

UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO
FACULTAD DE INGENIERÍA GEOLÓGICA Y METALÚRGICA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA GEOLÓGICA



**“EVALUACIÓN GEOLÓGICA Y ECONÓMICA DEL DEPÓSITO
AURÍFERO DE CHALHUANE, ANDARAY – CONDESUYOS –
AREQUIPA”.**

TESIS

**PRESENTADA POR:
MARCIAL FELIPE CHOQUE CUITO**

**PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:
INGENIERO GEÓLOGO**

PUNO – PERÚ

2 018

UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO
FACULTAD DE INGENIERÍA GEOLÓGICA Y METALÚRGICA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA GEOLÓGICA

**“EVALUACIÓN GEOLÓGICA Y ECONÓMICA DEL DEPÓSITO
AURÍFERO DE CHALHUANE, ANDARAY – CONDESUYOS –
AREQUIPA”.**

TESIS

**PRESENTADA POR:
MARCIAL FELIPE CHOQUE CUITO**



**PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:
INGENIERO GEÓLOGO**

APROBADO POR:

PRESIDENTE:


M.Sc. ARIEL PEPE AQUINO PACHECO

PRIMER MIEMBRO:


M.Sc. FLAVIO ROSADO LINARES

SEGUNDO MIEMBRO:


Ing. RAMIRO MANUEL YANQUI COAQUIRA

DIRECTOR / ASESOR:


Ing. LUIS VICENTE ORTIZ GALLEGOS

Área : Geología de Minas.
Tema : Geología Económica.

Fecha de Sustentación: 27 de marzo del 2018.

DEDICATORIA

Con mucho amor y cariño les dedico a mis padres, que me forjaron a formarme como profesional y por inculcarme que es la mejor manera para materializar los sueños.

Mis reconocimientos a las personas que en forma directa e indirecta, me ayudaron poniendo a mi disposición el valor incalculable de sus conocimientos.

Marcial

AGRADECIMIENTOS

Le agradezco a Dios por haberme guiado y acompañado a lo largo de mi carrera, por ser mi fortaleza en los momentos de debilidad y por brindarme una vida llena de aprendizajes, experiencias y sobre todo felicidad.

Le doy gracias a mis padres Rógger y Domitila por ese apoyo incondicional en todo momento, por los valores que me han inculcado, y por haberme dado la oportunidad de tener una excelente educación en el transcurso de mi vida.

A mis hermanos por apoyarme a lo largo de mi carrera, en aquellos momentos de necesidad. A todos ellos por llenar mi vida de grandes momentos que hemos compartido.

Agradezco a mi Director de Tesis Ing. Luís Ortiz Gallegos, por su valioso tiempo, paciencia, orientación y apoyo constante en los momentos arduos durante la realización de la misma.

A la Universidad, mi alma mater que me otorgó todo lo necesario para construir los pilares de mi educación y formación profesional, así como de cada momento especial que viví en ella; mis agradecimientos a los catedráticos de la Escuela Profesional de Ingeniería Geológica quienes han contribuido en mi formación profesional.

A mis compañeros de estudio y a mis compañeros de trabajo por los debates, críticas constructivas y sugerencias siempre valiosas.

A todas las personas, amigos, que me apoyaron directa e indirectamente en la realización de este proyecto.

Marcial

ÍNDICE GENERAL

ÍNDICE DE LÁMINAS	xii
ÍNDICE DE FIGURAS	xiii
ÍNDICE DE TABLAS	xv
ÍNDICE DE ACRÓNIMOS.....	xvi
RESÚMEN	xvii
ABSTRACT	xviii

CAPÍTULO I

INTRODUCCIÓN	1
1.1 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	1
1.2 JUSTIFICACIÓN.....	2
1.2.1 Justificación teórica	2
1.2.2 Justificación práctica.....	2
1.3 ANTECEDENTES DEL PROYECTO.....	2
1.4 HIPÓTESIS.....	3
1.5 OBJETIVOS.....	3
1.5.1 Objetivo general.....	3
1.5.2 Objetivos específicos.....	3

CAPÍTULO II

REVISIÓN DE LITERATURA.....	4
2. MARCO TEÓRICO – CONCEPTUAL.....	4
2.1 GEOMORFOLOGÍA REGIONAL	4
2.1.1 Unidades geomorfológicas	4
2.1.1.1 Altiplanicie	5

2.1.1.3 Laderas disectadas	5
2.1.1.4 Valles.....	6
2.2 HIDROGRAFÍA	7
2.3 CLIMA Y VEGETACIÓN	7
2.2 LITO-ESTRATIGRAFÍA REGIONAL.....	8
2.2.1 Precámbrico	8
2.2.1.1 Complejo Basal de la Costa (PE-gn/mt).....	8
2.2.2 Mesozoico	9
2.2.2.1 Grupo Yura (Js-yu).....	9
2.2.2 Cenozoico.....	11
2.2.2.1 Formación Sotillo (Ti-so)	11
2.2.2.2 Formación Caravelí (Ti-ca).....	11
2.2.2.3 Formación Paracas (Ti-pa).....	12
2.2.2.4 Formación Huaylillas (Tm-hu)	13
2.2.2.5 Formación Sencca (Ts-se)	14
2.2.2.6 Grupo Barroso.....	14
2.2.2.6.1 Secuencia Inferior (TQs-ba1).....	14
2.2.2.7 Depósitos aluviales recientes (Q-al).....	16
2.2.3 Rocas Intrusivas	16
2.2.3.1 Batolito de la Costa	17
2.2.3.2.1 Superunidad Incahuasi (Ks-gd/mz-in).....	17
2.2.3.2.2 Superunidad Tiabaya (Ks-to/gd-ti)	18
2.2.4 Intrusivos menores y subvolcánicos	19
2.2.4.1 Rocas subvolcánicas.....	19

2.2.4.2 Complejo Bella Unión (Ks-bu)	20
2.2.4.3 Dacita Pampachacra	20
2.2.4.4 Andesitas Pampamarca	21
2.2.4.5 Intrusivos graníticos menores.....	21
2.3 GEOLOGIA ESTRUCTURAL REGIONAL	22
2.3.1 Zona altamente deformada.....	22
2.3.2 Zona de pliegues y fallas	23
2.3.3 Zona de emplazamiento del Batolito e intrusivos menores.....	23
2.3.4 Zona de fallamiento en bloques.....	24
2.3.5 Zona poco deformada.....	24
2.3.6 Lineamientos y fallas	25
2.4 GEOLOGÍA ECONÓMICA	25
2.4.1 Origen de los yacimientos minerales	25
2.4.2 Procesos de formación de los yacimientos minerales	26
2.4.2.1 Fluidos mineralizantes.....	26
2.4.2.2 Migración de los fluidos mineralizantes	27
2.4.2.2.1 Migración de fluidos hidrotermales.....	27
2.4.2.2.2 Migración del magma como mineralizador.....	28
2.4.2.2.3 Migración de diques de composición intermedia y de brechas volcánicas	28
2.4.3 Clasificación de yacimientos minerales	28
2.4.4 Secuencia paragenética	32
2.4.5 Zoneamiento.....	32
2.4.5.1 Zoneamiento regional.....	32
2.4.5.2. Zoneamiento local	32

2.4.6 Alteración hipógena de la roca	33
2.4.6.1 Tipos de alteración hipógena.	33
2.4.6.1.1 Skarn.....	33
2.4.6.1.2 Greisen	34
2.4.6.1.3 Alteración potásica.....	34
2.4.6.1.4 Silicificación.....	35
2.4.6.1.5 Sericitización	36
2.4.6.1.6 Alunitización.....	36
2.4.6.1.7 Argilización.....	37
2.4.6.1.8 Propilitización	38

CAPÍTULO III

MATERIALES Y MÉTODOS.....	39
3.1 MATERIALES	39
3.2 METODOLOGÍA DE INVESTIGACIÓN	40
3.2.1 Recopilación de información.....	40
3.2.2 Trabajo de campo.....	40
3.2.3 Trabajo de gabinete.....	41

CAPÍTULO IV

RESULTADOS Y DISCUSIÓN	42
4.1 CARACTERIZACIÓN GEOLÓGICA DEL AREA DE ESTUDIO.....	42
4.1.1 GENERALIDADES	42
4.1.1.1 Ubicación	42
4.1.1.2 Accesibilidad	43
4.1.1.3 Clima y vegetación.....	45
4.1.2 GEOMORFOLOGIA LOCAL.....	45

4.1.2.1 Generalidades	45
4.1.2.2 Factores o agentes geomorfológicos	45
4.1.2.3 Unidades geomorfológicas.....	46
4.1.2.3.1 Sistema volcánico	46
4.1.2.3.2 Sistema fluvio - aluvial	46
4.1.2.3.3 Sistema antrópico	47
4.1.3 LITOESTRATIGRAFIA LOCAL	47
4.1.3.1 Unidades Ígneas	49
4.1.3.1.1 Superunidad Incahuasi (Ks-gd-in).....	49
4.1.3.1.2 Complejo Bella Unión (Ks-bu).....	51
4.1.3.2 Depósitos Cuaternarias (Q-co).....	51
4.1.4 GEOLOGIA ESTRUCTURAL LOCAL.....	54
4.1.4.1 Generalidades.....	54
4.1.4.2 Fallamientos.....	54
4.1.4.3 Fracturamientos y cizallamientos	55
4.2 DETERMINACIÓN DE ÁREAS DE INTERES ECONÓMICO Y PROSPECTIVO	56
4.2.1 Depósito del yacimiento.....	56
4.2.2 Tipo de yacimiento.....	56
4.2.3 Paragénesis del yacimiento.....	58
4.2.4 Zoneamiento.....	58
4.2.5 Génesis de yacimiento	59
4.2.6 Estructuras mineralizadas	59
4.2.6.1 Veta El Viento.....	59
4.2.6.2 Veta Sangre de Toro	60

4.2.6.3 Veta Santa Rosa	60
4.2.6.4 Veta Ubaldina	60
4.2.7 Mineralización del yacimiento	61
4.2.7.1 Controles de mineralización	61
4.2.7.1.1 Control litológico.....	62
4.2.7.1.2 Control mineralógico	62
4.2.7.1.3 Control estructural.....	62
4.2.8 Alteraciones hidrotermales	62
4.2.8.1 Factores que controlan en la alteración de las rocas	63
4.2.8.2 Tipos de alteraciones	63
4.2.8.2.1 Alteración argílica.....	63
4.2.8.2.2 Alteración propilítica	64
4.3 ESTIMACIÓN DE RESERVAS Y RECURSOS MINERALES.....	65
4.3.1 Base de estimación	65
4.3.2 Normas y parámetros para la estimación de reservas y recursos	65
4.3.2.1 Código JORC: Definición de recursos y reservas	65
4.3.2.1.1 Recursos.....	66
4.3.2.1.2 Reservas	67
4.3.2.2 Parámetros de estimación.....	69
4.3.2.2.1 Calificadores de valor.....	69
4.3.2.2.2 Calificadores de accesibilidad	70
4.3.2.2.3 Cálculos de leyes	71
4.3.2.2.4 Corrección de leyes por altos erráticos y castigos por errores en preparación de ensayos	71
4.3.2.2.5 Potencia	73

4.3.2.2.6 Ancho mínimo de minado (AMM).....	73
4.3.2.2.7 Peso específico.....	73
4.3.2.2.8 Tonelaje.....	73
4.3.2.2.9 Valor unitario.....	74

CAPÍTULO V

CONCLUSIONES.....	79
-------------------	----

CAPÍTULO VI

RECOMENDACIONES.....	81
----------------------	----

CAPÍTULO VII

REFERENCIAS.....	82
ANEXOS.....	86

ÍNDICE DE LÁMINAS

Lámina N° 1: Mapa geológico regional	Pag. N° 08
Lámina N° 2: Mapa de ubicación y accesos	Pag. N° 44
Lámina N° 3: Mapa geomorfológico local.....	Pag. N° 45
Lámina N° 4: Mapa geológico local.....	Pag. N° 48
Lámina N° 5: Mapa muestreo de estructuras mineralizadas.....	Pag. N° 59
Lámina N° 6: Estimación de reservas y recursos de la veta Sangre de Toro.....	Pag. N° 68
Lámina N° 7: Estimación de reservas y recursos de la veta El Viento.....	Pag. N° 68
Lámina N° 8: Estimación de reservas y recursos de la veta Santa Rosa.....	Pag. N° 68

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura N° 1: Sistema volcánico y fluvio – aluvial.....	Pag. N° 47
Figura N° 2: Afloramiento de Superunidad Incahuasi y Complejo Bella Unión.....	Pag. N° 48
Figura N° 3: Anfíboles alterados por biotita (bt II), cloritas (CLOs) y epídota (ep), además de minerales opacos diseminados (OPs) junto con plagioclasas (PGLs) y cuarzo (cz).	Pag. N° 50
Figura N° 4: Matriz granoblástica conformada por blastos de plagioclasa II (PGLs), cuarzo II (cz II) y feldespatos potásicos (FPs K II).	Pag. N° 50
Figura N° 5: Roca de textura porfidíca conformada por fenocristales de plagioclasas (PGLs) y moldes de ferromagnesianos (FMs) inmersos en una matriz silicificada (cz II).	Pag. N° 51
Figura N° 6: Muestra con textura porfirítica y fenocristales de plagioclasa (PGLs), feldespato potásico (Fps K) y moldes relleno de biotita II (bt II).	Pag. N° 52
Figura N° 7: Depósito cuaternario; conjunto inconsolidado de clastos, grava, arena y limos.....	Pag. N° 53
Figura N° 8: Columna estratigráfica local.....	Pag. N° 53
Figura N° 9: Afloramiento de la veta sangre de toro desplazado por una falla sub-horizontal inversa.	Pag. N° 55
Figura N° 10: Zona de cizallamiento con dirección al rumbo de la falla.	Pag. N° 56
Figura N° 11: Esquema del origen de mineralizaciones magmáticas e hidrotermales.	Pag. N° 57

- Figura N° 12:** Afloramiento de la veta sangre de toro con moderada alteración argílica. Pag. N° 61
- Figura N° 13:** Afloramiento de rocas granodioríticas con alteración argílica intermedia. Pag. N° 64
- Figura N° 14:** Afloramiento de veta el viento, alteración argílica y propilítica..... Pag. N° 65
- Figura N° 15:** Relación general entre resultados de exploración, recursos y reservas minerales..... Pag. N° 69

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla N° 1: Clasificación genética de los yacimientos minerales según Smirnov.....	Pag. N° 31
Tabla N° 2: Ubicación con coordenadas UTM.....	Pag. N° 42
Tabla N° 3: Ruta para llegar a la zona de estudio.	Pag. N° 43
Tabla N° 4: Tarjeta de cubicación de Cía. Minera Soledad SAC.....	Pag. N° 72
Tabla N° 5: Reserva probado y probable por vetas.....	Pag. N° 74
Tabla N° 6: Recursos medido, indicado e inferido por vetas	Pag. N° 74
Tabla N° 7: Resumen de recursos y reservas	Pag. N° 74
Tabla N° 8: Porcentaje de las reservas por tonelaje y onzas	Pag. N° 74
Tabla N° 9: Accesibilidad de las reservas	Pag. N° 74
Tabla N° 10: Reserva probada y probable por bloques de la veta Sangre de Toro.....	Pag. N° 75
Tabla N° 11: Recurso medido, indicado e inferido por bloques de la veta Sangre de Toro.	Pag. N° 75
Tabla N° 12: Reserva probada y probable por bloques de la veta El Viento.....	Pag. N° 76
Tabla N° 13: Recurso medido, indicado e inferido por bloques de la veta El Viento.....	Pag. N° 78
Tabla N° 14: Reserva probada y probable por bloques de la veta Santa Rosa.....	Pag. N° 78
Tabla N° 15: Recurso medido, indicado e inferido por bloques de la veta Santa Rosa.....	Pag. N° 78

ÍNDICE DE ACRÓNIMOS

N: Norte (Punto cardinal)

S: Sur (Punto cardinal)

E: Este (Punto cardinal)

W: Oeste (Punto cardinal)

PSAD 56: Datum Provisiona Sudamericano de 1956

UTM: Universal Transverse Mercator

SAC: Sociedad Anónima Cerrada

INGEMMET: Instituto Geológico Minero y Metalúrgico

TM: Toneladas Métricas.

Código JORC: El Código australiano para Informar sobre Recursos Minerales y Reservas de Mena

g/t: Gramos por tonelada.

Km: Kilómetro.

AM: Ancho de minado.

t/m³: Toneladas por metro cúbico.

m: Metro.

m.s.n.m.: Metros sobre el nivel del mar.

Ma: Millones de años

Au: Oro

Cu: Cobre

RESÚMEN

El Proyecto aurífero Chalhuane se encuentra ubicada en las coordenadas UTM-PSAD´56; 724175 Este y 8238410 Norte, al SW del distrito de Andaray, provincia de Condesuyos, departamento de Arequipa, entre altitudes que oscilan entre 1500 – 2000 m.s.n.m. El presente trabajo de investigación tiene como objetivo determinar las características geológicas y estimar las reservas y recursos del depósito filoneano, para la cual se ha desarrollado diferentes etapas de la metodología de investigación como recopilación de información, mapeo geológico, muestreo geoquímico y elaboración de mapas. El área de estudio presenta un relieve abrupto, formado por las elevaciones de los cerros Chalhuane y Antane, se puede observar una etapa de desarrollo de moderado modelamiento superficial como quebradas profundas y pendientes elevadas. Geológicamente es un yacimiento filoneano aurífero emplazado dentro de las unidades rocosas del Batolito de la Costa (Superunidades Incahuasi) y complejo Bella Unión. Este depósito ocurre dentro de la franja mineralizada aurífera conocida como Nazca-Ocoña, caracterizada por la ocurrencia de vetas con altas leyes de Au, por lo que tendría un gran potencial aurífero. Se ha determinado el modelo geológico del proyecto en donde se postula que el depósito tiene las características de un yacimiento filoneano de naturaleza mesotermal. El depósito presenta un sistema de vetas auríferas de rumbo NW-SE, con buzamiento vertical a sub-vertical (70° - 88° SW), estructuralmente es de tipo rosario formando clavos mineralizados, las mismas que han sido desplazado por fallas conjugadas tanto inversa y dextral. Su mineralización se produjo en dos periodos de mineralización, siendo el primero el cuarzo hialino, y el segundo de sulfuros como pirita, calcopirita, trazas de pirrotita, algo de cuarzo con oro nativo asociado a la pirita. La alteración hidrotermal está dada por una moderada agilización y propilitización. Finalmente se llegó a estimar 37 788 TM de reserva con una ley de 17.25 g/t Au y 57 136 TM de recurso con una ley de 11.74 g/t Au; teniendo en consideración los procedimientos aplicables al Código JORC.

Palabras Claves: Depósito aurífero de Chalhuane, Andaray – Arequipa.

ABSTRACT

The Chalhuane gold project is located at the UTM-PSAD'56 coordinates; 724175 Este and 8238410 Norte, SW of the district of Andaray, province of Condesuyos, department of Arequipa, between altitudes ranging between 1500 - 2000 m.s.n.m. The objective of this research work is to determine the geological characteristics and estimate the reserves and resources of the philoane deposit, for which different stages of the research methodology have been developed, such as information gathering, geological mapping, geochemical sampling and mapping. The study area has an abrupt relief, formed by the elevations of the Chalhuane and Antane hills, you can observe a stage of development of moderate surface modeling as deep gorges and high slopes. Geologically it is an auriferous filonean deposit located within the rocky units of the Batolito de la Costa (Superunidades Incahuasi) and the Bella Unión complex. This deposit occurs within the gold mineralized strip known as Nazca-Ocoña, characterized by the occurrence of veins with high Au grades, which would have a great gold potential. It has been determined the geological model of the project where it is postulated that the deposit has the characteristics of a filonean deposit of mesothermal nature. The deposit has a system of gold veins NW-SE course, with vertical dip to sub-vertical (70° - 88° SW), is structurally rosary type forming mineralized nails, which have been displaced by conjugate faults both inverse and dextral. Its mineralization occurred in two periods of mineralization, the first being hyaline quartz, and the second of sulfides such as pyrite, chalcopyrite, traces of pyrrhotite, some quartz with native gold associated with pyrite. The hydrothermal alteration is given by a moderate agilization and propilitization. Finally, 37,788 MT of reserves were estimated with a law of 17.25 g / t Au and 57 136 MT of resource with a law of 11.74 g / t Au; taking into consideration the procedures applicable to the JORC Code.

Key words: Chalhuane gold deposit, Andaray - Arequipa.

CAPÍTULO I

INTRODUCCIÓN

1.1 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

En el proyecto aurífero Chalhuane, es necesario resolver la problemática sobre la génesis, procesos geológicos y las características particulares del propio yacimiento; con ayuda del muestreo geoquímico de las labores subterráneas y superficiales, la misma que finalmente nos llevará a una estimación de recursos y reservas del depósito.

La estimación de reservas y recursos de un proyecto minero constituye el primer eslabón de la cadena del negocio minero. Es fundamental que los parámetros definidos para la evaluación de reservas y recursos aseguren una desviación razonable, que no impacte de manera desmedida los procesos posteriores.

