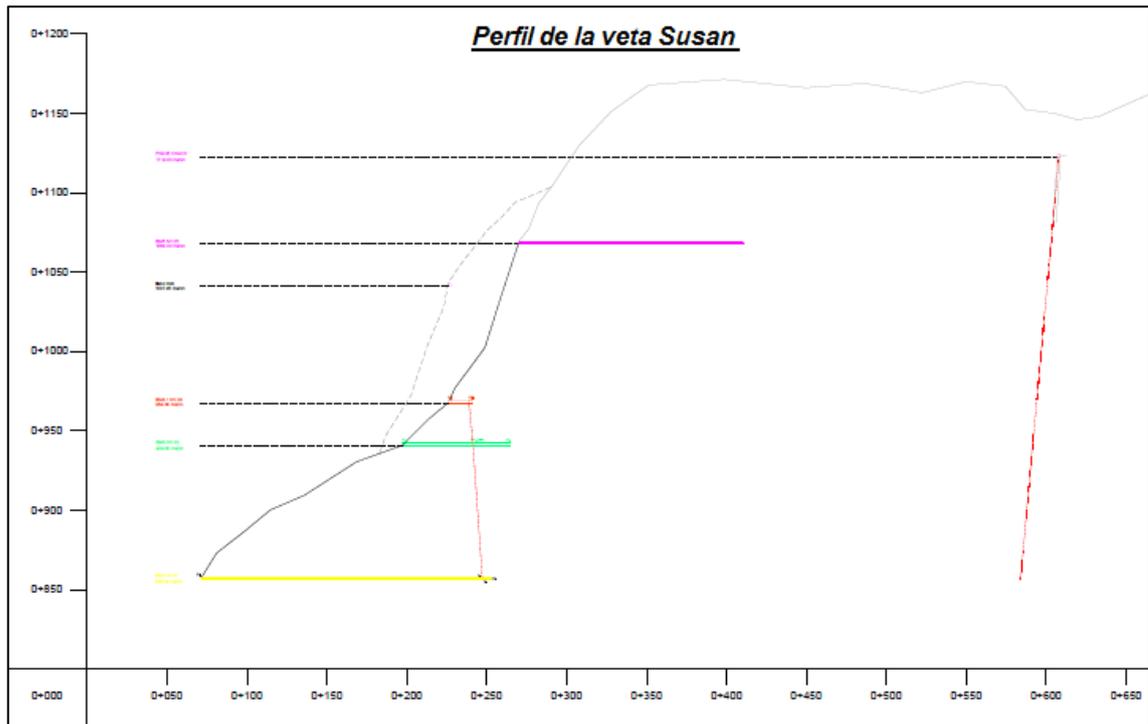


Figura 22 : Perfil de la veta Susan al Sureste
En la imagen se visualiza las cortadas 1, 2, 3, 4 y 5

5.2.2.1.6 Análisis estructural de la Veta Susan

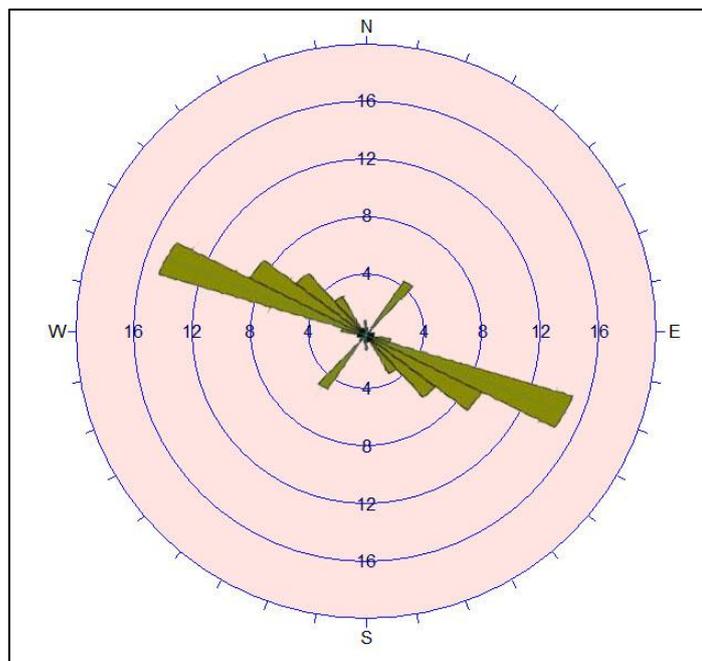


Figura 23 : Diagrama de rosas de la veta Susan

Fuente: Elaboración propia

Interpretación

El diagrama de rosas nos muestra que las estructuras tienen en su mayoría una tendencia de NW-SE el cual sería el principal sistema de fracturamiento y que coincide con las estructuras mineralizadas, el azimut obtenido es de 290° ; también observamos un segundo sistema de fracturas con un azimut de 40° este sería estéril sin embargo cortaría a las estructuras mineralizadas. Tomando como modelo el sistema de fracturamiento de Riedel señalamos que el sistema de fracturamiento principal tiene un movimiento sinistral y el segundo sistema de fracturamiento que sería el tensional tendría un movimiento dextral.

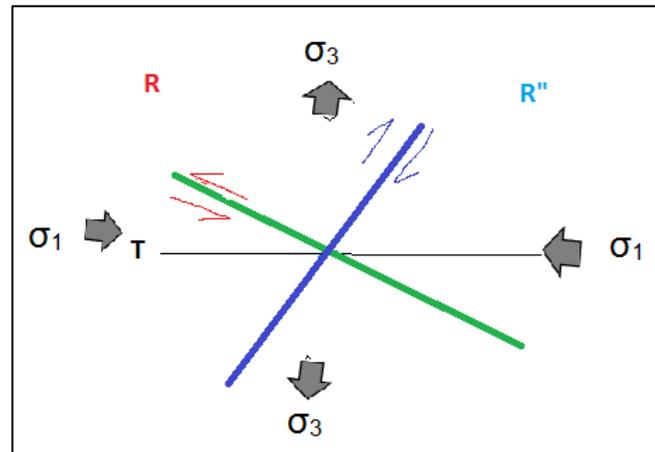


Figura 24 : Direcciones de esfuerzos y tipos de fracturas respecto a su movimiento

5.2.2.2 Veta Chillihuay

La Veta Chillihuay para su exploración se realizó piques de 5 a 10 metros, esta Veta está ubicada al NW de extremo de la concesión Hevania II, la veta Chillihuay tiene un rumbo de $N70^\circ - 80^\circ W$ con buzamiento $77^\circ SW$, presenta una potencia en su recorrido que varían de 0.10m – 0.20 m., (ver figura 25 y 26)



Figura 25 : Muestreo en veta Chillihuay



Figura 26 : Veta Chillihuay se visualiza en su rumbo NW

Fuente: Elaboración Propia

5.2.2.2.1 Análisis estructural de la Veta Chillihuay

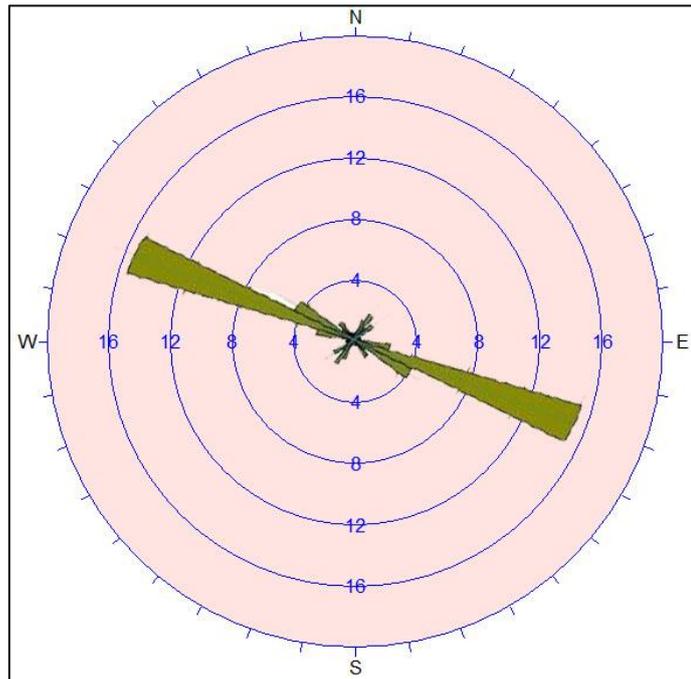


Figura 27 : Diagrama de rosas de la veta Chillihuay

Fuente: Elaboración propia

Interpretación

El diagrama de rosas nos muestra que las estructuras tienen en su mayoría una tendencia de NW-SE el cual sería el principal sistema de fracturamiento y que coincide con las estructuras mineralizadas, el azimut obtenido es de 290° ; también observamos un segundo sistema de fracturas con un azimut de 35° este sería de estructuras no mineralizadas sin embargo cortarían a las estructuras mineralizadas. Tomando como modelo el sistema de fracturamiento de Riedel señalamos que el sistema de fracturamiento principal tiene un movimiento sinistral y el segundo sistema de fracturamiento que sería el tensional tendría un movimiento dextral.

