



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



**GEOLOGÍA Y MINERALIZACIÓN DEL CUERPO MASCOTA EN**  
**EL YACIMIENTO YAURICOCHA – SOCIEDAD MINERA**  
**CORONA S.A. LIMA – YAUYOS**

**TESIS**

**PRESENTADA POR:**

**Bach. FREDDY MELO CHOQUE**

**PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:**

**INGENIERO GEÓLOGO**

**PUNO – PERÚ**

**2018**



## DEDICATORIA

*Lleno de regocijo, de amor y esperanza, dedico este proyecto, a mi hijo Freddy Ángel Melo Velásquez, quien es mi pilar fundamental para seguir adelante.*

*Es para mí una gran satisfacción poder dedicarle a él, que con mucho esfuerzo, esmero y trabajo me lo he ganado.*

*A mis padres Ernesto Melo y Alejandrina Choque, porque ellos son la motivación de mi vida mi orgullo de ser lo que seré.*

*A mis hermanos, porque son la razón de sentirme tan orgulloso de culminar mi meta, gracias a ellos por confiar siempre en mí.*

**Freddy Melo Choque**



## AGRADECIMIENTOS

*El presente trabajo de investigación, primeramente, me gustaría agradecerle a ti Dios por bendecirme para llegar hasta donde he llegado, porque hiciste realidad este sueño anhelado.*

*A la UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO – PUNO, a su plana de docentes, por darme la oportunidad de estudiar y ser un profesional.*

*Agradezco a mi asesor de tesis Ing. Flavio Rosado Linares, por haberme brindado la oportunidad de recurrir a su capacidad y conocimiento.*

*Mi agradecimiento va dirigido al Ing. Fernando Pajuelo quien fue Gerente General de la Empresa SOCIEDAD MINERA CORONA S.A. A la fecha Ing. Miguel Paucar, Ing. Vladimir Bedoya Valdivia - Superintendente de Geología, Ing. Washington Larico – Jefe de Exploraciones.*

*Y para finalizar, también agradezco a todos los colegas de mi centro de trabajo, mis compañeros de clase durante todos los niveles de Universidad ya que gracias al compañerismo, amistad y apoyo moral han aportado en un alto porcentaje a mis ganas de seguir adelante en mi carrera profesional.*

**Freddy Melo Choque**



# ÍNDICE GENERAL

**DEDICATORIA**

**AGRADECIMIENTOS**

**ÍNDICE GENERAL**

**ÍNDICE DE TABLAS**

**ÍNDICE DE FIGURAS**

**ÍNDICE DE ACRÓNIMOS**

**RESUMEN ..... 14**

**ABSTRACT..... 15**

## **CAPÍTULO I**

### **INTRODUCCIÓN**

**1.1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA..... 18**

**1.2. JUSTIFICACIÓN..... 18**

**1.3. HIPÓTESIS..... 19**

**1.4. OBJETIVO DE LA INVESTIGACIÓN ..... 19**

1.4.1. Objetivo general..... 19

1.4.2. Objetivos específicos ..... 19

**1.5. VARIABLES ..... 19**

1.5.1. Variable independiente ..... 19

1.5.2. Variable dependiente ..... 19

## **CAPÍTULO II**

### **REVISIÓN DE LITERATURA**

**2.1. MARCO TEÓRICO ..... 20**

**2.2. GEOMORFOLOGÍA..... 21**

**2.3. GEOLOGÍA REGIONAL ..... 21**

2.3.1. Marco estratigráfico ..... 22

2.3.2. Rocas intrusivas ..... 24

2.3.3. Depósitos cuaternarios ..... 25

**2.4. MARCO TEÓRICO Y CONCEPTUAL..... 30**

2.4.1. Controles de mineralización en yacimientos Yauricocha..... 30

2.4.2. Yacimiento de reemplazamiento y relleno en calizas..... 31

2.4.3. Formación de depósitos de skarn..... 35



2.4.4. Proceso de formación de yacimientos de tipo skarn.....	38
<b>2.5. CONTEXTO TECTÓNICO .....</b>	<b>41</b>
2.5.1. Fase tensional (Triásico superior a Cretácico).....	42
2.5.2. Fase compresional (Cretácico superior a Holoceno) .....	42
<b>2.6. AMBIENTE TECTÓNICO .....</b>	<b>44</b>
<b>2.7. DISTRIBUCIÓN METALOGÉNÉTICA DE MINERALES ASOCIADOS AL SISTEMA DE FALLAS CHONTA.....</b>	<b>46</b>
<b>2.8. GEOLÓGICA ECONÓMICA.....</b>	<b>48</b>
<b>2.9. CALCULO DE RECURSOS Y RESERVAS .....</b>	<b>51</b>
<b>2.10. MUESTREO .....</b>	<b>59</b>

### CAPÍTULO III

#### MATERIALES Y MÉTODOS

<b>3.1. UBICACIÓN Y ACCESO DEL YACIMIENTO .....</b>	<b>62</b>
<b>3.2. CONDICIONES CLIMÁTICAS.....</b>	<b>63</b>
<b>3.3. FISIOGRAFÍA Y GEOMORFOLOGÍA LOCAL.....</b>	<b>64</b>
<b>3.4. GEOLOGÍA DE LA MINA YAURICOCHA.....</b>	<b>65</b>
3.4.1. Formación Jumasha .....	65
3.4.2. Formación Celendín.....	66
3.4.3. Formación Casapalca .....	67
3.4.4. Cobertura volcánica Cenozoica .....	68
3.4.5. Intrusivos .....	68
3.4.6. Metamorfismo.....	69
<b>3.5. GEOLOGÍA ESTRUCTURAL .....</b>	<b>70</b>
<b>3.6. MINERALIZACIÓN .....</b>	<b>74</b>
3.6.1. Controles de mineralización .....	75
3.6.2. Alteraciones .....	78
3.6.3. Cuerpo Mascota .....	81
3.6.4. Mecanismo del Proceso de Formación .....	85
3.6.5. Génesis de mineralización del Cuerpo Mascota .....	87
<b>3.7. CARACTERIZACIÓN DEL YACIMIENTO DE METASOMATISMO. 90</b>	
3.7.1. Rocas calcáreas .....	90
3.7.2. Rocas metamórficas .....	91
3.7.3. Rocas Plutónicas .....	92
<b>3.8. METODOLOGÍA DE INVESTIGACIÓN.....</b>	<b>96</b>



<b>3.9. EQUIPOS E INSTRUMENTOS.....</b>	<b>98</b>
<b>3.10. RESERVAS DE MINERALES OXIDADOS CUERPO MASCOTA .....</b>	<b>99</b>

## CAPÍTULO IV

### RESULTADOS Y DISCUSIÓN

<b>4.1. MINERALIZACIÓN DEL YACIMIENTO DE CONTACTO</b>	
<b>YAURICOCHA .....</b>	<b>101</b>
4.1.1. Minerales de ganga .....	103
4.1.1.1. Cuarzo .....	104
4.1.1.2. Calcita .....	104
4.1.1.3. Grosularia .....	105
4.1.1.4. Diópsido .....	105
4.1.1.5. Actinolita .....	106
4.1.1.6. Wollastonita .....	106
4.1.1.7. Especularita y siderita .....	107
4.1.1.8. Fluorita .....	107
4.1.1.9. Baritina .....	107
4.1.1.10. Magnetita .....	107
4.1.2. Minerales de mena y sulfuros .....	108
4.1.2.1. Pirita .....	108
4.1.2.2. Calcopirita .....	109
4.1.2.3. Esfalerita .....	110
4.1.2.4. Marmatita .....	111
4.1.2.5. Marcasita .....	112
4.1.2.6. Enargita .....	112
4.1.2.7. Bornita .....	112
4.1.2.8. Covelita e idaita .....	112
4.1.2.9. Tetraedrita y tennantita .....	112
4.1.2.10. Galena .....	112
4.1.2.11. Geocronita .....	113
<b>4.2. CUERPOS MINERALIZADOS EN YAURICOCHA.....</b>	<b>113</b>
<b>4.3. MINERALIZACIÓN EN CUERPO PRINCIPAL MASCOTA .....</b>	<b>115</b>
<b>4.4. CONTROLES DE MINERALIZACIÓN .....</b>	<b>116</b>
4.4.1. Control litológico .....	116
4.4.2. Control mineralógico .....	117



4.4.3. Control estructural .....	117
<b>4.5. MINERALIZACIÓN DEL CUERPO MASCOTA OESTE .....</b>	<b>118</b>
<b>4.6. GEOLOGÍA ECONÓMICA .....</b>	<b>124</b>
<b>4.7. ALTERACIÓN EN LA ZONA DE SKARN.....</b>	<b>126</b>
4.7.1. Silicificación .....	127
4.7.2. Calco – silicatada .....	127
4.7.3. Alteración argílica.....	129
4.7.4. Alteración propilítica .....	130
4.7.5. Hornfelnización .....	131
<b>4.8. ENRIQUECIMIENTO SUPERGÉNICO Y OXIDACIÓN .....</b>	<b>131</b>
<b>4.9. CORRELACIÓN CON OTROS YACIMIENTOS .....</b>	<b>132</b>
<b>4.10. ZONIFICACIÓN Y PARAGÉNESIS DEL YACIMIENTO .....</b>	<b>133</b>
4.10.1. Zonificación .....	133
4.10.2. Lixiviación hipogénica .....	134
4.10.3. Resultado de la zonificación .....	135
4.10.4. Paragénesis.....	136
<b>V. CONCLUSIONES.....</b>	<b>140</b>
<b>VI. RECOMENDACIONES .....</b>	<b>141</b>
<b>VII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....</b>	<b>142</b>
<b>ANEXOS.....</b>	<b>145</b>

**ÁREA:** Geología de Minas

**LÍNEA:** Yacimientos de Metasomatismo de Contacto

**FECHA DE SUSTENTACIÓN: 29 de agosto 2018**



## ÍNDICE DE TABLAS

<b>Tabla 1.</b> Las reservas de valorización .....	59
<b>Tabla 2.</b> Acceso a la mina Yauricocha .....	62
<b>Tabla 3.</b> Taladros ejecutados en mascota .....	82
<b>Tabla 4.</b> Principales minerales del cuerpo mascota.....	89
<b>Tabla 5.</b> Reservas probadas y probables del cuerpo Mascota .....	99
<b>Tabla 6.</b> Zonificación mineralógica.....	134
<b>Tabla 7.</b> Secuencia paragenética de los minerales .....	138





## ÍNDICE DE FIGURAS

<b>Figura 1.</b>	Corte transversal estratigráfico del Distrito minero de Yauricocha en el centro de Perú después del mapa de compilación de Centromin Perú y Rodríguez (2004).....	26
<b>Figura 2.</b>	Columna estratigráfica, mina Yauricocha .....	27
<b>Figura 3.</b>	Mapa geológico regional .....	28
<b>Figura 4.</b>	Tomado del primer congreso Latinoamericano de minas operados por la Cerro de Pasco, nov. de 1970 (J. Pinto). .....	29
<b>Figura 5.</b>	Corte transversal idealizado de la distribución de skarn, reemplazo de carbonato, Ag-base veta metálica y depósitos de sedimentos Au alojados en un modelo generalizado para depósitos de pórfido Cu-Mo. (Sillitoe y Bonham, 1990). .....	33
<b>Figura 6.</b>	Proceso de formación de yacimientos de contacto. Posición de contacto de los cuerpos metasomáticos alrededor de una intrusión de roca ígnea (Meinert, 1992).....	38
<b>Figura 7.</b>	Esquema de resultado de la mineralización de tipo skarn, en contacto con calizas y una roca plutónica como, granodiorita, tonalita (Meinert, 1992). Se caracterizan el ensamble de minerales típicos en cada una de las zonas de skarn, mármoles y el intrusivo.....	39
<b>Figura 8.</b>	Marco Tectónico del Perú. Compilado de INGEMMET 1994, por José Macharé. ....	43
<b>Figura 9.</b>	Zonas mineralizadas de la mina Central Yauricocha. ....	50
<b>Figura 10.</b>	Relación general en resultados de exploración, recursos y reservas minerales. Mina Yauricocha.....	55
<b>Figura 11.</b>	Plano de ubicación de la Unidad Minera Yauricocha, Diciembre de 2018 .....	63
<b>Figura 12.</b>	Mes de Noviembre (Lluvia, Nevada, Granizo). Fuente Oficina de Geología Yauricocha.....	64
<b>Figura 13.</b>	Fisiografía del área. Fuente Oficina de Geología de la mina Yauricocha. 65	



<b>Figura 14.</b>	Afloramiento de las calizas de la Formación Jumasha.....	66
<b>Figura 15.</b>	Afloramiento de las calizas de la Formación Celendín. ....	67
<b>Figura 16.</b>	Afloramiento de las Capas Rojas Casapalca, en las proximidades de la mina. .....	68
<b>Figura 17.</b>	Sección que se observa plegamiento de las calizas de la Formación Jumasha y cuerpo mineralizado a lo largo del emplazamiento del dique de diorita y formación zonas de skarn. ....	71
<b>Figura 18.</b>	Mapa geológico. Fuente: Unidad Minera Yauricocha, Diciembre 2017..	73
<b>Figura 19.</b>	La cobertura en superficie del Cuerpo Mascota, mina Yauricocha.....	85
<b>Figura 20.</b>	Caliza marmolizada de la Formación Jumasha del Cretácico; con granoblastos de calcita, dolomita y presencia de minerales opacos (sulfuros y carbonaos de cobre). ....	90
<b>Figura 21.</b>	Caliza marmolizada de la Formación Jumasha del Cretácico, con porfidoblastos de calcitas recrystalizadas, y dolomitas, con fina diseminación de minerales opacos. ....	91
<b>Figura 22.</b>	Porfidoblastos de epidotas, cloritas, lepidolitas y diópsidos en las zonas intermedias o hornfels. En ésta zona intermedia se observan la presencia de granates (grosularia). ....	92
<b>Figura 23.</b>	Diorita. Se observa alteración propilítica; presencia de minerales verdes como clorita, biotita, se forman por la alteración de augitas en la sección de color naranja nacrado a azul verdoso. ....	94
<b>Figura 24.</b>	Diorita. Se observan alteración propilítica en la parte superior de la sección delgada, con minerales de clorita, biotita, piritas y sericitas en la parte inferior. ....	95
<b>Figura 25.</b>	Diorita, se observan alteración argílica y propilítica en el extremo inferior derecho, presencia de minerales opacos, sulfuros y óxidos. ....	96
<b>Figura 26.</b>	Principales minerales, que se observan en el cuerpo Mascota mina Yauricocha.....	100



- Figura 27.** Malaquitas con intercrecimiento de azuritas, finos cristales de brocantita y disolución de la covelita, que se observan como micro-venillas en la sección pulida. .... 103
- Figura 28.** Porfidoblastos de calcita, que corresponde a las calizas de la Formación Jumasha. .... 105
- Figura 29.** Pirita friable terrosa, galena. Esfalerita (marmatita), sección que corresponde la muestra No. 4, del cuerpo Mascota. .... 109
- Figura 30.** Nódulos concéntricos de malaquita, azurita, pirita con intercrecimiento de calcopirita. Hay presencia de oro; sección que corresponde a muestra No. 5, del cuerpo Mascota. .... 110
- Figura 31.** Galena maclada con intercrecimiento de esfalerita, marmatita y óxidos de hierro en los bordes y espacios intergranulares, muestra No. 3 del cuerpo Mascota. .... 111
- Figura 32.** Caliza marmolizada de la Formación Jumasha, constituidos de calcita, dolomita recristalizadas y macladas, con diseminación de pirita. .... 116
- Figura 33.** Entre los minerales principales se observan, pirita terrosa, calcopirita, covelina; se puede considerar la ocurrencia de mineralización aurífera en la estructura principal. Muestra 7, del cuerpo Mascota. .... 117
- Figura 34.** Maclas de cristales cúbicos de galena argentífera muy bien expuestas en la zona de mineralización del cuerpo Mascota, muestra No. 3 de la estructura mineralizada. .... 119
- Figura 35.** Galena argentífera. Muestra 3, que corresponde a una estructura de carbonatos de calcita, con cerusita y esfalerita a manera de bandas en la sección ..... 121
- Figura 36.** Cristales nodulares de malaquita con coronas de azurita; que se encuentra lixiviadas de pirita, calcopirita; caracterizados por los colores gris blanquecinos y amarillo de calcopirita en la parte superior izquierda. Muestra 5. Del cuerpo Mascota. .... 123
- Figura 37.** Nódulos de malaquitas, coronas de azuritas, pirita, calcopirita en la sección, microcristales de brocantitas. Muestra 5 del cuerpo Mascota. .... 124