Ante la exposición y consideraciones señaladas anteriormente se plantea las siguientes interrogantes:

- a) ¿Cuáles son las características geológicas del depósito aurífero de Chalhuane, Departamento de Arequipa?

b) ¿Cuál será la reserva y recurso estimado del depósito aurífero del área de estudio?

1.2 JUSTIFICACIÓN

1.2.1 Justificación teórica

Toda investigación esta propenso a discusión académica, buscando en resolver un problema.

La presente investigación es ampliar los conocimientos a cerca de las características geológicas de los yacimientos minerales auríferos de tipo mesotermal y establecer el comportamiento de los mismos.

1.2.2 Justificación práctica

Con el empleo de la metodología de investigación se desarrolló la caracterización geológica del depósito aurífero; es de interés conocer este estudio para poder orientar adecuadamente las exploraciones a través de labores subterráneas y perforación diamantina, estableciendo la importancia económica del yacimiento; la misma que servirá de modelo para la búsqueda de nuevos yacimientos y contribuir de esta manera al amplio campo del conocimiento de la geología.

1.3 ANTECEDENTES DEL PROYECTO

El área de estudio pertenece al cuadrángulo 32-Q (Chuquibamba) de la Carta Geológica Nacional - Boletín A 50 y cuenta con el estudio geológico realizado por el Instituto Geológico, Minero y Metalúrgico (INGEMMET) con sus respectivos planos geológicos.

Además, la zona se encuentra dentro del área de estudio titulada “Mineralización y Explotación Minera Artesanal en la Costa Sur Media del Perú”. Boletín No 4, Serie E - INGEMMET.

Entre los años 1998 y 2000 la Compañía CEDIMIN realizó una evaluación geológica de este depósito con especial énfasis en las vetas auríferas y en la posible ocurrencia de un pórfido de Cu-Au, realiza entonces un cartografiado

geológico superficial y muestreo de afloramientos. En las vetas se encontró una serie de trabajos antiguos de españoles y de mineros informales contemporáneos.

Entre el 2002 y el 2004 la Cía. Minera Titán alquila la propiedad y explota las menas ricas de la veta El Viento.

En marzo del 2012, el Dr. Roger Cabos Consultor de esta Empresa realiza una estimación del potencial aurífero, basado principalmente en los datos de Cedimin y los resultados obtenidos durante el desarrollo de labores subterráneas realizadas por Minera Titán.

En la actualidad la Cía. Minera Soledad explota los remanentes dejados por Titán y explora zonas prospectivas del yacimiento.

1.4 HIPÓTESIS

La caracterización geológica del yacimiento, nos permitirá estimar las reservas y recursos del depósito aurífero.

1.5 OBJETIVOS

1.5.1 Objetivo general

- Determinar las características geológicas y geoeconómicas del yacimiento, que conlleve a la estimación de recursos y reservas del depósito aurífero de Chalhuane.

1.5.2 Objetivos específicos

- Desarrollar la caracterización geológica del área de estudio.
- Determinar las nuevas áreas de interés económico y prospectivo; las cuales nos permitirán orientar adecuadamente las labores subterráneas y taladros diamantinos de exploración.
- Estimar las reservas y recursos del yacimiento.

CAPÍTULO II

REVISIÓN DE LITERATURA

2. MARCO TEÓRICO – CONCEPTUAL

2.1 GEOMORFOLOGÍA REGIONAL

En el cuadrángulo de Chuquibamba el relieve muestra características propias de la zona; el modelado de la misma tiene control estructural y litológico, donde los factores climatológicos e hidrográficos han jugado un papel importante.

2.1.1 Unidades geomorfológicas

El desarrollo geomorfológico nos muestra geformas suaves a moderadas en su mayor área y agreste en los valles.

El modelado es el resultado de la influencia decisiva de los procesos volcánicos sucedidos casi durante todo el Terciario y en los procesos tectónicos que han ocasionado el alzamiento y hundimiento de bloques. La denudación fluvial probablemente Pre-Barroso, así como la actividad volcánica del Cuaternario ha controlado la morfología actual, esto ha permitido diferenciar cuatro unidades geomorfológicas que son: Altiplanicie, superficie Huaylillas, laderas disecadas y valles. (INGEMMET, 1994).

2.1.1.1 Altiplanicie

Es la unidad más extensa que ocupa la tercera parte del cuadrángulo de Chuquibamba. Las elevaciones varían entre 4,000 y 4,900 m.s.n.m. la topografía es moderada, localmente se tienen escarpas controladas por fallas; también existen pequeños conos volcánicos, así como morrenas y abundantes bofedales; esta unidad geomorfológica se caracteriza por una planicie bien definida y algunos valles glaciarios de extensión local.

2.1.1.2 Superficie Huaylillas

Esta unidad geomorfológica es continuación de geoforma de amplitud regional y es reconocida en los cuadrángulos de Chala y Ocoña (Olchauski 1980 quien la denomina Meseta Costanera y que es la continuación hacia el Norte de la unidad llamada Penillanura Costanera en los cuadrángulos de Camaná y la Yesera (Pecho V. y Morales G., 1969). En Aplao, Guizado (1968) la describe como Planicie Costanera que ingresa al Sur del cuadrángulo de Chuquibamba.

En Ocoña las altitudes varían entre 1,200 y 2,400 m.s.n.m.; en Chuquibamba, siguiendo la prolongación del cuadrángulo de La Yesera, la altura de la superficie Huaylillas va desde los 2,600 hasta los 3,800 m.s.n.m. y constituye una prolongación de las pampas de Cuno Cuno.

La superficie es sub horizontal con inclinación sur occidental y de aspecto cónico que tiende a desaparecer por la formación del valle de Ocoña. Está disectada por quebradas con dirección E-O, a diferencia de la parte Oriental donde las quebradas tienen dirección N-S.

2.1.1.3 Laderas disectadas

Esta unidad está constituida por cadenas de cerros que se alinean con una dirección NO-SE y en ella se hallan comprendidos los valles amplios de Chuquibamba y Pampacolca, que se han desarrollado en fallas regionales. Estas laderas presentan drenaje sub paralelos, que al disectar la peneplanicie costanera, dan lugar a valles amplios como los ya mencionados presentando una topografía de quebradas y elevaciones semiparalelas que fueron modeladas por las diferentes etapas de erosión sobre rocas intrusivas

Cretácico-Terciarias y rocas Precambrianas. Al Oeste de la hoja de Chuquibamba, se caracteriza por presentar drenaje dendrítico, resultante de las quebradas menores que confluyen en el río Ocoña. Se denota una topografía moderada que es disectada por quebradas de magnitud considerable como la quebrada Chaluane y por el valle del río Churunga que sigue una dirección NE-SO.

2.1.1.4 Valles

En esta unidad hemos considerado tres tipos de valles principales:

a) Valles de los ríos Cotahuasi y Arma, forma parte de la naciente del río Ocoña, cortan las altiplanicies andinas tienen dirección E-O a NE-SO.

Estos valles muestran una serie de pequeñas terrazas que están distintamente distribuidas y están en función de las irregularidades del curso del río y las condiciones geológicas. En valle de Cotahuasi a lo largo de su extensión presenta cambios siendo estrecho en su cauce desde la desembocadura al río Ocoña, yendo aguas arriba hasta las proximidades del pueblo de Cotahuasi, se nota un valle en "V" y a partir de esta zona hasta la localidad de Alca, se observa al valle con presencia de terrazas fluviales, donde pobladores del lugar desarrollan sus labores agrícolas. El valle del río Larjo, cuya dirección es de N a S, se presenta encañonado siendo sus pendientes empinadas sin depósitos fluviales de consideración.

b) Valle del río Chorunga y quebradas aledañas, que drenan hacia el Oeste y son afluentes del río Ocoña, se caracterizan por su escasa pendiente y su clima desértico. Se determina un control principal estructural ya que muestran cambios de dirección de NE a E-O.

c) Valles de los ríos Chuquibamba, Pampacolca y Viraco, forman parte de afluentes del río Majes, tienen dirección SE y están controlados por fallas de dirección NO. En su naciente, el valle de Chuquibamba está representado por el área de deslizamiento de pendientes suaves y en la parte inferior profundiza su cauce dando lugar a una topografía abrupta.

2.2 HIDROGRAFÍA

Los ríos que se encuentran en el área, pertenecen a la cuenca hidrográfica del Pacífico y tienen un régimen estacional. Los ríos Cotahuasi, Arma y Chorunga drenan hacia el río Ocoña. Los ríos Grande de Chuquibamba y Jollpa drenan al río Majes.

El drenaje predominantemente es dendrítico, el mejor ejemplo es el río Arma, también se puede observar drenaje paralelo al Sur Oeste de Chuquibamba cuyo control es litológico; los afluentes del río Cotahuasi constituyen un drenaje transversal que sugiere un control estructural. En los alrededores de los principales conos volcánicos, el drenaje es radial centrífugo.

El modelado por acción fluvial nos indica que la mayor parte del área se encuentra en el estadio juvenil con fuerte pendiente y desarrollo de valles en V y valles encañonados. (Olchauski, 1994)

2.3 CLIMA Y VEGETACIÓN

En el área del cuadrángulo de Chuquibamba, tanto el clima como la vegetación, varían con la altitud y su posición geográfica se observan las regiones climatológicas separadas por los volcanes Coropuna y Solimana; al sur de estos nevados el clima es de tipo desértico, por ende la vegetación es casi nula; al otro lado de los nevados mencionados en las zonas altas, el clima es semi-árido, frío y la vegetación mayormente es ichu, gramíneas y arbustos; aunque sobre los 4,000 m.s.n.m. es muy escasa y por arriba de los 5,000 m.s.n.m., normalmente está cubierto por nieve perpetua.

El clima está regido por los cambios estacionales, la estación lluviosa está comprendida entre los meses de diciembre y abril, la temperatura fluctúa entre 0°C y 10°C y en los valles la temperatura es mayor a 10°C, pero entre junio y agosto como consecuencia de la estación invernal la temperatura es inferior a 0°C.

La actividad humana tiene mayor desarrollo en los valles hasta una altitud de 3,800 m.s.n.m., en donde los pobladores se dedican principalmente a la agricultura y la ganadería. Se dedican al cultivo de cereales (cebada, trigo,

maíz, papas) y frutales (vid, papaya, plátanos, pacaes, etc. La actividad ganadera está orientada a la crianza de ganado vacuno incentivando la producción de leche que es utilizada para la fabricación de diversos derivados lácteos. Sobre los 4.000 m.s.n.m. las condiciones climatológicas sólo permiten la crianza de auquénidos y pastoreo de ganado ovino. (Castillo, 1960)

2.2 LITO-ESTRATIGRAFÍA REGIONAL

En la región las unidades estratigráficas reconocidas abarcan edades desde el Precámbrico al Cuaternario reciente. (*Ver Lámina N° 1 - Mapa Geológico Regional*).

2.2.1 Precámbrico

2.2.1.1 Complejo Basal de la Costa (PE-gn/mt)

Se denomina Complejo Basal a las rocas metamórficas que afloran en gran parte de la Cadena Costanera del Sur del Perú. Por tratarse de la misma serie metamórfica, esta denominación ha seguido tomándose en cuenta en el cuadrángulo de Aplao, Guizado (1968); en Huambo y Orcopampa (J. Caldas 1993).

El Complejo Basal está constituido por una gruesa secuencia de rocas metamórficas en la que destacan los gneises, anfibolitas, metasedimentos. En muchos lugares se han separado los gneises de los metasedimentos; pero no se observa un contacto bien marcado.

En la parte Oriental de Chuquibamba hasta la localidad de Pampacolca, los gneises están cubiertos por las tobas de la Formación Huaylillas, siendo su coloración superficial de color gris oscuro. Existe un ligero predominio de bandas grises constituidas por anfíboles, sobre bandas blancas que son más delgadas y que están formadas por ortosas y plagioclasas.

Al norte del río Arma, entre Yachangillo y Huaranguitoyoc, se encuentran rocas metamórficas cortadas por una granodiorita de grano medio; estas rocas están formando un complejo con una gran diversidad litológica entre las que se

pueden reconocer gneises, anfibolitas, granulitas, tonalitas, granitos gneisoides y migmatitas.

La mayor parte de los gneises presentan estructuras lenticulares. Estas rocas y bandas irregulares han sido cortadas por numerosos diques y pequeñas intrusiones compuestas por tonalita, granodiorita, granito y pegmatitas. Antes de llegar a Huaranguitoyoc, el complejo está cortado por un cuerpo de tonalita de color claro y de grano medio.

Los metasedimentos son rocas de metamorfismo regional que se presentan íntimamente relacionadas con los gneises; de acuerdo al grado de metamorfismo es posible que sean posteriores, ya que sobreyacen a los gneises presentan un metamorfismo más intenso.

Además de los metasedimentos, existen anfibolitas de grano medio con homblendas cloritizadas, que no presentan orientación de minerales. También se encuentran en menor proporción, migmatitas de colores claros con textura holocristalina a granoblásticas asociadas con los metasedimentos, anfibolitas y migmatitas; ocurren gneises, esquistos gneisoides y calizas metamorizadas gris oscuras que afloran en Pacaychacra.

Edad y correlación.- De acuerdo a algunas dataciones K/Ar practicadas en los gneises del macizo del cuadrángulo de Arequipa (Vargas, 1970) y algunas isócronas Rb/Sr para el Macizo de Arequipa (Cobbing et. al. 1977), Skackleton 1979), establecen una edad precámbrica. (Bellido, 1960)

2.2.2 Mesozoico

2.2.2.1 Grupo Yura (Js-yu)

La litología y la forma en que se presenta esta unidad en cada uno de los afloramientos está constituido por calizas grises y amarillas intercaladas con areniscas grises y lutitas que se encuentran atravesadas por pequeños cuerpos de andesita gris de grano fino y por granito que ha metamorizado la caliza dando lugar a la formación de granate.

En el cerro Tinajas, se observan afloramientos de un color verde rojizo bastante alterado, además de los sedimentos; en este lugar se presentan brechas volcánicas de color verde y andesitas de grano fino bastante piritizadas.

Siguiendo la quebrada de Esbilla y con dirección Oeste Este, el Grupo Yura está constituido por sedimentos verdes levemente metamorfizados, que en la mayor parte son areniscas recristalizadas. Luego tenemos limolitas calcáreas que efervece con el HCl. Esta limolita, a medida que se avanza hacia el Este, se vuelve más compacta y no efervece; se observa un cambio lateral de facies bien marcadas, en que la limolita gris pasa a areniscas y cuarcitas bandeadas de colores claros, entre blanco y marrón.

En el cerro Antane, los estratos se hallan en parte metamorfizados por la acción de varios tipos de intrusivos. El relieve es moderado y está compuesto por areniscas, limolitas que contienen micas y por calizas grises.

En la zona de Tipán y Pampacolca, el Grupo Yura infrayace concordantemente a las areniscas de la formación Murco y está en contacto fallado sobre la Formación Socosani. Allí se encuentran areniscas blancas de grano medio a grueso con estratificación cruzada intercalada con limolitas gris claras y oscuras que contienen restos de plantas.

La Formación Hualhuani (Benavides 1962), constituida por areniscas cuarzosas o cuarciarenitas, se observa en el poblado de Toro yaciendo sobre las limolitas y lutitas que contiene carbón.

Por la litología y los fósiles encontrados, podemos asumir que este grupo se depositó en un ambiente marino de condiciones bastante someras.

Edad y correlación.- Los fósiles encontrados, tanto de fauna como de flora, nos indican que esta unidad se depositó en un lapso que va desde el Titoniano hasta el Neocomiano según los especímenes estudiados por C. Rangel. (Wilson y García, 1962)

2.2.2 Cenozoico

2.2.2.1 Formación Sotillo (Ti-so)

Con este nombre se denomina a una secuencia de areniscas arcósicas, conglomerados y arcillas no bien consolidadas de color rojo que aflora en el valle de Vitor cerca de Sotillo.

Esta unidad se encuentra descansando sobre una superficie de erosión en forma discordante encima del Grupo Yura y de las rocas del Batolito e infrayace en discordancia debajo de la Formación Millo.

Los afloramientos de esta unidad, se ubican en la parte Sur-Oeste del cuadrángulo de Chuquibamba. Tiene un espesor de 200 metros y sus inclinaciones varían entre 5° y 20°; esta formación se encuentra afectada por fallas.

La litología de la Formación Sotillo consiste principalmente de areniscas finas y conglomeráticas de coloraciones grises, blancas, amarillentas y rojizas, con predominio de estas últimas. Los sedimentos se encuentran semiconsolidados y tienen un alto contenido de material feldespático; existen algunas intercalaciones de capas de yeso que alcanzan hasta 15 cm. de espesor.

Las areniscas de esta unidad, son de origen continental, muestran poca deformación.

Edad y correlación.- No se han encontrado fósiles dentro de esta formación, sabemos que descansa sobre una superficie de erosión que fue originada después de la fase Incaica de fines del Oligoceno que afectó a las rocas del Cretáceo Superior-Terciario inferior; por esta consideración es que se le atribuye a la Formación Sotillo la edad Paleoceno medio a superior. (Jenks, 1948).

2.2.2.2 Formación Caravelí (Ti-ca)

Esta formación consiste de conglomerados, areniscas tobáceas y lentes de tobas retrabajadas que afloran en la ciudad de Caravelí en el cerro de Cuno

Cuno ubicado en la hoja de Caravelí, prolongándose hasta las proximidades de la hoja de la Yesera.

La mayor parte de los afloramientos de la Formación Caravelí, se localizan al Sur del cuadrángulo de Chuquibamba; son la prolongación de los miembros conglomerádicos Cruz Blanca - Cuno Cuno (Pecho 1983), que descansan discordantemente sobre la Formación Sotillo y sobre la superficie labrada en las formaciones cretáceas ó en el Batolito; infrayace discordantemente a la Formación Sencca y al Grupo Barroso en las quebradas de Escalera y Piñog.

Esta formación de origen continental, no presenta fósiles y los elementos constituyentes de los conglomerados son el resultado de la erosión de las rocas subyacentes y acumulación rápida.

Edad y correlación.- En esta formación no se han encontrado evidencias paleontológicas, la edad se basa solamente en su posición estratigráfica, así, esta subrayace a la Formación Sotillo é infrayace a la Formación Paracas de probable edad Eoceno medio a superior, por lo que se atribuye una edad probable Paleoceno-Eoceno.

Se correlaciona con el miembro superior de la Formación Seraj de las hojas de Huambo y Orcopampa. (Pecho, 1983)

2.2.2.3 Formación Paracas (Ti-pa)

La Formación Paracas se encuentra al Sur del cuadrángulo de Chuquibamba, se caracteriza por contener sedimentos marinos con algunos horizontes tobáceos. En general yendo de la base hacia el techo se encuentra conglomerados, areniscas calcáreas, calcarenitas, tobas y areniscas calcáreas; la coloración de toda la secuencia varía de blanco amarillento a gris blanquecino; fácilmente se puede reconocer en el campo; así como las fotografías aéreas debido a su monotonía litológica y coloración característica. El espesor se estima en 200 m.

La Formación Paracas suprayace discordantemente a la Formación Caravelí y en otros lugares a los intrusivos tonalíticos-granodioríticos de la superunidad

Incahuasi e infrayace estratigráficamente a los depósitos de la Formación Huaylillas.

Edad y correlación.- Esta formación también se considera de edad Eoceno medio a superior como en el cuadrángulo de Caravelí, ya que los afloramientos de esta unidad son la continuación hacia el Este de las ocurrencias del cuadrángulo de Caravelí descritas por V. Pecho (1983). Se correlaciona con el Grupo Talara y la Formación Verdún del Nor-Oeste peruano. (Petersen, 1954)

2.2.2.4 Formación Huaylillas (Tm-hu)

Litológicamente está conformado por tobas dacíticas y riolíticas de color grisáceo a blanco amarillento mayormente.

Esta unidad se le encuentra principalmente en el cuadrángulo de Chuquibamba hacia el flanco pacífico, formando extensas pampas cuya superficie es sub-horizontal con una inclinación hacia el Sur. Se presenta cubriendo una superficie de erosión que ha sido labrada en las rocas batolíticas, así como también en las del Complejo Basal- Complejo Bella Unión, la Formación Caravelí, Grupo Tacaza.

Las rocas que constituyen esta unidad, son esencialmente piroclásticas, compuestas por tobas dacíticas y riolíticas de color grisáceo a blanco amarillento.

Edad y correlación.- En los cuadrángulos vecinos de Pausa y Caravelí (V. Pecho, 1983), considera a estos volcánicos de edad Mioceno superior, en base a una datación K-Ar de 13.8 ± 0.3 m.a., obtenida en una toba que se encuentra en una parte alta al Oeste de Chuquibamba.

De acuerdo a su posición estratigráfica y la datación mencionada se considera esta unidad del Mioceno inferior a medio, correlacionable con la parte superior del Grupo Moquegua. (Wilson y García, 1962).

2.2.2.5 Formación Sencca (Ts-se)

Esta formación consiste de rocas volcánicas de naturaleza piroclástica que afloran en la quebrada de Sencca, ubicada al SE de la hoja de Maure.