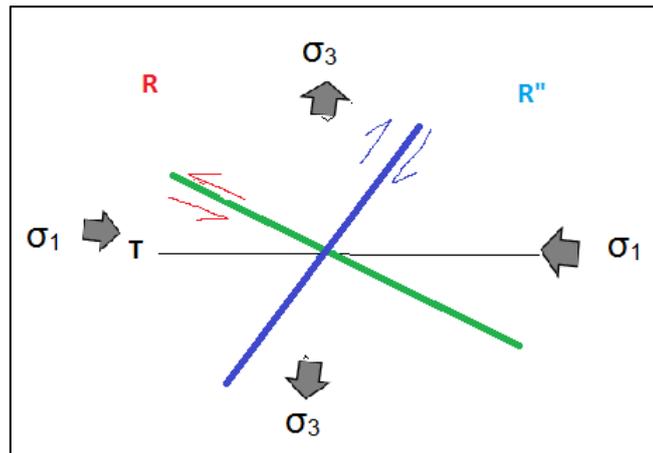


Figura 28 : Direcciones de esfuerzos y tipos de fracturas respecto a su movimiento

5.2.2.3 Veta Paricahua

La veta Paricahua está ubicada al NE de la concesión Hevania II, esta veta fue trabajada por mineros artesanos anteriormente, esta veta tiene un sub nivel de 60 m de longitud hacia el oeste, un pique de 60 m de profundidad a los 20 m del pique hay un sub nivel al este y oeste, continuando en sub-nivel al lado este que comunica con otro pique por donde extraen el mineral y desmonte; esta zona es muy importante porque sus valores de muestreo han dado resultados muy positivos para tomar en cuenta trabajos posteriores en esta zona.

En afloramiento la veta ha sido trabajada en su longitud como en profundidad. El rumbo de la veta en superficie es de N85°W buzamiento 85° SW con potencia que van de 0.05m – 0.25 m., (ver figura 29)

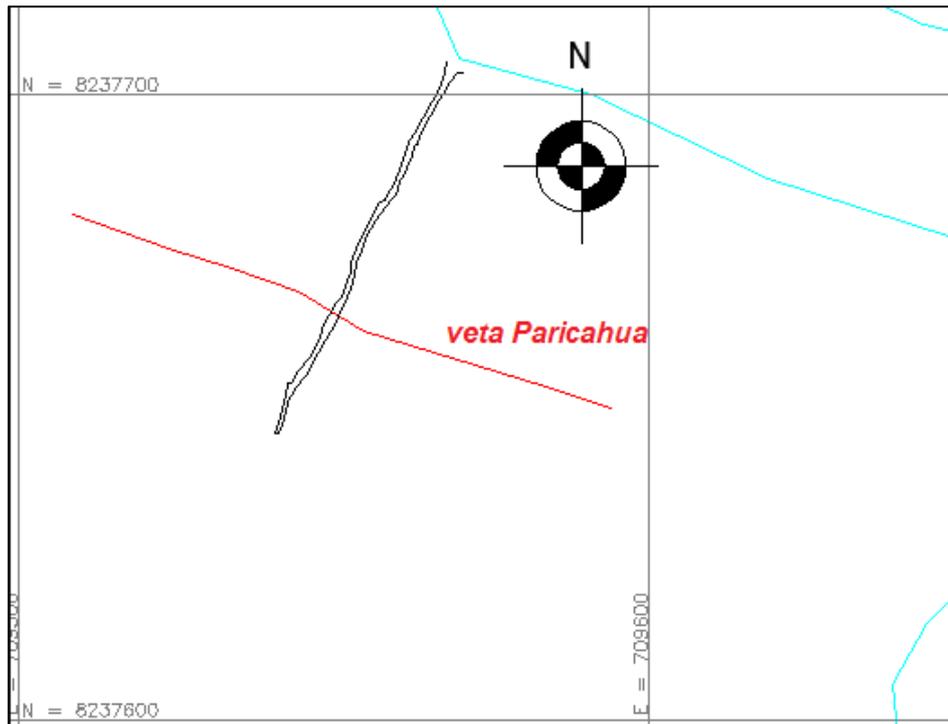


Figura 29 : Veta Paricahua

Se observa la cortada en superficie con dirección NE-SW.

5.2.2.3.1 Análisis estructural de la Veta Paricahua

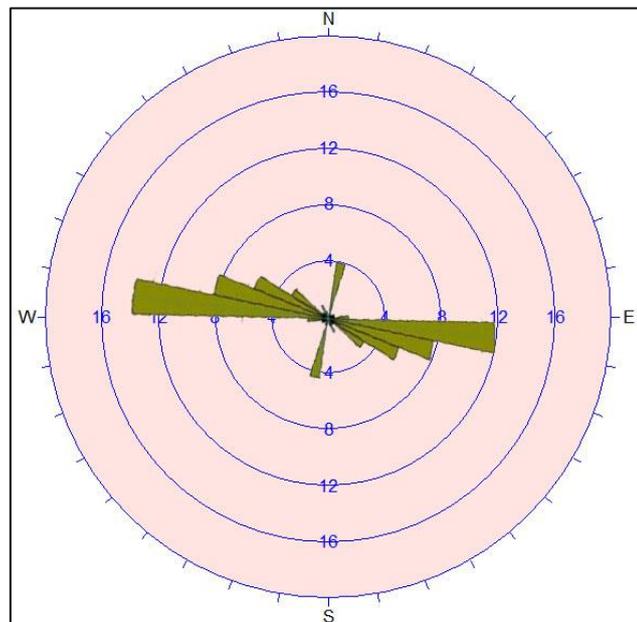


Figura 30 : Diagrama de rosas de la veta Paricahua

Fuente: Elaboración propia

Interpretación

El diagrama de rosas nos muestra que las estructuras tienen en su mayoría una tendencia de NW-SE el cual sería el principal sistema de fracturamiento y que coincide con las estructuras mineralizadas, el azimut obtenido es de 275° ; también observamos un segundo sistema de fracturas con un azimut de 15° , este sería de estructuras no mineralizadas sin embargo cortarían a las estructuras mineralizadas. Tomando como modelo el sistema de fracturamiento de Riedel señalamos que el sistema de fracturamiento principal tiene un movimiento sinistral y el segundo sistema de fracturamiento que sería el tensional tendría un movimiento dextral, (ver figura 31)

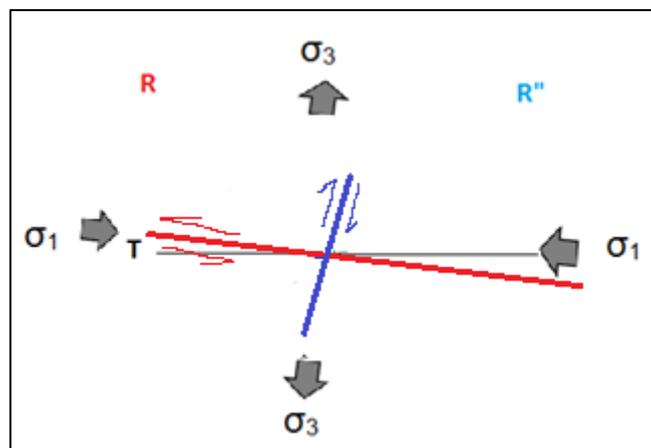


Figura 31 : Direcciones de esfuerzos y tipos de fracturas respecto a su movimiento

5.2.2.4 Veta Chaco

La veta Chaco está ubicada al norte de la concesión Hevania II en esta zona se observa labores que se han realizado como galería al este de 15 m de Long. El rumbo de la veta es $S60^\circ E$ buzamiento $75^\circ NE$, también existe un pique de exploración de 42 m de profundidad aprox. Y sub niveles de pocos metros de Long. 2 – 3 m en ambos lados, (ver figura 32).