- Figura 38.** Pirita, con reemplazamiento de calcopirita, esfalerita, covelina, malaquita en espacios intergranulares. Muestra 4 del cuerpo mineralizado. .... 125
- Figura 39.** Pirita, covelita, nódulos de malaquita con coronas concéntricas de azurita, hay microcristales de galena argentífera en la sección..... 126
- Figura 40.** Fenocristales de plagioclasas con superficies de alteración, ortoclasa, cuarzo, augitas. Entre los minerales de alteración sericitas, caolinitas, olivino y biotitas, cloritas. .... 129
- Figura 41.** Se observan una alteración propilítica, presencia de minerales clorita, epidota, augita; plagioclasas alteradas a sericitas, caolinitas, con intercrecimiento de minerales opacos como pirita. .... 130
- Figura 42.** Porfidoblastos de calcita, dolomita, que corresponden a la zona de marmolización. .... 131



## ÍNDICE DE ACRÓNIMOS

<b>NE</b>	:	Noreste
<b>SW</b>	:	Suroeste
<b>TM</b>	:	Toneladas métricas
<b>°C</b>	:	Grados centígrados
<b>Km.</b>	:	Kilometro
<b>NW-SE</b>	:	Noroeste – Sureste
<b>S</b>	:	Sur
<b>N</b>	:	Norte
<b>W</b>	:	Oeste
<b>NE-SW</b>	:	Noreste – Suroeste
<b>E – W</b>	:	Este – Oeste
<b>SE</b>	:	Sureste
<b>Nv</b>	:	Nivel



## RESUMEN

El presente trabajo de investigación, trata de la Geología y Mineralización del cuerpo mineralizado Mascota en el yacimiento Yauricocha, en un área expuesta de rocas calcáreas que corresponden, a la Formación Jumasha, con espesor de 700 metros, sobreyaciendo concordantemente a la Formación Celendín; formada por lutitas silicificadas (france chert) de edad Santoniana, con intercalaciones de caliza recristalizada con espesor promedio de 400 m. Yauricocha, Perú central, es un sistema magmático-hidrotermal Zn-Pb-Cu-Ag zonificado alrededor del cuerpo magmático de cuarzo monzonita-cuarzo de Mioceno tardío, que invadió la caliza y la marga de las Formaciones de Jumasha y Celendín del Cretáceo. Los pliegues del noroeste controlaron el emplazamiento del cuerpo magmático; los depósitos de reemplazo de carbonato de sulfuro en Mina Central, los depósitos de skarn en Cachi Cachi y la mineralización de Au “estilo Carlín” en Purísima Concepción. El cuerpo Mascota; se encuentran asociado a los sulfuros de cobre. La principal característica del cuerpo Mascota; es que la mineralización está en ambientes de óxidos, emplazados en rocas calcáreas de la Formación Jumasha; el cual ocurre por la intervención de las aguas meteóricas que han ocasionado la etapa de oxidación de los sulfuros primarios de plomo, cobre y zinc debido al contexto estructural y litológico de este cuerpo que está situado en zonas de fallas, cavernas y zonas de brechamiento que han sido aparentes para la circulación de aguas y la posterior oxidación de los sulfuros galena, calcopirita y esfalerita. Este origen es asociado a un sistema hidrotermal porfídico y las temperaturas de las soluciones mineralizantes fueron de 500° C por lo que se clasifica como un depósito xenotermal (A.F. Buddington), es decir, de alta temperatura y baja presión.

**Palabras clave:** Hidrotermal porfídico, metasomatismo de contacto, mineralización, rocas calcáreas, sulfuros de Cu, Pb, Zn, Ag.



## ABSTRACT

The present research work deals with the Geology and Mineralization of the Mascota mineralized body in the Yauricocha deposit, in an exposed area of calcareous rocks that correspond to the Jumasha Formation, with a thickness of 700 meters, concordantly overlying the Celendín Formation; formed by silicified shales (france chert) of Santonian age, with intercalations of recrystallized limestone with an average thickness of 400 m. Yauricocha, central Peru, is a Zn-Pb-Cu-Ag magmatic-hydrothermal system zoned around a late Miocene quartz-monzonite-quartz magmatic body, which invaded the limestone and marl of the Cretaceous Jumasha and Celendín Formations. The northwest folds controlled the emplacement of the magmatic body; the sulfide carbonate replacement deposits at Mina Central, the skarn deposits at Cachi Cachi and the “Carlín style” Au mineralization at Purisima Concepción. The Pet Body; They are associated with copper sulfides. The main feature of the Pet body; is that the mineralization is in oxide environments, emplaced in calcareous rocks of the Jumasha Formation; which occurs due to the intervention of meteoric waters that have caused the oxidation stage of the primary sulfides of lead, copper and zinc due to the structural and lithological context of this body that is located in fault zones, caverns and brecciation zones that have been apparent for the circulation of water and the subsequent oxidation of the sulfides galena, chalcopyrite and sphalerite. This origin is associated with a porphyry hydrothermal system and the temperatures of the mineralizing solutions were 500° C, which is why it is classified as a xenothermal deposit (A.F. Buddington), that is, high temperature and low pressure.

**Keywords:** Calcareous rocks, contact metasomatism, mineralization, porphyritic hydrothermal, sulfides of Cu, Pb, Zn, Ag.



# CAPÍTULO I

## INTRODUCCIÓN

Los trabajos de investigación realizadas en el Distrito Minero Yauricocha en búsqueda de reservas y recursos minerales, sobre el cuerpo mineralizado Mascota, emplazado en el contacto oeste del stock intrusivo Mascota con intersección a las calizas Jumasha; es uno de los principales cuerpos oxidados en el área de la mina. Ha sido reconocido desde superficie hasta el nivel 820 cota 4088.443 m.s.n.m., con labores mineras y con taladros de perforación diamantina, más adelante es reconocido hasta el nivel 1120 cota 3787.627 m.s.n.m. El cuerpo Mascota con rumbo promedio este a oeste, yace paralelo a la dirección de la línea imaginaria que une a los cuerpos Catas, Pozo Rico y Adriana. Es una estructura alargada que buza fuertemente al este. Por debajo del nivel 465 el cuerpo sigue el contacto intrusivo – caliza; pero por encima de él se separa del intrusivo.

La mineralización de este cuerpo está caracterizada de la siguiente manera: desde el nivel 300 cota 4604.265 m.s.n.m., al nivel 575 cota 4330.954 m.s.n.m., la mineralización consta de jarosita, hematita, plumbojarositas, en menor cantidad cerusita y anglesita. Desde el nivel 575 cota 4330.954 m.s.n.m., al Nivel 720 cota 4185.972 m.s.n.m., se tiene un incremento de la cerusita y de la anglesita. Y por debajo del nivel 720 cota 4185.972 m.s.n.m, La cerusita se incrementa con respecto a los niveles superiores. Los óxidos residuales ricos en plata, plomo y oro y sílice son prácticamente continuos desde el nivel 360 cota 4552.258 m.s.n.m., hasta por debajo del nivel 1120 cota 3787.627 m.s.n.m. Por encima del nivel 230 cota 4645.678 m.s.n.m., los óxidos no son económicos. Los tres ramales están constituidos por óxidos transportados que contiene





cobre nativo, Malaquita, cuprita, tenorita y limonita, argento jarosita plumbojarosita. Pequeños depósitos con alta ley de Pb-Zn ocurren a lo largo del contacto intrusivo caliza.

Dentro del cuerpo Mascota presenta oro en partículas micrométricas, hematita, oligisto, continuando con la explotación de este cuerpo a partir del nivel 820 cota 4088.443 m.s.n.m., se presente pequeñas zonas de óxido de cobre con presencia de malaquita bodroidal, hasta el nivel 1070 cota 3837.627 m.s.n.m., piso 16 con leyes de hasta 9% de Cu, obviamente interés de la empresa ya que hubo los resultados de planta para su recuperación de este cobre al igual que plata y plomo en un 50% de recuperación siendo económico, en estos niveles se nota la extensión del óxido de cobre es decir crece más o tiene más área y el área oxido de Ag Pb. Siguiendo en su profundización a partir del nivel 1070 piso 8 se manifiesta más la azurita, y no hay mucha presencia de malaquita, aun así, su ley sigue siendo de 6% de cobre pudiendo ser económico para la empresa en su recuperación de 3% Cu, a partir de este piso 8 Nv. 1070 el interés sigue siendo el cobre, en el nivel 1070 se presenta en el óxido sulfuros como pequeños cuerpos dentro del mismo cuerpo mascota oxidado esos sulfuros son calcosina y covelina, generalmente como venillas.

Por lo general la mineralización del yacimiento de Yauricocha está formada principalmente por pirita, cuarzo, enargita, calcopirita, bornita, covelina en el núcleo y parte central de los cuerpos; y masas sueltas de pirita friable, galena, esfalerita junto con algo de calcopirita en una ganga de calizas, arcilla y cuarzo en la periferia. Asimismo, la presencia de Au nativo se halla asociado a dichos sulfuros.

El Distrito Minero Yauricocha es un yacimiento de metasomatismo de contacto, formado en rocas calcáreas de la Formación Jumasha y Celendín, debido a la actividad ígneas que ha intruido posteriormente, de composición calco-alcalina.



## 1.1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

Acotamos con precisión que la presente investigación la abordamos desde el punto de vista descriptivo, para poder alcanzar parámetros de identificación, preparación y desarrollo de labores tanto subterráneas como superficiales de la mina Yauricocha.

En este sentido nos preguntamos lo siguiente:

¿Cuáles son las características geológicas que presenta el cuerpo Mascota?

¿Cuáles son las características estructurales que presentan en la mina Yauricocha?

¿Cuáles son las características mineralógicas que presenta el presenta el cuerpo Mascota?

Dar respuesta a estas interrogantes a través del presente estudio ha sido el objetivo fundamental de la presente investigación y que más adelante la detallaremos.

## 1.2. JUSTIFICACIÓN

De acuerdo con las características del tema, se encuentra suficientemente justificado ya que trata de obtener características fundamentales para proyectar los desarrollos y su explotación posterior.

La importancia del presente trabajo, radica en que la obtención de una descripción detallada y organizada de las características geológicas del cuerpo Mascota de la mina Yauricocha, el mismo que sirva de modelo para orientar la búsqueda de nuevos cuerpos y contribuir de esta manera al amplio campo del conocimiento de la geología de la zona central del Perú.



### **1.3. HIPÓTESIS**

Se encuentran características similares al cuerpo Mascota, entonces es posible encontrar nuevos cuerpos en profundidad.

### **1.4. OBJETIVO DE LA INVESTIGACIÓN**

#### **1.4.1. Objetivo general**

Caracterizar geológicamente el cuerpo Mascota de la mina Yauricocha.

#### **1.4.2. Objetivos específicos**

- Describir las características estructurales del yacimiento.
- Describir la mineralogía que ocurre en el cuerpo Mascota.

### **1.5. VARIABLES**

#### **1.5.1. Variable independiente**

Área de estudio regional considerando el área de la mina Yauyos.

#### **1.5.2. Variable dependiente**

Características geológicas, estructurales y mineralogía del cuerpo Mascota.



## CAPÍTULO II

### REVISIÓN DE LITERATURA

#### 2.1. MARCO TEÓRICO

El Distrito polimetálico de Yauricocha está ubicado cerca de la cresta de una porción de la Cordillera Occidental del centro de Perú. En elevaciones entre 4500 y 4700 metros sobre el nivel del mar. El Distrito está ubicado dentro de un cinturón de pliegue y empuje más antiguo que se formó durante la orogenia incaica del Eoceno medio (Megard *et al.*, 1996). Las rocas sedimentarias, predominantemente de la era cretácica, se han plegado en sinclinal y anticlinal de tendencia noroeste y se han cortado por fallas de empuje paralelas; (Megard *et al.*, 1996). Las estructuras contraccionales han sido posteriormente se corta por inmersión abrupta ( $75^\circ - 90^\circ$ ) hacia el noroeste, noreste y este. Fallas de tendencias y sistemas de fractura (Megard, 1968; Megard *et al.*, 1996)

En Yauricocha, los cuerpos de reemplazamiento de carbonato están asociados espacialmente con la falla de Yauricocha, y forman cuerpos de brechas similares a tuberías en rocas altamente fracturadas. Los cuerpos mineralizados de reemplazamiento de carbonato están alineados a lo largo de la malla de fractura y, por lo general, están ubicados en roca caliza a lo largo de los contactos o en las intersecciones de fallas. El colapso o brechas similares a tuberías controladas tectónicamente son uno de los anfitriones más importantes de los organismos de alto grado.

Valdivia (1996) investigó los controles de la mineralización Cu-Pb-Zn-Ag del distrito a través de estudios de campo, petrográficos e isótopos de plomo. Concluye que en la porción oriental de la Cordillera Occidental en los Andes centrales, donde se ubica el Distrito minero de Yauricocha, las rocas paleozoicas y mesozoicas están cortadas por



fallas regionales longitudinales NW-SE y fallas transversales N-NE, que controlaban el emplazamiento de Rocas intrusivas como granodioritas de la era Cenozoica. La falla de Yauricocha, sus fracturas secundarias y los fluidos derivados de la intrusión fueron los responsables de la geometría de los cuerpos, principalmente con formas similares a tuberías. Estas tuberías están ubicadas en la intersección de fracturas secundarias y presentan una clara zonificación estructural, aparentemente controlada por la presión del fluido.

## **2.2. GEOMORFOLOGÍA**

La erosión Pliocénica de la superficie es claramente reconocible en el ondulado campo abierto al NE de la divisoria Continental, mientras que al Sur Oeste el terreno se encuentra dividido por profundos valles y cañones y aun así las reliquias de la erosión superficial se encuentran marcadas por picos con un promedio de 5 000 metros de altura.

Los valles arriba de los 4 000 metros, muestran los efectos de la glaciación pleistocénica. Morrenas laterales y terminales, valles en forma de "U", valles colgados y lagunas excavadas por glaciares se encuentran bien desarrollados.

## **2.3. GEOLOGÍA REGIONAL**

En el área del yacimiento de metasomatismo de contacto afloran rocas sedimentarias desde el Mesozoico (Jurásico, Cretácico), en el Paleógeno y Neógeno, algunos intrusivos y rocas volcánicas que subyacen a formaciones de rocas calcáreas; que se encuentran afectos a deformaciones y plegamiento.



### 2.3.1. Marco estratigráfico

Las rocas sedimentarias que ocurren en el distrito minero de Yauricocha pertenecen a las formaciones Goyllarisquisga, Jumasha, Celendín y Casacalpa. La piedra caliza de la Formación Jumasha es la roca hospedadora dominante de los cuerpos de sulfuro. La estratigrafía regional se resume en la Fig. 1 (Thompson, 1960; Rodríguez, 2002, 2004).

La Formación Goyllarisquisga del Cretácico temprano es la unidad sedimentaria más antigua de la región, pero no surge dentro del distrito. Ocurre alrededor de la mina Éxito, ubicada a 5.5 km al sur-sureste de Yauricocha. Allí, la formación sólo se produce en los núcleos de anticlinal. Regionalmente, la formación se compone de aproximadamente 300 metros de blanco a gris.

Arenisca granulada, localmente anillada con lutitas carbonosas, lechos delgados de carbón impuro y arcillas. Cerca de Chauca (aproximadamente a 14 km al NE de la mina Yauricocha), las areniscas se intercalan con lutitas rojas cerca de la base de la formación.

Por encima de la Formación Goyllarisquisga, se encuentra la Formación Cretácea Jumasha, que es la roca hospedadora principal en el distrito minero de Yauricocha. Se compone de más de 700 metros de roca caliza maciza gris claro. La base de la formación incluye pizarras carbonosas intercaladas cubiertas por lentes de roca caliza discontinuas de color marrón grisáceo con lentes locales Lechos de esquisto y silicio hasta 6 metros de ancho. Brechas sedimentarias y un umbral basáltico hasta 17.00 metros de ancho son tipos de roca menores. Intrusión de la acción de Yauricocha-Éxito. Convirtió la roca caliza en mármol y en zonas dolomíticas de 10 a 50 metros de ancho a lo largo del Contacto intrusivo, donde las rocas albergan mineralización de Cu, Pb, Zn y Ag.



La Formación de Celendín tardía del Cretácico (Santoniano) se sobrepone a la caliza de la Formación Jumasha. En el distrito minero de Yauricocha, consta de unos 400 metros de lutitas silicificadas de lecho fino (esquisto) y piedra caliza recristalizada a lo largo del oeste Borde de la diorita de cuarzo a la intrusión de monzonita de cuarzo. También están presentes pequeños cuerpos de skarn de granate ricos en epidota y clorita con diseminación de pirita asociada con la mineralización de cobre (Rado, 1997). La Formación Celendín en Yauricocha se ha mapeado previamente como parte de los lechos inferiores de la Formación Casapalca (Petersen, 1965; Centromin Perú SA, 1980), y es conocida localmente como France Chert (Wilson, 1963; Petersen 1965; Centromin Perú SA, 1980).