La Formación Sencca de los cuadrángulos de Cotahuasi y Chuquibamba, ocurre en forma limitada al NE de Yanaquihua en las quebradas Piñog, la Tranca, Lucmayoc, Tapococha; se hallan formando las pampas como la de Sique, Auqui, Chalucmarca de poca extensión; generalmente cubren o rellenan una superficie baja.

Las rocas que constituyen esta unidad, son esencialmente piroclásticas, compuestas por tobas dacíticas y riódacíticas cuyo color predominante es el gris, que puede variar a blanco amarillento y rosado. El mayor espesor se observa a ambos lados del río Arma, aguas arriba del pueblo de Salamanca; es de 150 m.

Edad y correlación.- En los cuadrángulos vecinos de Huambo y Orcopampa (Caldas, 1993), se le considera a esta formación volcánica de edad pliocénica debido a determinaciones K-Ar practicadas en muestras tomadas en la parte alta de Umachulco, las cuales dieron una edad de 6.2 ± 0.2 m.a. (Arenas, 1974). Esta formación, por tanto, de acuerdo a sus relaciones de campo y a sus dataciones numéricas, se ubica en el Plioceno medio.

La Formación Sencca ha sido ampliamente descrita en todo el Sur del Perú y ocurre en los cuadrángulos vecinos, tales como la Yesera, Orcopampa, Cháparra, Jaqui, Maure, Characato. (Mendívil, 1965).

2.2.2.6 Grupo Barroso

2.2.2.6.1 Secuencia Inferior (TQs-ba1)

Formación Barroso es un complejo volcánico que consiste de algunos conos erosionados que forman la Cordillera del Barroso. El nombre de Grupo Barroso, fue dado por Mendívil (1965) al estudiar los cuadrángulos de Maure y Antajave.

Esta cordillera tiene dirección NO-SE y se extiende en los Departamentos de Tacna, Moquegua, Arequipa y parte de Ayacucho, constituyendo la Cordillera Volcánica del SO del Perú, pasando por las hojas de Chuquibamba-Cotahuasi terminando su recorrido en el volcán Sara-Sara.

El Grupo Barroso se encuentra presente en el cuadrángulo de Cotahuasi y al Norte del cuadrángulo de Chuquibamba. Se le encuentra formando grandes conos volcánicos tales como el Coropuna, Solimana, Firura, que en estos momentos se encuentran parcialmente cubiertos por nieves perpetuas, sobre todo el Coropuna que ocupa una gran extensión. Otros volcanes más pequeños, tales como el cerro Antapuna y Antapuna Chico, también han dado lugar a coladas de lava; estas lavas se circunscriben a los alrededores de los volcanes.

Las rocas del Barroso inferior cubren con discordancia angular a las rocas del Grupo Tacaza y con discordancia erosional a las Formaciones Alpabamba, Huaylillas y Sencca; a su vez está cubierto por volcánicos posteriores, denominados aquí como secuencia superior del Grupo Barroso (ba-2) y depósitos morrénicos.

Al Sur del Nevado Coropuna, en la parte alta de Chuquibamba, ocurren andesitas de grano medio con cristales bien formados de plagioclasas que llegan a 7 mm de largo por 4 mm de ancho. El volcánico se encuentra cubierto por morrenas y por lavas recientes. Al NO de Pampacolca en el lugar denominado San Antonio, las lavas tienen estructura fluidal, son de color gris, de composición dacítica y las plagioclasas están orientadas. En este lugar las lavas chocan contra un afloramiento del Grupo Tacaza, cuyo relieve pronunciado en el cerro Huancarcota ya existía durante la efusión del Grupo Barroso.

En Viraco, las lavas son andesíticas de color gris oscuro a negro, la textura granular, sobreyacen a microconglomerado rojo de matriz tobácea, así como también a conglomerados con rodados de 5 a 10 cm., todos ellos de origen volcánico y posiblemente se estaban sedimentando en una pequeña cuenca donde ocurría transporte acuoso. Dentro de los conglomerados, encontramos

escoria o pómez de color negro con cavidades dejadas por las burbujas correspondientes al escape de volátiles. Estas lavas chocan contra calizas Jurásicas v contra el cerro Huancarcota.

Al Este del Coropuna, en el cerro Hiajra Huire, la secuencia inferior del Grupo Barroso es de color gris claro, faneríticas de grano fino: se observan plagioclasas alteradas y pequeñas oquedades.

Al Oeste del nevado Coropuna, se encuentran las mismas lavas cuyos afloramientos presentan en su superficie una coloración rojiza por alteración. Están cubiertas por el volcánico reciente y cubren una superficie horizontal a subhorizontal labrada en las rocas del Grupo Tacaza. (Caldas, 1993).

2.2.2.7 Depósitos aluviales recientes (Q-al)

Al Sureste del cuadrángulo de Chuquibamba en el límite con el cuadrángulo de La Yesera, se presentan unos conglomerados que han sido redepositados sobre las Formaciones Caravelí y Sotillo. Están constituidos por rodados de cuarcitas, gneises y rocas intrusivas que han sufrido mucho transporte, su superficie es de color gris rojizo y su topografía es de relieve moderado.

Los valles de Chuquibamba, Cotahuasi y Arma, constituyen ejemplos de depósitos aluviales formados por arcillas, conglomerados y gravas; son importantes las terrazas aluviales, que se han formado en las laderas de los ríos y los depósitos fluviales que ocupan el lecho de los mismos.

2.2.3 Rocas Intrusivas

En el cuadrángulo de Chuquibamba la actividad magmática está comprendida por eventos plutónicos y subvolcánicos. Las rocas resultantes de los primeros se distribuyen con mayor amplitud al Sur y Oeste del cuadrángulo de Chuquibamba; los segundos están constituidos como cuerpos pequeños y aislados.

Los intrusivos plutónicos son mayormente granodioritas-tonalitas del Batolito de la Costa emplazadas durante el Cretácico-Terciario. También se encuentran tonalitas-dioritas, así como algunos subvolcánicos andesíticos; además existen

algunos afloramientos del Complejo Bella Unión que son anteriores a los intrusivos del Batolito.

2.2.3.1 Batolito de la Costa

Dos de las cinco Superunidades (Incahuasi y Tiabaya) que pertenecen al segmento Arequipa se encuentran en el área de estudio; afloran principalmente en el lado occidental de los nevados Coropuna y Solimana, se han emplazado en rocas metasedimentarias, gneises y rocas jurásicas del Grupo Yura y están cubiertos por volcánicos terciarios. (Cobbing, 1984).

2.2.3.2.1 Superunidad Incahuasi (Ks-gd/mz-in)

Está constituida por cuerpos granodioríticos-tonalíticos y monzogranitos.

Granodioritas-tonalitas.- Son las rocas más abundantes y extensas que se encuentran en la esquina Suroccidental de la hoja de Chuquibamba; intruyen a metasedimentos precambrianos, a rocas jurásicas del Grupo Yura y parte del Complejo Bella Unión; han sido instruidas por la Superunidad Tiabaya y los monzogranitos y están cubiertos por rocas volcánico-sedimentarias del Terciario y Catenario. Su mayor exposición se encuentra en los cerros Atcate, Quemadal, Antaccasa, Lomada Pecoy, Jachamalja y Callpa.

En general, la roca es de color rosado claro, leucócrata de grano medio; el porcentaje de la plagioclasa es mayor que la ortosa, cuarzo en menor proporción, biotita como accesorio y como minerales de alteración calcita, sericita y los cristales de hornblenda están alterándose a clorita.

Entre el cerro de Murcopata y la Quebrada de Rata al Suroeste de Chuquibamba, las tonalitas y granodioritas están cubiertas por la Formación Huaylillas; son leucócratas de grano constituido por plagioclasas de 2 a 5 mm., cristales alargados de hornblenda de 1mm. de ancho y cuarzo.

Monzogranitos.- Ocurren en tres cuerpos separados uno de otro y alineados diagonalmente en la esquina Suroeste dentro de la hoja de Chuquibamba. En la quebrada Esbilla, intruye al Grupo Yura y está cubierto por la Formación Caravelí y depósitos aluviales; así en los afloramientos del cerro Tomapampa y

cerro La Soledad son de color gris claro, están emplazados dentro de la granodiorita-tonalita y a su vez dentro de la secuencia del Grupo Yura, ambos están cubiertos por las Formaciones Sencca y Caravelí.

Superficialmente, estas rocas son de coloración rojiza a rosácea, pero en fractura fresca es de color rosado claro de grano medio con minerales de ortosa y plagioclasa. Los tamaños de los cristales de ortosa son mayores de 0.5 mm., cuarzo y biotitas; la textura es holocristalina, inequigranular.

Gabrodioritas.- Los afloramientos de gabrodioritas se encuentran principalmente en la hoja de Chuquibamba y son cuerpos pequeños y aislados. En la quebrada Chalhuane se encuentran bien fracturados y constituidos por ferromagnesianos de color verde oscuro; al NE de Yanaquihua intruyen a la granodiorita-tonalita de la Superunidad Incahuasi; están cubiertos por las Formaciones Sencca y Caravelí, en el cerro Antane intruye al grupo Yura así como a la granodiorita-tonalita y monzonita granodiorita Incahuasi y en el techo contiene un remanente de volcánico Sencca; el afloramiento de la quebrada San Francisco está afectado por una falla que corta a esquistos y pizarras de bajo grado de metamorfismo. En general, se diferencian de los anteriores por su coloración gris oscura de grano fino a medio, están bastante alterados y han dado lugar a la formación de suelos residuales.

2.2.3.2 Superunidad Tiabaya (Ks-to/gd-ti)

Se encuentra como afloramientos al Oeste de la hoja de Chuquibamba (valle arriba del río Arma) y al Sureste de la misma se presentan en cuerpos más pequeños que los anteriores; las litologías más comunes son tonalitas, granodioritas. Sin embargo, se encuentran algunos cuerpos pequeños de gabrodioritas que están asociados espacialmente a esta Superunidad.

Tonalitas-granodioritas.- Se encuentran en la alineación de cerros comprendida entre el cerro El Privado y La Yesera con una orientación NO-SE e intruye al complejo de granodiorita-tonalita Incahuasi, al Norte de Cerro Rico; contiene un remanente de un cuerpo pequeño de Complejo Bella Unión a manera de techo colgante, el cual se encuentra metamorfizado con diseminación de pirita, pero muy dispersa.

Su composición comprende la tonalita potásica gradando a granodiorita cuyo origen se podría deber a la cristalización fraccionada o a la migración de iones de potasio. La tonalita en superficie es de color gris rojizo; en muchos lugares por meteorización se disgrega fácilmente, microscópicamente es de grano medio, leucócrata inequigranular, hipidiomórfica. Los minerales constituyentes son: plagioclasa 50%, cuarzo 30%, hornblenda 10%, biotita 5% y otros 5%

En Chuquibamba y al Sureste en la Quebrada Chila-Chila, afloran cuerpos de granodiorita de grano medio mientras que en el cerro de Mascapampa, los granos gradan de fino a medio y se han emplazado cortando a los sedimentos gris verdosos del Precambriano.

A lo largo del río Arma, aguas abajo en la margen izquierda y en el paraje de Huaranguitoyoc, los afloramientos de tonalita están comprendidos principalmente de plagioclasas, cuarzo, ortosa, hornblenda; el tamaño del grano es grueso, su color gris oscuro a blanquecino y rosado, se encuentra bastante meteorizada por lo que se disgrega fácilmente; intruyen a metasedimentos precambrianos y están cubiertos por la Formación Alfabamba y la secuencia superior del Grupo Barroso.

Edad de emplazamiento.- Cobbing E. J., (1984) mediante el método K/Ar, determinaron la edad promedio de 80 m.a. para la Superunidad Tiabaya en general V. Pecho (1983) en los cuadrángulos de Pausa y Caravelí, también lo considero así. Por otro lado, Max Weibelzolt Fejer (1977), determinó una edad de 97.4 m.a. en una muestra de intrusivo del campamento de Alpacay. La misión japonesa, usando el método K-Ar estableció una edad de 57.4 m.a. para los intrusivos considerados como Superunidad Tiabaya; sin embargo en el área de trabajo momentáneamente se considera la misma edad de 80 m.a., mientras no se tenga estudios más detallados del Batolito Costanero.

2.2.4 Intrusivos menores y subvolcánicos

2.2.4.1 Rocas subvolcánicas

En el área de estudio, ocurren stocks pequeños de composición variada como el Complejo de Bella Unión; algunos cuerpos andesíticos, tonalíticos y dacíticos

terciarios y stocks dacíticos brechoides que nos hace suponer en un emplazamiento simultáneo o inmediatamente posterior al emplazamiento del complejo Bella Unión, cuya edad probable se considera ubicada en el Cretáceo superior.

2.2.4.2 Complejo Bella Unión (Ks-bu)

Se denomina cuerpos de composición andesítico-dacítico, posteriormente se siguió adoptando el mismo nombre para denominar a rocas subvolcánicas brechoides que se encuentran en la mina de Calpa, el río Ático y en las pampas de Sondor del cuadrángulo de Cháparra, E. Olchausky (1980).

En el cuadrángulo de Chuquibamba, también se adoptó el mismo nombre para rocas de composición variada que afloran en las quebradas de Huichucuy y San Cristóbal; se describen como dacitas, andesitas, dioritas, riodacitas; en forma general, varían de color gris claro a gris verdoso, aunque en muestra de mano son de color verdoso, de grano fino, de apariencia porfírica por la presencia de cristales de plagioclasa en matriz afanítica; algunos minerales oscuros.

El Complejo Bella Unión está en contacto con metasedimentos precambrianos como roca encajonante y ha sido metamorfozado por los cuerpos intrusivos de las Superunidades Incahuasi y Tiabaya. Como consecuencia de este fenómeno, los minerales ferromagnesianos están cloritizados y la roca presenta diseminación dispersa de pifita. Esta unidad está cubierta discordantemente por la Formación Sencca.

El emplazamiento se considera que se produjo durante el Cretáceo superior temprano ya que han sido afectados por los cuerpos graníticos del Batolito de la Costa que se emplazaron entre el Cretácico superior-Terciario inferior. (Caldas, 1978).

2.2.4.3 Dacita Pampachacra

Se encuentra al Oeste del pueblo de Viraco en el cerro Pampachacra. Está intuyendo a la Formación Socosani, la cual está alterada (skarn); infrayace a la secuencia inferior del Grupo Barroso; este stock de carácter uniforme, tiene

como minerales de alteración clorita débil o escasa sericita, piritita diseminada. Debido a la meteorización de la pilita diseminada, la superficie se cubre de un color rojizo dando la apariencia de sombrero de fierro; sin embargo en muestra en mano, la roca es de color verdoso a gris claro.

Sus relaciones de contacto no permiten definir su edad con certeza, pero se considera que se habría emplazado casi contemporáneamente con el Complejo Bella Unión.

2.2.4.4 Andesitas Pampamarca

Al Norte y Suroeste de los alrededores del pueblo de Pampamarca en el cuadrángulo de Cotahuasi, se encuentran dos cuerpos de andesita y un cuerpo al sur del pueblo de Taurisma; ambos cuerpos están instruyendo a las calizas Acoquina y a los volcánicos del Grupo Tacaza. Se trata de andesitas horbléndicas gris verdosas con fenocristales de plagioclasas, augita, hornblenda en una matriz de plagioclasa; la andesita de Taurisma, contiene fenocristales de hornblenda y con alteración del tipo cloritización y sericitización.

Las relaciones de yacencia de las andesitas en el campo, tienen las mismas características que aquellos afloramientos de intrusivos pequeños graníticos de esta área y que los intrusivos subvolcánicos ocurridos casi simultáneamente con los volcánicos del Grupo Tacaza; por lo que se considera a estas andesitas como Oligo-miocénicas.

2.2.4.5 Intrusivos graníticos menores

Se encuentra en el cerro Yuca instruyendo a las calizas Arcurquina y yaciendo debajo del Grupo Tacaza. En el cerro Yuca por meteorización, la superficie tiene una coloración gris blanquecina y en muestra de mano es de color gris claro a verdoso algo rosáceo, es de grano fino; está constituido por plagioclasas, cuarzo, biotita y hornblenda, dentro incluyen xenolitos verdosos; las plagioclasas, hornblendas están en pequeños cristalitos verdosos de 2 a 5 mm. de largo.

Entre las localidades de Luicho y Huacay, se encuentra un afloramiento alargado de diorita de color gris claro a verde cuya relación con el Grupo Tacaza es imprecisa; está constituido por plagioclasa, cuarzo, hornblenda, augita.

La edad de intrusión de estos cuerpos tonalíticos y dioríticos de esta área en base a una determinación radiométrica hecha por la Misión Japonesa de las dioritas de Alca, dio 53.7 ± 2.7 m.a.; se le atribuye una edad Paleoceno tardío.

2.3 GEOLOGIA ESTRUCTURAL REGIONAL

En esta parte del continente, han sucedido eventos tectónicos a través de toda la historia geológica, evidenciándose claramente en el territorio peruano, la relación morfológica con el desarrollo tectónico.

En el cuadrángulo de Chuquibamba, las estructuras guardan estrecha relación con los movimientos tectónicos de los ciclos Precámbrico y Andino. Se han diferenciado 5 zonas estructurales, según la intensidad y estilo de deformación sufrido por las unidades rocosas pre-existentes desde su origen hasta la actualidad; así tenemos: Zona altamente deformada, zona de pliegues y fallas, zona del emplazamiento del Batolito e intrusivos menores, zona de fallamiento en bloques y zona poco deformada. (INGEMMET, 1994)

2.3.1 Zona altamente deformada

Esta zona la constituyen gneises y esquistos correlacionales con las rocas metamórficas de la Cadena Costanera. Constituyen en el basamento de toda la secuencia estratigráfica, la misma que ha sido sometida a diferentes efectos producidos por la tectónica Herciniana y Andina. Su mejor representación está entre Río Grande y el valle de Pampacolca; en el SE de Chuquibamba las rocas metamórficas están cubiertas por depósitos pizarrosos del Grupo Ongoro asignado al Paleozoico inferior que han sufrido un metamorfismo regional de bajo grado (Olchanski, 1980); estas dos unidades están separadas por una discordancia angular. También se encuentran rocas precambrianas en el río Arma, donde se observa que han sido intruídas por la unidad Tiabaya, del Batolito de la Costa.

Las rocas precambrianas han sido afectadas por un intenso metamorfismo regional que ha producido bandeamientos, foliación o esquistosidad con dirección NO, resultado de la intensa polideformación asociada al metamorfismo regional que originó las rocas del Complejo Basal de la Costa o Macizo de Arequipa. (INGEMMET, 1994)

2.3.2 Zona de pliegues y fallas

Las rocas que presentan esta deformación son sedimentitas y rocas carbonatadas del Mesozoico. Se considera que la deformación corresponde a la fase Peruana (G. Steinmann 1930), ocurrida durante el Cretácico terminal que afectó básicamente la Cordillera Occidental y el Altiplano. En los cuadrángulos de Chuquibamba y Cotahuasi, las unidades que presentan esta deformación son rocas mesozoicas como el Grupo Yura, Formación Murco, Formación Arcurquina como se puede observar a lo largo de los ríos Huayllapaña, Cotahuasi, al Este de Pampacolca y otros remanentes. Caracterizan a esta zona los pliegues moderados de formas simétricas, asimétricas y las fallas de dirección NO-SE.

El fallamiento en esta zona presenta una dirección andina y como resultado de los efectos comprensivos de la tectónica peruana. (INGEMMET, 1994)

2.3.3 Zona de emplazamiento del Batolito e intrusivos menores

En las postrimerías del Cretáceo y principios del Terciario inferior, tuvo lugar una intensa actividad magmática asociada y de actuación posterior a la deformación general de las rocas pre-batolíticas que presentan pliegues y fallamientos intensos que según Steinmann, corresponde al movimiento orogénico "Peruano"; posiblemente en las últimas fases de esta deformación irrumpen la profundidad pulsaciones magmáticas que viene a originar el Batolito de la Costa. Las rocas constituyentes de este complejo batolítico tienen un rango de edades que varían entre 102 ± 26 m.a. (Stewart & Snelling). En el área de trabajo, se observa la presencia de rocas intrusivas integradas por granodioritas, tonalitas, dioritas, que intrusionan al Complejo Metamórfico precambriano y a unidades Mesozoicas. Se les localiza en la parte Oeste del

cuadrángulo de Chuquibamba y aflorando esporádicamente en tramos aislados, mayormente tienen características de ser postectónicas.

2.3.4 Zona de fallamiento en bloques

Se encuentra en la parte inferior Occidental del área de estudio. Ha afectado a rocas del Complejo Basal y a las unidades del Mesozoico. Este fallamiento es difícilmente observable debido a la amplia cobertura volcánica terciaria; sin embargo, es evidente que esta zona ha actuado a modo de depresiones que han favorecido la acumulación de sedimentos continentales y levantados bloques de rocas antiguas que constituyen los pilares tectónicos hacia el Noreste.

Este fallamiento en bloques se observa en los movimientos relativos de las fallas con dirección NO y E-O que se encuentran en la pendiente Oeste de la Cordillera Occidental en el cuadrángulo de Chuquibamba y que hacia la Costa, fuera del área de estudio han determinado las cubetas donde se han acumulado los grupos Moquegua, Formación Camaná. (INGEMMET, 1994)

2.3.5 Zona poco deformada

Esta zona ocupa un 75% del área estudiada y en su mayor parte corresponde a rocas volcánicas y continentales post-mesozoicas, cuyas edades van desde el Terciario inferior al Cuaternario.