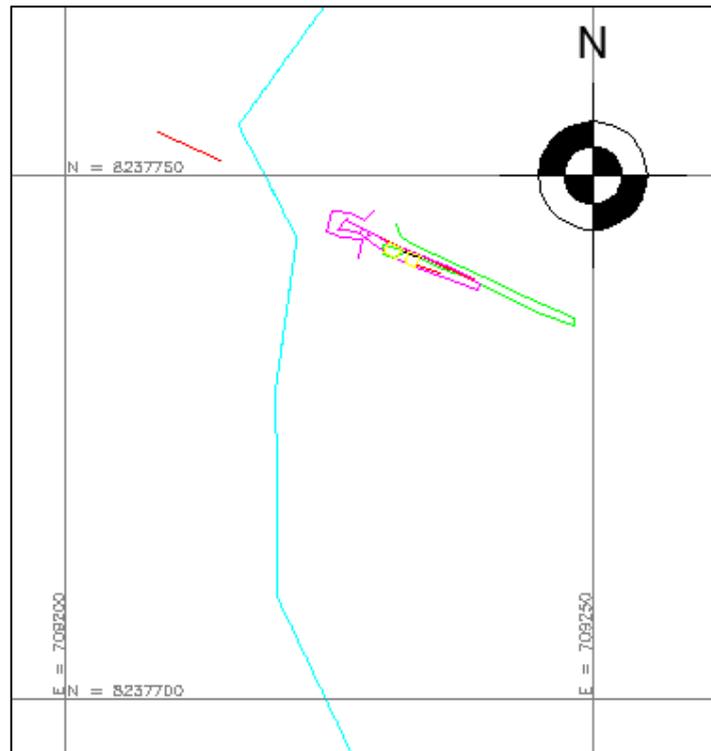


Figura 32 : Veta Chaco

Se observa la galería realizadas en veta, más al NW está el pique de más de 40m de profundidad (está representado solo como veta)

5.2.2.4.1 Análisis estructural de la Veta Chaco

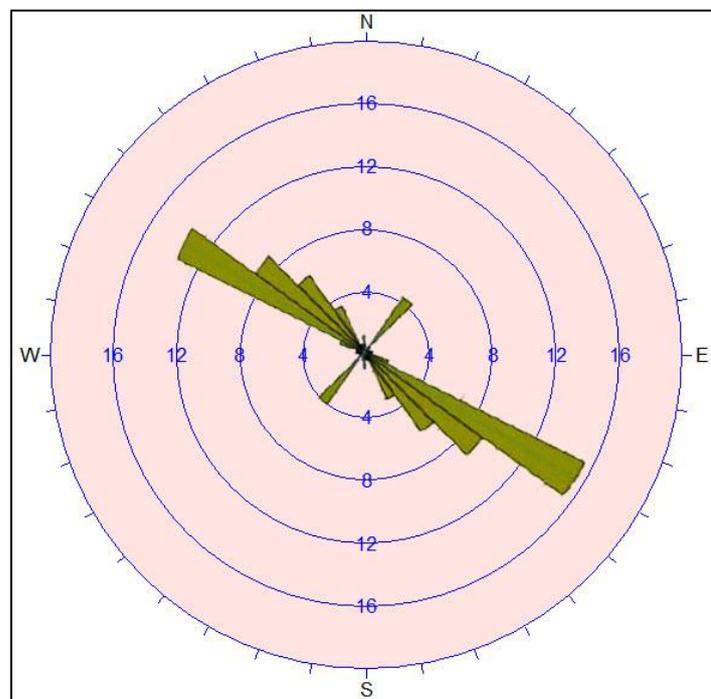


Figura 33 : Diagrama de rosas de la veta Chaco

Fuente: Elaboración propia

Interpretación

El diagrama de rosas nos muestra que las estructuras tienen en su mayoría una tendencia de SE-NW el cual sería el principal sistema de fracturamiento y que coincide con las estructuras mineralizadas, el azimut obtenido es de 120° ; también observamos un segundo sistema de fracturas con un azimut de 35° este sería de estructuras no mineralizadas sin embargo cortarían a las estructuras mineralizadas. Tomando como modelo el sistema de fracturamiento de Riedel señalamos que el sistema de fracturamiento principal tiene un movimiento sinistral y el segundo sistema de fracturamiento que sería el tensional tendría un movimiento dextral, (ver figura 34)

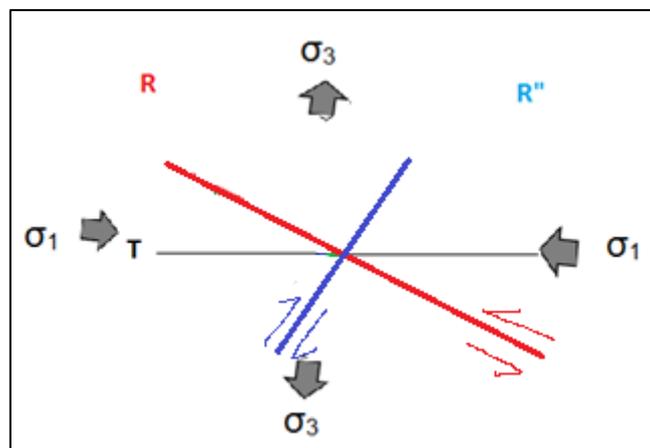


Figura 34 : Direcciones de esfuerzos y tipos de fracturas respecto a su movimiento

5.2.2.5 Veta Chambi

La veta chambi está ubicada al Este de la concesión Hevania II, Su afloramiento tiene unos 200 m de longitud con rumbo $N60^\circ W$ de buzamiento $60^\circ NE$ con potencia de 0.10 – 0.20 m, también existe un pique de 60 m de profundidad por donde extraen el mineral y desmonte de las labores que existe en este pique, en esta zona vienen trabajando varios años considerando esta zona muy importante por los resultados mineralógicos de la veta que según antecedentes vienen dando muy buenos valores auríferos, (ver figura 35).

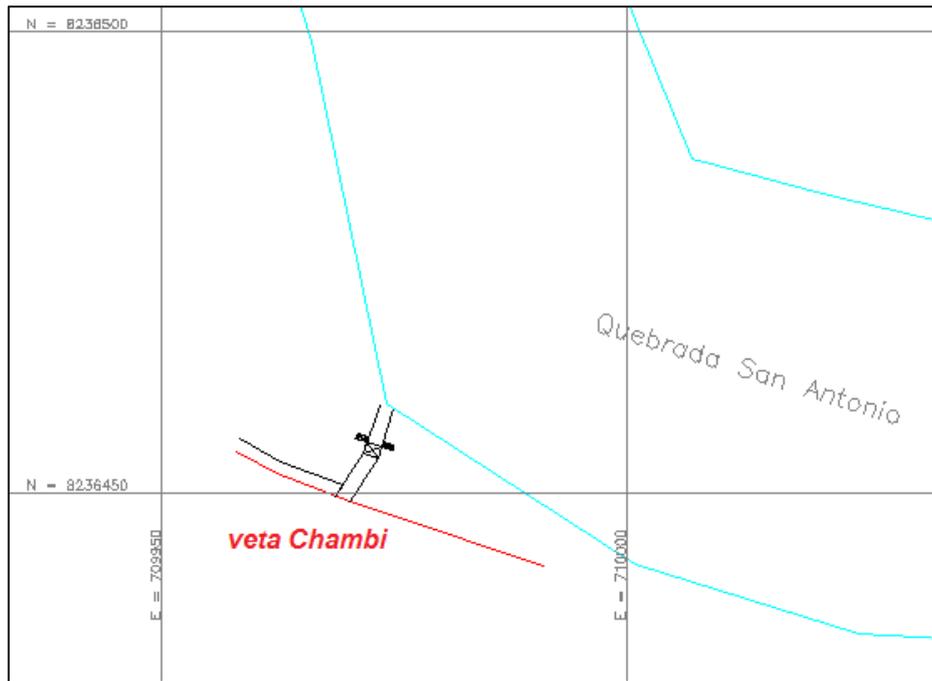


Figura 35 : Veta Chambi

Se observa una cortada de unos 12 metros y alcanza la veta.