A lo largo de la región de Yauricocha, pero no dentro del distrito minero, el Cretácico Superior para bajar la Formación de Casapalca Terciaria se sobrepone a la Formación de Celendín a lo largo de un contacto graduado. La formación está compuesta de lutitas calcáreas rojas, roca caliza pura y caliza de arena roja con lechos de lava y toba.

La caliza de Jumasha-Celendín, la caliza de Jumasha-intrusiva, y la piedra de Celendín- Los contactos intrusivos ejercen un fuerte control al localizar los cuerpos; Los cuerpos mineralizados más grandes se localizan particularmente en el contacto de las unidades litológicas con el esquisto de Celendín, que actúa como una barrera de permeabilidad a los fluidos hidrotermales que contienen minerales y ayudó a concentrar los vetas (Thompson, 1960; Rado, 1997). El tamaño del grano y la permeabilidad a la fractura en las rocas sedimentarias también influyen en los cuerpos mineralizados. Los cuerpos de los cuerpos están emplazados en calizas de grano más grueso en lugar de esquistos de grano más fino, y en áreas con fracturas intensas (es decir, en zonas con fallas y plegadas) (Rodríguez, 2002). En Mina Central, los cuerpos suelen aparecer en piedra



caliza cerca o en contacto con la lutita de formación Celendín (France Chert), metamorfoseada térmicamente, y también junto a las reservas o diques, mientras que, en Cachi Cachi, están presentes a lo largo del contacto intrusivo de piedra caliza de Jumasha.

### **2.3.2. Rocas intrusivas**

El Stock de Yauricocha-Éxito es un compuesto intrusivo alargado en dirección noroeste, paralelo y en gran parte concordante con la estratigrafía en el cinturón de pliegue y empuje A 40 La edad de Ar 39Ar de  $7.47 \pm 0.06$  Ma se ha determinado con biotita (Bissig et al., 2004). La reserva Yauricocha-Éxito invadió la piedra caliza de la Formación Cretácea Jumasha y las margas de la Formación Santoniano Celendín. La población tiene contactos de inmersión abrupta con las rocas del país, y es alargada paralela a las tendencias estructurales regionales. En Mina Central, ocurre a lo largo de los pliegues de France Chert y Purísima Concepción, que se encuentran al noroeste, mientras que, en Cachi Cachi, a lo largo de los pliegues de Cachi Cachi y France Chert de WNW. Las intrusiones por satélite ocurren en grupos de cuerpos pequeños con una superficie de unos pocos cientos de metros cuadrados a cuerpos grandes que cubren varios kilómetros cuadrados. Los apófisis pequeñas y los diques o los umbrales son comunes a lo largo de los bordes de los cuerpos más grandes.

El cuerpo intrusivo principal está zonificado localmente desde cuarzo diorita-granodiorita en el centro hasta cuarzo-monzonita en el margen (Rodríguez, 2002). Plagioclasa, ortoclasa, biotita, hornblenda y cuarzo son los principales minerales. La plagioclasa varía de oligoclasa a andesina, y comúnmente muestra texturas porfídicas. Las venas de cuarzo se encuentran comúnmente en pequeñas zonas de silicificación en el intrusivo.





La actividad intrusiva se desarrolló mayormente en el Mioceno. Las edades determinadas mediante el método Ar-K en biotitas de muestras tomadas en el área de Yauricocha y Éxito, dan un promedio de 6,9 millones de año (Giletti, 1968).

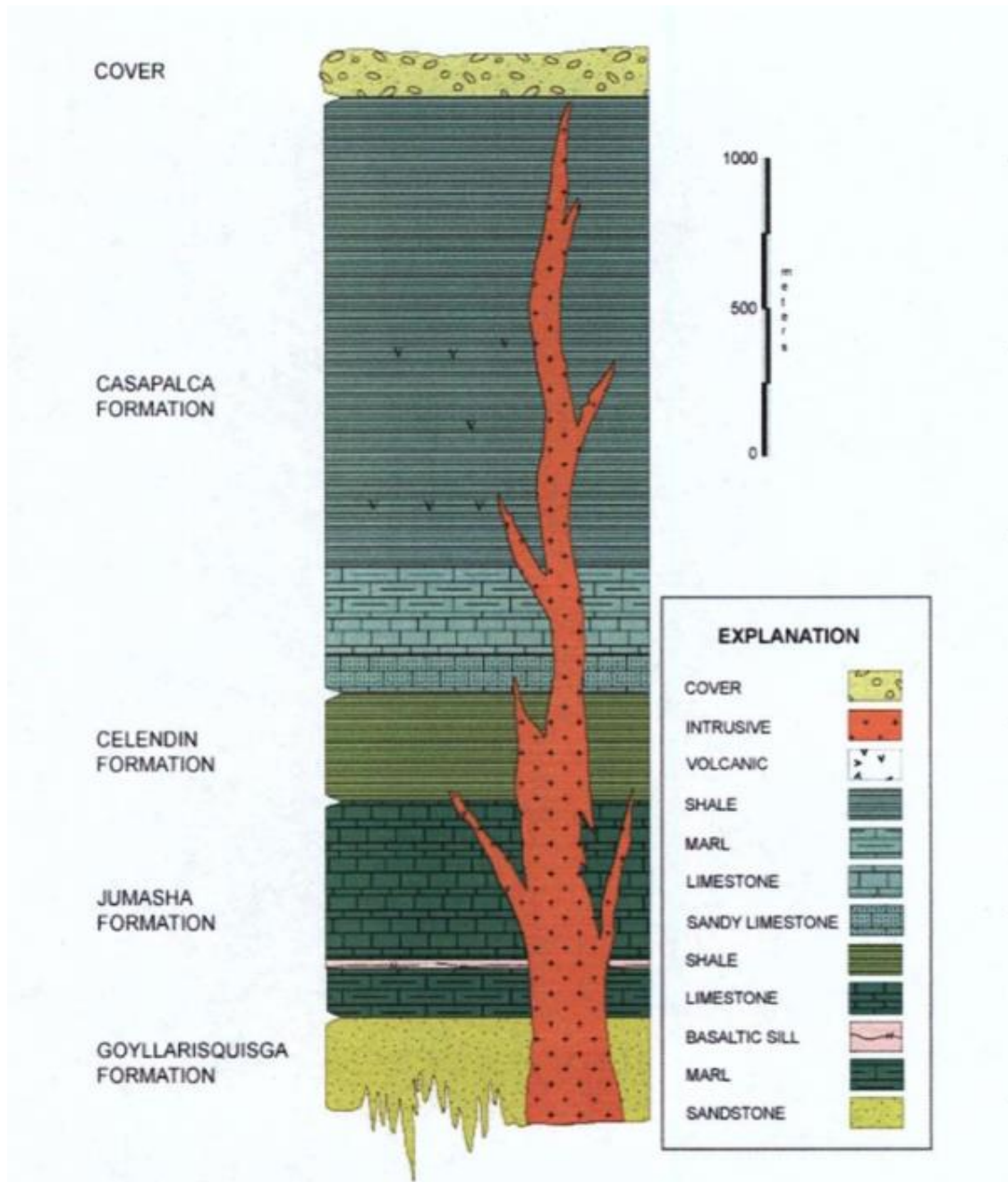
Los Intrusivos presentan contactos definidos y de gran ángulo con los sedimentos, así como una neta tendencia a seguir el rumbo regional y plano de estratificación.

Los Intrusivos varían gradualmente en tamaño, desde cuerpos de unos cuantos cientos de metros cuadrados hasta grandes masas que han cubierto varios kilómetros cuadrados. Es común la ocurrencia de apófisis pequeños en los bordes de los intrusivos mayores.

Su composición varía de granodiorita a cuarzo-monzonita en los bordes, observándose macroscópicamente plagioclasa, ortosa, biotita, hornblenda y cuarzo. Las plagioclasas, fluctúan desde oligoclasa hasta andesina, presentando comúnmente textura porfirítica.

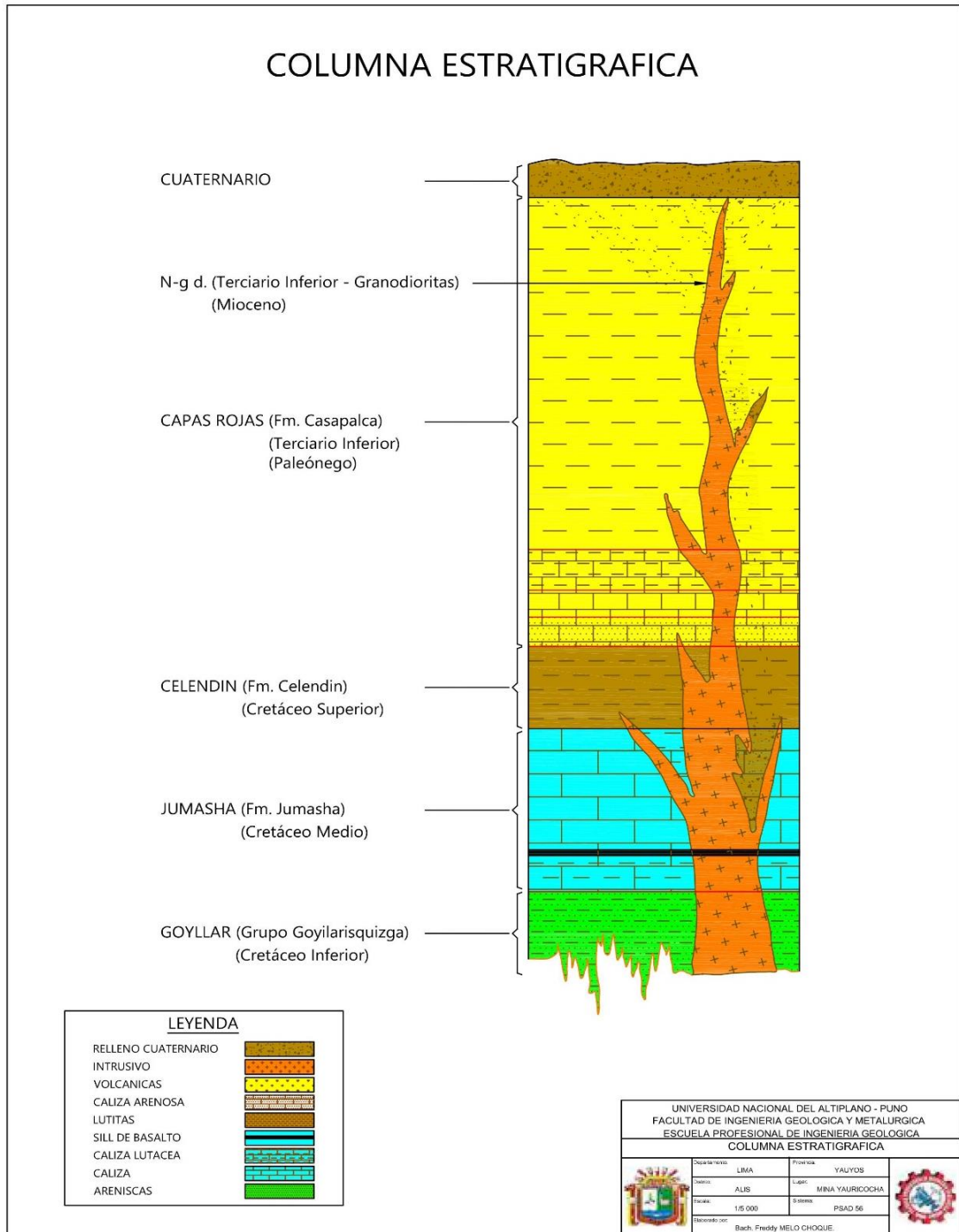
### **2.3.3. Depósitos cuaternarios**

Los depósitos cuaternarios están constituidos por cantos, rodados, gravas englobadas en una matriz de arena y limo; se encuentran además con una cobertura de vegetación de pastos naturales propias de la zona alto andinas de gramíneas y ichu.



**Figura 1.** Corte transversal estratigráfico del Distrito minero de Yauricocha en el centro de Perú después del mapa de compilación de Centromin Perú y Rodríguez (2004).

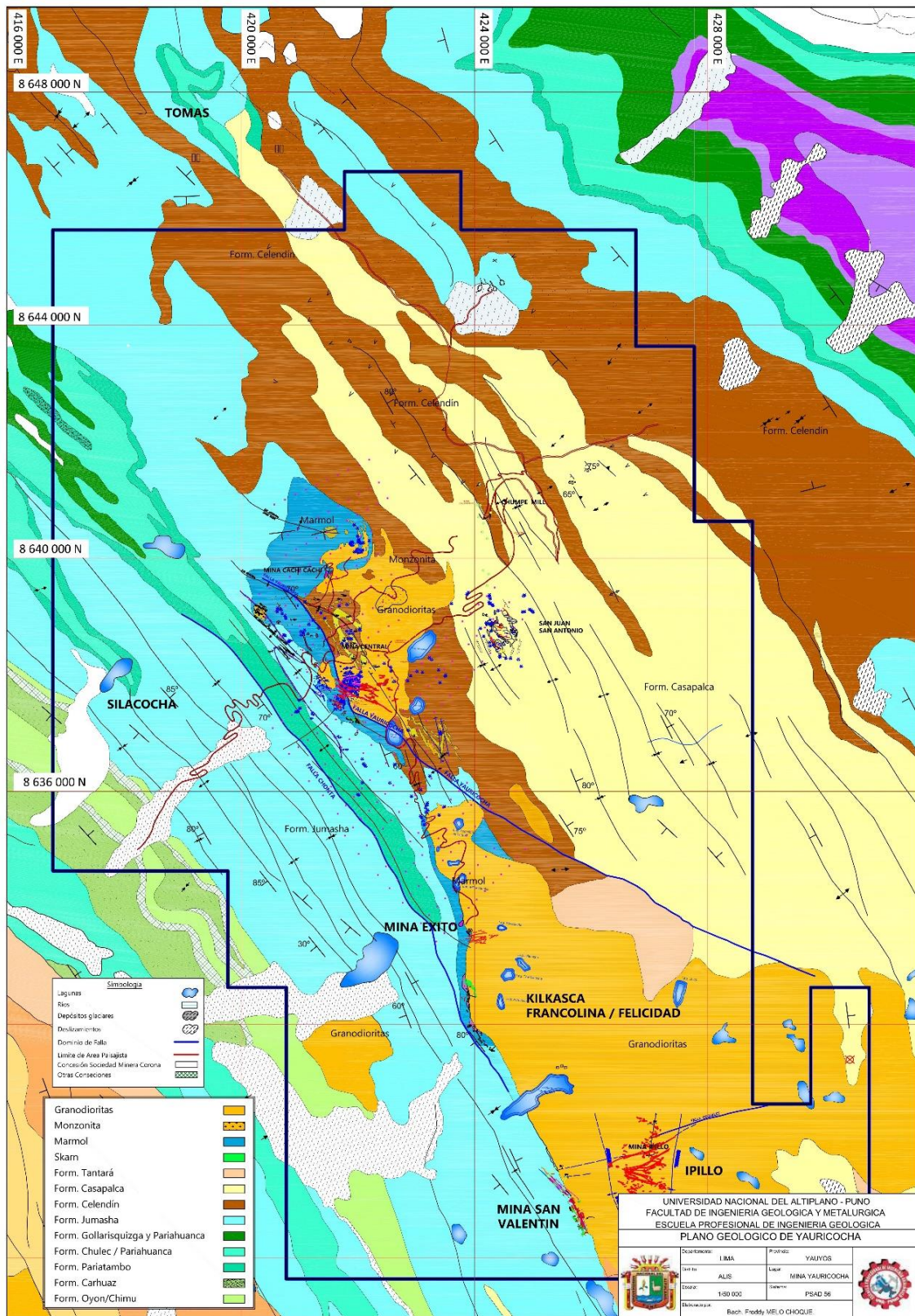
### Columna estratigráfica de la mina Yauricocha



**Figura 2.** Columna estratigráfica, mina Yauricocha

Fuente: Freddy Melo, mina Yauricocha, 2018.

## MAPA GEOLÓGICO REGIONAL DE LA UNIDAD MINERA YAURICOCHA



**Figura 3.** Mapa geológico regional

Fuente: Freddy Melo, mina Yauricocha, 2018.