Con posterioridad a la fase peruana, sobrevino un intenso período de erosión de las rocas pre-existentes que dieron lugar a sedimentos continentales del Formación Sotillo que se depositaron al Sur, sobre una superficie aproximadamente sub-horizontal. El levantamiento continuo de bloques dió lugar a una fase de plegamiento de menor intensidad que se habría originado en el Eoceno superior (Fase Incaica de Steinmann) con la consiguiente denudación, dando lugar a los depósitos de las Formaciones Caravelí, Paracas, distribuidas al Sur del área. Estos depósitos continentales tectónicamente tienen poca deformación.

El Grupo Barroso ampliamente distribuido, presenta buzamiento sub-horizontal a horizontal, con escasos indicios de deformación. (INGEMMET, 1994)

2.3.6 Lineamientos y fallas

Muchas de las fallas y fracturas de han determinado en las fotografías aéreas, donde se observan alineamientos nítidos que se puede seguir por decenas de kilómetros.

Tres grandes fallas casi paralelas con dirección NO-SE, afectan el área del cuadrángulo de Chuquibamba. Ellas son la falla de Pampacolca que pasa por el pueblo del mismo nombre, tiene un desplazamiento vertical bastante considerable en donde el bloque sur ha subido y ha puesto en contacto a las rocas metamórficas del Complejo Basal con las formaciones Murco y Arcurquina de edad Cretácica. Esta falla se prolonga hacia los cuadrángulos de Huambo y Cotahuasi.

La falla Chuquibamba que recorre toda la quebrada de Chuquibamba, afecta rocas ígneas y metamórficas. Es una falla antigua que ha tenido reactivación en el Cuaternario. El bloque situado al Norte es el que ha bajado. La otra falla estrechamente relacionada con las dos primeras es la de Acoypampa, la cual se observa mayormente dentro del volcánico terciario.

Fallas con dirección E-O son cortadas por las anteriores, su rumbo va variando de E-O a NE-SO, están afectando a las rocas del batolito, miden decenas de kilómetros y atraviesan los cuadrángulos de Chuquibamba y Caravelí.

La falla Toro de dirección NS, pone en contacto a las areniscas rojas de la Formación Murco con cuarcitas del Grupo Yura, es una falla normal. (INGEMMET, 1994)

2.4 GEOLOGÍA ECONÓMICA

2.4.1 Origen de los yacimientos minerales

El origen de los yacimientos minerales puede ser tan variado como lo son los procesos geológicos, y prácticamente cualquier proceso geológico puede dar origen a yacimientos minerales. En un estudio más restrictivo, hay que considerar dos grandes grupos de yacimientos:

- Los de minerales, ya sean metálicos o industriales, que suelen tener su origen en fenómenos locales que afectan a una roca o conjunto de estas.
- Los de rocas industriales, que corresponden a áreas concretas de esa roca que presentan características locales que favorecen su explotación minera.

2.4.2 Procesos de formación de los yacimientos minerales

2.4.2.1 Fluidos mineralizantes

Los agentes que han producido la mineralización en los yacimientos en orden de importancia son:

- Los fluidos hidrotermales.
- El agua de mar.
- Las aguas meteóricas.
- Las aguas de origen metamórfico.
- El magma.

2.4.2.1.1 Los fluidos hidrotermales como mineralizadores

Una gran proporción de yacimientos emplazados en las franjas Metalogenéticas del Perú fueron mineralizados por fluidos hidrotermales, conocidos también como aguas juveniles, aguas magmáticas y aguas hipógenas. Estos fluidos hidrotermales se formaron al final de la consolidación del magma, el mismo que tiene de 1% a 5% de agua. En el Perú, el magma corresponde a rocas ígneas, mayormente de composición félsica a intermedia.

En profundidad se tiene mayor presión y mayor temperatura, cerca de superficie la presión y la temperatura disminuyen. En esta última condición decrece la solubilidad de los iones complejos en los fluidos hidrotermales, produciéndose las precipitaciones para formar las estructuras mineralizadas. El flujo hidrotermal a profundidad es ligeramente ácido, al reaccionar dicho flujo con la roca encajonante durante su ascenso, baja la acidez y se produce la precipitación de los minerales. (Tumialan, 2003).

2.4.2.2 Migración de los fluidos mineralizantes

2.4.2.2.1 Migración de fluidos hidrotermales

En las estructuras mineralizadas, la migración de los fluidos hidrotermales se ha realizado, de zonas de mayor presión y temperatura a zonas de menor presión y temperatura, por los sectores más permeables.

Las estructuras mineralizadas, en profundidad están sometidas a una mayor presión y temperatura respecto a las partes de menos profundidad. Estas condiciones favorecieron una migración de los fluidos hidrotermales, a manera de diseminación en las cajas de los conductos mineralizantes visibles, en las vetas del stockwork de los pórfidos de cobre, la migración ha producido reemplazamiento en rocas favorables a este proceso de mineralización, como en los diferentes tipos de rocas calcáreas.

Como controles estructurales comunes que han influenciado en la migración de los fluidos hidrotermales se tiene:

- Fallas normales, más anchas, con mayor permeabilidad en los sectores con mayor buzamiento.
- Fallas inversas, más anchas, con mayor permeabilidad en los sectores con menor buzamiento.
- Fallas dextrales, más anchas, con mayor permeabilidad en los sectores de la veta con cambio de rumbo a la derecha.
- Fallas sinestrales, más anchas, con mayor permeabilidad en los sectores de la veta con cambio de rumbo a la izquierda.

En muchas estructuras filoneo, en sentido horizontal y en secciones verticales transversales se tiene lazos cimoides. Estos lazos cimoides y la presencia de vetas tensionales han dado lugar a zonas más permeables, dando origen al relleno de las fallas del cimoides y de las fracturas tensionales, así como la diseminación de sus cajas. (Tumialan, 2003).

2.4.2.2 Migración del magma como mineralizador

Los diques de composición intermedia, al reactivarse con vetillas en el mismo dique y con mineralización hidrotermal posterior muy cercana en tiempo y espacio al emplazamiento del dique, migraron de lugares de mayor presión a lugares de menor presión, en fallas producidas generalmente por fuerzas de distensión (separación de cajas), formando fallas normales. La migración de las soluciones hidrotermales en las vetillas dentro de estos diques fue similar.

2.4.2.3 Migración de diques de composición intermedia y de brechas volcánicas

Se manifiesta por la presencia de vetillas dentro de diques de composición intermedia, el relleno mineral se origina por soluciones hidrotermales. Los diques no son de gran longitud, varían de 200m a 600 m. La migración se produjo por diferencia de presión rellenando fallas normales.

Las vetillas y vetas en los diques referidos tienen las mismas características de las estructuras del tipo filón de fisura, en lo que respecta a la migración de sus fluidos mineralizantes. Incluso las vetas, algunas veces se prolongan fuera de los límites de los diques. (Tumialan, 2003).

2.4.3 Clasificación de yacimientos minerales

Los yacimientos minerales son entidades que presentan grandes variaciones en su forma, tamaño, contenido mineral, valor económico y origen. En consecuencia, es difícil que encajen todos estos factores en casilleros propios y, según sea el factor predominante, será el tipo de clasificación empleada. En la sistematización de los yacimientos, han predominado las clasificaciones por forma y sustancia, las genéticas y últimamente las de tipos de yacimientos.

Las clasificaciones por forma y sustancia son las más sencillas, presentan interés para el minero y para el geólogo que calcula las reservas minerales de los yacimientos. Son bastante simples y no abarcan todos los conocimientos sobre los yacimientos. Una clasificación basándose en este concepto sería:

Yacimientos regulares: Capas (carbón) y filones (fisuras, estratos, contacto, lenticulares).

Yacimientos irregulares: Stocks (masas irregulares con límites definidos) e impregnaciones (masas irregulares con límites indefinidos).

Las clasificaciones genéticas distinguen a los yacimientos por su origen similar al de las rocas, está basada en la identificación del proceso geológico que ha dado origen a la concentración de minerales. Esta clasificación estaría más cercana de la clasificación ideal, pero sólo si las teorías que las sustentan son sólidas y esencialmente completas. Las clasificaciones más empleadas serían las de Lindgren (1907,1913), Niggli (1988-1953), Schneiderhohn (1931,1941) y Smirnov (1974,1976). Se mencionan algunas:

Lindgren, introdujo un sistema de clasificación genética que posteriormente fue modificada conservando sus principios básicos. Este sistema se considera bueno para su uso en campo. Las denotaciones de temperatura y presión en este esquema son a lo más, solamente aproximadas y sujetas a modificación constante. (Lindgren, 1913).

2.4.3.1 Clasificación genética de Lindgren (1913), modificada

Depósitos producidos por procesos químicos de concentración; las temperaturas y presiones varían entre límites amplios; en magmas de proceso de diferenciación.

Yacimientos magmáticos: Yacimientos desegregación magmática, yacimientos por inyección. Temperaturas entre 700° y 1500°C; presiones muy altas.

Yacimientos vulcanogénicos: Asociados normalmente a acumulaciones volcánicas. Temperaturas entre 100° y 600°C; presión atmosférica o moderada.

A partir de masas efusivas; sublimados, fumarolas. Temperaturas de 100° a 600°C; presión atmosférica o moderada. A partir de masas efusivas (Yacimientos ígneo metamórficos). Temperaturas oscilando probablemente entre 500° y 800°C; presión muy alta.

Por aguas calientes ascendentes de origen incierto, probablemente magmáticas, metamórficas, oceánicas, connatas o meteóricas.

Yacimientos hipotermales: Deposición y concentración a grandes profundidades, temperatura y presión elevadas. Temperatura entre 300° y 500°C; presión muy alta.

Yacimientos mesotermales: Precipitación y concentración a profundidades intermedias. Temperatura de 200° a 500°C; presión alta.

Yacimientos epitermales: Precipitación y concentración a poca profundidad. Temperaturas de 50° a 200°C; presión moderada.

Depósitos teletermales: Precipitación a partir de “soluciones gastadas”. Temperaturas y presiones bajas; es el término más alto del rango hidrotermal.

Depósitos xenotermales: Precipitación y concentración a profundidades someras, pero a temperaturas altas. Temperatura alta a baja; presión moderada a atmosférica.

Otra clasificación genética fue propuesta por Smirnov, quien clasificó a los yacimientos condicionándolos por su origen bajo determinados contextos litológicos y estructurales. En su clasificación, a los depósitos minerales relacionados con procesos ígneos, se les nombra endógenos o magmáticos; los relacionados con procesos sedimentarios: exógenos o sedimentogénicos y, los relacionados con procesos metamórficos: metamorfogénicos.

2.4.3.2 Clasificación genética de los yacimientos minerales (Smirnov, 1976).

Tabla N° 1: Clasificación genética de los yacimientos minerales según Smirnov.

SERIE	GRUPO	CLASE
ENDÓGENA	Magmáticos	Licuación Magmáticos Tempranos Magmáticos Tardíos
	Pegmatíticos	Pegmatitas simples Pegmatitas recristalizadas Pegmatitas metasomáticas
	Carbonatitas	Magmáticas Metasomáticas Combinadas
	Skarn	Calcáreos Magnesianos
	Albita-Greisen	Albita Greisen (casiterita, wolframita)
	Hidrotermales	Plutonogénicos Vulcanogénicos Amagmatogénicos (teletermales o estratiformes)
	Sulfuros Masivos	Metasomáticos Vulcano-sedimentarios Combinados
EXÓGENA	Intemperismo	In situ Infiltrados
	Placer	Eluviales Deluviales Proluviales Aluviales Laterales Glaciares
	Sedimentarios	Mecánicos Químicos (sales, yeso) Bioquímicos (carbón, fosforitas) Vulcanogénicos
METAMOR-FOGÉNICA	Metamorfizados	Metamorfizados regionales Metamorfizados de contacto

2.4.4 Secuencia paragenética

Es el orden de cristalización de los minerales, se obtiene estudiando las texturas de las estructuras mineralizadas.

Una determinación cuidadosa de la secuencia paragenética de los yacimientos en el Perú se aplica en el zoneamiento local de las estructuras mineralizadas, a la cual pertenecen las muestras estudiadas. Además, correlacionando la secuencia paragenética de varias estructuras mineralizadas, se obtiene la secuencia paragenética de un yacimiento o de varios yacimientos, esto permite luego tener la secuencia paragenética de un distrito minero.

El orden de mineralización por lo general, está en relación directa a la temperatura de deposición, es decir a mayor temperatura se depositaron los primeros minerales, a menor temperatura se depositaron los minerales de última deposición, por último a temperatura ambiental se formaron los minerales por proceso supérgeno. (Tumialan, 2003).

2.4.5 Zoneamiento

Es la distribución espacial de los minerales según las condiciones de temperatura, presión y rasgos geológicos durante la deposición de los minerales. Este zoneamiento se observa a diferentes escalas.

2.4.5.1 Zoneamiento regional

A nivel regional se tiene una distribución de franjas mineralizadas concordante a la Cordillera de los Andes, de oeste a este se tiene; franjas de fierro, cobre-oro, plata-oro-polimetálicos, polimetálicos, oro-polimetálicos, oro.

2.4.5.2. Zoneamiento local

Las estructuras mineralizadas de los yacimientos en el Perú tienen un zoneamiento distribuido según el flujo mineralizante.

2.4.6 Alteración hipógena de la roca

En la exploración de yacimientos en el Perú se estudia con mucho cuidado la alteración hipógena de las cajas de las estructuras mineralizadas, por cuanto está ligada a una cierta temperatura de la solución mineralizante y a la ubicación de las áreas mineralizadas.

Como resultado de esta alteración hipógena se tiene nuevos minerales formados a consecuencia de la reacción de la caja con la solución mineralizante, o una simple recristalización, cambio de las condiciones físicas (diferente coloración, roca más competente o menos competente).

En la prospección de yacimientos, lo primero que se observa a la vista es la alteración hipógena de la caja. En un yacimiento formado por varias estructuras mineralizadas, se observan las alteraciones hipógenas, que se hacen extensivas a un distrito minero.

Mediante imágenes satelitales, combinando diferentes bandas del espectro, se detectan las zonas con alteración hipógenas de las rocas, información valiosa en exploración de yacimientos de minerales.

El procesamiento de las imágenes Landsat mediante combinación de bandas, permite delimitar áreas con anomalías espectrales, tales como zonas de oxidación, sulfuración, argilización, propilitización y otras alteraciones hipógenas. Además debe considerarse el ancho de dicha alteración hipógena, que varía de decímetros a decenas de metros. (Tumialan, 2003).

2.4.6.1 Tipos de alteración hipógena.

2.4.6.1.1 Skarn

El skarn se forma a una temperatura de 400°C - 600°C, en el contacto de intrusivo con caliza. En el endoskarn, los minerales que constituyen el skarn están diseminados en el intrusivo, en el exoskarn cuando estos minerales se emplazan en la caliza.

Los minerales de esta alteración hipógena están representados por granate, wollastonita, piroxenas (diópsido, hedenbergita), anfíbofes (tremolita, actinolita), epidota, ilvaita, escapolita y otros conocidos como silicatación. En algunos casos, adyacente al exoskarn se tiene la marmolización.

Su reconocimiento se realiza por sus minerales y su emplazamiento entre el intrusivo y la caliza. Como cambio físico de la roca original, los granos del skarn y de la marmolización son más gruesos. La estabilidad original de la roca no varía, salvo en algunos sectores donde se observa una alteración hipógena retrogresiva en fallas, fracturas o brechas en el skarn con argilización, propilitización a menor temperatura relacionada a la metalización en donde la estabilidad de la roca es menor.

La coloración de la roca original varía, se torna más oscura (marrón a verdosa), en la marmolización la caliza es más clara, en los sectores con argilización es más clara, en la propilitización es más verdosa.

2.4.6.1.2 Greisen

Es una alteración hipógena no común en yacimientos peruanos. Esta alteración hipógena está constituida por granos de cuarzo, feldespatos, micas de grano grueso, muchas veces con turmalina. Se forman a alta temperatura, alrededor de 500°C.

Su ancho de alteración varía de 0,1 m a 1 m. Está presente en los yacimientos pegmatíticos como en la mina Adán en el Batolito de la Costa (Chimbote), en la Cordillera de la Costa en rocas metamórficas del Precámbrico (Camaná).

Se reconoce por su ensamble mineralógico y por estar ligado a pegmatitas; físicamente, la roca original no cambia de color, tampoco en su estabilidad, se nota un ligero incremento del tamaño de grano.

2.4.6.1.3 Alteración potásica

Esta alteración se forma a una alta temperatura de 300°C a 500°C, mineralógicamente se observa reemplazamiento de plagioclasa por ortosa (feldespato potásico), reemplazamiento de hornblenda o clorita por biotita,

muscovita. La alteración potásica se presenta en los yacimientos porfiríticos de cobre en el sur del Perú, asociados al Batolito de la Costa, como en Toquepala, Quellaveco, Cuajone, Cerro Verde, Santa Rosa, Cerro Negro. En los pórfidos de cobre en el norte del Perú en la franja sedimentaria mesozoica, como en Cerro Corona, La Granja, Michiquillay, Galeno, Minas Conga y otros pórfidos que en la actualidad se encuentran en plena exploración.

En los pórfidos de cobre en el centro del Perú, en la franja sedimentaria mesozoica de la Cordillera Occidental, entre ellos, Toro Mocho, Chancas, Antapacay (antiguamente Atalaya).

En este caso el área de alteración hipógena, corresponde a la parte central del pórfido generalmente circular a ovoide, que representa el sector de mayor temperatura del pórfido, rodeado concéntricamente con un anillo de sericitización o alteración fílica de menor temperatura, en la parte externa un anillo concéntrico de propilitización de menor temperatura que las anteriores.

Su reconocimiento se realiza por su ensamble mineralógico y por su posición dentro del área del afloramiento del pórfido de cobre. Físicamente el color y la estabilidad de la roca original no varía.

2.4.6.1.4 Silicificación

Está representada por una fina disseminación de sílice en la roca encajonante debida al aporte de la solución mineralizante a una temperatura de 300°C a 500°C. Su ancho de alteración varía de 0,1 m a 2,0 m; se observa adyacente a la caja de la veta, particularmente en vetas hidrotermales tipo cordillerano en los diferentes ambientes geológicos del Perú. En la mayoría de estos yacimientos, la silicificación se observa con mayor frecuencia dentro de las vetas en clastos brechosos de la roca encajonante, este aspecto es más común.

En el Batolito de la Costa ocurren clastos silicificados entre Nazca y Ocoña. En la franja volcánica cenozoica, tenemos silicificación en las vetas de Casapalca, Venturosa.

En la franja sedimentaria mesozoica, existen clastos silicificados dentro de las vetas en varios distritos mineros, silicificación en vetas de rocas volcánicas del Pérmico en Morococha. En la Cordillera Oriental, ocurren clastos silicificados dentro de las vetas en los yacimientos de oro del batolito de Pataz. En estos yacimientos la silicificación es de alta temperatura. En los yacimientos epitermales de diseminación de oro de baja ley en la franja volcánica cenozoica, explorados desde 1985 hasta la fecha actual, tal como en Yanacocha (Cajamarca) y Pierina (Ancash) yacimientos diseminados de oro de alta sulfuración, en los que se observa volcánicos silicificados porosos conocidos como vuggy sílica, que se emplazan en la parte superior del yacimiento diseminado de oro hasta una profundidad de 50 m y 150°C de temperatura.

2.4.6.1.5 Sericitización

Es conocida además como alteración fílica, es común en las vetas hidrotermales, como en Pasto Bueno (vetas de tungsteno, Ancash), en los pórfidos de cobre antes mencionados. Esta alteración se produce a temperaturas de 200°C a 300°.

Mineralógicamente se tiene sericita (muscovita fina) producida por alteración de los feldespatos. El ancho de alteración en las vetas varía de 0, 1 m a 2,0 m. En los pórfidos de cobre se encuentra como una franja concéntrica rodeando al área de alteración potásica, el ancho de esta franja concéntrica está en función de la dimensión del pórfido, pudiendo ser dicho ancho del orden de centenas de metros. En los yacimientos diseminados de oro, a profundidad se observa una ligera sericitización. la sericitización se reconoce por su aspecto blanquecino, la cuchilla lo raya, es untuoso al tacto, algo brillante. La roca sericitizada, físicamente es blanquecina, es más incompetente por lo que se requiere sostenimiento en labores mineras subterráneas.

2.4.6.1.6 Alunitización

Mineralógicamente la alunita es un sulfato hidratado de aluminio y potasio, se forma de 200°C a 250°C. Se observa en cuerpos mineralizados de cobre formados por reemplazamiento hidrotermal en calizas en el distrito minero de

Hualgayoc (Cajamarca), acompañado por argilización. Su presencia es mayor en los yacimientos diseminados de oro de Yanacocha (Cajamarca) y de Pierina (Ancash). El ancho de alteración varía de 0,1 m a 2,0 m en los cuerpos referidos. En los yacimientos diseminados de oro la distancia vertical varía de 10m a 70 m, acompañado de manera subordinada por argilización.