5.2.2.5.1 Análisis estructural de la Veta Chambi

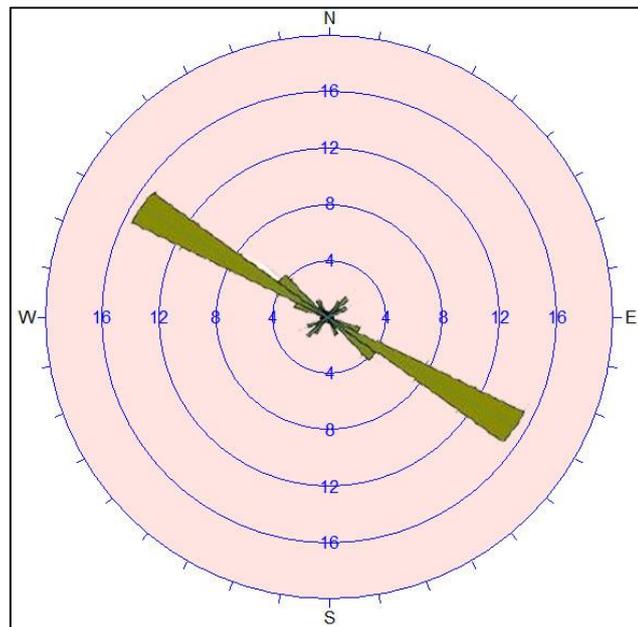


Figura 36 : Diagrama de rosas de la veta Chambi

Fuente: Elaboración propia

Interpretación

El diagrama de rosas nos muestra que las estructuras tienen en su mayoría una tendencia de NW-SE el cual sería el principal sistema de fracturamiento y que coincide con las estructuras mineralizadas, el azimut obtenido es de 330° ; también observamos un segundo sistema de fracturas con un azimut de 45° este sería de estructuras no mineralizadas sin embargo cortarían a las estructuras mineralizadas. Tomando como modelo el sistema de fracturamiento de Riedel señalamos que el sistema de fracturamiento principal tiene un movimiento sinistral y el segundo sistema de fracturamiento que sería el tensional tendría un movimiento dextral, (ver figura 36)

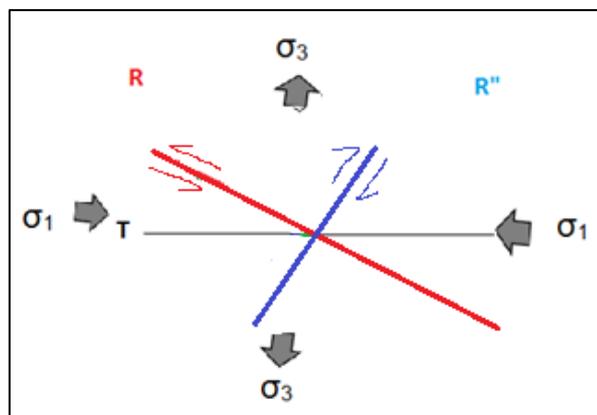


Figura 37 : Direcciones de esfuerzos y tipos de fracturas respecto a su movimiento

5.2.3 Modelo Riedel del área de estudio

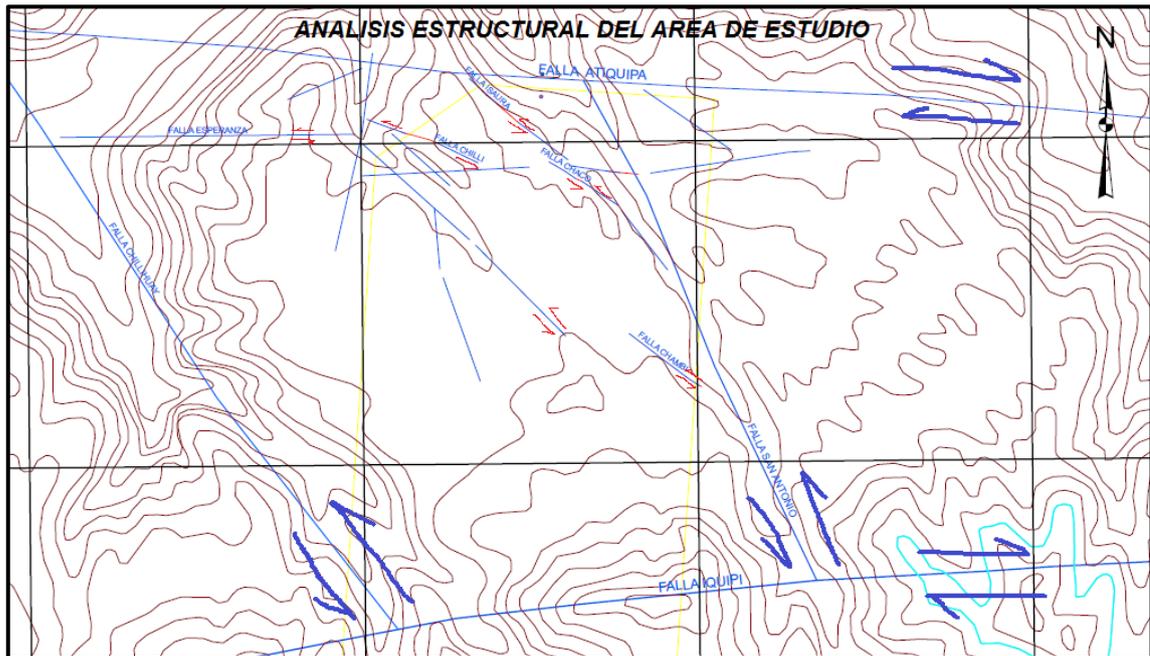


Figura 38 : Modelo Riedel del proyecto minero San Antonio

Fallas Principales (Atiquipa, Iquipi); fallas conjugadas (san Antonio, Chillihuay y otras estructuras presentes en la zona

5.2.4 Zonas de transtensión

Las zonas de transtensión están relacionadas a fallas transcurrentes y el origen depende fundamentalmente del sentido de movimiento de la fallas transcurrentes. Por ejemplo, cuando una falla principal NW - SE, con movimiento sinistral y con una inflexión W - E en su parte central; por el movimiento que tiene, produce desplazamientos normales que generan cuencas con fracturas abiertas, denominadas zonas de transtensión. Mientras que, si el movimiento fuese dextral se producirían ejes de pliegues y fallas inversas, llamadas zonas de transpresión. Debido al comportamiento estructural evidenciado y datos estadísticos estructurales tomados en campo en la veta Susan, es que se determina que veta Susan tiene un comportamiento estructural de cizalla simple sinistral, con una componente normal el cual crea las zonas de transtensión propicias para la mineralización (Dube & Guha, 1992), (ver figura 39)

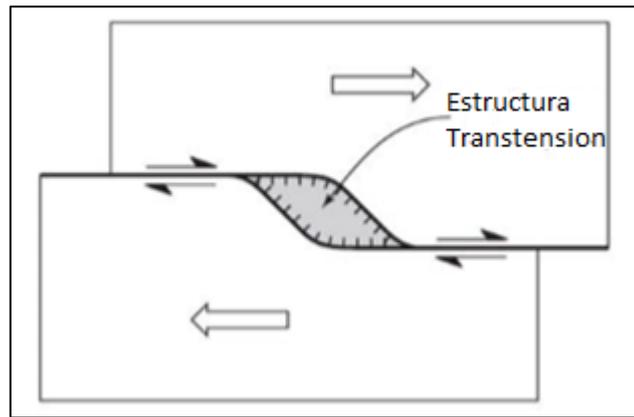


Figura 39 : Zona de transtención

5.2.4.1 Sigmoides simple

La geometría de las estructuras de transtención son de tipo “S” muy frecuente en vetas de tipo filoniano muchas de estas estructuras puede medir desde centímetros hasta kilómetros.