### SINTESIS ESTRATIGRAFICA MINA YAURICOCHA

SIS-TEMA	SERIE	UNIDADES ESTRATIGRAFICAS	DESCRIPCIÓN LITOLÓGICA	ESPESOR EN METROS
CUATER-NARIO	PLEIS-TOCENO	Depósitos Glaciares	Material Morrénico	No determinado
TERCIARIO	MIOCENO SUPERIOR	Intrusiones	De composición granodiorítica	No determinado
	EOCENO	Formación Casapalca (Capas Rojas)	Caliza interbandeada, caliza silicificada y fragmentos calcáreos	90 metros
	PALEO CENO		Caliza ligeramente silicea (Caliza Quishuar). Fragmentos calcáreos interband. con caliza silicificada.	70 metros 130 metros
CRETACEO	SUPERIOR	Formación Celendín (France Chert)	Lutitas silicificadas bandeadas con intercalaciones de caliza recristalizada. El espesor de las bandas de lutita varía de 0.02 m. a 0.06 m. y las de caliza de 0.10 m. a 1.50 m.	100 metros
			Lutitas ligeramente silicificadas, finamente bandeadas.	100 metros
			Lutitas finamente bandeadas con intercalaciones de caliza.	50 metros
			Caliza recristalizada.	100 metros
			Lutitas silicificadas con intercalaciones de caliza recristalizada.	50 metros
INFERIOR	Grupo Machay (Calizas Machay)	Caliza masiva Caliza silicificada Caliza masiva Sill de roca basáltica. Caliza marmolizada finamente bandeada.	90 metros 5 metros 460 metros 17 metros 6 metros	
		Caliza masiva con lutitas carbonáceas interbandeadas en su mitad inferior.	150 metros	

**Figura 4.** Tomado del primer congreso Latinoamericano de minas operados por la Cerro de Pasco, nov. de 1970 (J. Pinto).



## 2.4. MARCO TEÓRICO Y CONCEPTUAL

### 2.4.1. Controles de mineralización en yacimientos Yauricocha

Las trazas axiales de los pliegues que cruzan el área de Yauricocha se han girado en un plano horizontal de aproximadamente  $30^\circ$ , y como resultado de esta rotación, se han desarrollado tres sistemas principales de cizallamiento y unión con golpes de EW, NW-SE y NE-SW. El primer sistema es casi vertical, mientras que el segundo sumerge  $70^\circ$  NE debido a la influencia de los estratos en la dirección del corte, mientras que el tercero sumerge  $75^\circ$  SE. La gran mayoría de los cuerpos mineralizados (chimeneas o tuberías) se encuentran en el conjunto NW-SE. Se infiere que los cuerpos indican la dirección de ataque del conjunto de corte más profundo y definido, dado que son los más profundos que se encuentran en la mina.

Es muy posible que las posiciones de los cuerpos en profundidad puedan ser controladas por la intersección de los conjuntos de cizallamiento NE-SW y E-W persistentes. En una vista en planta, la posición de los cuerpos es paralela a esas dos direcciones de corte y unión. Además, los dos conjuntos interactúan, como se mencionó anteriormente, como lo ilustra la banda de pirita en los cuerpos mineralizados y la presencia de algunas vetas con sus respectivas direcciones vistas dentro de la piedra caliza intrusiva y de Jumasha y la France Chert.

El contacto de la roca caliza de Jumasha y el France Chert está fuertemente influenciado por la orientación y posición de los cuerpos de Cuye y Catas. Este contacto golpea NW a SE y cae entre  $85^\circ$  y  $70^\circ$  al NE.

La preferencia de mineralización de la roca caliza por los intrusivos está bien definida, aunque algunos depósitos discontinuos del tipo de veta también se producen en



la piedra caliza y la granodiorita. Todos los cuerpos conocidos que contienen cobre se producen dentro del áureo de recristalización de la roca calcárea que bordea las intrusiones granodioríticas, y los cuerpos de Pb-Zn solo se encuentran en piedra caliza recristalizada.

La roca calcárea es más receptiva a la alteración donde hay mayor fractura y los cristales de calcita son más grandes. Por lo tanto, no es sorprendente que los grandes cuerpos mineralizados se produzcan dentro de la aureola de piedra caliza recristalizada y donde las rocas difieren en su competencia, como lo ejemplifican los contactos de la roca caliza-chert-intrusiva.

#### **2.4.2. Yacimiento de reemplazamiento y relleno en calizas**

##### **Reemplazamiento**

Es el proceso de mayor importancia en la formación de los minerales epigenéticos y en los depósitos minerales, o de los que se formaron posteriormente a las rocas que los encierran.

En las diferentes regiones fisiográficas del Perú, ocurren en mayor o menor proporción horizontes calcáreos depositados en diferentes edades, en el Paleozoico, Mesozoico y Cenozoico. La mayor proporción de horizontes calcáreos se depositaron en la franja sedimentaria Mesozoica.

Los yacimientos formados por reemplazamiento de calizas son considerados yacimientos tipo skarn.

Los yacimientos formados por reemplazamiento en calizas se han originado en el contacto de intrusivos con calizas a menor presión y a menor temperatura, sin presencia



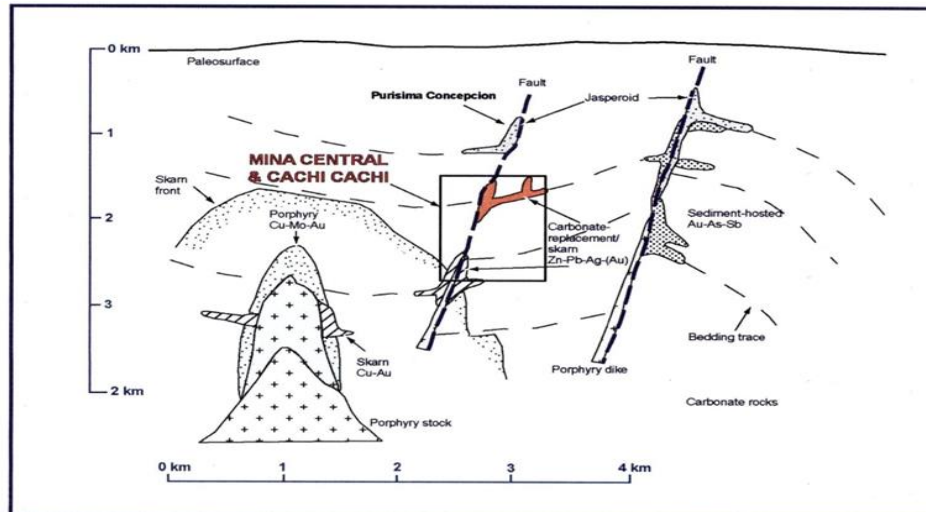
de los calcosilicatos, el reemplazamiento de horizontes calcáreos se ha producido por soluciones mayormente hidrotermales en horizontes de calizas, como mantos de reemplazamiento.

Los yacimientos de relleno mineral en calizas se han originado en fallas, fracturas o cuerpos brechosos en calizas. En estos yacimientos, además del relleno hubo reemplazamiento; muchos de ellos pueden clasificárseles como yacimientos Cordilleranos. Este tipo de yacimiento es mayormente polimetálico.

El término depósito de reemplazo de carbonato se usa para zonas de sulfuros que carecen de calcosilicatos apreciables. En los distritos de Yauricocha, los depósitos de este tipo de reemplazamiento y skarn están estrechamente asociados dentro de los mismos sistemas de mineralización.

En la mina central la alteración visible es principalmente de control estructural. Skarns granate se producen localmente asociados con soleras de diorita de cuarzo. Las unidades de mármol blanqueado versus gris se extienden hasta 430 m contacto intrusivo. Las venas de carbonato de Mn, que disminuyen en abundancia con la distancia, están presentes en la piedra caliza, y están asociados especialmente con cuerpos de sulfuros.





**Figura 5.** Corte transversal idealizado de la distribución de skarn, reemplazo de carbonato, Ag-base veta metálica y depósitos de sedimentos Au alojados en un modelo generalizado para depósitos de pórfido Cu-Mo. (Sillitoe y Bonham, 1990).

En Cachi Cachi, la alteración consiste en un skarn de andradita-grosularia, rodeado de mármol blanqueado y gris. El blanqueo generalizado caracteriza las rocas dentro de los 150 m del contacto intrusivo, mientras que las zonas de blanqueo controladas por estrechos lechos se extienden hasta 450 m de distancia. Las redes de vetas de calco silicato y carbonato se desarrollan adyacentes a los minerales y disminuyen en abundancia con la distancia lejos de la intrusión.

Los halos de alteración visible y crítica se pueden usar como modelo para explorar cuerpos de reemplazo alojados con carbonato y skarn en otras áreas con características geológicas similares a Yauricocha.

### **Metasomatismo de contacto**

Es un proceso geológico que corresponde la sustracción o adición de componentes químicos a una roca mediante fluidos acuosos con el requisito de que la roca debe mantenerse en el estado sólido. Se considera un tipo de metamorfismo. Los dos tipos principales de metasomatismo son el infiltracional y el difusional. El primero ocurre



cuando el fluido se encuentra en movimiento penetrando la roca y el segundo cuando el fluido está estancado.

Paralelamente se pueden distinguir tipos de metasomatismo por su situación geológica:

Autometasomatismo: ocurre en rocas ígneas a comienzo de la etapa postmagmática tras su solidificación. Mientras metasomatismo de borde: ocurre en zonas de contacto entre dos rocas sólidas.

Metasomatismo de contacto: ocurre en una roca sólida que está en contacto con un cuerpo ígneo y puede ocurrir en varios de los estados de evolución (enfriamiento y solidificación) de un cuerpo ígneo.

### **Proceso de reemplazamiento**

El metasomatismo es un proceso que se caracteriza principalmente por el reemplazamiento y la importancia que toman los fluidos. Este proceso se lleva a cabo siempre en estado sólido (la roca metasomatizada nunca llega a fundir) cuando un fluido muy penetrante llega hasta una roca. En ese momento se produce una disolución de la mineralogía de la roca a la vez que precipita en las oquedades creadas, nuevos minerales, por lo que se trata de un proceso simultáneo en el que el volumen mineralógico no varía y permanece constante. Además, en muchos de los casos se preservan las estructuras y texturas de la anterior litología como estratificación, pliegues o laminaciones.

La tasa de avance del metasomatismo en las rocas varía dependiendo de la superficie de reacción y la permeabilidad de dicha litología:



- Rocas con una superficie de reacción grande y poca permeabilidad. El frente del metasomatismo es masivo.
- Rocas con una superficie de reacción pequeña y mucha permeabilidad. El frente metasomático se concentra en diversos núcleos de reacción.
- En rocas con características intermedias. El frente de metasomatismo es una mezcla entre masivo y núcleos de reacción.

### **2.4.3. Formación de depósitos de skarn**

#### **Skarn**

Se entiende por skarn rocas que contienen minerales calcosilicatados, tales como, por ejemplo: diópsido, wollastonita, granate andradita y actinolita, principalmente. Estas comúnmente ocurren en aureolas metamórficas de contacto en torno a plutones que intruyen secuencias calcáreas (Maksaev, 2003).

A este tipo de rocas metamórficas se asocia un variado grupo de depósitos minerales extremadamente irregulares. Los skarns puede formarse durante metamorfismo regional o de contacto y de una variedad de procesos metasomáticos de la participación de los fluidos magmáticos, metamórficos, meteóricos, y/o de origen marino. Se encuentran adyacentes a plutones, a lo largo de las fallas y de las principales zonas de cizalla, en los sistemas geotérmicos superficiales, en la parte inferior del lecho marino, y a menor profundidad en la corteza, terrenos metamórficos enterrados. La relación existe entre estos distintos ambientes, y lo que define a una zona de skarn, es la mineralogía. Esta mineralogía incluye una amplia variedad de minerales calco-alcalinos, minerales de silicato y asociados, pero por lo general está dominada por granates y piroxenos (ver fig. 6).



El término skarn fue introducido por petrólogos metamórficos suecos para designar rocas metamórficas regionales o de contacto constituidas por silicatos de Ca, Mg y Fe derivados de un protolito de calizas y dolomitas en las cuales se ha introducido metasomáticamente grandes cantidades de Si, Al, Fe y Mg.

Se entiende por skarn rocas que contienen minerales calcosilicatados, tales como, por ejemplo: **diópsido, wollastonita, granate andradita y actinolita**, principalmente. Estas comúnmente ocurren en aureolas metamórficas de contacto en torno a plutones que intruyen secuencias calcáreas (Maksaev, 2003).

A este tipo de rocas metamórficas se asocia un variado grupo de depósitos minerales extremadamente irregulares, los que pueden formar lenguas de mena que se extienden a lo largo de cualquier estructura planar (estratificación, diaclasas, fallas, etc.). Los cuerpos de mena pueden terminar abruptamente con cambios en la estructura y composición mineralógica.

El término skarn es ampliamente utilizado y es adecuado para referirse a este tipo de depósitos relacionados a aureolas de contacto de intrusiones dentro de secuencias calcáreas (calizas, dolomitas). Estas últimas rocas formadas por calcita o dolomita ( $\text{CaCO}_3$  y  $\text{CaMg}(\text{CO}_3)_2$ ) se convierten en mármoles, rocas corneanas calcosilicatadas (hornfels) y/o skarns por el efecto del metamorfismo de contacto.

Los depósitos skarn son una gran fuente de tungsteno en el mundo; de las mayores fuentes de cobre, importantes fuentes de hierro, molibdeno y zinc; y menores fuentes de cobalto, oro, plata, plomo, bismuto estaño, berilo y boro. Sirven también como fuente de minerales industriales como son grafitos, asbestos, wollastonita, magnesita, flogopita, talco y florita. Este amplio rango de productos, ocurren en un variado campo de ambientes geológicos, son unificados dentro del título “depósitos skarn” por un señalado proceso



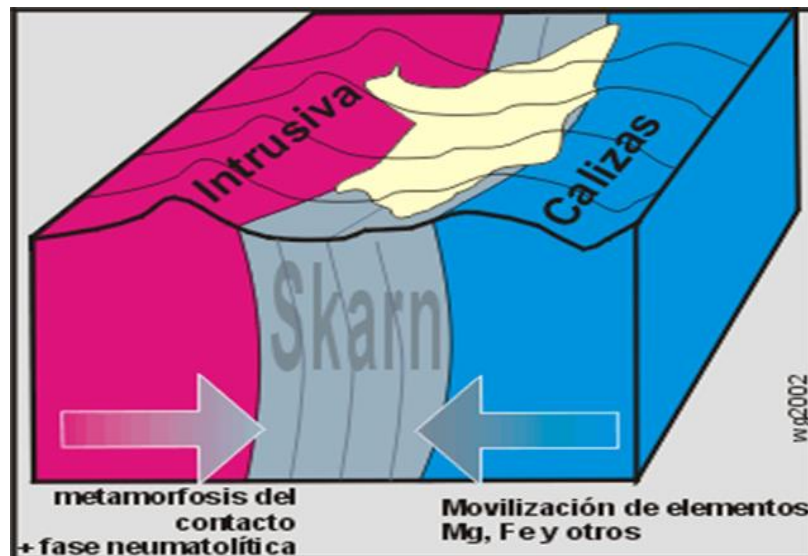
genético que incluye reemplazamiento metasomático de predominantemente rocas carbonatadas por silicatos de Ca-Fe-Mg-Mn (Maksaev, 2003).

El contenido de metales y la mineralogía de depósitos skarn son formados por depósitos minerales hidrotermales, reflejando una combinación de factores, los más importantes de los cuales son fuentes tectónicas y composición del magma, composición de los fluidos metasomáticos en esta fuente y el ambiente local en el cual estos fluidos se infiltran. Se consideran como depósitos de skarn los depósitos minerales que son minados para metales y que pueden ser atribuidos a procesos magmáticos hidrotermales; son excluidos skarn como fuente de minerales industriales.

Los depósitos skarn son clasificados en base al metal económico dominante en siete subclases generales: hierro, tungsteno, cobre, plomo-zinc, molibdeno oro y estaño. Variaciones entre estas subclases son reconocidas como una función del tipo de magma, ambiente de emplazamiento y composición de la roca receptora.

Los skarns puede formarse durante metamorfismo regional o de contacto y de una variedad de procesos metasomáticos de la participación de los fluidos magmáticos, metamórficos, meteóricos, y/o de origen marino. Se encuentran adyacentes a plutones, a lo largo de las fallas y de las principales zonas de cizalla, en los sistemas geotérmicos superficiales, en la parte inferior del lecho marino, y a menor profundidad en la corteza, terrenos metamórficos enterrados. La relación existe entre estos distintos ambientes, y lo que define a una roca como skarn, es la mineralogía. Esta mineralogía incluye una amplia variedad de minerales calco-alcalinos, minerales de silicato y asociados, pero por lo general está dominada por granates y piroxenos (ver fig. 6).