Se reconoce por su coloración blanquecina, se raya con la cuchilla, y por la presencia de la alunita. La roca alunitizada es más clara, es una roca incompetente.

2.4.6.1.7 Argilización

Es una alteración hipógena común en yacimientos hidrotermales del Perú. Se caracteriza por la presencia de diferentes tipos de arcillas, las cuales se forman por la alteración de los feldspatos de las rocas encajonantes a temperaturas entre 200°C y 250°C.

La argilización se observa en estructuras filoneanas; en cuerpos mineralizados producidos por relleno y reemplazamiento de calizas por soluciones hidrotermales; en cuerpos tipo skarn con fracturas, fallas, brechas como un metamorfismo retrogresivo.

En las vetas varían de 0,1 m a decenas de metros. La argilización está presente en las vetas de los yacimientos de oro en el Batolito de la Costa entre Nazca y Ocoña.

En la franja volcánica cenozoica, la argilización se observa en las vetas tipo cordillerano, como en Madrigal (Arequipa), Pacococha (Lima), Hércules (Ancash). En vetas de plata en dicha franja volcánica, como en Santa Bárbara (Puno), Arcata, Cailloma, Orcopampa (Arequipa), San Juan de Lucanas (Ayacucho), San Genaro, Julcani (Huancavelica). En los yacimientos diseminados de oro de alta sulfuración se emplaza debajo de la alunitización en una distancia vertical de 10 m a 70 m.

En las vetas de la franja sedimentaria mesozoica, la argilización es común en los distritos mineros de Hualgayoc y Sayapullo (Cajamarca), en los distritos

mineros de Raura, Morococha (Lima), Atacocha, Colquijirca (Paseo), Marta (Huancavelica).

En la Cordillera Oriental, la argilización está presente en el yacimiento filoniano de oro de Poderosa.

Su reconocimiento se realiza por la identificación de la arcilla diseminada, se raya con la cuchilla y es de coloración blanquecina. La roca argilizada es más clara y es menos competente.

2.4.6.1.8 Propilitización

Es igualmente una alteración hipógena común en yacimientos hidrotermales del Perú. Se observa clorita, epidota, calcita por alteración hidrotermal de los minerales ferromagnesianos de la roca encajonante. Este tipo de alteración hipógena se produce en el rango de 180°C a 220°C.

La propilitización se observa en las estructuras filoneanas, en los pórfidos de cobre se emplaza en la parte externa de la alteración como fílica o sericítica, como otra franja concéntrica cuyo ancho es de varios cientos de metros.

En las estructuras filoneanas, se observa propilitización en las vetas de oro de Ocoña, en el Batolito de la Costa.

En la franja volcánica cenozoica, la propilitización está presente en las vetas de plata de Coriminas (Arequipa), en las vetas de plata de Santa Catalina (Lima) y en las vetas de plata de Millotingo (Lima).

En muchos yacimientos de la franja sedimentaria mesozoica, la propilitización está más alejada de la silicificación, sericitización y argilización, de manera telescópica.

En la Cordillera Oriental, la propilitización se observa en las vetas de los yacimientos de oro de Marsa y Horizonte (La Libertad), en el yacimiento de estaño de MINSUR - Puno. (Tumialan, 2003).

CAPÍTULO III

MATERIALES Y MÉTODOS

3.1 MATERIALES

Los materiales y equipos que se utilizaron son básicamente para trabajos de topografía y geología, tanto en campo y gabinete que a continuación se detalla:

- Estación total.
- Prisma.
- Planos topográficos.
- Accesorios para levantamiento topográfico.
- Laptop.
- Chaleco de geólogo.
- Libreta de campo.
- GPS.
- Brújula.
- Picota o martillo de geólogo.
- Flexómetro.
- Wincha métrica.
- Lápices de colores.
- Tablero.

- Cámara fotográfica.
- Lupa.
- Lápiz de dureza.
- Ácido clorhídrico.
- Bolsas de muestreo.
- Mochilas de muestreo.
- Talonarios de muestreo.
- Cinceles.
- Combas de 4 Lbs.
- Pintura y/o spray.
- Útiles de escritorio.
- Materiales para muestreo y otros.

3.2 METODOLOGÍA DE INVESTIGACIÓN

3.2.1 Recopilación de información

En esta primera etapa se revisó toda la información disponible que esté relacionado a los estudios geológicos de la zona y así mismo se elaboró los planos topográficos base a diferentes escalas y planos geológicos regionales existentes. Se empleó información del Cuadrángulo de Chuquibamba 32q y Boletín No 4, Serie E “Mineralización y Explotación Minera Artesanal en la Costa Sur Media del Perú”. – INGEMMET.

3.2.2 Trabajo de campo

En esta fase se realizó el levantamiento topográfico superficial a escala 1/1000, asimismo la ubicación de puntos geológicos. Una vez obtenida la base topográfica se procedió con el cartografiado geológico que consiste en detallar la litología, mineralogía, estructuras y alteraciones; asimismo se realizó trabajos de trincheras y muestreo en cada una de las vetas que aflora en superficie.

Cabe mencionar que de manera simultánea se desarrolló el levantamiento topográfico subterráneo y muestreo sistemático en labores de explotación y exploración de la mina.

3.2.3 Trabajo de gabinete

Con el cartografiado realizado así como el muestreo, se procedió a sistematizar y consolidar la información recopilada, generando una base de datos. En esta etapa se elaboró el mapa geológico y muestreo del área de estudio a escala 1/1000.

Con la base de datos obtenida se elaboró secciones longitudinales a escala 1/1000 de cada una de las vetas y el respectivo mapa de muestreo, la misma que sirvió como base para la estimación de reservas y recursos del depósito aurífero.

Finalmente se procedió a redactar el presente trabajo de investigación y entrega de borradores de Tesis.

CAPÍTULO IV

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1 CARACTERIZACIÓN GEOLÓGICA DEL AREA DE ESTUDIO

4.1.1 GENERALIDADES

4.1.1.1 Ubicación

La zona de estudio se encuentra ubicada en la Comunidad Shila Shila, Distrito de Andaray, Provincia de Condesuyos, Departamento de Arequipa. (Ver *Lámina N° 2 - Mapa de Ubicación y Accesos*).

Tabla N° 2: Ubicación con coordenadas UTM.

Unidad/Proyecto	COORDENADAS UTM-PSAD'56		ALTITUD m. s. n. m
	ESTE	NORTE	
Minera Soledad SAC	723,850	8'238,500	1500 - 2000
	724,650	8'238,500	
	724,650	8'237,985	
	723,850	8'237,985	

4.1.1.2 Accesibilidad

El acceso principal es a través de la carretera asfaltada que une Arequipa – Camaná – Ocoña, con un recorrido de 234 Km, desde Ocoña a Chalhuané el acceso es por carretera afirmada – trocha carrozable. El tiempo de viaje es 6 horas por vía terrestre con camioneta 4X4.

Tabla N° 3: Ruta para llegar a la zona de estudio.

DESDE	HASTA	DISTANCIA EN KM	TIPO DE VÍA
Lima	Arequipa	966	Asfaltada
Arequipa	Ocoña	234	Asfaltada
Ocoña	San Juan de Chorunga	75	Afirmado – Trocha carrozable
San Juan de Chorunga	Minera Soledad	15	Trocha Carrozable
TOTAL		1290	

Lámina N° 2: Mapa de Ubicación y Accesos

4.1.1.3 Clima y vegetación

El clima de la zona es de tipo desértica con esporádicas precipitaciones fluviales, que dan lugar al crecimiento de pasto cubren una gran parte de las quebradas y en mínima proporción en la superficie; temperaturas elevadas en verano y neblinas en invierno. El clima es semi-árido, propio del clima subtropical costanero, cuyas características meteorológicas son 6° de temperatura como mínimo y 28° como máximo, asimismo cabe indicar que la precipitación anual apenas llega a 24 mm.

4.1.2 GEOMORFOLOGIA LOCAL

4.1.2.1 Generalidades

La geomorfología se centra en el estudio del relieve terrestre y rasgos fisiográficos de manera descriptiva y explicativa a consecuencia de los agentes geomorfológicos.

La estructuración de la superficie terrestre es una continua lucha entre fuerzas endógenas y exógenas y por la continua interacción entre movimientos tectónicos, meteorización, erosión y sedimentación.

La geomorfología que presenta la zona se encuentra comprendida dentro de la unidad morfoestructural de la Cordillera de Occidental de los Andes.

Presenta un relieve abrupto, formado por las elevaciones de los cerros Chalhuane, Antane y Esperanza, se puede observar una etapa de desarrollo de moderado modelamiento de la superficie como quebradas profundas, pendientes elevados, ésta se encuentra influenciada por las características climáticas e hidrológicas de la zona. (Ver Lámina N° 3 - *Mapa Geomorfológico Local*).

4.1.2.2 Factores o agentes geomorfológicos

El relieve terrestre está en constante evolución o modificación mediante una serie de procesos geomorfológicos sea constructivos o destructivos, durante el tiempo geológico y lo agrupamos en cinco factores:

- Litológico.
- Hidroclimáticos.
- Tectonismo.
- Vulcanismo.
- Antrópicos.

4.1.2.3 Unidades geomorfológicas

Dentro de las unidades geomorfológicas se puede diferenciar tres sistemas:

4.1.2.3.1 Sistema volcánico

Son geoformas de gran pendiente o elevación considerable; constituida por una cadena de cerros, originados por la edificación tectónica y volcánica.

La acumulación de material heterogéneo e inconsolidado constituido por cantos, arenas, limos y arcillas se encuentran considerados como depósitos de pie de monte.

4.1.2.3.2 Sistema fluvio - aluvial

Son depresiones de la superficie de forma longitudinal definidas por la acción del agua corriente y que se van profundizando y ensanchando durante el desarrollo de las quebradas o valles.

Los depósitos de materiales de grava y arenas que han sido transportados por los corrientes de agua van contribuyendo el ascenso de la masa continental.



Figura N° 1: Sistema volcánico y fluvio – aluvial.

4.1.2.3.3 Sistema antrópico

Comprende la construcción de viviendas rurales, obras de bienestar social, y asimismo en la zona se desarrolla la ganadería y agricultura, dependiendo básicamente de las condiciones climáticas.

La construcción de las vías es inducida por el hombre la cual forma parte de modificación geomorfológico, es decir las trochas carrozables, los caminos de herradura y otros.

4.1.3 LITOESTRATIGRAFIA LOCAL

En el área de estudio predominan las rocas ígneas intrusivas del Batolito Costanero, los mismos que forman el flanco occidental de los Andes, de edad Cretácica – Terciaria, siendo cortadas y atravesadas por la quebrada Chalhuane y numerosas quebradas, en cuyos fondos se encuentran los depósitos recientes.

Los batolitos se formaron como consecuencia de una intensa actividad magmática, relativamente continúa en el tiempo, caracterizada por pulsos de variada magnitud, que suceden en forma intermitente. El tiempo que tarda en

emplazarse un batolito es del orden de millones de años. El emplazamiento del batolito de la Costa de Perú comenzó en el Cretácico inferior y finalizó en el Mioceno, con una duración aproximada de 70 Ma. Durante este lapso se registraron varios pulsos, separados por periodos de menor actividad. Durante el Oligoceno, en el batolito de la Costa la actividad magmática disminuyó considerablemente registrándose muy pocos plutones.

Las granodioritas y tonalitas de los batolitos pérmicos son muy parecidas a las de los batolitos cenozoicos, por lo cual es necesario un detallado mapeo para poder separarlos. Finalmente, el conjunto de estas rocas se encuentran cruzadas por diques aplíticos.

Localmente las únicas rocas que afloran son las granodioritas del Batolito de la Costa, el Complejo Bella Unión emplazados por diques aplíticos y los depósitos recientes en el fondo de las quebradas. (Ver Lámina N° 4 - Mapa Geológico Local).



Figura N° 2: Afloramiento de Superunidad Incahuasi y Complejo Bella Unión.

4.1.3.1 Unidades Ígneas

4.1.3.1.1 Superunidad Incahuasi (Ks-gd-in)

Esta unidad es una formación ígnea que intruyó las unidades sedimentarias del cretáceo y terciario, se encuentra formando el batolito de la costa.

Está compuesto por rocas granodioríticas que cubren la mayor parte de depósito aurífero de Chalhuane, de color gris pardusco en superficie intemperizada y blanco grisáceo en superficie fresco, y son estas rocas encajonantes donde se emplazan las vetas auríferas.

Se caracteriza por tener un grado de cristalización holocristalino, por el tamaño del grano de sus componentes minerales es fenocristalino, variando el grano de medio a grueso. Tiene como componentes mineralógicos principales al cuarzo, plagioclasas y hornblenda, biotita como minerales accesorios. Las mismas presentan un proceso avanzado de agilización en zonas de estructuras mineralizadas, también se observa en partes las tonalitas por la coloración más clara que presenta.

Asimismo estas rocas se encuentran intruídas en los diques de carácter básico, con ciertas tonalidades gris oscuro en la mayoría, en direcciones de las fallas.

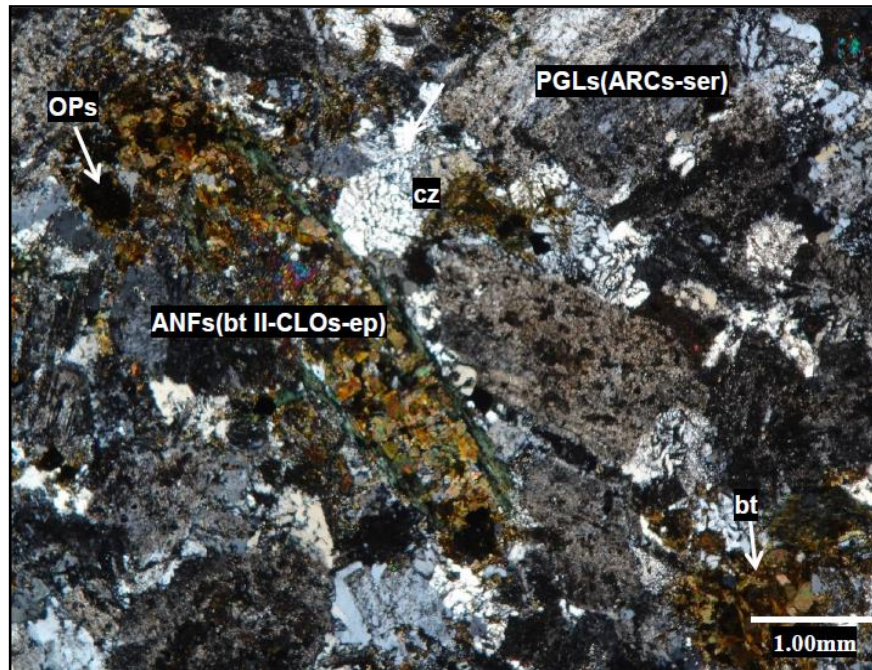


Figura N° 3: Anfíboles alterados por biotita (bt II), cloritas (CLOs) y epidota (ep), además de minerales opacos diseminados (OPs) junto con plagioclasas (PGLs) y cuarzo (cz). Fotomicrografía en NX.

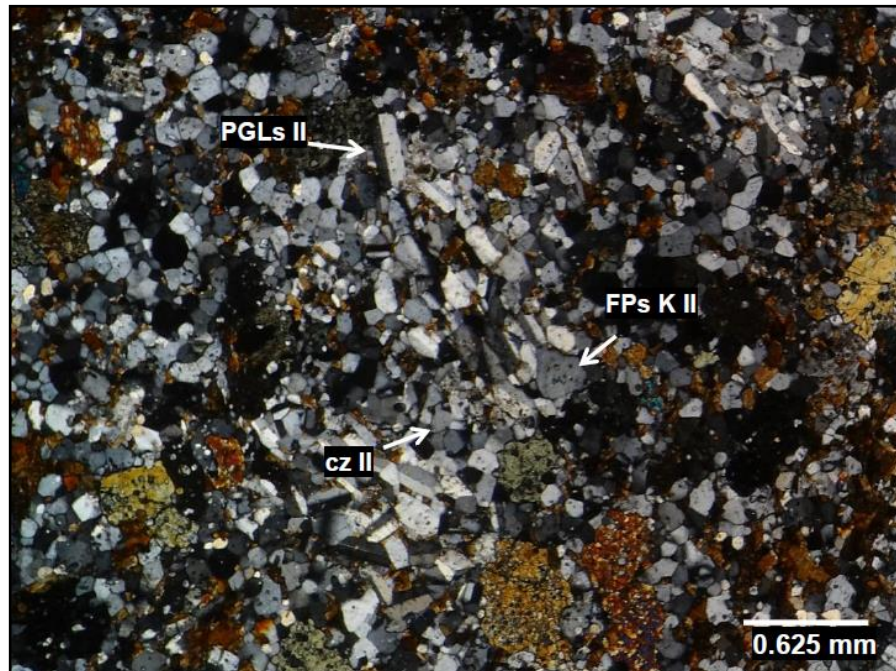


Figura N° 4: Matriz granoblástica conformada por blastos de plagioclasa II (PGLs), cuarzo II (cz II) y feldspatos potásicos (FPs K II). Fotomicrografía en NX.

4.1.3.1.2 Complejo Bella Unión (Ks-bu)

La litología es muy variada dentro del complejo Bella Unión, caracterizada por una brecha de intrusión de naturaleza andesítica o dacítica, en bloques subangulos, también se observan otros cuerpos de secuencia subvolcánica, como dioritas de grano fino porfíricas gris verdosas, este complejo está cortado por diques aplíticos. Se extiende a lo largo del afloramiento de las vetas de dirección NW-SE, limitado por grandes lineamientos estructurales que posiblemente controlen su emplazamiento.

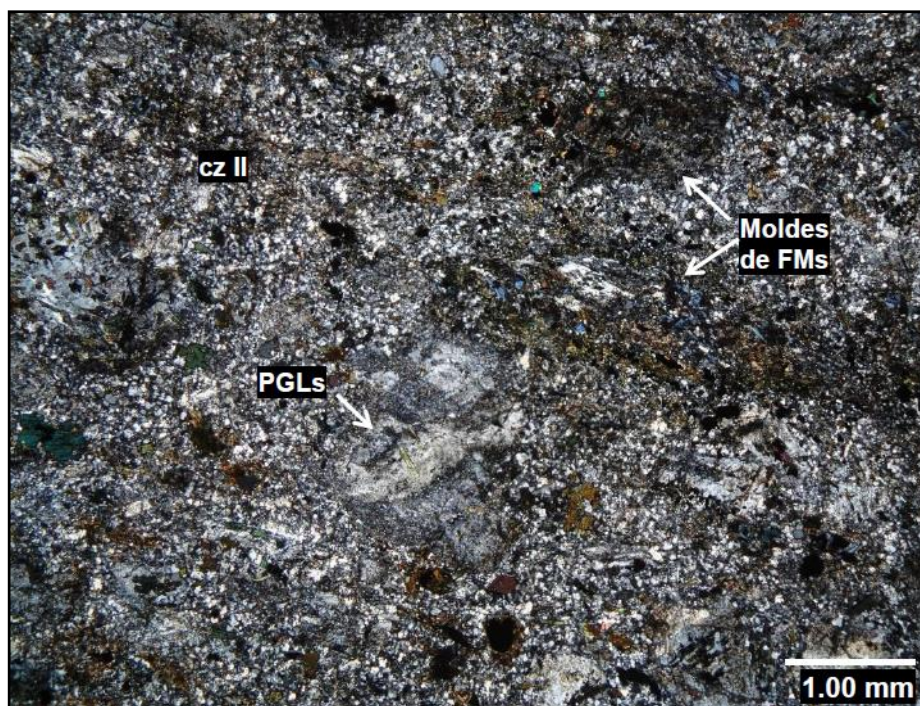


Figura N° 5: Roca de textura porfídica conformada por fenocristales de plagioclasas (PGLs) y moldes de ferromagnesianos (FMs) inmersos en una matriz silicificada (cz II). Fotomicrografía en NX.

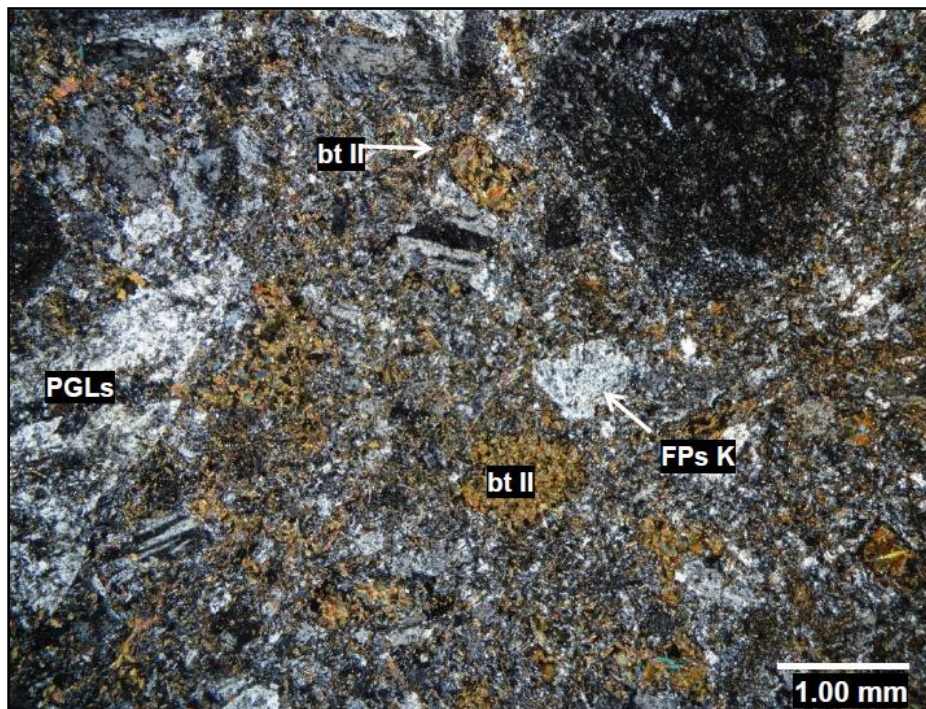


Figura N° 6: Muestra con textura porfírica y fenocristales de plagioclasa (PGLs), feldespato potásico (Fps K) y moldes relleno de biotita II (bt II). Fotomicrografía en NX.