Estas zonas son formadas por esfuerzos de tipo cizalla sinestral, las características de este tipo de estructuras es que la mayor abertura se encuentra en la parte central y en los extremos las aberturas son menores, estas características ayudaran a comprender la ubicación de los llamados clavos mineralizados, (ver figura 40)



Figura 40 : Sigmoide tipo S

Fuente: (Boetsh M)

5.2.4.2 Sigmoides múltiples

Los sigmoides son intercalaciones estructurales de una zona principal formando en la parte central un material estéril o también llamado caballo estas estructuras puedes estar

separadas algunos metros o cientos de metros para luego juntarse y formar solo una estructura principal, estas estructuras hacen que la veta se considere de una mayor potencia sin embargo baja en cuanto a la ley del mineral puesto que esta estructura contiene muchas veces a la roca caja que tiende a ser estéril, en la veta Susan se observó estas estructuras en galería, (ver figura 41)

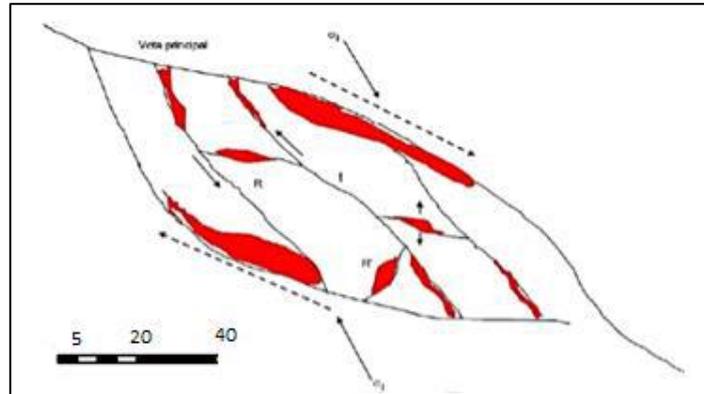


Figura 41 : Estructura sigmoideal múltiple

Fuente: (Zuñiga, 2014) - Presencia de caballo en la parte central



CAPITULO VI

CONCLUSIONES

- Por sus características geológicas, mineralógicas, estructurales y mineralización el área de estudio correspondiente al Proyecto minero San Antonio es un típico yacimiento Hidrotermal Mesotermal. La mineralización del área de estudio comprende minerales como el Cuarzo, Pirita, Calcopirita, Hematita, Limonita; el Oro se encuentra en forma diseminada y libre, los minerales que mejor albergan al Oro es el Cuarzo y la Pirita masiva, la formación de sigmoides como son los clavos mineralizantes o la formación de caballos generan mejores leyes de oro y mayor tonelaje respectivamente; las estructuras mineralizadas presentan las siguientes leyes Vetas Susan con leyes de 10-35 gr Au/tn, Chillihuay con leyes de 10-45 gr Au/tn, Chaco con leyes de 10-60 gr Au/tn, Paricahua con leyes de 10-50 gr Au/tna y Chambi con leyes de 10-40 gr Au/tn; de acuerdo al cálculo se tiene una ley promedio de 10.98 gr Au/tn y restando su castigo de 10% obtuvimos una ley de 9.88 Gr/Tn.
- El control estructural del área de estudio está determinada por dos Fallas Principales (Falla Iquipi y Falla Atiquipa) sinestrales, se reconocieron las fallas conjugadas (Falla San Antonio y Falla Chillihuay), estos movimientos determinaron a la Vetas Susan con rumbo N 80°W y buzamiento de 85° S, Veta Chillihuay con rumbo N 75°W y buzamiento de 77° SW, Veta Chaco con rumbo S 60°E y buzamiento de 75° NE, Veta Paricahua con rumbo N 85°W y buzamiento de 85° SW y la Veta Chambi con rumbo N 60°W y buzamiento de 60° NE, el sistema principal del fallamiento en el Proyecto Minero San Antonio está representado por un (σ_1) con direcciones N280W, N290W, N275W que forman un movimiento sinistral, también se reconoció un segundo movimiento que corta a las estructuras mineralizadas controladas con un menor esfuerzo (σ_3) con direcciones N45W, N35W que presentan un movimiento dextral.



CAPÍTULO VII

RECOMENDACIONES

- Se recomienda realizar un cartografiado geológico más a detalle en las zonas de interés ya analizadas, tanto en superficie e interior mina, para identificar nuevos controles mineralógicos, estructurales y litológicos.
- Realizar estudios de inclusiones fluidas para determinar su temperatura de formación.
- Realizar perforación diamantina en zonas más profundas para definir la continuidad de la mineralización cuarzo-oro-pirita.
- Realizar el modelo geológico en un software 3D, así como la cubicación de reservas y recursos mediante este sistema.



CAPITULO VIII

REFERENCIAS

- Acosta, J. (2009). *Mapa Metalogenetico del Perú*. Lima: INGEMMET.
- Alfaro, S. (2017). *Estimación de recursos minerales*. Chile.
- Arela, J. (2018). *Exploración y evaluación de la veta Apillao*. Arequipa: Universidad Nacional de San Agustín - Tesis.
- Arribas, A. (1996). *Epithermal gold deposits. Styles, Charaterstics, and Exploration, by the Society of Resuorces Geology, ALL rights reserved*. Japan: Komiyama Printing Co, Ltd, Tokio Japan.
- Bateman, A. (1951). *Conceptos generales, definición de yacimientos minerales*.
- Benavente, C & Delgado, F. (2015). *Mapa Neotectonico de la Región Arequipa*. Lima: INGEMMET.
- Caldas, J. (1978). *Geología de los cuadrangulos de San Juan, Acari y Yauca*. Lima: INGEMMET.
- Carpio, D. (2017). *Control Geológico estructural de mineralizacion y correlacion de flujos hidrotermales en la veta mercedes unidad minera San Juan de Chorunga*. Arequipa: Universidad Nacional de San Agustín - Tesis.
- Davila, J. (2011). *Diccionario Geologico*. Callao - Perú: INGEMMET.
- Hernández, R. (2010). *Metodología de la investigación*.
- INGEMMET. (1979). *Ocurrencia de oro y sus asociaciones mineralogicas en la faja aurifera Nasca-Ocoña*. Lima.
- INGEMMET. (1980). *Boletín N° 34 Carta Geológica Nacional, Geología de los cuadrángulos de Jaqui, Coracora y Cháparra*. . Lima.
- INGEMMET. (2007). *Franjas Metalogenéticas del Perú, Dirección de Geología Económica y Prospección Minera*. Lima.
- Jorc. (2012). *The Join Ore Reserves Committee Code. Australian, Australian Institute of Geoscientists*.