Los skarns pueden subdividirse según varios criterios. Exo skarn y Endo skarn son los términos más utilizados para indicar protolito sedimentario o protolito ígneo, respectivamente.



**Figura 6.** Proceso de formación de yacimientos de contacto. Posición de contacto de los cuerpos metasomáticos alrededor de una intrusión de roca ígnea (Meinert, 1992).

#### 2.4.4. Proceso de formación de yacimientos de tipo skarn

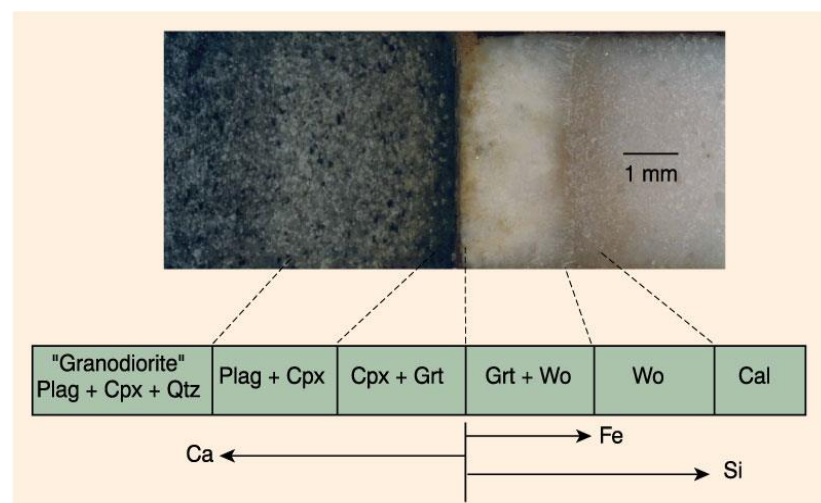
Puede ser generado por procesos puramente metamórficos o puramente metasomáticos. Los mayores procesos propuestos para explicar el reemplazamiento se incluyen:

Recristalización metamórfica de mármol, caliza arcillosa o rocas carbonatadas-silicatadas ricas en metales, con poca o ninguna introducción de componentes químicos, referidos como hornfels calco-silicatos, skarn recristalizado o skarnoide.

Intercambio local de componentes entre diferentes litologías durante metamorfismo de alto grado o de contacto, un proceso ahora referido como reacción skarn, intercambio local o difusión skarn bimetasomática y bandas calco-silicatos.

Intercambio local a altas temperaturas de componentes entre magmas y rocas carbonatadas, referidas como skarn primarios o skarn de estados magmáticos.

Transferencia a gran escala de componentes sobre un gran rango de temperatura, entre fluidos hidrotermales y predominantemente rocas carbonatadas referidas como skarn y skarn de estado postmagmático. Skarns de este tipo ejemplifican procesos de infiltración (ver fig. 7).



**Figura 7.** Esquema de resultado de la mineralización de tipo skarn, en contacto con calizas y una roca plutónica como, granodiorita, tonalita (Meinert, 1992). Se caracterizan el ensamble de minerales típicos en cada una de las zonas de skarn, mármoles y el intrusivo.

En Cachi Cachi, la alteración consiste en un skarn de andradita-grosularia, rodeado de mármol blanqueado y gris. El blanqueo generalizado caracteriza las rocas dentro de los 150 m del contacto intrusivo, mientras que las zonas de blanqueo controladas por estrechos lechos se extienden hasta 450 m de distancia. Las redes de vetas



de calco silicato y carbonato se desarrollan adyacentes a los minerales y disminuyen en abundancia con la distancia lejos de la intrusión.

Los halos de alteración visible y críptica se pueden usar como modelo para explorar cuerpos de reemplazo alojados con carbonato y skarn en otras áreas con características geológicas similares a Yauricocha.

Al igual que en Mina Central, en Cachi Cachi, las zonas de mármol blanqueado, mármol gris y piedra caliza (zonas de dolomitización), y enjambres de vetas y vetillas distales en rocas hospedantes adyacentes a cuerpos mineralizados se distribuyen lateralmente desde el contacto intrusivo. En los afloramientos por encima de Cachi Cachi, la alteración distal también se ha dividido en tres zonas. La división se basa fundamentalmente en la intensidad y distribución de las vetas ricas en minerales calcosilicatos, minerales de carbonato de color marrón anaranjado frente a minerales de carbonato gris y blanco, óxidos de Mn y la presencia de piedra caliza o mármol blanqueados frente a piedra caliza o mármol sin blanquear o gris. Las zonas también son irregulares en tamaño y distancias horizontales y verticales con respecto al contacto intrusivo.

El halo de mármol blanqueado versus mármol gris y la distribución de los diferentes tipos de vetas están ampliamente controlados. Localmente, los sistemas de fracturas con tendencia NE, NW, N y E ejercen un control menor sobre la distribución de la alteración distal. Los contactos entre las zonas de alteración son menos difusos que cerca de Mina Central, y las vainas de una zona se pueden encontrar dentro de los límites mapeados de otra zona. Las zonas de alteración distal y sus características dominantes son:





Zona A: piedra caliza generalizada y decoloración de mármol, ubicada en el extremo este del pozo de Cachi Cachi más cercano al intrusivo principal.

Zona B: la decoloración de la piedra caliza está ampliamente controlada por la estratigrafía que resulta en una apariencia de afloramiento despojado. Esta zona está ubicada en el extremo oeste del pozo de Cachi Cachi y hacia el oeste del contacto de la intrusión principal con las zonas mineralizadas y las rocas anfitrionas.

Zona C: blanqueo regional de piedra caliza discontinuo controlado por la cama más distal a la intrusiva principal.

El blanqueo de caliza o mármol blanqueado versus mármol gris, y la abundancia y densidad de las redes de vetillas, localmente ricas en minerales de sulfuro, disminuye con la distancia desde la intrusión y desde el pozo de Cachi Cachi.

## **2.5. CONTEXTO TECTÓNICO**

Los procesos magmáticos y tectónicos están íntimamente relacionados en el tiempo y en el espacio. La tectónica busca comprender los procesos de deformación a gran escala que conducen a la construcción de orógenos, la tectónica aborda la arquitectura y cinemática de las grandes fallas y las causas impuestas por la tectónica global. El análisis cinemático es el estudio de los movimientos de las partículas de un cuerpo finalmente deformado. La Cordillera de los Andes se ha formado como consecuencia de tres ciclos geodinámicos mayores:

Ciclo geodinámico del Precámbrico

Ciclo geodinámico del Paleozoico



Ciclo geodinámico del Triásico a la fecha, también conocido como Ciclo Andino (U. Petersen 1990). Este ciclo consta de 2 fases:

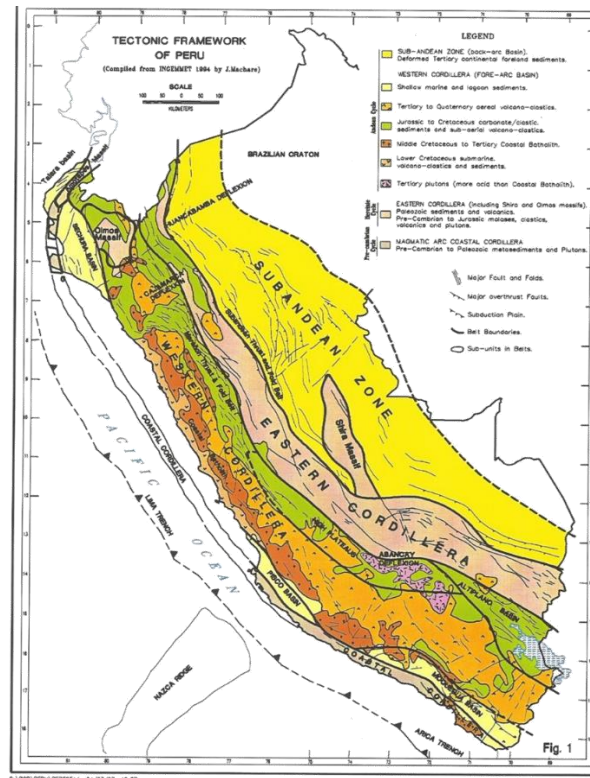
### **2.5.1. Fase tensional (Triásico superior a Cretácico)**

Se deposita la secuencia sedimentaria clásica carbonatada en la depresión Peruana Oeste, en un régimen de subducción tipo Marina (Mégard, 1984).

### **2.5.2. Fase compresional (Cretácico superior a Holoceno)**

En el Cenomaniano temprano la subducción tipo Andina ocasiona la emergencia de la Cordillera de los Andes, caracterizado por episodios repetitivos de compresión, consecuente plegamiento - cabalgamientos en las rocas sedimentarias, intenso magmatismo, engrosamiento de la corteza y levantamiento en la región Cajamarca (Megard, Petersen, Benavides, Vidal, 1999). Posteriormente la formación de cuencas tras arco.

La Cadena Andina se caracteriza por dos principales cambios de dirección: La deflexión de Huancabamba en el Norte y la de Arica en el Sur. En el Perú la Cadena Andina sufre dos cambios notables: los cuales pasan localmente de la dirección NW a la dirección EW, a estos cambios se le conoce como “Virgaciones” y están representadas por la deflexión de Cajamarca y la deflexión de Abancay (ver fig. 8).



**Figura 8.** Marco Tectónico del Perú. Compilado de INGEMMET 1994, por José Macharé.

La emergencia de la Cordillera fue caracterizada por la reaparición de pulsos compresivos y la presencia a lo largo del margen continental de un arco magmático con actividad volcánica y plutónica intensa. Durante esta fase, una secuencia de episodios compresivos: Peruana (Campaniano: 84 – 79 Ma), Incaica I (59 – 55 Ma), Incaica II (43 – 42 Ma), Incaica III (30 – 27 Ma), Incaica IV (22 Ma), Quecha I (17 Ma), Quechua II (8 – 7 Ma), Quechua III (5 – 4 Ma), y Quechua IV (Pleistoceno temprano) formaron los 3 más importantes, consecutivos y cambiantes pliegues y cabalgamientos hacia el Este. Las rocas sedimentarias Cretácicas fueron deformadas durante el Cenozoico por dos episodios orogénicos conocidos como: la Fase Inca y Quechua (Mégard, 1984; Benavides, 1999). La Fase Inca es la más importante y afecta principalmente a los segmentos Norte y Central del Perú, produciendo en la zona axial y borde noreste de la Cordillera Occidental pliegues y sobre escurrimientos. Los primeros pulsos orogénicos de la fase Inca



ocurrieron durante el Paleoceno superior a Eoceno inferior sobre un margen reactivado del escudo Brasileiro (Macfarlane, 1999).

## 2.6. AMBIENTE TECTÓNICO

El Distrito polimetálico de Yauricocha está ubicado cerca de la cresta de una porción de la Cordillera Occidental del centro de Perú. En elevaciones entre 4500 y 4700 metros sobre el nivel del mar (m.s.n.m.). El distrito está ubicado dentro de un cinturón de pliegue y empuje más antiguo que se formó durante la orogenia incaica del Eoceno medio (Megard *et al.*, 1996). Las rocas sedimentarias, predominantemente de la era cretácica, se han plegado en sinclinal y anticlinal de tendencia noroeste y se han cortado por fallas de empuje paralelas (Megard *et al.*, 1996).

Las estructuras contraccionales han sido posteriormente se corta por inmersión abrupta ( $75^\circ - 90^\circ$ ) hacia el noroeste, noreste y este Fallas de tendencias y sistemas de fractura (Megard, 1968; Megard *et al.*, 1996). El Yauricocha. Las acciones de Éxito se entrometieron en los anticlinicos de tendencia noroeste y sinclinal a lo largo de la falla de Yauricocha con tendencia noroeste. El patrón de afloramiento del stock refleja la influencia de estas telas durante la colocación de plutones. Los mismos pliegues y fallas también ejercen un control sobre la ubicación de los depósitos de reemplazo de carbonato (CRD) que contienen sulfuro y los depósitos de skarn. Los pliegues pre-minerales son las principales características estructurales en el área de estudio.

1). Estos incluyen el anticlinal Purísima Concepción y el sinclinal France Chert en el área central de Mina, el anticlinal Cachi Cachi y el sinclinal Huamanripa en el área de Cachi Cachi, y el sincronismo Quimpara al norte de la mina San Vicente, a unos 10 km al sureste de Yauricocha. El anticlinal de Purísima Concepción se encuentra a lo largo del margen suroeste del distrito minero de Yauricocha. Este pliegue apretado



generalmente tiende a  $N50^{\circ} W$  y se sumerge al sureste. Está bien definido por un alféizar basáltico de 17 metros de espesor plegado. El oro diseminado tipo Carlin se ha descrito en calizas impuras, descalcificadas y silicificadas, ubicadas en el flanco este del umbral basáltico en el núcleo del anticlinal muy inclinado (Alvarez y Noble, 1988; Noble *et al.*, 2000). La línea sincronizada France Chert, situada al noreste de Mina Central, es otro pliegue apretado con una tendencia axial que varía desde  $N35^{\circ} W$  en el sur hasta  $N65^{\circ} W$  en el norte. Los cuerpos de la CRD de Zn-Pb-Cu-Ag en Mina Central están ubicados en el flanco oeste de este pliegue.

1). La  $N80^{\circ} W$  a la  $N70^{\circ} W$  sigue el anticlinal Cachi Cachi-Prometida, a 2 kilómetros al norte de Mina Central, el emplazamiento controlado de los cuerpos de skarn Cachi Cachi en esta área. Este pliegue se hunde hacia el norte en Prometida y hacia el sur en Cachi Cachi.

El eje del pliegue de Huamanripa, SO de Cachi Cachi y 1 km N de Mina Central, es la prolongación norte de la línea de sincronismo de Chert de Francia. Hacia el este, donde las tendencias  $N45^{\circ} W$  se sumergen  $80^{\circ} W$ , se compone de lechos recristalizados calcáreos y cuerpos de brechas similares a tuberías. Un alféizar basáltico se produce hacia el oeste, y su eje se inclina  $75-80^{\circ} E$ . Aproximadamente a 10 km al SE de Mina Central, el sinclinal de Quimpara con tendencia  $N45^{\circ} W$  cubre la intrusión y está compuesta de lechos calcáreos recristalizados de color gris oscuro.

La falla NW de Yauricocha y las zonas de cizallamiento frágil sub paralelas asociadas se desarrollaron antes y durante el emplazamiento del Stock Yauricocha - Éxito. Es paralela a la tendencia regional de camas, y sigue el contacto entre la piedra caliza de la Formación Jumasha y las lutitas calcáreas de la Formación Celendín



suprayacente. La falla se extiende a lo largo del lago Silacocha, desde la mina Ipillo en el sur hacia la ladera norte de la colina Huamanripa.

En Yauricocha, los cuerpos de CRD están asociados espacialmente con la falla de Yauricocha, y forman cuerpos de brechas similares a tuberías en rocas altamente fracturadas. Los cuerpos mineralizados de CRD están alineados a lo largo de la malla de fractura y, por lo general, están ubicados en piedra caliza a lo largo de los contactos o en las intersecciones de fallas y ropa de cama. El colapso o brechas similares a tuberías controladas tectónicamente son uno de los anfitriones más importantes de los organismos de alto grado (Rodríguez, 2002).

## **2.7. DISTRIBUCIÓN METALOGÉNÉTICA DE MINERALES ASOCIADOS AL SISTEMA DE FALLAS CHONTA**

La geología del Distrito minero de Yauricocha Thomson, 1960 y Pinto (1970) está caracterizada por las calizas de la Formación Jumasha, y las secuencias de lutitas y calizas de la Formación Celendín, ambas del Cretácico superior; sobre estas se encuentra la Formación Casapalca del Paleoceno-Eoceno, conformado de areniscas y lutitas rojas.

Intrusivos de composición granodiorita a cuarzo-monzonita, afectan la serie sedimentaria, y se han emplazado a lo largo del sistema de fallas Chonta, localmente denominado falla Yauricocha (Szekely, 1969 y Valdivia, 1996). Estos cuerpos han provocado un metamorfismo de contacto, ocasionando que las areniscas se conviertan en cuarcitas, las lutitas en hornfels, y que las calizas se recristalicen (Thomson, 1960).

El control estructural principal es el sistema de fallas Chonta y pliegues cerrados, los cuales tienen sus ángulos más inclinados cerca de los cuerpos de granodioritas (Thomson, 1960 y Noble et al., 1979).



La mineralización en la mina Yauricocha se emplaza en forma de brechas pipe (Valdivia, 1996), las que están ubicadas en fallas tensionales del sistema de fallas Chonta. Sin embargo, en el distrito, es común encontrar mineralización polimetálica en skarn, en cuerpos mineralizados, en vetas, en stockwork, y mineralización diseminada en sedimentos calcáreos, (Álvarez y Noble, 1988, 1990).