4.1.3.2 Depósitos Cuaternarios (Q-co)

Comprenden los depósitos existentes en los fondos de los valles siendo los más representativos compuestos por depósitos de limos, arenas y gravas, que han formado canales fluviales, terrazas con gradación a los depósitos de pie de monte, de arenas y clastos angulosos e inconsolidados.



Figura N° 7: Depósito cuaternario; conjunto inconsolidado de clastos, grava, arena y limos.

ERATEMA	SISTEMA	SERIE	UNIDAD LITOST.	COLUMNA ESTRATIGRÁFICA	DESCRIPCIÓN
CENOZOICA	CUATERNARIO	RECIENTE	Depósitos Cuatern.		Depósitos de pie de monte, clastos subangulos compuesto por limos, arenas y gravas
MESOZOICA	CRETÁCICO	SUPERIOR	Complejo Bella Unión		Secuencia de intrusión subvolc andesítica o dacítica Bloques subangulosos, dioritas de grano porfirítico
			Super Unidad Incahuasi		Secuencia de intrusión ignea compuesto por granodioritas y tonalitas

Figura N° 8: Columna Estratigráfica Local.

Fuente: Elaboración Propia.

4.1.4 GEOLOGIA ESTRUCTURAL LOCAL

4.1.4.1 Generalidades

Los rasgos estructurales más importantes en las rocas intrusivas son sistemas de diaclazamiento, fracturamientos, fallas e intrusionados por diques, que se caracterizan por tener un fracturamiento más pronunciado.

El fracturamiento y fallamiento pertenece a una secuencia de eventos tectónicos que han afectado a esta región desde periodos precámbricos, originando zonas de debilidad en la que se han emplazado los grandes cuerpos intrusivos durante la tectónica andina.

4.1.4.2 Fallamientos

Las estructuras se encuentran emplazadas en los sistemas de fallas, que en su mayoría se encuentran mineralizadas, éstas fallas se presentan conjugadas (inversa - dextral), producto de esfuerzos tensionales y de compresión.

- Falla 01: Sistema Noroeste – Sureste.
- Falla 02: Sistema Norte – Sur.
- Falla 03: Sistema Norte – Sur.



Figura N° 9: Afloramiento de la veta sangre de toro desplazado por una falla sub-horizontal inversa.

4.1.4.3 Fracturamientos y cizallamientos

Los fracturamientos originados son producto del intenso cizallamiento del intrusivo, que en alguno se encuentran rellenas por vetillas de cuarzo y/o calcita.

Los cizallamientos mayormente se alinean en el rumbo de las fallas y estructuras.



Figura N° 10: Zona de cizallamiento con dirección al rumbo de la falla.

4.2 DETERMINACIÓN DE ÁREAS DE INTERES ECONÓMICO Y PROSPECTIVO

4.2.1 Depósito del yacimiento

El yacimiento de Chaluane es de origen hidrotermal por lo que el desplazamiento de las soluciones hidrotermales desde su origen hasta el lugar de deposición depende en gran manera de las aberturas que se hallen disponibles en las rocas. Los conductos por los cuales el agua se moviliza son fundamentalmente fallas y diaclasas. Por consiguiente, las aberturas en las rocas son fundamentales para la formación de depósitos epigenéticos.

4.2.2 Tipo de yacimiento

La mina de Chaluane es un yacimiento aurífero filoneano tipo rosario de origen hidrotermal, ubicado dentro de la franja aurífera Ocoña-Nazca; cuyas vetas están emplazadas en las rocas intrusivas del Batolito de la Costa.

El depósito aurífero tiene las características de un yacimiento filoneano de naturaleza mesotermal, y está rodeado de minas auríferas cercanas como San

Juan de Chorunga que ha producido ya cerca de un millón de onzas y la mina Alpacay cuya producción histórica está por encima de 150 mil onzas

Según Lindgren, para esta clasificación se ha considerado que la roca encajonante presenta un halo de alteración de poca dimensión como sericitización, cloritización, así como minerales arcillosos en pequeña escala.

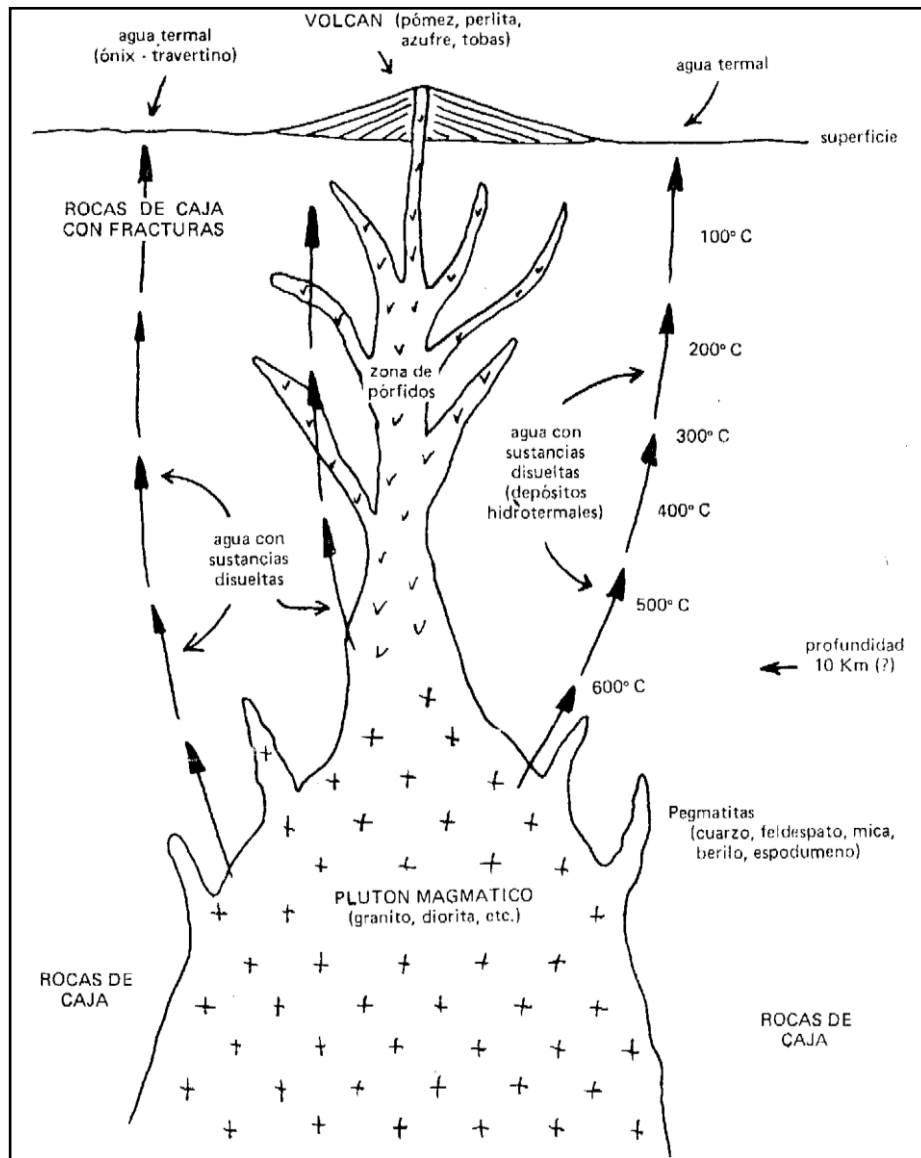


Figura N° 11: Esquema del origen de mineralizaciones magmáticas e hidrotermales.

Fuente: Internet.

4.2.3 Paragénesis del yacimiento

Basado por las observaciones efectuadas en el campo se puede deducir la posibilidad de que la deposición de los minerales se habría producido en dos etapas:

Primera etapa: Se habría depositado el cuarzo hialino, el mismo que ocupó principalmente los espacios adyacentes a las cajas, se deduce esto porque en algunos lugares donde la fractura es estrecha, sólo se tiene el cuarzo, por ello también es a éste al que se le sigue en la búsqueda de mineral preciosos.

Segunda etapa: En esta etapa se inyectó al mismo tiempo los sulfuros (pirita, calcopirita, trazas de pirrotita) algo de cuarzo con oro nativo asociado a la pirita.

Estas dos etapas estarían representadas por el bandeamiento que se observa en la estructura mineralizada.

4.2.4 Zoneamiento

El principal factor para la deposición de los minerales en áreas más o menos definidas es el punto de fusión de cada uno de ellos, pues los minerales menos solubles y de temperatura más alta se depositarán cerca del foco y los más solubles de temperatura más baja se depositarán a mayor distancia del centro de origen. Otro de los factores podría ser la presión y concentración de las soluciones y reacciones que se operan entre los mismos componentes de las soluciones y reacciones con las rocas encajonantes.

Teniendo en cuenta estas causas y siguiendo las etapas de deposición observada en la paragénesis, la distribución espacial de los minerales en estas vetas a grandes rasgos en forma macroscópica y por deducción sería:

El zoneamiento vertical es de la siguiente manera; en los niveles profundos predomina el cuarzo, la pirita, calcopirita, algo de esfalerita, y en poca cantidad la pirrotita; en los niveles superiores haya la predominancia del cuarzo, pirita y en menor proporción.

En cuanto al zoneamiento horizontal, no está bien definido, en vista que las operaciones solo están centradas en un solo clavo mineralizado menos de 300 m en cada una de las vetas, por lo que se observa una mineralización algo homogénea.

4.2.5 Génesis de yacimiento

Sólo existen las rocas ígneas granodiorita y diorita en menor escala, ésta instruida por diques aplíticos. Por lo cual se puede deducir que posiblemente, el yacimiento está íntimamente relacionado con el magma que ha originado a dichas rocas. En todo caso, las soluciones mineralizantes que dieron lugar a la veta, pueden ser líquidos residuales del mismo magma; porque la veta está relacionada con los diques aplíticos.

4.2.6 Estructuras mineralizadas

4.2.6.1 Veta El Viento

Es la estructura más importante de este sector, se encuentra emplazado en rocas del Complejo Bella Unión, compuesta dioritas de grano fino y grueso, en algunas zonas se observa que han sufrido cierto grado de metamorfismo.

En afloramiento se reconoció dos clavos mineralizados, una primera que consta de 350 m. de longitud aproximadamente, la misma que está fuertemente avanzado con el laboreo subterráneo de Cía Minera; y una segunda que se ubica al NW con una longitud de 200 m. aproximadamente, la misma que ya se encuentra en proyecto.

A lo largo del afloramiento de la veta de pudo obtener anchos que oscilan de 0.03 m hasta 0.60 m.; con rumbo de 55° - 60° NW y buzamiento que oscila entre 75° - 86° S.

La mineralización está constituida por cuarzo hialino a blanco, textura masiva; pirita, diseminada y en hilos; calcopirita, oro libre y abundantes óxidos limoníticos – hematíticos cerca de superficie. (*Ver Lámina N° 5 – Mapa Muestreo de Estructuras Mineralizadas*).

4.2.6.2 Veta Sangre de Toro

Se encuentra emplazado en rocas granodioríticas del Batolito de la Costa, con moderada alteración argílica.

Es una estructura que tiene una longitud aproximada de 550 m discontinuo, la misma limitada por la falla 02 y 03, y ésta hace que se formen pequeños clavos mineralizados.

En afloramiento se reconoció dos clavos mineralizados, una primera que consta de 290 m. de longitud aproximadamente, la cual ya cuenta con laborero subterráneo de Cía Minera; y el segundo clavo mineralizado se encuentra al NW con una longitud de 260 m. aproximadamente.

La potencia de esta veta varía entre 0.08 a 1 m.; con una orientación N 60° W y buzamiento 80° - 85° S. La mineralización que presenta es cuarzo blanquecino y en partes cuarzo con boxworks, pirita, puntos de calcopirita, oro libre en el cuarzo.

4.2.6.3 Veta Santa Rosa

La estructura mineralizada en gran longitud se encuentra emplazada en el contacto entre el Complejo Bella Unión y la Superunidad Incahuasi. Tiene una longitud de 220 m, los anchos varían de 0.08 a 0.45 m, tiene rumbo N 52° W y buzamiento 79° – 88° SW.

En el extremo E la veta termina en ramaleo tipo cola de caballo; la mineralización se presenta en vetillas de cuarzo hialino, pirita, puntos de calcopirita, oro libre en el cuarzo.

4.2.6.4 Veta Ubaldina

Se encuentra emplazado en dioritas del Complejo Bella Unión; al sur de la veta El Viento, tiene una longitud de 180 m, anchos que varían entre 0.07 a 0.13 m., rumbo N 64° W y buzamiento 87°S.

Esta veta se encuentra cubierta en su mayor parte y su continuación ha sido establecida por medio de labores antiguas y cateos (Cedimin, 2000). Muestra valores bajos entre 1 y 7 gramos de oro.

4.2.7 Mineralización del yacimiento

La mineralogía reconocida en la Mina Chalhuane son el oro en estado libre, cuarzo hialino, cuarzo blanquecino, pirita, y en menor contenido se aprecia calcopirita, esfalerita entre otros. Los minerales que forman la ganga son la calcita, cuarzo, pirita, hematita, limonita, goetita y otros.

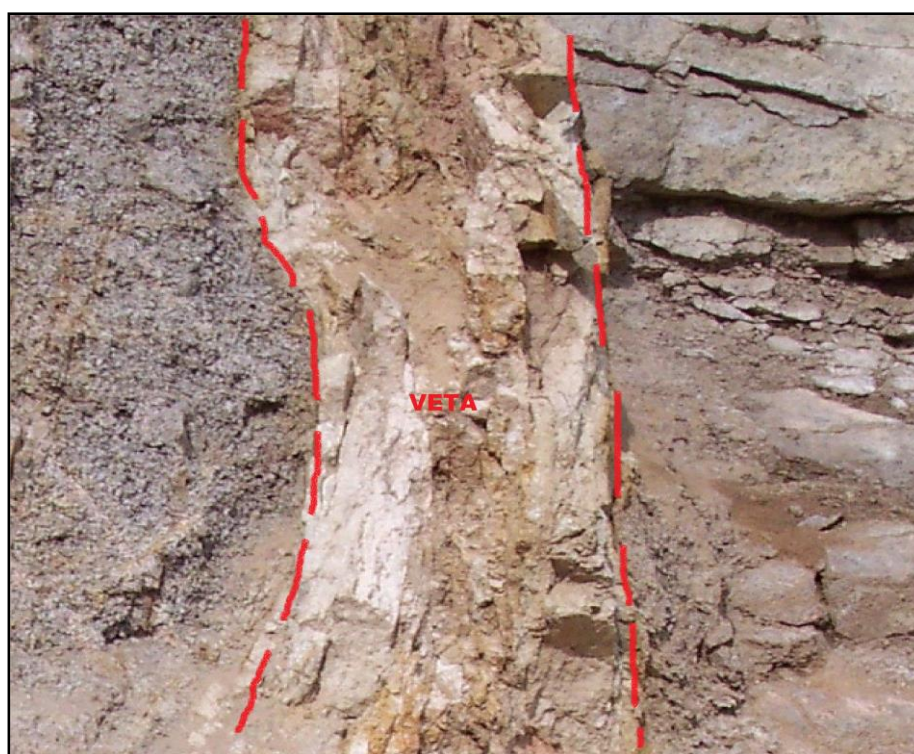


Figura N° 12: Afloramiento de la veta sangre de toro con moderada alteración argílica.

4.2.7.1 Controles de mineralización

Se consideran, como controles de mineralización a las condiciones favorables de interacción de enlace geoquímico con la roca caja y las soluciones hidrotermales, originados por procesos magmáticos posteriores; en las que se observan la formación de clavos mineralizados.

4.2.7.1.1 Control litológico

Las estructuras mineralizadas se encuentran emplazadas en rocas de composición calco – alcalinas; caracterizados por granodiorita, dioritas y diques aplíticos; a los cuales se le considera como franja metalogénica de Mesozoico.

Asimismo, cabe indicar que el metalotecto es favorable para la mineralización aurífera en esta zona sur del Perú.

4.2.7.1.2 Control mineralógico

En Chalhuane como en otros yacimientos de la franja Nazca – Ocoña el oro se asocia directamente a la mineralización de pirita de textura fina y al cuarzo hialino a blanquecino. En profundidad el ensamble de pirita-calcopirita-cuarzo es indicador de valores de oro.

La oxidación en forma de hematita, limonita y jarosita es una guía determinante para prospectar mineralización de oro.

4.2.7.1.3 Control estructural

La estructura más dominante en el depósito aurífero de Chalhuane, es la falla del mismo nombre (Quebrada) a lo largo de esta estructura se emplaza las vetas orientados al dominio andino, tiende a desplazar en cortas distancias, se considera como control estructural para la mineralización aurífera del yacimiento.

Los cambios de buzamiento y de rumbo favorecieron a la mayor concentración de valores de oro.

4.2.8 Alteraciones hidrotermales

Las alteraciones hidrotermales son procesos geológicos producidos en rocas y cuerpos de rocas por soluciones hidrotermales, es decir cambios mineralógicos, químicos o texturales de una roca preexistente.

4.2.8.1 Factores que controlan en la alteración de las rocas

Las alteraciones hidrotermales se expresan en función al reconocimiento de los ensambles mineralógicos y estas están controladas por los siguientes factores:

- Temperatura y la diferencia de temperatura.
- Composición del fluido.
- Permeabilidad.
- Duración de la interacción agua/ roca.
- Composición de la roca.
- Presión.

4.2.8.2 Tipos de alteraciones

4.2.8.2.1 Alteración argílica

Esta alteración se aprecia una coloración blanca pulverulenta y sedoso (sericita), ésta se presenta en algunas zonas que se caracteriza por la formación de minerales arcillosos que reemplazan principalmente a las plagioclasas y a los minerales máficos, la misma grada hacia al exterior, una zona propilítica. Es común en las rocas granodioríticas.



Figura N° 13: Afloramiento de rocas granodioríticas con alteración argílica intermedia.

4.2.8.2.2 Alteración propilítica

Esta alteración es muy común en la superficie, por la presencia de clorita, epidota, y/o calcita y piritita con una coloración verdosa, es generada por soluciones casi neutras en un rango variable de temperaturas. Las plagioclasas y hornblendas son alteradas parcial o completamente a carbonatos y/o cloritas.



Figura N° 14: Afloramiento de veta el viento, alteración argílica y propilítica.

4.3 ESTIMACIÓN DE RESERVAS Y RECURSOS MINERALES

4.3.1 Base de estimación

La estimación de recursos en Minera Soledad se ha calculado por el método tradicional, es decir en base a las muestras de los canales de interior mina tales como galerías, subniveles, tajos y chimeneas.

4.3.2 Normas y parámetros para la estimación de reservas y recursos

4.3.2.1 Código JORC: Definición de recursos y reservas

El Código australiano para informar sobre recursos minerales y reservas de mena (el "Código JORC"), establece estándares mínimos, recomendaciones y normas para la Información pública de resultados de exploraciones. Este ha sido redactado por el Comité Conjunto de Reservas de Mena de "The Institute

of Mining and Metallurgy, Australian Institute of Geoscientists y Minerals Council of Australia”.

Los principales principios que rigen la operación y aplicación del Código JORC son: Transparencia, relevancia y competencia.

La “**Transparencia**” requiere que el lector de un informe público, reciba suficiente información, cuya presentación sea clara y no ambigua, con el fin de entender el informe y no ser pervertido.

La “**Materialidad**” exige que el informe público contenga toda la información relevante que los inversionistas y sus asesores profesionales podrían necesitar razonablemente, y razonablemente esperarían encontrar en el informe, con el fin de hacer un juicio razonado y equilibrado con respecto a la mineralización que se está informando.

“**Competencia**” requiere que el informe público se basa en trabajo que es de responsabilidad de una persona debidamente calificada y con experiencia que está sujeta y regida por un código de ética profesional.

En el marco para clasificar estimaciones de tonelaje y leyes con el fin de reflejar niveles diferentes de confianza geológica y diferentes grados de evaluación técnica y económica. Los Recursos Minerales pueden ser estimados principalmente por un geólogo sobre la base de información geocientífica con algún aporte de otras disciplinas. Las Reservas de Mena que son un sub-conjunto modificado de los Recursos Minerales Indicados y Medidos.