- Leon, D. (2019). *Evaluación Geológica del sistema de vetas cupríferas en el proyecto Alexander 9K Caraveli - Arequipa*. Puno: Universidad Nacional del Altiplano - Puno.
- Loaiza, E & Zarate, H & Galloso, A. (2008). *Mineralización y explotación minera artesanal en la costa sur del Perú*. Lima: INGEMMET.
- Lloyd, J. (1998). *Oligo-Miocene alluvialfan evolution at the southern Pyrenean thrust front, Spain*. *Journal of Sedimentary Research*.
- Mamani, M. (2011). *Sistema de fallas Iquipi Clavelinas*. Lima: Sociedad Geológica del Perú.
- Mamani, R. (2016). *Mineralización aurífera relacionada con la compresión del Cretáceo superior entre Ocoña y Arirahua, región de Arequipa, en los paralelos 15°-16° latitud sur*. Lima: Sociedad Geológica del Perú.
- Maque, A. (2007). *Evaluación y Clasificación de Recursos minerales en la Veta Milagros de la mina Parcoy, Provincia de Pataz Departamento de la Libertad*. Lima.
- Martinez, P. (1996). *Estudios de los yacimientos auríferos relacionados al batolito de la costa en la franja Nazca*. Lima.
- Mendivil, Y. (1960). *Geología del cuadrangulo de Ocoña*. Lima: INGEMMET.
- Pecho, V. (1983). *Geología de los cuadrangulos de Pausa y Caraveli, Hojas: 31-p y 32-p*. Lima: INGEMMET.
- Quispesivana, L. (2003). *Memoria descriptiva de la revision y actualizacion de los cuadrangulos de Caraveli, Chuquibamba, Chivay, Cailloma, Velille, Livitaca y Pacapausa*. Lima: INGEMMET.
- Rivera, H. (1995). *Geología del Perú*. Lima: INGEMMET.
- Rosales, M. (1990). *Yacimientos auríferos relacionados al batolito de la costa en la franja: Nazca, Ocoña, Ica y Arequipa*. Lima.
- Sillitoe, H. (2001). *Evaluación geológica y alteraciones hidrotermales, Proyecto Rescatada*. Puno (Arasi S.A.C.).
- Tumialan, H. (1997). *Rasgos Geológicos del Yacimiento aurífero de Parcoy*. Lima.

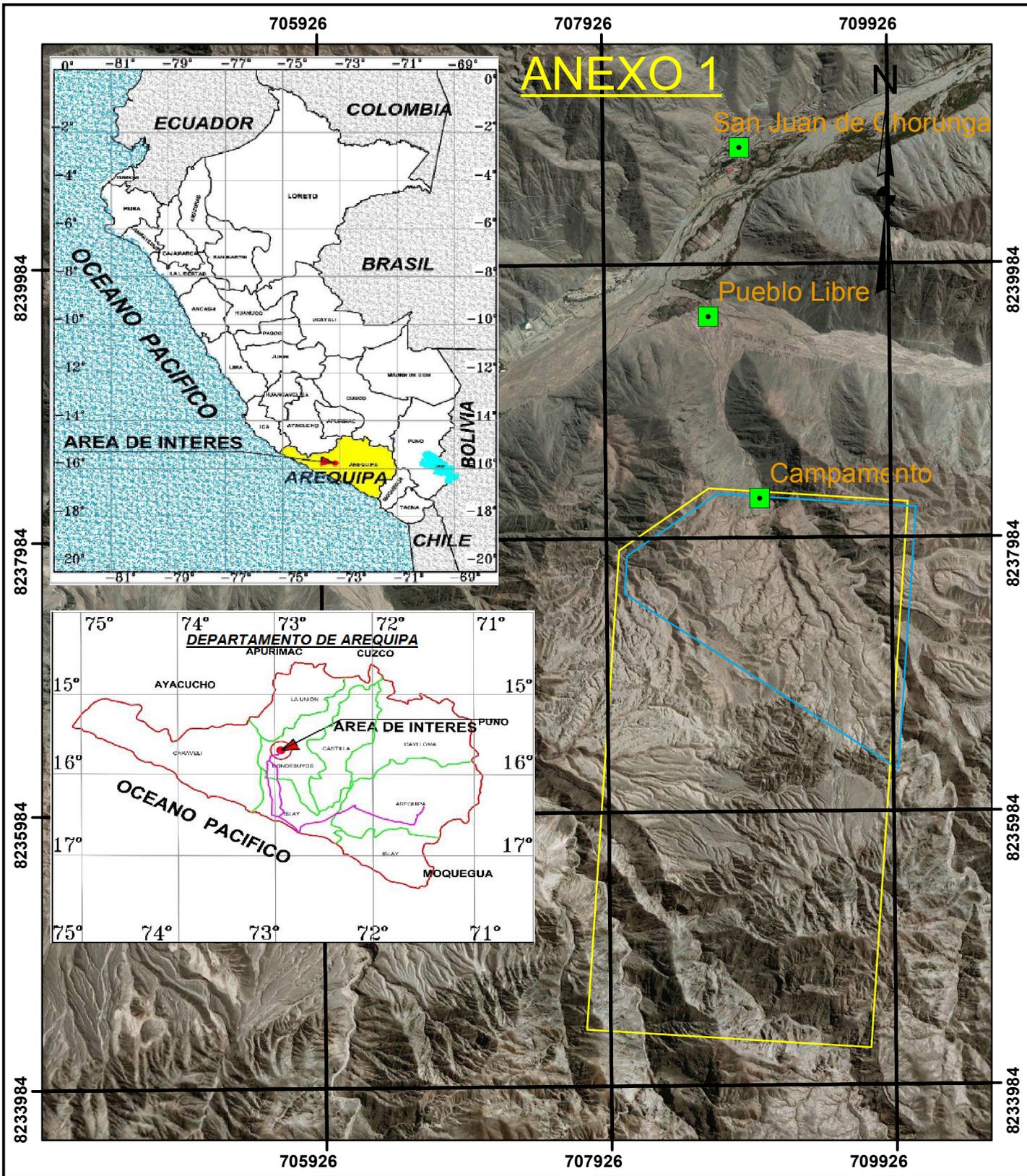


- Tumialan, H. (2003). *Compendio de Yacimientos Minerales del Perú*. Lima : INGEMMET.
- Tumialan, P. (1987). *Metalogenia de oro en el Perú, geología, minería, metalurgia de oro*. Lima.
- Tumialan, P. B. (1982). *Contribucion de la Geología Economica de la provincia metalogenetica Nazca-Ocoña*. Lima.
- Vega, A. (2013). *Cálculo de Reservas de la Veta "Paraiso"*. Guayaquil - Ecuador.
- Velez, J. (2017). *Estudio Geológico y Evaluación Económica del yacimiento minero Jarwatuna - Provincia Caraveli Región Arequipa*. Puno: Universidad Nacional del Altiplano de puno - Tesis.
- Vilca, W. (2018). *Evaluación Geologica y Mineralogica de la veta Encantada Proyecto:750 Ocoña-Arequipa*. Puno: Universidad Nacional del Altiplano de Puno - Tesis.
- Yanarico, M. (2012). *Alteraciones Hidrotermales*. Puno: Universidad Nacional del Altiplano de Puno.
- Zuñiga, R. (2014). *Modelo Geológico Estructural y Evaluación Económica de la Veta San Juan y Mercedes*. Arequipa: Universidad Nacional de San Agustin - Tesis.



ANEXOS

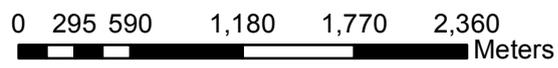
- 01 Mapa de Ubicación Proyecto Minero San Antonio
- 02 Mapa geológico Regional – Cuadrángulo de Caravelí
- 03 Mapa geológico Local
- 04 Mapa estructural
- 05 Sección Transversal Veta Susan
- 06 Código de Muestras