La paragénesis está dada por pirita-cuarzo-enargita con calcopirita y bornita subordinada, pirita-cuarzo- enargita-calcopirita, principalmente en los pipes; y pirita-galena-esfalerita-calcopirita en una matriz calcárea, arcillosa y cuarzo subordinado (Thomson, 1960).

Los cuerpos intrusivos presentan halos de alteración similar a los de un pórfido Cu-Mo, constituidas por sericitización, argilización propilitización, cloritización, carbonitización, silicificación y piritización. (Valdivia, 1996). En la roca caja, conformada principalmente por calizas, se observa marmolización, silicificación, argilitización y piritización (Valdivia, 1996).

Los estudios isotópicos de plomo en galenas indican claramente que la fuente primaria de mineralización proviene de los stocks y de sus apófisis, con aporte restringido de los sedimentos (Valdivia, 1996).

El potencial aurífero del distrito Yauricocha-Solitaria, ha sido estudiado en la mina Yauricocha (Álvarez y Noble, 1988, 1990 y Rado, 1997). El oro se encuentra alojado conjuntamente con la mineralización polimetálica, siendo el cobre, el metal que presenta mayor afinidad con el oro.

Las leyes de oro varían según los sectores y el modo de emplazamiento de la mineralización, así en el skarn, el oro se encuentra diseminado con valores de 0.1 a 8.0



g/t; en las vetas y stock work el oro tiene valores entre 0.1 g/t hasta 0.8 g/t; en los cuerpos brechados, el oro tiene valores de 5.34 g/t y en la mineralización diseminada en calizas, alcanza valores de 0.2 a 2.1 g/t (Rado, 1997).

## 2.8. GEOLÓGICA ECONÓMICA

Los depósitos minerales de Yauricocha, muestran afinidad epitermal sobreimpuesta aun sistema de mármol, corneanas y skarn iniciales.

La mineralización inicial asociado a las intrusiones en granodioritas Yauricocha e Ipillo, presentan skarns con ensambles de magnetita-hematita-esfalerita (Fe)-galena-calcopirita – marmatita, sobre impuesta por mineralización de alta sulfuración con enargita-covelita-calcopirita-bornita-tenantita-tetraedrita. Existe una clara zonación lateral y vertical, finalmente, cortados por fluidos de sulfidización intermedia polimetálica con galena-galena argentífera-esfalerita-calcopirita-geocronita+-cobres grises y sulfosales de plata.

La producción diaria de la mina Yauricocha es actualmente 2300 TM, acumulando mensualmente un volumen del orden de los 70,000 TM. Las leyes promedio son 127.7 g/t Ag, 3.1 %Pb, 0.6 %Cu, 3.2 %Zn con un valor de mineral de US\$ 1212.

El costo de producción efectivo considerando costo de mina con depreciación y costos administrativos alcanzan un promedio US\$ 62.0 por tonelada. Este valor de producción se sustenta en el método de explotación subterráneo, selectivo y masivo tipo sub level caving que viene desarrollando, además, del poco explosivo que utilizan para el colapso del mineral.





## **Mina Central**

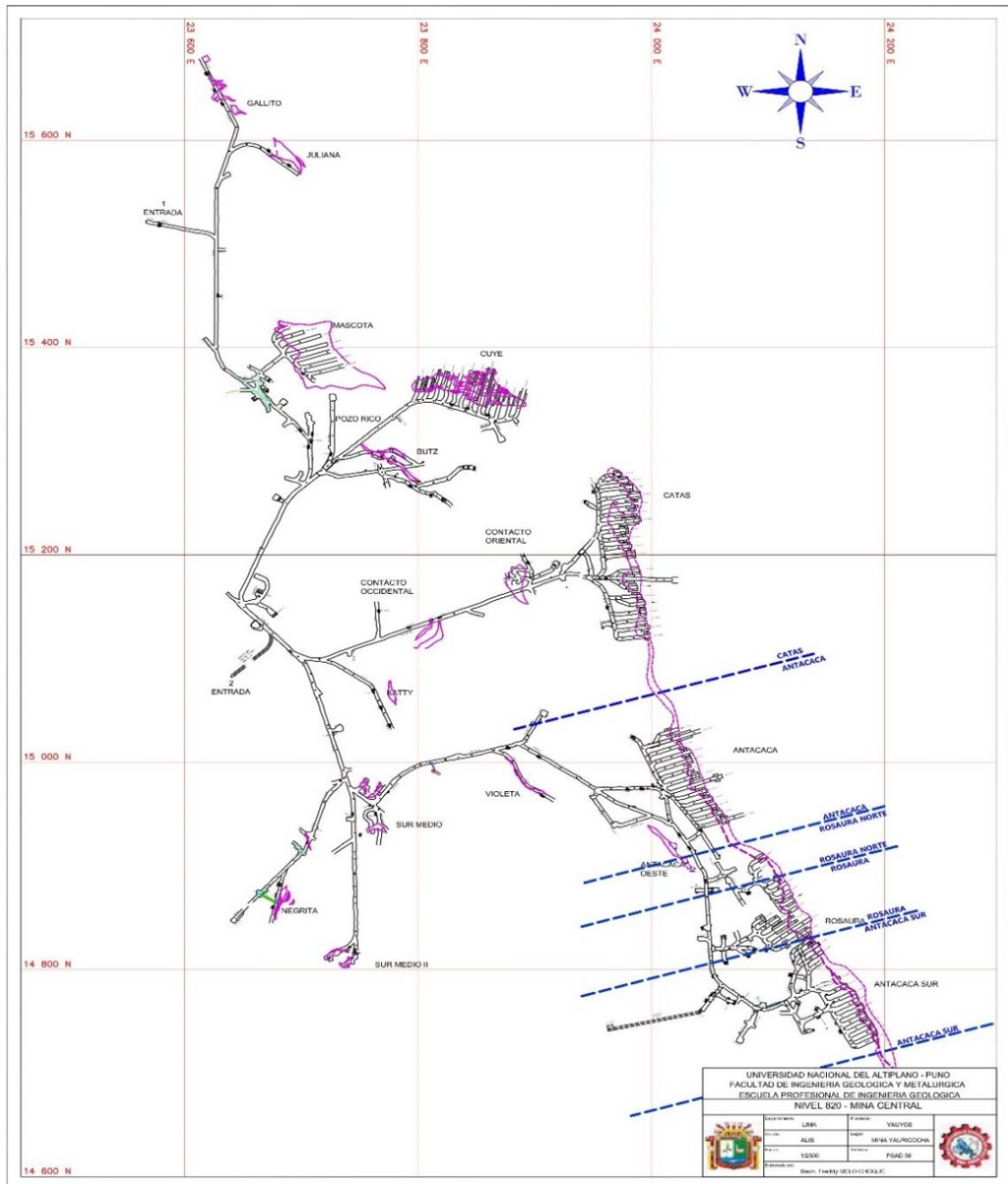
### **Cuerpo masivo Catas-Antacaca Sur**

Los cuerpos de sulfuros masivos conocidos como Cuye, Catas, Antacaca, Rosaura y Antacaca Sur; divididos por operatividad minera, y vistos en planta a lo largo de los distintos niveles, llegan a configurar un único cuerpo mineralizado de 800 m de largo con orientación Noroeste y buzamiento entre  $75^\circ$  y  $80^\circ$  al Noreste. Los anchos, según reportes antiguos y muestreos de las ventanas de explotación actual, registran ensanchamientos entre 10 m y 40 m con un promedio mayor a 4.0 m.

En relación a la profundización del cuerpo mineralizado, este desciende por más de 1,000 m verticales desde la cota 4,600 msnm, a todo lo largo de la columna mineralizada, se han notado cambios mineralógicos que obedecen a una zonación por neutralización y otros por la sobreimposición de otras paragénesis.

En resumen, los cuerpos de sulfuros masivos fueron rellenados por varias paragénesis, que han concentrado sulfuros como pirita, enargita, covelita, calcopirita, bornita, esfalerita, galena, galena argentífera, geocronita, tenantita, tetraedrita, y sulfosales de plata en los niveles superiores. En los niveles más bajos aumenta el contenido de magnetita, especularita, calcopirita, marmatita, galena, pirita y pirita arsenical.

Considerando, las analogías con otros yacimientos cordilleranos como son los Distritos Mineros de Casapalca y Milpo, donde la mineralización desciende por más de 2,000 m en vertical, estimamos un potencial en el orden de 5'680,070 T.M.S. por debajo de la cota 3,600 m. Las leyes serán ricas en cobre con menor plomo-zinc. No conocemos ni podemos predecir a los metales preciosos Ag y Au a cotas profundas (ver fig. 9).



**Figura 9.** Zonas mineralizadas de la mina Central Yauricocha.

### **Cuerpo Pipe oxidado Mascota**

Este cuerpo está emplazado en el contacto Oeste del Stock Intrusivo Mascota con las calizas Jumasha. Ha sido, reconocido desde superficie cota 4,645 m a la cual aflora hasta la cota 3,732 msnm en el Nivel 1170 con una ligera inclinación al Este.



La mineralización de este cuerpo está caracterizada por la ocurrencia de una gama de óxidos de hierro pardo-amarillentos que contienen cantidades menores de malaquita, covelita, calcosina, cuprita, azurita, crisocola, argento jarosita, smithsonita y cerusita.

En algunas zonas, es común encontrar nidos de sulfuros primarios relictos, los que preservan galena y esfaleritas parcialmente lixiviadas.

Se considera mineral potencial en la continuidad del Cuerpo Mascota en el orden de 360,000 TMS.

## **2.9. CALCULO DE RECURSOS Y RESERVAS**

### **Generalidades**

El inventario de minerales es una estimación cuantitativa de los tonelajes y leyes de un yacimiento de acuerdo a su valor, certeza y accesibilidad que incluye a los minerales de interés económico, como las reservas de minerales y recursos de minerales, así como a otros que no lo tienen en el momento de la estimación.

Para la estimación de reservas de mena y recursos minerales, primero se ha revisado la información existente en antiguos planos geológicos y de muestreo de diferentes vetas y niveles, posteriormente se ha dado a la cubicación la forma de estimación de Recursos y Reservas según el código JORC.

La importancia radica en que las reservas minerales y recursos minerales pueden garantizar además de una vida operativa un mayor financiamiento para una posible ampliación u optimización de las operaciones con inversión.



## **Recurso mineral**

Un 'Recurso Mineral' es una concentración u ocurrencia de interés económico intrínseco dentro o fuera de la corteza terrestre en forma y cantidad tal como para demostrar que hay perspectivas razonables para una eventual extracción económica. La ubicación, cantidad, contenido metálico, características geológicas y continuidad de un recurso mineral se conocen, estiman o interpretan desde una evidencia y conocimiento geológicos específicos. Los Recursos Minerales se subdividen, según confianza geológica ascendente, en categorías de Inferidos, Indicados y Medidos.

### **a) Recursos minerales**

Parte de un recurso mineral para el cual puede estimarse con un alto nivel de confianza, su tonelaje, 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 afloramientos, zanjas, tajos, túneles, laboreos y sondajes, las ubicaciones están espaciadas con suficiente cercanía para confirmar continuidad geológica y de leyes. Esta categoría requiere un alto nivel de confianza en el entendimiento de la geología y controles del yacimiento, la confianza en la estimación es suficiente para permitir la aplicación apropiada de parámetros técnicos y económicos y para permitir una evaluación de la viabilidad económica.

### **b) Recurso mineral indicado**

Parte de un recurso cuyo tonelaje, morfología, características físicas, leyes y contenido mineral pueden estimarse con un nivel de confianza medianamente razonable. El estimado se basa en la información de exploración, muestreo y pruebas reunidas con técnicas apropiadas de lugares tales como afloramientos, zanjas, pozos, labores mineras,



beneficios y taladros; no obstante, los lugares están demasiado distantes o inadecuadamente espaciados para confirmar la continuidad geológica y de leyes, pero si lo suficientemente cercanos para asumirlas. La confianza en el estimado resulta suficientemente alta como para aplicar los parámetros técnicos y económicos para una posible evaluación de prefactibilidad económica.

**c) Recurso Mineral inferido**

Parte de un recurso cuyo tonelaje, leyes y contenidos minerales pueden estimarse con un bajo nivel de confianza, resulta inferido a partir de evidencias geológicas y/o leyes asumidas por muestreos superficiales, pero no verificadas en profundidad. La confianza en el estimado es insuficiente como para aplicar parámetros técnicos y económicos o realizar una evaluación económica de prefactibilidad que merezca darse a conocer al público.

**Reserva mineral**

Una "Reserva Minerales" es la parte económicamente explotable de un Recurso Mineral Medido o Indicado. Cuya explotación es posible 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 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 podría justificarse razonablemente la extracción. Las Reservas de Mena se subdividen en orden creciente de confianza en Reservas Probadas y Reservas Probables.

**a) Reserva mineral probado**

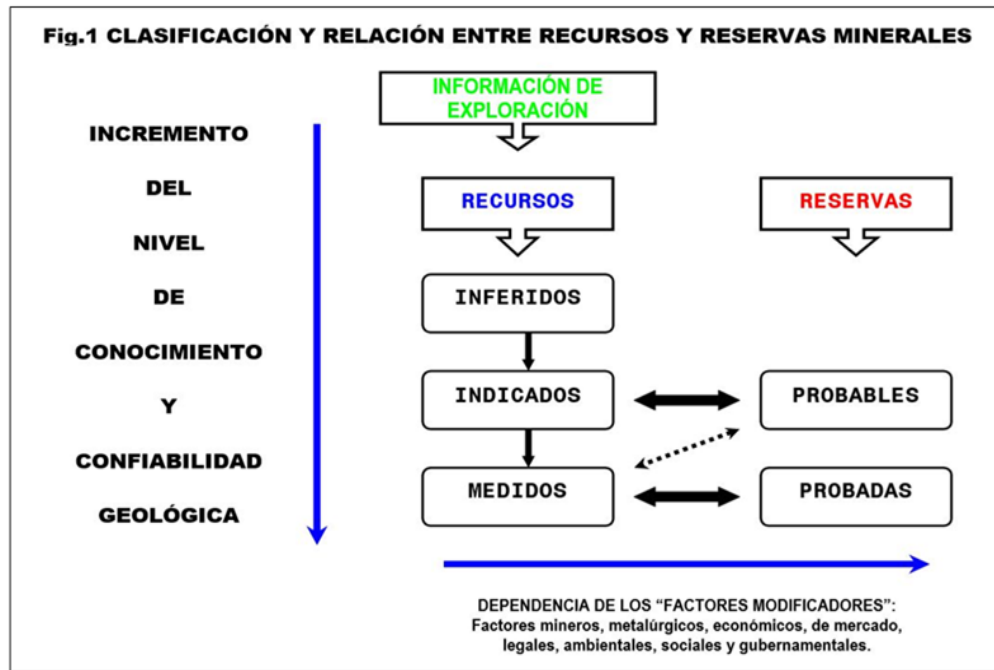


Es la parte económicamente explotable de un Recurso Mineral Medido, incluye la dilución y tolerancias por pérdidas que puedan producirse cuando se explota el mineral. En esta etapa se han realizado evaluaciones apropiadas que puedan incluir estudios de factibilidad e incluyen la consideración y modificación por factores fehacientes asumidos de minería, metalurgia, económicos, de mercado, legales, medioambientales, sociales y gubernamentales.

**b) Reserva mineral probable**

Es la parte económicamente explotable de un Recurso Mineral Indicado y en algunas circunstancias del Recurso Mineral Medido, incluye material de dilución y tolerancias por pérdidas que puedan producirse cuando se explota el mineral. En esta etapa se han realizado evaluaciones apropiadas que puedan incluir estudios de factibilidad e incluyen la consideración 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 Mineral Probable tiene un nivel más bajo de confianza que una Reserva Mineral Probada.

Las Reservas de Mena se subdividen en orden creciente de confianza en Reservas Probables Minerales y Reservas Probadas Minerales.



**Figura 10.** Relación general en resultados de exploración, recursos y reservas minerales. Mina Yauricocha.

### **Criterios y factores de cubicación**

Entre los cuales se detallan en los siguientes casos básicos, para su determinación.

#### **a) Delimitación de los cuerpos en planos de niveles y pisos**

Para delimitar los cuerpos y vetas de mineral en los diferentes niveles se realiza en base a los planos geológicos y de muestreo, así como la información proporcionada por los taladros diamantinos (en este caso se tendría mineral indicado por perforación diamantina).