4.3.2.1.1 Recursos

Un “**Recurso Mineral**” es una concentración u ocurrencia de material de interés económico intrínseco en o sobre la corteza de la Tierra en forma y cantidad en que haya probabilidades razonables de una eventual extracción económica. La ubicación, cantidad, ley, características geológicas y continuidad de un Recurso Mineral son conocidas, estimadas o interpretadas a partir de evidencia y conocimientos específicos geológicos. Los Recursos Minerales se

subdividen, en orden de confianza geológica ascendente, en categorías de Inferidos, Indicados y Medidos.

Un “**Recurso Mineral Inferido**” es aquella parte de un Recurso Mineral por la cual se puede estimar el tonelaje, ley y contenido de mineral con un bajo nivel de confianza. Se infiere a partir de evidencia geológica y se asume pero no se certifica la continuidad geológica ni de la ley. Se basa en información inferida mediante técnicas apropiadas de localizaciones como ser afloramientos, zanjas, rajos, laboreos y sondajes que pueden ser limitados o de calidad y confiabilidad incierta.

Un “**Recurso Mineral Indicado**” es aquella parte de un Recurso Mineral para el cual puede estimarse con un nivel razonable de confianza el tonelaje, densidad, forma, características físicas, ley y contenido mineral. Se basa en información sobre exploración, muestreo y pruebas reunidas mediante técnicas apropiadas en ubicaciones como ser: afloramientos, zanjas, rajos, túneles, laboreos y sondajes. Las ubicaciones están demasiado espaciadas o su espaciamiento es inapropiado para confirmar continuidad geológica y/o de ley, pero está espaciada con suficiente cercanía para que se pueda suponer continuidad.

Un “**Recurso Mineral Medido**” es aquella parte de un Recurso Mineral para el cual puede estimarse con un alto nivel de confianza el tonelaje, su densidad, forma, características físicas, ley y contenido de mineral. Se basa en exploración detallada y confiable, información sobre muestreo y pruebas obtenidas mediante técnicas apropiadas de lugares como ser afloramientos, zanjas, rajos, túneles, laboreos y sondajes. Las ubicaciones están espaciadas con suficiente cercanía para confirmar continuidad geológica y/o de ley.

4.3.2.1.2 Reservas

Una “**Reserva Mineral**” es la parte económicamente explotable de un Recurso Mineral Medido o Indicado. Incluye dilución de materiales y tolerancias por pérdidas que se puedan producir cuando se extraiga el material. Se han realizado las evaluaciones apropiadas, que pueden incluir estudios de factibilidad e incluyen la consideración de y modificación por factores

razonablemente asumidos de extracción, metalúrgicos, económicos, de mercados, legales, ambientales, sociales y gubernamentales. Estas evaluaciones demuestran en la fecha en que se reporta que podría justificarse razonablemente la extracción. Las Reservas de Mena se subdividen en orden creciente de confianza en Reservas Probables Minerales y Reservas Probadas Minerales.

Una “**Reserva Probable Mineral**” es la parte económicamente explotable de un Recurso Mineral Indicado y en algunas circunstancias Recurso Mineral Medido. Incluye los materiales de dilución y tolerancias por pérdidas que puedan producirse cuando se explota el material. Se han realizado evaluaciones apropiadas, que pueden incluir estudios de factibilidad, e incluyen la consideración de y modificación por factores razonablemente asumidos de minería, metalúrgicos, económicos, de mercadeo, legales, medioambientales, sociales y gubernamentales. Estas evaluaciones demuestran a la fecha en que se presenta el informe, que la extracción podría justificarse razonablemente.

Una “**Reserva Probada Mineral**” es la parte económicamente explotable de un Recurso Mineral Medido. Incluye los materiales de dilución y tolerancias por pérdidas que se pueden producir cuando se explota el material. Se han realizado evaluaciones apropiadas que pueden incluir estudios de factibilidad, e incluyen consideración de y modificación por factores fehacientemente asumidos de minería, metalúrgicos, económicos, de mercados, legales, ambientales, sociales y gubernamentales. (*Ver Lámina N° 6, Lámina N° 7 y Lámina N° 8 – Estimación de Reservas y Recursos*).

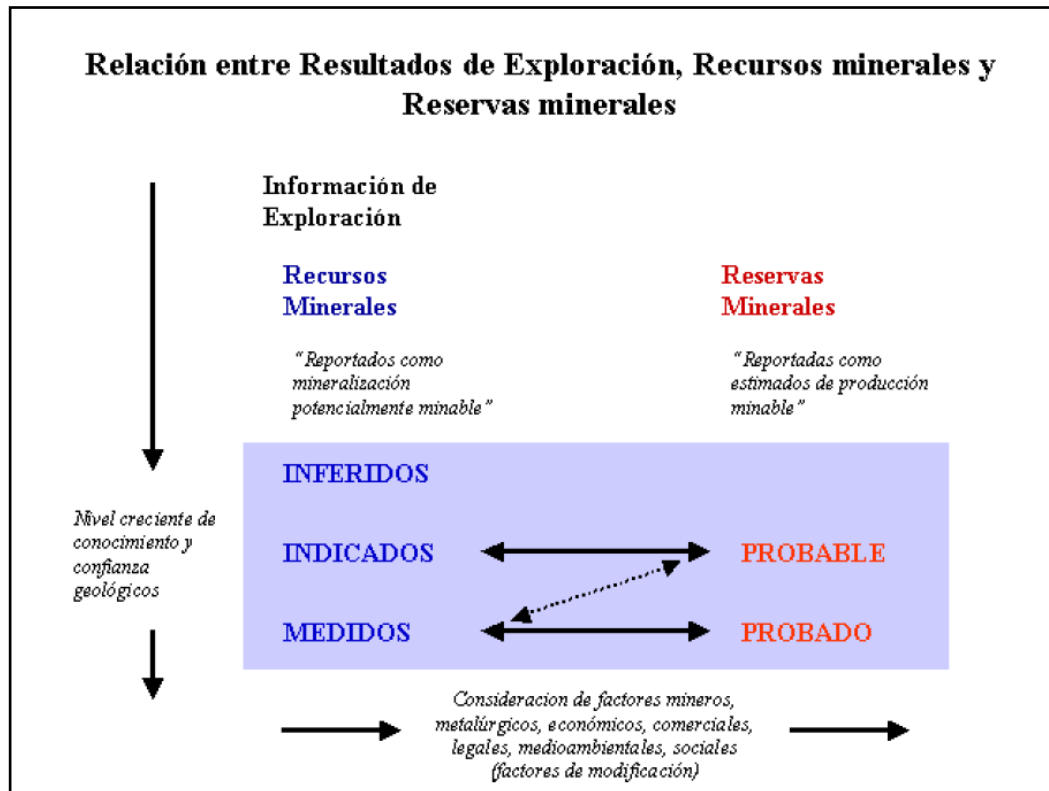


Figura N° 15: Relación general entre resultados de exploración, recursos y reservas minerales.

Fuente: Comité Conjunto de Reservas de Mena (Código JORC)

4.3.2.2 Parámetros de estimación

4.3.2.2.1 Calificadores de valor

Económico

Aquel mineral cuyo valor excede todos los gastos directos (gastos de operación y regalías), e indirectos (depreciación de equipos, amortizaciones, gastos financieros, etc.), y permite obtener utilidades.

Para el caso del presente reporte mineral económico es todo aquel cuyo valor es mayor igual 13.80 gr/TM Au. Los cálculos del Cut Off fueron efectuados por el área de planeamiento.

Marginal

Aquel mineral que cubre los gastos directos (incluyendo regalías) y parte de los indirectos, pero no así las amortizaciones, depreciaciones y gastos financieros.

Según los cálculos realizados por el área de planeamiento, para Chalhuane el Mineral Marginal es aquel cuyo valor está comprendido entre mayor igual a 10 gr/TM Au y 13.80 gr/TM Au.

4.3.2.2 Calificadores de accesibilidad

Accesible

Aquel mineral interceptado por laboreo minero (galerías, chimeneas, tajos, etc.), y que está listo para entrar en explotación.

Eventualmente accesible

Aquel mineral que aún no está listo para ser explotado, faltándole algún laboreo preparatorio adicional, por lo común se encuentran por debajo del nivel inferior, alejados de las labores de desarrollo o con accesos bloqueados.

En realidad, para el caso de Chalhuane la calificación eventualmente accesible es referencial, por la gran facilidad que tienen los de operación mina de ejecutar piques en blocks de poca altura que cuelga debajo del nivel principal y de ese modo los blocks los blocks eventualmente accesibles se convierten en accesibles.

Para el bloqueo se considera segmentos de la estructura mineralizada, se correlacionaron según el estilo y tendencia de mineralización, también según la continuidad de leyes y potencias. Con este criterio se obtiene un bloque de mineral, este es una figura tridimensional con longitud, altura y ancho limitada por una o más labores mineras.

Chalhuane es un yacimiento aurífero de un comportamiento lenticular con una gran irregularidad de leyes en horizontal como en vertical, en donde los tajos de explotación con coronas de alta ley de oro pueden en otro corte estrangularse completamente. De acuerdo a la experiencia de cubicación en

vetas auríferas, se ha considerado una altura de 10 m para el blocks probado y 5 m para el block probable. Un 90 % de los blocks cubicados se ajustan a esta consideración.

Para el ancho del block se consideró una longitud mínima de 10 m.

4.3.2.2.3 Cálculos de leyes

- La ley promedio del bloque con una sola labor es igual a la suma, de los productos de los anchos por la ley respectiva, dividido entre sumatoria de los anchos. Es un promedio ponderado.
- La ley promedio para el bloque con dos o más labores es igual a la sumatoria del producto de la longitud del mineral por el ancho y por la ley respectiva, dividido ente la sumatoria del producto de las longitudes por los anchos.

4.3.2.2.4 Corrección de leyes por altos erráticos y castigos por errores en preparación de ensayos

Para realizar los cálculos de cada bloque, usamos una plantilla donde se colocan los códigos de las muestras, sus leyes y potencias separándolos por labores tales como galerías, chimeneas, subniveles, piques y tajos.

Lo primero que hacemos es castigar las leyes por 10% debido a errores de muestreo, manipuleo y análisis químicos. Luego se corrigieron los altos erráticos reemplazándolos por la suma del valor medio más 1 ó 2 veces la desviación standard.

Luego de estas correcciones se encuentran los promedios ponderados de cada labor independientemente ya sean galerías, chimeneas o subniveles, enseguida se halla el promedio ponderado final de todas las labores incorporando a los cálculos la longitud de cada labor y el número de muestras de cada una de ellas. De este modo obtenemos la ley del bloque y su potencia.

4.3.2.2.5 Potencia

La potencia promedio de un bloque con una cara muestreada es el promedio aritmético de los anchos (medidos equidistantemente). La potencia promedio de un bloque con dos o más caras muestreadas es igual a la sumatoria de los productos de los anchos promedio del lado por las longitudes de cada lado dividida entre la sumatoria de las longitudes de los lados.

4.3.2.2.6 Ancho mínimo de minado (AMM)

En Chalhuane seguramente requiere ajustes en el método de explotación, sin embargo, de acuerdo al seguimiento realizado a la explotación de tajos en estos últimos meses, se ha apreciado que en muchos tajos se puede llevar anchos de explotación de 0.30 m., menos sería muy difícil. En otros tajos se explota con voladura en dos tiempos, es decir se hace el “circado” que permite recuperar una ley menos diluida. Finalmente, de los tajos el mineral se acarrea a las canchas que están muy próximas a las tolvas de acumulación de donde se carga a los volquetes; en estas canchas el mineral es “pallaqueado” por personal permanentemente.

Por todos estos detalles, para la presente evaluación de reservas y recursos, las leyes fueron diluidas a los siguientes AMM:

- Potencias menores a 0.30 m, el AMM es igual a 0.30 m.
- Potencias mayores de 0.30 m, el AM es igual a más 0.05 m a la potencia.

4.3.2.2.7 Peso específico

Para la estimación de reservas y recursos se ha considerado el peso específico de 2.81, según análisis en SGS; para todas las estructuras mineralizadas.

4.3.2.2.8 Tonelaje

Para el cálculo del tonelaje hemos tomado en cuenta el área del bloque, la potencia de la veta y un peso específico de 2.81. Los resultados han sido corregidos por la inclinación de la veta y luego han sido castigadas por un 25% debido a la discontinuidad de la mineralización y puentes.

4.3.2.2.9 Valor unitario

De acuerdo a la información proporcionada por el área de planeamiento, el valor unitario del oro es igual a 35.37 US\$/gr Au.

Tabla N° 5: Reserva probado y probable por vetas.

CÍA	VETA	PROBADO			PROBABLE			TOTAL			ONZAS
		TM	POT	LEY	TM	POT	LEY	TM	POT	LEY	
MINERA SOLEDAD SAC	SANGRE DE TORO	7,594	0.46	16.99	2,570	0.47	14.34	10,164	0.46	16.32	5,333
	EL VIENTO	16,058	0.43	18.27	6,077	0.45	17.82	22,135	0.44	18.15	12,913
	SANTA ROSA	5,092	0.39	15.48	397	0.40	13.82	5,489	0.40	15.36	2,711
TOTAL		28,744	0.43	17.44	9,044	0.45	16.66	37,788	0.44	17.25	20,957

Tabla N° 6: Recursos medido, indicado e inferido por vetas

CÍA	VETAS	MEDIDO			INDICADO			INFERIDO			TOTAL			ONZAS
		TM	POT	LEY	TM	POT	LEY	TM	POT	LEY	TM	POT	LEY	
MINERA SOLEDAD SAC	SANGRE DE TORO	359	0.40	7.81	180	0.40	7.81	11,323	0.39	13.41	11,862	0.39	13.16	5,019
	EL VIENTO	2,819	0.57	7.83	1,295	0.58	7.87	37,652	0.49	11.78	41,767	0.50	11.39	15,292
	SANTA ROSA	665	0.46	5.39	155	0.48	5.27	2,687	0.40	12.98	3,508	0.41	11.20	1,263
TOTAL		3,844	0.53	7.40	1,630	0.55	7.62	51,663	0.46	12.20	57,136	0.47	11.74	21,573

Tabla N° 7: Resumen de recursos y reservas

TOTAL DE RECURSOS >5 Grs.					RESERVAS >10 Grs.					RECURSOS >5 y <10 Grs.				
CATEGORÍA	TM	POT	LEY	ONZAS	CATEGORÍA	TM	POT	LEY	ONZAS	CATEGORÍA	TM	POT	LEY	ONZAS
MEDIDO	32,588	0.47	16.25	17,028	PROBADO	28,744	0.43	17.44	16,113	MEDIDO	3,844	0.53	7.40	915
INDICADO	10,675	0.49	15.28	5,243	PROBABLE	9,044	0.45	16.66	4,844	INDICADO	1,630	0.55	7.62	399
SUBTOTAL	43,262	0.47	16.01	22,271						SUBTOTAL	5,474	0.54	7.47	1,314
INFERIDO	51,663	0.46	12.20	20,259						INFERIDO	51,663	0.46	12.20	338
TOTAL	94,925	0.47	13.94	42,530	TOTAL	37,788	0.44	17.25	20,957	TOTAL	57,136	0.47	11.74	21,573

Tabla N° 8: Porcentaje de las reservas por tonelaje y onzas

CÍA	VETA	RESERVAS PROBADO + PROBABLE				% TM	% ONZAS
		TM	POT	LEY	ONZAS		
MINERA SOLEDAD S.A.C	SANGRE DE TORO	10,164	0.46	16.32	5,333	27	25
	EL VIENTO	22,135	0.44	18.15	12,913	59	62
	SANTA ROSA	5,489	0.40	15.36	2,711	15	13
TOTAL		37,788	0.44	17.25	20,957	100	100

Tabla N° 9: Accesibilidad de las reservas

CATEGORÍA	TM	POT	LEY	ONZAS	% TM	% ONZAS
ACCESIBLE	17,486	0.43	17.69	9,943	46	47
EVEN. ACCESIBLE	20,302	0.44	16.87	11,014	54	53
INACCESIBLE	-	-	-	-	0	0
TOTAL	37,788	0.44	17.25	20,957	100	100

Tabla N° 10: Reserva probada y probable por bloques de la veta Sangre de Toro.

N° DE BLOCK	VETA			VETA DILUIDA A 0.30 m			VETA S.DILUIDA A 20%		
	TM	Pot. (m)	Ley g/t Au	TM	Pot. (m)	Ley g/t Au	TM	Pot. (m)	Ley g/t Au
1	310	0.46	20.22	360	0.53	17.45	432	0.64	14.54
2	182	0.46	14.42	211	0.54	12.44	254	0.64	10.37
3	110	0.29	29.08	157	0.41	14.03	188	0.50	11.69
4	177	0.29	29.08	252	0.41	14.03	302	0.50	11.69
5	78	0.18	26.41	129	0.30	15.97	154	0.36	13.31
6	39	0.18	26.41	65	0.30	15.97	78	0.36	13.31
11	126	0.33	17.99	168	0.44	13.53	202	0.53	11.27
12	216	0.33	17.99	287	0.44	13.53	345	0.53	11.27
13	46	0.18	28.07	81	0.31	15.76	98	0.37	13.14
14	23	0.18	28.07	41	0.31	15.76	49	0.37	13.14
15	54	0.39	15.01	65	0.46	12.52	77	0.56	10.43
16	98	0.39	15.01	117	0.46	12.52	141	0.56	10.43
17	146	0.23	29.49	221	0.36	19.06	265	0.43	15.88
18	274	0.39	30.24	319	0.45	26.01	383	0.54	21.68
19	137	0.39	30.24	160	0.45	26.01	192	0.54	21.68
20	178	0.26	17.91	249	0.36	12.94	298	0.43	10.78
21	89	0.26	17.91	124	0.36	12.94	148	0.43	10.78
22	136	0.12	47.27	334	0.30	19.11	400	0.36	15.92
23	121	0.32	30.38	161	0.42	23.69	194	0.51	19.74
24	61	0.32	30.38	81	0.42	23.69	97	0.51	19.74
25	228	0.29	17.33	313	0.40	12.59	376	0.48	10.49
26	114	0.29	17.33	157	0.40	12.59	188	0.48	10.49
27	155	0.32	17.09	198	0.41	13.40	237	0.49	11.16
28	133	0.22	29.16	203	0.34	18.60	244	0.41	15.50
29	486	0.31	41.06	632	0.40	30.87	759	0.48	25.72
30	490	0.30	40.40	640	0.40	30.30	768	0.48	25.25
31	273	0.29	23.92	370	0.39	17.65	444	0.47	14.71
32	136	0.29	23.92	185	0.39	17.65	222	0.47	14.71
33	306	0.24	27.75	445	0.35	19.09	534	0.42	15.91
34	153	0.24	27.75	223	0.35	19.09	267	0.42	15.91
33A	147	0.17	42.75	290	0.34	21.69	348	0.41	18.07
34A	74	0.17	42.75	145	0.34	21.69	174	0.41	18.07
33B	100	0.11	61.76	277	0.31	22.39	332	0.37	18.66
34B	50	0.11	61.76	137	0.31	22.39	165	0.37	18.66
35	119	0.14	28.01	264	0.31	12.58	317	0.37	10.48
36	60	0.14	28.01	132	0.31	12.58	159	0.37	10.48
37	68	0.11	65.26	186	0.30	24.09	223	0.36	20.07
38	34	0.11	65.26	92	0.30	24.09	110	0.36	20.07
TOTAL	5,729	0.29	29.56	8,470	0.39	19.58	10,164	0.46	16.32

Tabla N° 11: Recurso medido, indicado e inferido por bloques de la veta Sangre de Toro.

N° DE BLOCK	VETA			VETA DILUIDA A 0.30 m			VETA S.DILUIDA A 20%		
	TM	Pot. (m)	Ley g/t Au	TM	Pot. (m)	Ley g/t Au	TM	Pot. (m)	Ley g/t Au
7	42	0.19	16.14	72	0.33	9.37	87	0.40	7.81
8	84	0.19	16.14	144	0.33	9.37	173	0.40	7.81
9	90	0.19	16.14	155	0.33	9.37	186	0.40	7.81
10	45	0.19	16.14	78	0.33	9.37	93	0.40	7.81
39	4598	0.16	33.03	9436	0.32	16.10	11,323	0.39	13.41
TOTAL	4,859	0.16	32.13	9,885	0.32	15.79	11,862	0.39	13.16

Tabla N° 12: Reserva probada y probable por bloques de la veta El Viento.