ANEXO 1

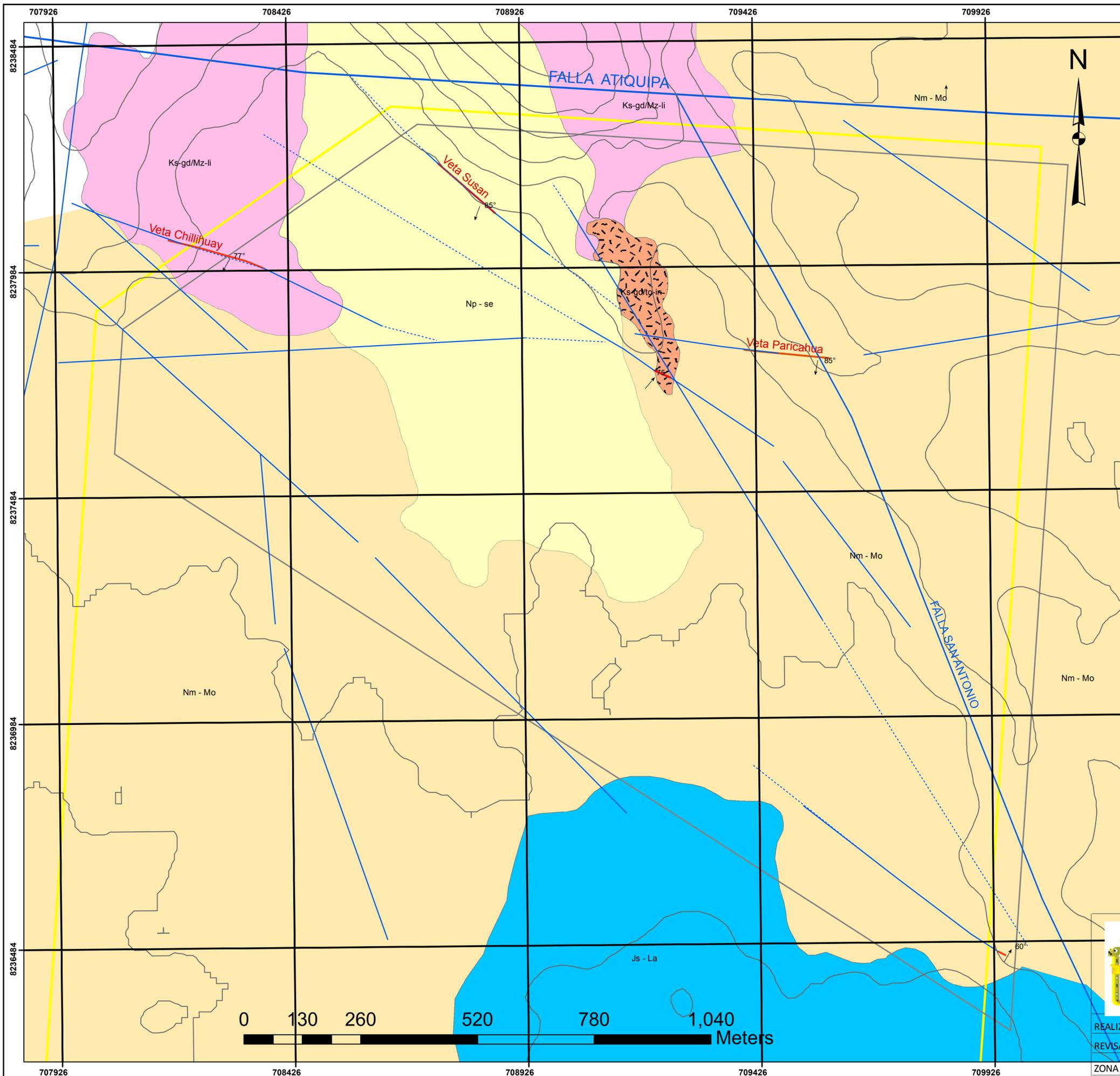
LEYENDA

- Area de Denuncio
- Area de Estudio
- Poblado



	UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO DE PUNO	
	CARACTERIZACIÓN GEOLÓGICA DEL PROYECTO MINERO SAN ANTONIO	
MAPA DE UBICACIÓN		
REALIZADO POR	BACH. HAROL G. APAZA PACARA	M-01
REVISADO POR	ING. GEOL. JOYER GALLARDO	
ZONA UTM 18 L	DATUM: WGS 84 FECHA: MAYO 2019	
		Esc.: 1:40000

ANEXO 3



LEYENDA

- Area de denuncia
- Area de Estudio
- Vetas
- Fallas
- Curvas de Nivel

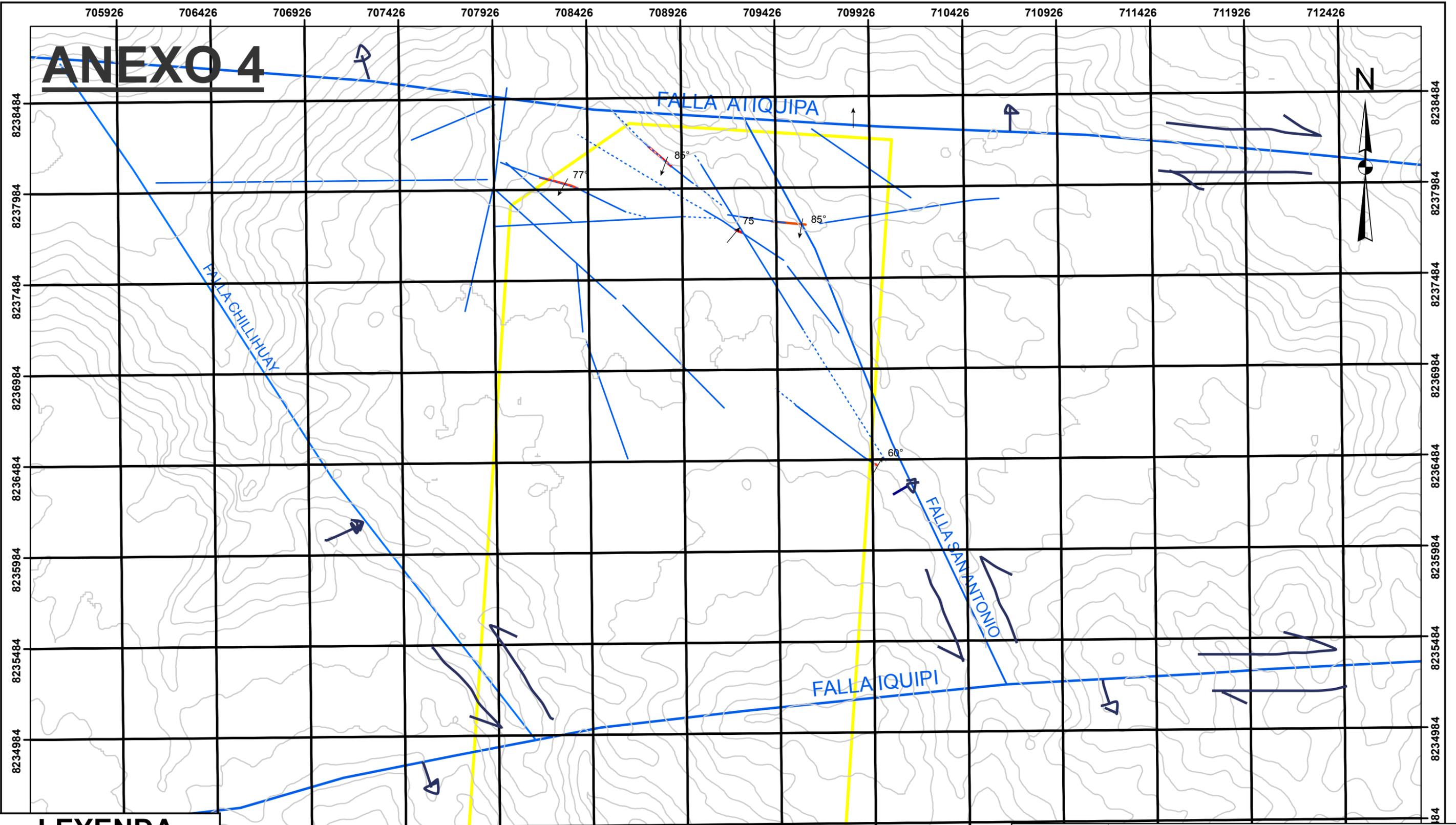
Litología

- Fm Labra Js-La
- Fm Moquegua Nm-Mo
- Granodiorita Ks-gd/to in
- Monzonita Ks-gd/Mz-li
- Volcanico Sencca Np-se