#### **b) Cubicación de los cuerpos**

Para delimitar los cuerpos entre dos zonas reconocidas pudiendo ser entre dos niveles, es muy importante conocer el comportamiento de la mineralización para aplicar reglas que puedan ser utilizadas con un límite razonable de certeza, la cual se puede



aplicar al yacimiento o a la veta, según se conozca su comportamiento; se podría utilizar los siguientes criterios:

### **b.1. Comportamiento del mineral**

La delimitación de los cuerpos entre dos límites geológicos conocidos se realiza a base de proyecciones entre estas dos zonas; uno de los factores importantes que deben ser considerados al hacer estas proyecciones es que los cuerpos varían de tamaño en forma regular tanto ascendente como descendente.

### **b.2. Contoneo de límites de cuerpos por proyecciones geométricas**

**Procedimiento para proyecciones más allá de los contactos conocidos.** Para determinar los límites de los cuerpos en el caso que se extienden encima o debajo de los niveles en que se conoce el cuerpo, sin llegar al otro nivel inmediato superior o inferior, se sigue el siguiente procedimiento:

Si el cuerpo mostrara que éste decrece en tamaño hacia arriba o abajo entre 2 ó 3 niveles conocidos el límite del cuerpo en la zona proyectada decrecerán en la misma proporción que en la parte conocida.

Si el cuerpo mostrara que éste aumenta en tamaño hacia arriba o abajo de 2 ó 3 niveles conocidos, el límite del cuerpo en la zona proyectada será del mismo tamaño que en el último nivel conocido.

### **c) Cálculos de leyes para los bloques de mineral**

Para el cálculo de leyes se ha utilizado toda la información existente, es decir, los ensayos del muestreo de galerías, subniveles, tajeos, chimeneas y huecos de perforación diamantina.





Para determinar la ley promedio de cada bloque se han utilizado diferentes factores de corrección para cada uno de los metales. Estos factores son basados en estadísticas de cinco años comparando la ley de concentradora con la ley de departamento de Geología.

**d) Cálculos de áreas, volúmenes y tonelaje**

**Áreas:** Una vez contorneado el cuerpo mineralizado dentro del bloque respectivo, el área es calculado a partir de los trabajos de planimetrado o también digitalizando al AutoCAD.

**Volumen:** El volumen de los bloques de mineral, está determinado por el área promedio de bloque, multiplicado por la altura de bloque, que es 10,65 m (equivalente a 5 pisos de 7 pies).

**Tonelaje:** El tonelaje es el producto de multiplicar el volumen de bloque por la gravedad específica (3.56 promedio) del cuerpo mineralizado a cubicar. El tonelaje está dado en TMS.

**e) Fórmulas para calcular el valor del mineral**

La fórmula de valorización metalúrgica ha sido calculada por el área de comercialización, aplicando la sumatoria de los valores unitarios de los elementos plata, plomo, cobre, zinc y oro. La valorización para cada tipo de mineral se hará posible aplicando la siguiente ecuación:

$$\text{Valor} = ((A * \text{Ley Ag}) + (B * \text{Ley Pb}) + (C * \text{Ley Cu}) + (D * \text{Ley Zn}) + (E * \text{Ley Au}))$$

Donde:



A = Valor Unitario de la Plata (Ag)

B = Valor Unitario del Plomo (Pb)

C = Valor Unitario del Cobre (Cu)

D = Valor Unitario del Zinc (Zn)

E = Valor Unitario del Oro (Au)

**f) Evaluación de la ley de corte (Cut. Off)**

Cut-Off es el límite en el que es posible explotar un yacimiento de minerales económicamente. El cálculo del valor de las reservas de hecho para éste informe calcula un retorno neto de fundición en base a la ley diluida y grado, la recuperación de metales, los precios de los metales y por pagar, incluyendo ventas de concentración y costos, basándose en el tipo de mineral ajustado. La evaluación se lleva a cabo sobre una base de bloque de rebaje, incluyendo la dilución interna para el bloque. El valor de corte varía según el área de minería y considera el costo de minería (incluyendo el desarrollo), los costos de procesamiento, los costes de administración y costos promedio de refinación en una base por tonelada. Las reservas son clasificadas por el valor en dólares de corte como económico, marginal o sub marginal de acuerdo al siguiente Cuadro.

**Tabla 1.** Las reservas de valorización

Descripción	Económico	Marginal	Submarginal
Sublevel caving mecanizado sin agua (Mascota, Esperanza, Celia)	> 56 41	56 hasta	< 41
Sublevel caving mecanizado con poca presencia de agua (Catas, Antacaca, Angelita)	> 56 41	56 hasta	< 41
Sublevel caving mecanizado con agua (Antacaca Sur, Rosaura)	> 57 42	57 hasta	< 42
Corte y relleno ascendente mecanizado (Cuerpos pequeños, Elissa, Escondida)	> 63 48	63 hasta	< 48

Fuente: Departamento de Geología Mina Yauricocha.

## 2.10. MUESTREO

El muestreo es otro de los trabajos importantes que el Geólogo supervisa debemos darle su importancia.

Consiste en tomar una porción del mineral de un depósito siguiendo una técnica determinada a fin de que dicha porción (muestra) represente aproximadamente al tramo muestreado.

La distancia de muestreo varía de acuerdo a las minas y labor que se está muestreando.

Así tenemos en Yauricocha:

Galerías, subniveles, tajeos: c/ 3 m.

Chimeneas : c/ 2 m.

Cruceros, Cortadas, estocadas, by pass: en la intersección de veta o cuerpo.



## **Métodos comunes de muestreo**

En este apartado solo se describe los métodos por canales y por puntos por ser los que más se utilizan en las minas.

### **a) Muestreo por canales**

Es el método que se aplica corrientemente en el muestreo de vetas cuya potencia puede ser hasta 6.00 m. (en las vetas o cuerpos potentes, la muestra tomada debe tener como máximo 2.00 m. así por ejemplo en el caso de una veta de 6.00 m. en un canal de muestreo se podría tomar 3 muestras. El método consiste en cortar, una ranura rectangular de profundidad y ancho uniformes a través de toda la estructura mineralizada.

Es importante que todos los canales de muestreo sean trazados perpendicularmente a la inclinación (buzamiento) y rumbo de la veta, por regla general, la ranura debe dividirse en tantas muestras como bandas de diferente mineralización haya en la veta; de esta manera se reducen ampliamente las variaciones de apreciación personal en el proceso del muestreo al mismo tiempo, que se equilibran las diferencias en las densidades de los materiales pesados y livianos. En estos casos se promedian los resultados de los ensayos de las diferentes muestras tomadas para obtener el valor total del canal

### **b) Muestreo por Puntos**

Es el método que se emplea para muestrear cuerpos mineralizados, depósitos diseminados o vetas de gran potencia.



Este método consiste en tomar una porción de muestra en la superficie mineralizada (pared o techo) en cada punto previamente marcado. La muestra se toma uniformemente hasta cubrir toda el área de muestreo.

## CAPÍTULO III

### MATERIALES Y MÉTODOS

#### 3.1. UBICACIÓN Y ACCESO DEL YACIMIENTO

El yacimiento de metasomatismo de contacto de Yauricocha políticamente está ubicada en el Distrito de Alis, Provincia de Yauyos, Departamento de Lima aproximadamente a 12 Km. al Oeste de la divisoria continental y a 60 Km. al Sur de la estación Pachacayo del Ferrocarril Central. Localizada geográficamente en la zona alta de la cordillera Occidental Andina, muy cerca de la línea divisoria continental, en las nacientes de uno de los afluentes del río Cañete; el que desemboca al Océano Pacífico. El área de la mina se encuentra a una altitud promedio de 4 600 m.s.n.m.

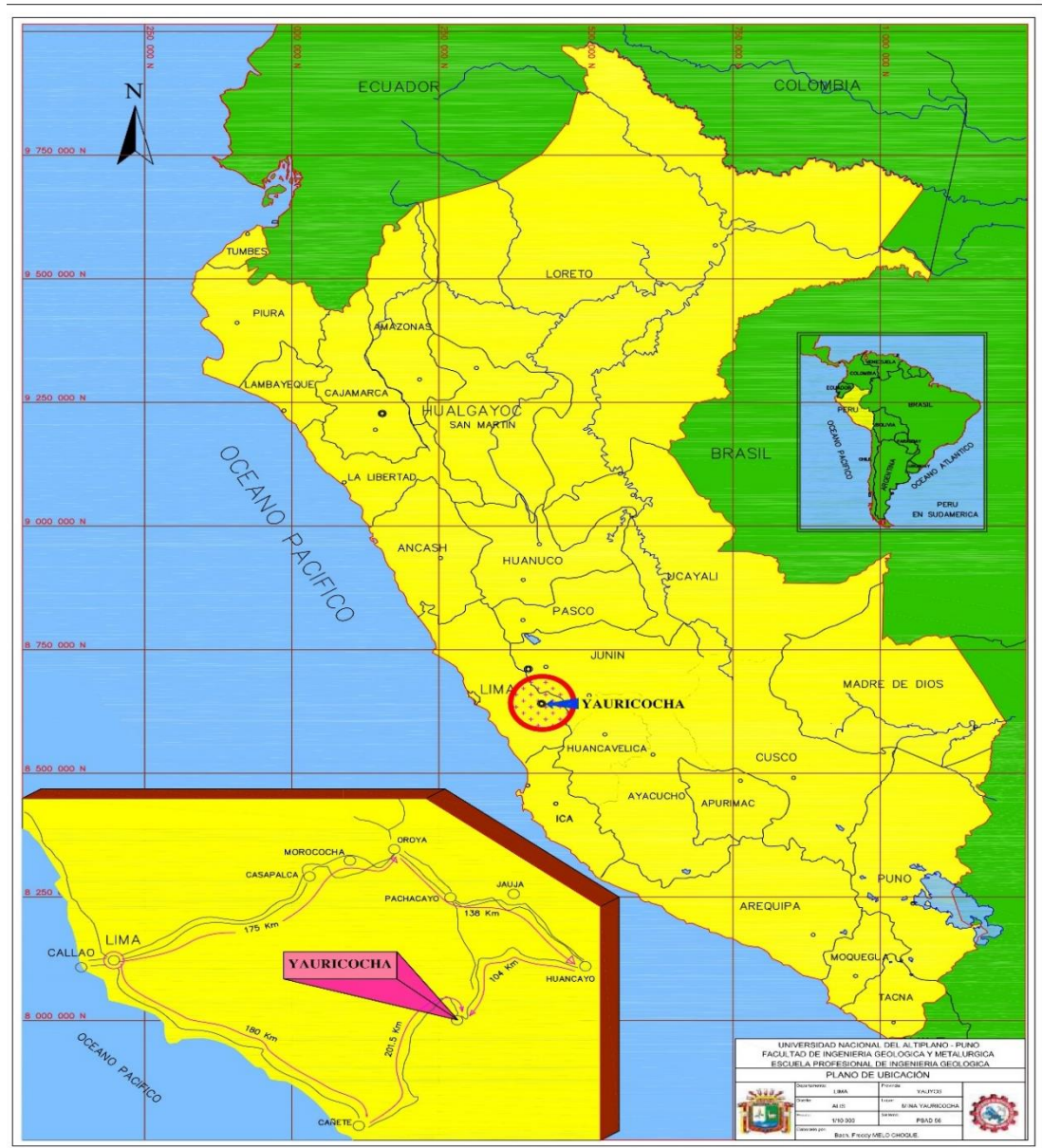
Las principales vías de acceso a la mina Yauricocha, son por la carretera central Lima - Huancayo – Yauricocha, con 420 Km. de distancia, la vía es asfaltada de Lima a Huancayo – Chupaca, de Chupaca hasta la Mina Yauricocha es carretera afirmada. Otra vía importante es por la panamericana Sur Lima – Cañete – Yauricocha, por el valle del río Cañete con una distancia de 370 Km. la vía esta asfaltada de Lima a Pacarán y de éste a la mina Yauricocha es carretera afirmada.

**Tabla 2.** Acceso a la mina Yauricocha

TRAMO	DISTANCIA (KM)	TIEMPO (Hr)	TIPO DE VÍA
Lima – Huancayo	310	5	Carretera asfaltada
Huancayo – Mina Yauricocha	110	2.5	Carretera afirmada
Mina Yauricocha – Campamento	0.10	0.20	Trocha carrosable

Fuente: Elaboración propia. Bch. F. Melo. Mina Yauricocha.

## PLANO DE UBICACIÓN DE LA UNIDAD MINERA YAUICOCHA



**Figura 11.** Plano de ubicación de la Unidad Minera Yauricocha, Diciembre de

2018

### 3.2. CONDICIONES CLIMÁTICAS

El clima de la región es frígido, con dos estaciones bien marcadas, la húmeda, de noviembre a abril, con precipitaciones principalmente sólidas (lluvia, nevada y granizo), y la seca durante el resto del año. Durante la estación húmeda, las precipitaciones sólidas

alimentan los glaciares, para luego formar riachuelos que descienden por laderas y alimentan las lagunas del entorno. Se tiene una cobertura de vegetación de gramíneas y pastos naturales propias de la región.



**Figura 12.** Mes de Noviembre (Lluvia, Nevada, Granizo). Fuente Oficina de Geología Yauricocha.

### 3.3. FISIOGRAFÍA Y GEOMORFOLOGÍA LOCAL

La topografía del Distrito minero de Yauricocha es abrupta, tipo alpina y la erosión Pliocénica de la superficie es claramente reconocible en el ondulado campo abierto al noreste de la divisoria Continental, mientras que; al suroeste, el terreno se encuentra dividida por profundos valles y cañones y aun así las reliquias de la erosión superficial se encuentran marcadas por picos con un promedio de 5000 metros de Altura.

Al suroeste de la divisoria Continental los valles altos corresponden al Levantamiento “Chacra”, están bien marcados. Debajo de los 3400 metros, el cañón o último gran periodo de levantamiento está claramente demostrado por gargantas profundas que en algunos casos están a miles de metros de profundidad.



Los valles arriba de los 4000 m muestran los efectos de la glaciación pleistocénica. Morrenas laterales y terminales, valles en forma de U, valles colgados y lagunas excavadas por glaciares se encuentran bien desarrollados.



**Figura 13.** Fisiografía del área. Fuente Oficina de Geología de la mina Yauricocha.

### **3.4. GEOLOGÍA DE LA MINA YAURICOCHA**

La secuencia litológica local, expuesta en el área de la mina esta dado por:

#### **3.4.1. Formación Jumasha**

La formación Jumasha del Cretáceo Medio (Turoniano), con espesor promedio de 700 m consistente de caliza masiva de color gris claro. En la base, cerca al contacto con las areniscas, incluye intercalaciones de lutitas carbonosas. Estos estratos están sucedidos por lentes discontinuos de calizas marrones y grises, ocasionalmente con horizontes lutáceos y silíceos de unos 6,00 m de espesor. También están presentes pseudobrechas de probable origen sedimentario y un sill de basalto. En las cercanías de los cuerpos mineralizados las calizas se encuentran formando aureolas marmolizadas y

recristalizadas. Las rocas huésped más favorable para la mineralización en el área de Yauricocha, son estas calizas.



**Figura 14.** Afloramiento de las calizas de la Formación Jumasha.

### 3.4.2. Formación Celendín

Sobre yaciendo concordantemente a las calizas Jumasha se encuentra la formación Celendín; formada por lutitas silicificadas finamente estratificada con intercalaciones de caliza recristalizada, calizas arcillosas, de edad Santoniana (cretácico superior). Su espesor promedio, en el área de Yauricocha, es de 400 metros.



**Figura 15.** Afloramiento de las calizas de la Formación Celendín.

A esta unidad que anteriormente se le consideraba como estratos inferiores de las capas rojas Casapalca, localmente se le ha denominado France Chert.

### **3.4.3. Formación Casapalca**

Esta formación sobre yace concordantemente a la formación Celendín siendo su contacto gradacional. Se le ha asignado una edad entre el Cretáceo Superior y el Terciario Inferior, ya que la ausencia de fósiles no permite datarla con exactitud. Está constituida principalmente por lutitas rojas calcáreas, calizas puras y calizas arenosas rojizas, ocasionalmente se ha reportado la presencia de flujos de lava y capas tufáceas. En el camino a Chumpe, es posible observar las Capas Rojas, la que presenta un rumbo  $N25^{\circ}$  W y buzamientos de  $75^{\circ}$  al SW.



**Figura 16.** Afloramiento de las Capas Rojas Casapalca, en las proximidades de la mina.

#### **3.4.4. Cobertura volcánica Cenozoica**

Se ha reconocido rocas volcánicas a lo largo de la falla Yauricocha, en las partes altas de Ipillo, estas unidades volcánicas se encuentran yaciendo en discordancia angular a las formaciones Celendín, Capas Rojas y como "Roof Pendant" sobre los intrusivos. La mayor parte de esta cobertura volcánica es de composición andesítica muy silicificadas, de color gris oscuro, grano fino, con presencia de pirita diseminada.