N° DE BLOCK	VETA			VETA DILUIDA A 0.30 m			VETA S.DILUIDA A 20%		
	TM	Pot. (m)	Ley g/t Au	TM	Pot. (m)	Ley g/t Au	TM	Pot. (m)	Ley g/t Au
2	126	0.13	55.05	291	0.30	22.94	350	0.36	19.12
3	107	0.14	36.31	239	0.32	12.90	287	0.38	10.75
12	73	0.14	24.41	164	0.32	12.26	197	0.38	10.22
13	40	0.16	29.73	80	0.32	15.00	96	0.39	12.50
14	74	0.16	43.10	151	0.32	20.71	181	0.38	17.26
15	39	0.17	28.96	76	0.33	14.64	91	0.40	12.20
12A	88	0.15	50.91	199	0.33	22.59	239	0.40	18.83
13A	45	0.15	50.91	102	0.33	22.59	122	0.40	18.83
14A	92	0.15	50.91	207	0.33	22.59	248	0.40	18.83
15A	42	0.15	50.91	94	0.33	22.59	112	0.40	18.83
26	62	0.12	52.27	161	0.31	19.59	193	0.37	16.33
27	104	0.11	50.34	279	0.30	18.55	334	0.37	15.46
28	57	0.12	49.88	150	0.31	18.25	180	0.37	15.21
29	106	0.17	39.99	196	0.32	19.96	236	0.39	16.63
30	65	0.17	39.99	123	0.33	20.00	147	0.40	16.66
31	172	0.23	36.20	264	0.36	23.77	316	0.43	19.81
32	84	0.24	35.25	128	0.36	22.89	154	0.43	19.07
37	41	0.17	48.74	79	0.32	26.29	95	0.39	21.90
38	42	0.17	48.74	80	0.32	26.29	96	0.39	21.90
39	108	0.22	68.01	171	0.34	40.96	205	0.41	34.13
40	58	0.23	56.62	86	0.34	37.48	103	0.41	31.23
41	26	0.12	115.11	70	0.31	34.00	84	0.37	28.33
41A	17	0.12	115.11	47	0.31	34.00	56	0.37	28.33
41B	162	0.16	76.17	323	0.32	38.02	388	0.39	31.68
42	113	0.19	45.80	198	0.32	26.71	237	0.39	22.26
43	67	0.19	45.80	117	0.32	26.71	141	0.39	22.26
44	150	0.17	24.56	277	0.32	13.25	332	0.38	11.04
45	209	0.15	34.31	438	0.31	15.29	525	0.38	12.75
54	35	0.05	74.43	195	0.30	13.56	233	0.36	11.30
55	15	0.05	74.43	81	0.30	13.56	98	0.36	11.30
56	35	0.05	74.43	194	0.30	13.56	233	0.36	11.30
57	18	0.05	74.43	97	0.30	13.56	116	0.36	11.30
58	25	0.10	42.75	76	0.30	13.82	92	0.36	11.52
72	121	0.15	63.93	252	0.31	28.84	302	0.38	24.03
73	48	0.15	62.02	99	0.32	28.43	119	0.38	23.69
74	118	0.18	36.75	214	0.33	20.34	256	0.39	16.95
75	58	0.18	35.79	107	0.33	19.54	128	0.39	16.28
76	143	0.19	38.41	249	0.33	19.63	299	0.40	16.36
77	87	0.19	38.41	151	0.33	19.63	182	0.40	16.36
78	149	0.25	19.25	215	0.36	13.31	258	0.43	11.09
79	75	0.25	19.25	109	0.36	13.31	131	0.43	11.09
80	408	0.25	32.81	577	0.35	23.13	692	0.43	19.28
81	99	0.25	30.36	139	0.36	21.55	167	0.43	17.96
82	214	0.25	52.59	302	0.35	37.34	362	0.43	31.12
83	107	0.25	48.98	152	0.35	34.78	183	0.42	28.98
84	360	0.42	31.05	420	0.49	26.52	504	0.59	22.10
85	132	0.42	31.05	155	0.49	26.52	185	0.59	22.10
86	248	0.37	32.52	316	0.47	25.44	380	0.57	21.20
87	125	0.37	32.52	160	0.47	25.44	192	0.57	21.20
88	236	0.20	23.37	407	0.34	13.01	488	0.41	10.84
89	119	0.20	23.66	206	0.34	13.17	247	0.41	10.98
90	347	0.27	26.34	488	0.38	18.72	586	0.45	15.60

91	178	0.27	26.34	250	0.38	18.72	300	0.45	15.60
92	232	0.18	65.43	418	0.33	36.86	502	0.39	30.72
93	245	0.18	61.93	440	0.33	35.07	528	0.39	29.23
94	179	0.17	39.40	343	0.33	20.52	411	0.39	17.10
95	90	0.17	39.40	173	0.33	20.52	207	0.39	17.10
96	195	0.27	24.69	281	0.38	15.91	337	0.46	13.26
97	93	0.27	22.76	132	0.38	15.15	158	0.46	12.63
100	145	0.19	51.22	239	0.32	31.32	286	0.38	26.10
101	69	0.19	51.22	114	0.32	31.32	137	0.38	26.10
102	139	0.22	51.71	211	0.33	33.98	253	0.39	28.32
103	70	0.22	51.71	106	0.33	33.98	127	0.39	28.32
104	67	0.13	49.59	157	0.30	21.87	188	0.36	18.22
105	37	0.13	49.59	87	0.30	21.87	105	0.36	18.22
106	89	0.13	54.38	202	0.30	24.01	242	0.37	20.01
107	45	0.13	54.38	102	0.30	24.01	122	0.37	20.01
108	63	0.19	24.33	115	0.34	13.19	139	0.41	10.99
109	27	0.19	24.33	50	0.34	13.19	60	0.41	10.99
110	64	0.19	24.33	118	0.34	13.19	141	0.41	10.99
111	32	0.19	24.33	59	0.34	13.19	71	0.41	10.99
125	178	0.26	19.73	244	0.36	14.13	293	0.43	11.78
126	89	0.26	21.51	122	0.36	14.58	147	0.43	12.15
127	188	0.27	19.12	253	0.36	14.22	303	0.43	11.85
128	96	0.27	19.12	130	0.36	14.22	155	0.43	11.85
129	95	0.33	37.96	116	0.40	30.98	139	0.49	25.82
130	46	0.33	37.96	56	0.40	30.98	67	0.49	25.82
131	90	0.33	37.96	111	0.40	30.98	133	0.49	25.82
132	46	0.33	37.96	57	0.40	30.98	68	0.49	25.82
137	95	0.34	15.32	116	0.41	12.53	140	0.49	10.44
138	43	0.29	15.08	59	0.40	12.28	71	0.48	10.23
139	96	0.32	15.92	121	0.41	12.97	145	0.49	10.81
140	49	0.34	17.38	60	0.41	14.23	72	0.49	11.85
153	98	0.27	17.77	143	0.39	12.19	172	0.47	10.16
154	49	0.27	17.77	71	0.39	12.19	85	0.47	10.16
155	97	0.27	17.77	142	0.39	12.19	170	0.47	10.16
156	49	0.27	17.77	71	0.39	12.19	85	0.47	10.16
156A	102	0.22	37.38	159	0.34	24.11	191	0.41	20.09
181	263	0.35	40.66	317	0.42	33.71	381	0.51	28.09
182	128	0.35	40.66	155	0.42	33.71	186	0.51	28.09
183	260	0.35	40.66	314	0.42	33.71	377	0.51	28.09
184	131	0.35	40.66	158	0.42	33.71	190	0.51	28.09
189	82	0.23	19.84	122	0.34	13.28	147	0.40	11.06
190	39	0.23	19.84	59	0.34	13.28	70	0.40	11.06
191	79	0.23	19.84	117	0.34	13.28	141	0.40	11.06
192	39	0.23	19.84	59	0.34	13.28	70	0.40	11.06
197	156	0.67	13.69	168	0.72	12.74	202	0.87	10.62
198	87	0.67	13.69	93	0.72	12.74	112	0.87	10.62
199	172	0.67	13.69	185	0.72	12.74	222	0.87	10.62
200	87	0.67	13.69	93	0.72	12.74	112	0.87	10.62
201	177	0.23	19.22	279	0.37	12.22	334	0.44	10.19
202	88	0.23	19.22	138	0.37	12.22	165	0.44	10.19
203	175	0.23	19.22	275	0.37	12.22	330	0.44	10.19
204	88	0.23	19.22	138	0.37	12.22	165	0.44	10.19
TOTAL	11,304	0.26	35.97	18,446	0.36	21.77	22,135	0.44	18.15

Tabla N° 13: Recurso medido, indicado e inferido por bloques de la veta El Viento.

N° DE BLOCK	VETA			VETA DILUIDA A 0.30 m			VETA S.DILUIDA A 20%		
	TM	Pot. (m)	Ley g/t Au	TM	Pot. (m)	Ley g/t Au	TM	Pot. (m)	Ley g/t Au
1	80	0.13	18.90	180	0.30	8.24	216	0.36	6.87
98	195	0.32	12.71	257	0.43	9.68	308	0.51	8.07
99	98	0.32	12.71	128	0.43	9.68	154	0.51	8.07
145	350	0.52	12.28	392	0.58	10.95	470	0.69	9.13
146	172	0.52	12.28	193	0.58	10.95	231	0.69	9.13
147	343	0.52	12.28	384	0.58	10.95	461	0.69	9.13
148	172	0.52	12.28	193	0.58	10.95	231	0.69	9.13
157	187	0.34	9.42	241	0.44	7.29	289	0.53	6.08
158	93	0.34	9.42	120	0.44	7.29	143	0.53	6.08
159	182	0.34	9.42	234	0.44	7.29	281	0.53	6.08
160	93	0.34	9.42	120	0.44	7.29	143	0.53	6.08
177	267	0.36	11.05	319	0.43	9.26	382	0.52	7.72
178	130	0.36	10.80	155	0.43	9.05	186	0.51	7.54
179	287	0.36	11.05	342	0.43	9.26	410	0.52	7.72
180	144	0.36	11.05	171	0.43	9.26	206	0.52	7.72
213	22100	0.29	20.06	31377	0.41	14.13	37,652	0.49	11.78
TOTAL	24,890	0.30	19.11	34,805	0.41	13.67	41,767	0.50	11.39

Tabla N° 14: Reserva probada y probable por bloques de la veta Santa Rosa.

N° DE BLOCK	VETA			VETA DILUIDA A 0.30 m			VETA S.DILUIDA A 20%		
	TM	Pot. (m)	Ley g/t Au	TM	Pot. (m)	Ley g/t Au	TM	Pot. (m)	Ley g/t Au
1	71	0.15	37.06	147	0.31	17.90	176	0.37	14.91
2	251	0.13	42.40	576	0.31	18.38	691	0.37	15.31
3	163	0.13	29.70	385	0.31	12.95	462	0.37	10.79
9	448	0.20	30.31	741	0.33	18.35	889	0.40	15.29
11	507	0.24	37.14	712	0.34	26.42	855	0.41	22.02
12	234	0.18	41.41	452	0.34	21.88	542	0.41	18.24
13	439	0.17	24.86	857	0.34	12.73	1,029	0.40	10.61
14	78	0.17	24.86	153	0.34	12.73	183	0.40	10.61
15	180	0.16	41.29	374	0.33	19.87	448	0.39	16.56
16	86	0.16	41.29	178	0.33	19.87	214	0.39	16.56
TOTAL	2,456	0.18	34.21	4,574	0.33	18.43	5,489	0.39	15.36

Tabla N° 15: Recurso medido, indicado e inferido por bloques de la veta Santa Rosa.

N° DE BLOCK	VETA			VETA DILUIDA A 0.30 m			VETA S.DILUIDA A 20%		
	TM	Pot. (m)	Ley g/t Au	TM	Pot. (m)	Ley g/t Au	TM	Pot. (m)	Ley g/t Au
4	179	0.22	11.10	302	0.37	6.58	362	0.45	5.49
7A	186	0.30	9.06	252	0.40	6.32	303	0.48	5.27
8A	95	0.30	9.06	129	0.40	6.32	155	0.48	5.27
17	1110	0.16	31.42	2240	0.33	15.57	2,687	0.40	12.98
TOTAL	1570	0.19	25.10	2923	0.34	13.44	3,508	0.41	11.20

CAPÍTULO V

CONCLUSIONES

1.- El yacimiento aurífero Chahuane de CÍA MINERA SOLEDAD S.A.C. ocurre dentro de la franja aurífera Nazca-Ocoña, es de origen hidrotermal. Las rocas en que están emplazadas las estructuras mineralizadas son las unidades rocosas del Batolito de la Costa (Superunidad Incahuasi) y complejo Bella Unión. El depósito presenta un sistema de vetas auríferas de rumbo NW-SE, con buzamiento vertical a sub-vertical (70° - 88° SW), estructuralmente es de tipo rosario formando clavos mineralizados, las mismas que han sido originados por esfuerzos compresionales y tensionales. Se caracteriza por la ocurrencia de vetas angostas y altas leyes de Au; mineralógicamente las vetas están compuestas de cuarzo hialino y blanquecino, sulfuros en menor cantidad y óxidos de fierro en la parte superficial. Su mineralización se produjo en dos periodos de mineralización, siendo el primero el cuarzo hialino, y el segundo de sulfuros como pirita, calcopirita, trazas de pirrotita, algo de cuarzo con oro nativo asociado a la pirita. La alteración hidrotermal está dada por una moderada agilitización y propilitización.

2.- Asimismo cabe mencionar que las operaciones actualmente están centradas en los clavos mineralizados ya conocidos; con la exploración

superficial se delimitó nuevas áreas de interés económico y prospectivo, las cuales están al NW de la veta el Viento y hacia el SE de la veta Sangre de Toro.

3.- La estimación de recursos y reservas minerales fue realizado teniendo en consideración los procedimientos aplicables al Código JORC, llegándose a estimar 37788 TM con una ley de 17.25 g/t Au como reservas y 57136 TM con una ley de 11.74 g/t Au como recursos.

CAPÍTULO VI

RECOMENDACIONES

- 1.- Se recomienda continuar con las exploraciones geológicas superficiales, en el área restante de la concesión minera, por ser un yacimiento de gran interés lo cual sería un gran logro para poder obtener mayores reservas de mineral.
- 2.- Efectuar una campaña de perforación diamantina en interior mina desarrollando dos cámaras de perforación diamantina del nivel 1614 al nivel 1575 y 1535 con una inclinación no mayor a 50° con la finalidad de verificar la continuidad de la mineralización en profundidad de incrementar las reservas y recursos.
- 3.- Ejecutar y direccionar las exploraciones subterráneas hacia el lado NW de la veta El Viento y hacia el lado SE de la veta Sangre de Toro, por presentar nuevas áreas de interés para la exploración.
- 4.- Considerar la posibilidad de implementar un software en 3D, que permita el modelamiento del yacimiento y elaborar el plano de isovalores para tener mejor el comportamiento de los clavos mineralizados y flujos de mineralización.

CAPÍTULO VII

REFERENCIAS

- Arenas, M. (1974). “Geología de la Mina Orcopampa y alrededores de Arequipa”. Tercer Congreso Peruano de Geología. Lima – Perú.
- Bellido, E. (1960). “Geología del Cuadrángulo de Atico”. Boletín N° 2, Serie A - INGEMMET. Lima - Perú.
- Benavides, V. (1962). “Estratigrafía Pre-Terciaria de la Región Arequipa”. Sociedad Geológica del Perú. Lima - Perú.
- Cabos, R. (2011). “Estimación de Reservas y Recursos del Depósito Aurífero Chalhuane”. Informe Interno. Arequipa - Perú.
- Caldas, J. (1993). “Geología de los Cuadrángulos de Huambo y Orcopampa”. Boletín N° 46, Serie A - INGEMMET. Lima - Perú.
- Caldas, J. (1978). “Geología de los Cuadrángulos de San Juan, Acarí y Yauca”. Boletín N° 30, Serie A - INGEMMET. Lima - Perú.

- Castro, A. Lino F. (1978). “Interpretación Metalogenética de la Veta San Juancito Ramal Sur - Minas Ocoña S.A.”. Tesis de Grado. Facultad de Ingeniería Geológica, Geofísica y Minas - UNSA. Arequipa - Perú.
- Cobbing, E. J. (1984). “The Geology of the Granitoids Rocks and Their Envelope in Coastal Perú”. Lima - Perú.
- Dávila, J. (2011). “Diccionario Geológico”. (3a ed.). Lima - Perú.
- El Código JORC (1999). “Joint Ore Reserves Committee of the Institute of Mining and Metallurgy, Australian Institute of Geoscientists y Minerals Council of Australia”.
- Guizado, J. (1983). “Estratigrafía y tectónica del Area de Coracora – Pacapausa”. Boletín N° 71, Sociedad Geológica del Perú. Lima - Perú.
- Instituto Geológico Minero y Metalúrgico (1994). “Geología de los Cuadrángulos de Chuquibamba y Cotahuasi 32-Q, 31-Q”. Boletín N° 50, Serie A. Lima - Perú.
- Jenks W. (1948). “Geología de la Hoja de Arequipa”. Boletín N° 9, Serie A - INGEMMET. Lima - Perú.
- Kinstry, M. (1962). “Petrografía, Geoquímica e Implicancias Metalogenéticas de los Volcánicos Cenozoicos de Sureste del Perú”. Lima - Perú.
- Lindgren, W. (1913). “Mineral Deposits”. New York – USA.
- Loaiza, C. E. Zárate H. & Galloso, C. A. (2008). “Mineralización y Explotación Minera Artesanal en la Costa Sur Media del Perú”. Boletín N° 4, Serie E - INGEMMET. Lima - Perú.
- Max, W. F. (1977). “Nevado de Coropuna, departamento de Arequipa”. Lima - Perú.
- Mendivil, S. (1965). “Geología de los Cuadrángulos de Maure y Antavaje”. Boletín N° 10, Serie A - INGEMMET. Lima - Perú.

- Mendivil, S. & Castillo, W. (1961). "Geología del Cuadrángulo de Ocoña". Boletín N° 3, Serie A - INGEMMET. Lima - Perú.
- Mc Kinstry, H. (1977). "Geología de Minas". Barcelona - España.
- Núñez, F., Condori, A., Jara, M. & Linares, F. (1991). "Características Metalogenéticas de la Mineralización Aurífera Asociada al Segmento Sur Del Batolito de la Costa (Nazca-Ocoña)". Resumen Extendido VII Congreso Peruano De Geología. Lima - Perú.
- Olchauski, L. (1980). "Geología de los Cuadrángulos de Chala, Jaqui, Cháparra y Cora Cora". Boletín N° 34, Serie A - INGEMMET. Lima - Perú.
- Olchauski, L. Enrique & Dávila, M. D. (1994). "Geología de los Cuadrángulos de Chuquibamba y Cotahuasi 32-Q, 31-Q". Boletín N° 50, Serie A - INGEMMET. Lima - Perú.
- Pecho, V. (1983). "Geología de los Cuadrángulos de Pausa y Caravelí". Boletín N° 37, Serie A - INGEMMET. Lima - Perú.
- Pecho, V. & Morales, G. (1969). "Geología de los Cuadrángulos de Camaná y la Yesera". Boletín N° 21, Serie A - INGEMMET. Lima - Perú.
- Petersen, G. (1954). "Informe Preliminar Sobre la Geología de la Faja Costanera del Departamento de Ica". Lima - Perú.
- Rivera, M. H. (2001). "Geología General". Lima - Perú.
- Rosas, V. C. (1969). "Estudio Geo-Económico del Yacimiento Aurífero de San Juan de Chorunga". Tesis de Grado. Facultad de Ingeniería Geológica, Geofísica y Minas - UNSA. Arequipa - Perú.
- Schneiderhohn, H. (1941). "Lehrbuch der Erzlagerrstättenkunde". Jena - Alemania.
- Smirnov, V.I. (1976). "Geology of Mineral Deposits". Moscú - Rusia.
- Steinmann, G. (1930). "Geología del Perú". Lima - Perú.

- Stewart, J. & Snelling, N. (1971). "Age Determinations From Andean Perú". Lima - Perú.
- Tumialan, P. & Ballón, A. (1982). "Contribución de la Geología Económica de la Provincia Metalogenética Nazca-Ocoña". Programa Científico Cultural - INGEMMET. Lima – Perú.
- Tumialan de la Cruz, P. (2013). "Compendio de Yacimientos Minerales del Perú". Boletín N° 10, Serie B - INGEMMET. Lima – Perú.
- Vargas, L. (1970). "Geología del Cuadrángulo de Arequipa". Boletín N° 24, Serie A - INGEMMET. Lima - Perú.
- Wilson, J. & García, W. "Geología de los Cuadrángulos de Pachía y Palca". Boletín N° 4, Serie A - INGEMMET. Lima - Perú.

Webgrafía:

- http://cybertesis.uni.edu.pe/bitstream/uni/119/1/santos_cj.pdf
- <http://sisbib.unmsm.edu.pe/bibvirtualdata/libros/2007/cyamientos/cap11.pdf>
- <http://www.ingemmet.gob.pe/>
- <https://es.scribd.com/doc/314823568/Trabajo-Sobre-EI-Codigo-JORC-y-La-Norma-NI-43>
- https://www.aulados.net/Libros_Aula2pontonet_GEMM/Libro_Estructural_Mineria.pdf
- <https://www.convencionminera.com/perumin32/doc/conferencias/tecnologia/rmamani.pdf>
- https://www.google.com.pe/?gfe_rd=cr&ei=aWhdWdeuF8qk-wX10LGACQ#q=yacimientos+hidrotermales
- https://www.google.com.pe/?gfe_rd=cr&ei=aWhdWdeuF8qk-wX10LGACQ#q=yacimientos+mesotermiales



ANEXOS