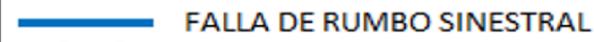
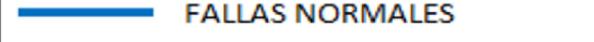
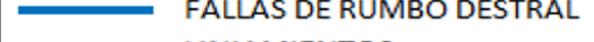
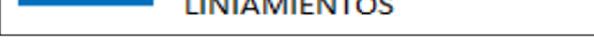
UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO DE PUNO		
CARACTERIZACIÓN GEOLÓGICA DEL PROYECTO MINERO		
SAN ANTONIO		
MAPA GEOLOGICO LOCAL		
<small>REALIZADO POR</small>	BACH. HAROL G. APAZA PACARA	M-03
<small>REVISADO POR</small>	ING. GEOL. JOYER GALLARDO	
<small>ZONA UTM 18 L</small>	<small>DATUM: WGS 84</small>	<small>FECHA: MAYO 2019</small>
		<small>Esc.: 1:6000</small>

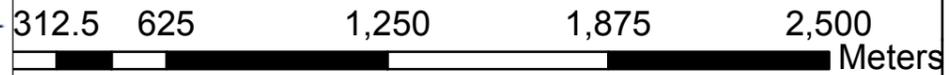
ANEXO 4



LEYENDA

-  Area de denuncia
-  Vetas
-  Fallas
-  Curvas de Nivel

-  FALLA INFERIDA
-  FALLA DE RUMBO SINISTRAL
-  FALLAS INVERSAS
-  FALLAS NORMALES
-  FALLAS DE RUMBO DISTRAL
-  LINIAMIENTOS

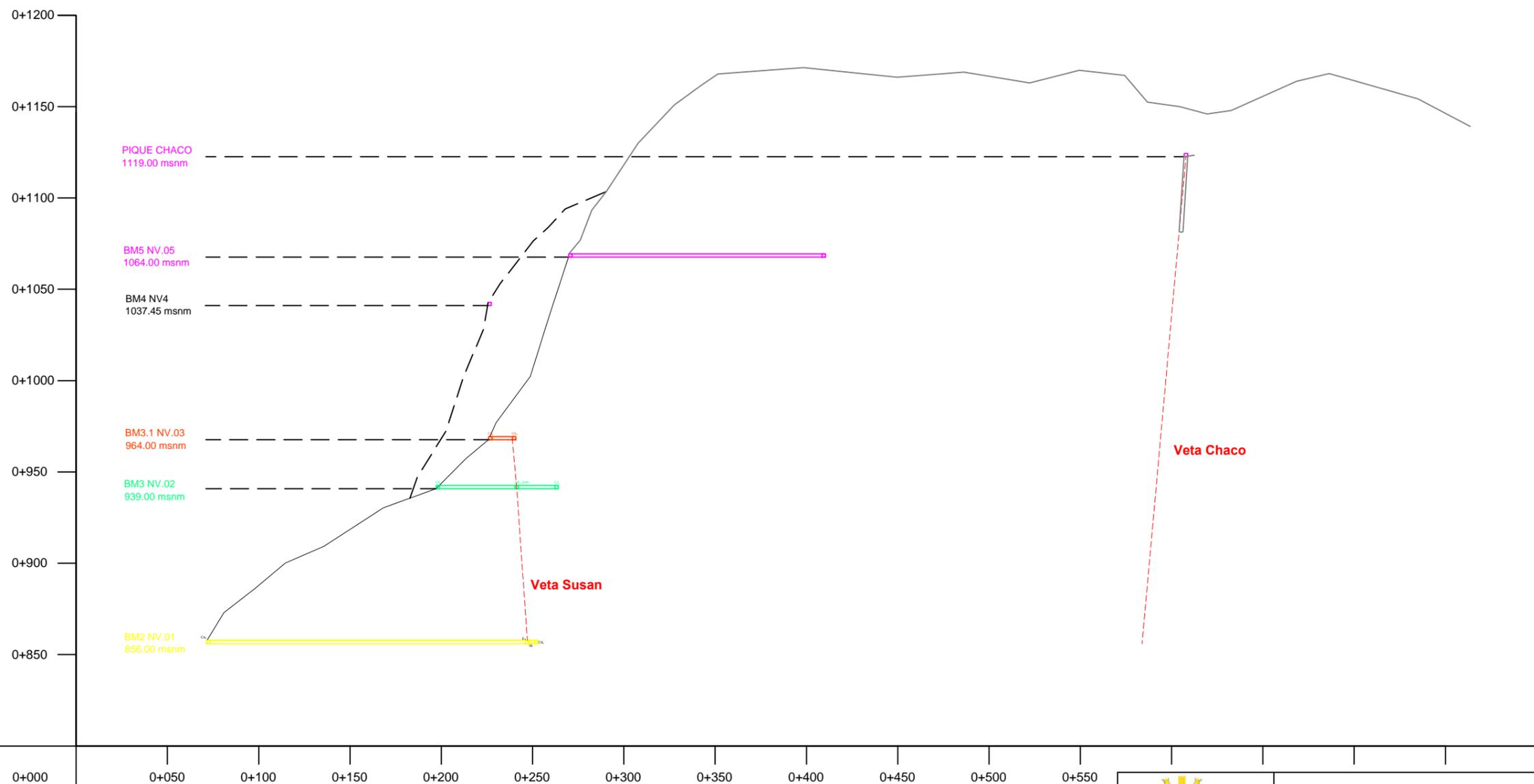


UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO DE PUNO
CARACTERIZACIÓN GEOLÓGICA DEL PROYECTO
MINERO SAN ANTONIO
MAPA ESTRUCTURAL DE LA ZONA DE ESTUDIO

REALIZADO POR	BACH. HAROL G. APAZA PACARA	M-04
REVISADO POR	ING. GEOL. JOYER GALLARDO	
ZONA UTM 18 L	DATUM: WGS 84 FECHA: MAYO 2019	Esc.: 1:20000

ANEXO 5

PERFIL DE LABORES AL SUR ESTE



	UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO DE PUNO	
	CARACTERIZACIÓN GEOLÓGICA DEL PROYECTO MINERO SAN ANTONIO	
	SECCIÓN LONGITUDINAL	
REALIZADO POR	BACH. HAROL G. APAZA PACARA	S-01
REVISADO POR	ING. GEOL. JOYER GALLARDO	
ZONA UTM 18 L	DATUM: WGS 84	FECHA: MAYO 2019

ANEXO 6

CODIGO DE MUESTRAS Y LEYES

MUESTRA	VETA	UBICACIÓN	POTENCIA	LEY Au gr/Tn
201	Susan	Interior mina	0.2	36.577
202	Susan	Interior mina	0.2	6.787
203	Susan	Interior mina	0.1	4.594
204	Susan	Interior mina	0.25	3.394
205	Susan	Interior mina	0.1	14.603
206	Susan	Interior mina	0.15	30.783
207	Susan	Interior mina	0.18	15.165
208	Susan	Interior mina	0.6	3.211
209	Susan	Interior mina	0.22	5.657
210	Chillihuay	Superficie	0.2-0.25	1.783
211	Chillihuay	Superficie	0.1-0.15	4.216
212	Chillihuay	Superficie	20	6.205
213	Chillihuay	Superficie	15	3.599
214	Chillihuay	Superficie	0.1	64.010
215	Chillihuay	Superficie	0.1	14.500
216	Chillihuay	Superficie	0.1	1.040
217	Chillihuay	Superficie	0.1	60.510
218	Paricahua	SN Pique	0.10	35.24
219	Paricahua	SN Pique	0.18	31.51
220	Paricahua	SN Pique	0.10	16.8
221	Paricahua	SN Pique	0.15	16.53
222	Paricahua	SN Pique	0.12	43.99
223	Chaco	Pique - 0	0.05	
224	Chaco	Pique - 9m	0.08	24.510
225	Chaco	Pique -19.5	0.06	5.210
226	Chaco	Pique -28.3	0.10	107.480
227	Chaco	Pique -33.60	0.60	24.510
228	Chambi	SN Pique	0.20	47.786
229	Chambi	SN Pique	0.15	12.204
230	Chambi	SN Pique	0.18	14.500
231	Chambi	SN Pique	0.12	30.510
232	Chambi	SN Pique	0.22	9.021