#### **3.4.5. Intrusivos**

Las rocas Intrusivas están representadas por dos conspicuos stocks de granodioritas, hipabisales.

##### **Stock Yauricocha**

El stock granodiorítico de Yauricocha, es de forma irregular, su superficie cubre aproximadamente 6 km<sup>2</sup>, parte del contacto está controlado por la litología, siguiendo los planos de estratificación. A lo largo de su contacto, al cortar a unidades de la formación



Celendín, se encuentran afectadas por el metamorfismo a hornfels (France Chert), las capas rojas están afectadas a cuarcitas y hornfels, las calizas Jumasha, solo sufren un moderado blanqueamiento y marmolización.

La granodiorita es de color gris (zona de alteración) a gris rosáceo (zona inalterada), más o menos equigranular y de grano medio. El color en superficie de intemperismo se ve grisáceo con pátinas y/o impregnaciones de óxidos de fierro. Macroscópicamente, se observa fenocristales de plagioclasas, anfíboles, biotitas y trazas de magnetita.

#### **AI Sur Oste (SW)**

De la falla Yauricocha entre las localidades, El Paso, Éxito Ipillo y San Valentín, aflora otro cuerpo Intrusivo de composición granodiorítica, grano fino a medio, equigranular, de color gris a gris rosáceo, macroscópicamente se observan fenocristales de plagioclasas, hornblendas, biotitas, magnetita en trazas, dots y vetillas de epidota (albita pervasiva). En superficie de intemperismo adquiere un color grisáceo.

#### **3.4.6. Metamorfismo**

Todas las masas intrusivas han producido aureolas de metamorfismo en las rocas encajonantes; la extensión, tipo y grado de metamorfismo varía grandemente con los diferentes tipos de roca. Las rocas se convierten en cuarcitas, lutitas hornfélsicas y calizas recrystalizadas. Las aureolas metamórficas que rodean las intrusiones son de diferente extensión. El blanqueamiento de las lutitas se extiende más allá de la zona de los silicatos cálcicos: mientras que las calizas Jumasha son recrystalizadas y blanqueadas por distancias bien cortas.



Localmente las emanaciones que escapan del intrusivo han producido en ciertos casos zonas angostas de: 1,00 m. - 3,00 m de skarn y otros de 30,00 m a 50,00 m las que realmente son parte integral de la intrusión, siendo en este caso intrusivo contaminado en vez de caliza alterada. En estas zonas de skarn se han desarrollado epidota, zoisita, tremolita, wollastonita, flogopita, granate, clorita y diópsido.

### **3.5. GEOLOGÍA ESTRUCTURAL**

Como consecuencia de los esfuerzos tectónicos, que dieron lugar al levantamiento de la Cordillera de los Andes, la estructura local de rumbo general NW-SE está conformada principalmente de:

#### **Pliegues**

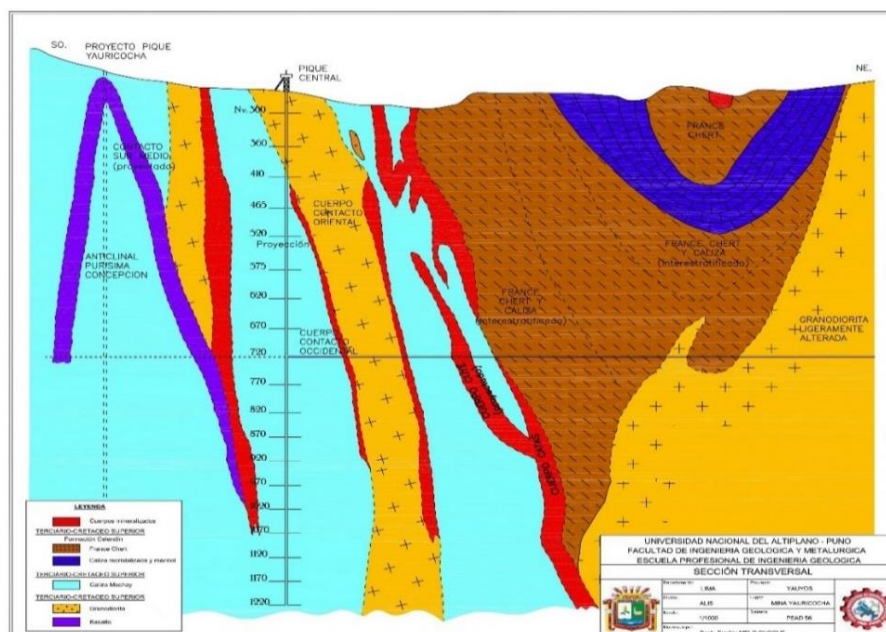
Varios pliegues conforman las estructuras principales del área de Yauricocha:

Anticlinal Purísima Concepción y Sinclinal France Chert en la Mina Central, Anticlinal Cachi Cachi y Sinclinal Huamanripa al Norte y Sinclinal Quimpara inmediatamente al Sur de la laguna Pumacocha, norte de la Mina San Valentín.

El anticlinal Purísima Concepción, que se encuentra al SW de la mina de Yauricocha, es una estructura local apretada, bien marcada y definida por un sill de basalto de 17 m de espesor. El "trend" de su eje es aproximadamente N 50° W con suave "plunge" de 20° al SE. En el eje de este anticlinal y hacia el Flanco E del Sill de Basalto existe ocurrencia de oro diseminado en brechas silicias y horizontes silicificados. El sinclinal France Chert, ubicado al NE de la mina, es un pliegue igualmente apretado con el "trend" de su eje que cambia de N 35° W (en el S) a N 65° W (en el N) y suave "plunge" de 40° al SE. En el flanco occidental de este pliegue y en calizas bandeadas sin plegamiento subsidiario, se encuentra el depósito mineral de Yauricocha.

En el área de la mina central, el rumbo NW de los sedimentos plegados, fue rotado por esfuerzos horizontales, un ángulo de  $30^{\circ}$  en el sentido al movimiento de agujas del reloj. Esta distorsión del plegamiento puede haberse producido por una falla de desgarramiento del basamento de rumbo NE-SW. El anticlinal Cachi-Cachi- Prometida, tiene su eje con rumbo aproximado de  $N 80^{\circ}W$  a  $N 70^{\circ}W$ , flancos buzantes al Norte (Prometida) y Sur (Cachi-Cachi) con plunge al E los cuales controlaron el emplazamiento de mineral, el área se encuentra en el extremo Norte del Intrusivo mayor a 2 km. al N de Mina Central.

El Sinclinal Quimpara inmediatamente 1 Km. al Sur del desagüe de la laguna Pumacocha tiene un eje con rumbo  $N 45^{\circ}W$ , Su flanco Este descansando sobre el intrusivo con ángulo de  $70^{\circ}$  a  $75^{\circ}$  al W y el flanco Oeste con aproximadamente  $80^{\circ}$  E conformada por paquetes calcáreos gris oscuro, recristalizados en la proximidad al contacto y ocurrencia de un afloramiento de granates, magnetita y óxidos de cobre en el mismo contacto.



**Figura 17.** Sección que se observa plegamiento de las calizas de la Formación Jumasha y cuerpo mineralizado a lo largo del emplazamiento del dique de diorita y formación zonas de skarn.



## **Fracturas**

Los esfuerzos ocurridos en varias épocas, dieron como resultado el desarrollo de diversos sistemas de fracturas.

Durante el plegamiento, evento pre y/o contemporáneo al intrusivo, tuvo lugar la primera fracturación desarrollándose fallas longitudinales paralelas al rumbo regional de la estratificación. De todas estas fallas, resalta la falla Yauricocha que aparece a lo largo del contacto caliza Jumasha-lutita Celendín la cual se extiende a gran distancia al SE de la mina Ipillo y continua al N, detrás del cerro Huamanrripa, paralelo y lo largo de la laguna Silacocha.

Después que los intrusivos se emplazaron, el rumbo de los sedimentos plegados, al NW de la mina, fue girado por esfuerzos horizontales unos  $30^{\circ}$ . Como resultado de este giro, se desarrollaron cizallas y juntas de rumbo NW-SE, NE-SW y E-W, con buzamiento  $50^{\circ}$ - $80^{\circ}$  NE ó SW, las primeras;  $60^{\circ}$ - $85^{\circ}$  SE ó NW, las segundas y  $80^{\circ}$  N ó S a casi verticales, las terceras. Este conjunto de fracturas que forman bloques fallados, a través de los dominios litológicos del área, juntamente con la falla Yauricocha representan la fracturación más importante del distrito minero de Yauricocha y ejercieron un fuerte control en la posición de vetas, cuerpos mineralizados.

## **Contactos**

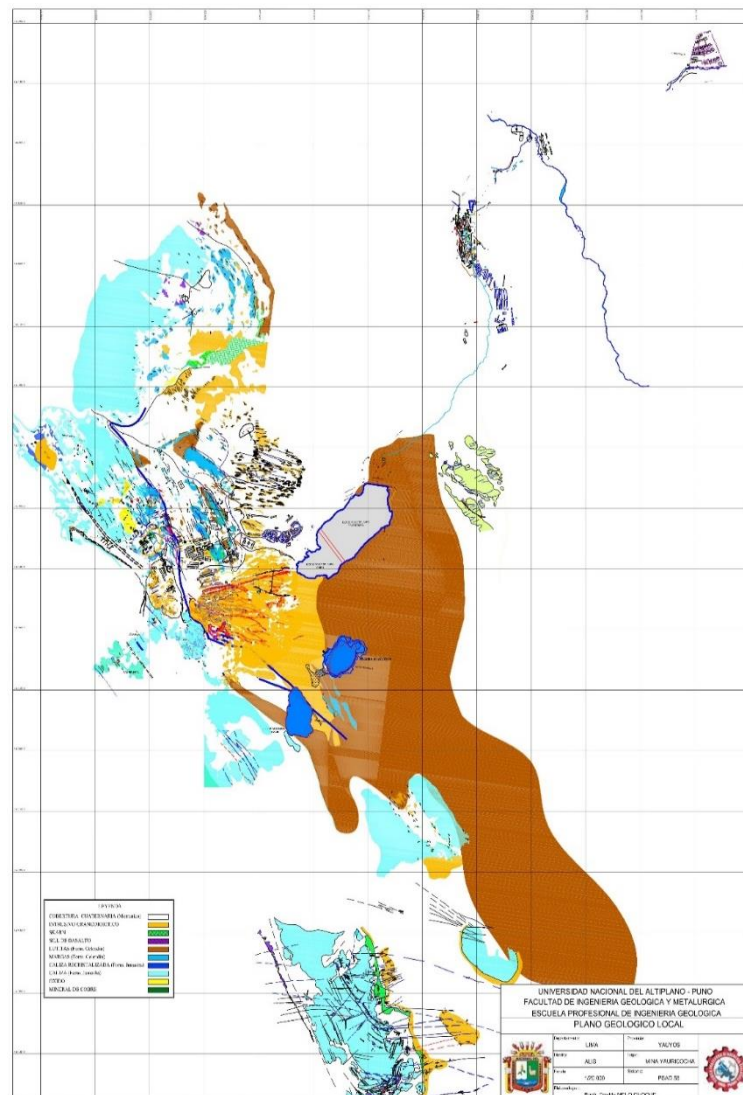
Los contactos calizas Jumasha-Lutitas Celendín (France Chert), calizas Jumasha intrusivo y Lutitas Celendín-intrusivo, tienen importancia estructural durante el plegamiento, fracturación y ascenso de las soluciones mineralizantes.



## Brechas

Las brechas que ocurren en el área de Yauricocha, siguen principalmente la alineación estructural y se presentan mayormente en las calizas asociados a los contactos e intercepciones de fracturas; sus formas son tabulares y/o tubulares. Estas brechas que pueden ser tectónicas de explosión, de intrusión o de contacto, constituyen una de las principales estructuras receptoras de mineralización.

### PLANO GEOLÓGICO LOCAL DE LA UNIDAD MINERA YAURICOCHA



**Figura 18.** Mapa geológico. Fuente: Unidad Minera Yauricocha, Diciembre 2017.



### **3.6. MINERALIZACIÓN**

La mineralización presente en el depósito mineral de Yauricocha está formada principalmente por Cuerpos mineralizados, cuya mineralización está conformada por: pirita, cuarzo, enargita, chalcopirita, bornita, covelita en el núcleo y parte central de los cuerpos; y masas sueltas de pirita friable, galena, esfalerita junto con algo de chalcopirita en una ganga de calizas, arcilla y cuarzo en la periferia. Asimismo, la presencia de Au nativo se halla asociado a dichos sulfuros. También la mineralización se presenta en cuerpos oxidados como el caso del cuerpo Mascota, dentro de la masa de óxidos, se encuentran minerales de plomo (Cerusita), minerales de Plata y presencia de oro asociados a la plata y al fierro.

#### **Enriquecimiento Supergénico y Oxidación**

La oxidación de los cuerpos mineralizados en Yauricocha es de parcial a completa y va desde superficie hasta por debajo del nivel 720. El enriquecimiento supergénico de sulfuros guarda estrecha relación con la distribución de los óxidos. La covelita, chalcocita y digenita de origen supergénico se encuentra donde los sulfuros están en contacto con los óxidos.

#### **Óxidos Residuales**

Entre los minerales presentes en los óxidos formados "in-situ", se puede mencionar a la limonita; goethita, jarosita, hematita, cuarzo, yeso, anglesita, caolín, oro y plata. Con excepción de los óxidos residuales de los cuerpos mineralizados Mascota y Pozo Rico que se extienden desde superficie hasta por debajo del nivel 720. En general, los óxidos van hasta una profundidad de 10 a 15 m.

#### **Óxidos Transportados**



Estos óxidos están completamente libres de cuarzo y entre ellos se encuentra: cuprita cobre nativo, malaquita, azurita, brochantita, jarosita, cerusita, crisocola y óxido de manganeso. Estos óxidos transportados siguen la caja piso de los cuerpos mineralizados se les puede encontrar desde superficie hasta por debajo del Nivel 720, se encuentran rellenando cavidades Kársticas.

### **3.6.1. Controles de mineralización**

#### **Control Estructural**

Es sabido que los pliegues que pasan por el área de Yauricocha, muestran que el rumbo de sus ejes ha rotado en plano horizontal unos  $30^{\circ}$ , como resultado de esta rotación tres sistemas principales de cizalla y juntas se han desarrollado con rumbo de E-W y NW-SE y NE-SW. El primer sistema es casi vertical, mientras que el segundo tiene buzamiento de  $70^{\circ}$  al NE debido a la influencia de los estratos en la dirección del cizallamiento y  $75^{\circ}$  SE los terceros. La gran mayoría de los cuerpos mineralizados se encuentran siguiendo el cizallamiento NW-SE. Es muy probable que los cuerpos estén marcando la dirección del rumbo del cizallamiento que son más definidos en profundidad, hecho este que se constata en los niveles más profundos de la mina. Es muy posible que los cuerpos puedan tener su posición controlada en profundidad por la intersección del cizallamiento persistente NE-SW y EW. Visto en plano la posición de los cuerpos a emplazarse paralelos a estas dos direcciones de cizallamiento y junturamiento. Además, dos hechos corroboraron lo dicho anteriormente; el bandeamiento de la pirita dentro de los cuerpos mineralizados y la presencia de algunas vetas con ambas direcciones encontradas dentro de los intrusivos, Caliza Jumasha y France Chert.



El contacto de caliza Jumasha- France Chert ha influenciado fuertemente en la forma y posición de los cuerpos Cuye y Catas. Este contacto tiene un rumbo de NW a SE y buza entre  $85^{\circ}$  y  $70^{\circ}$  al NE.

### **Control Físico-Químico**

La preferencia por la caliza mostrada por los cuerpos es bien marcada, aunque cuerpos discontinuos tipo vetas también se encuentran en la caliza y en la granodiorita. Todos los cuerpos conocidos que tienen cobre se encuentran dentro de la aureola de recristalización de la caliza bordeando a las intrusiones de granodiorita y solamente cuerpos de Pb-Zn se han encontrado en caliza recristalizada. La susceptibilidad al reemplazamiento de la caliza es aumentada por el fracturamiento acentuado y el tamaño más grande de los cristales de calcita, consecuentemente no es sorprendente que los cuerpos grandes se encuentran dentro de la aureola de caliza recristalizada y donde los tipos de rocas difieren en competencia. Como el Contacto Caliza - France Chert - Intrusivo.

### **Temperatura y Profundidad de Formación de los Cuerpos Mineralizados**

#### **Temperatura**

La argilización parcial o completa de los silicatos calcáreos en la proximidad de la mineralización junto con la ausencia de wollastonita (cambio retrogresivo) sugiere que la temperatura de las soluciones mineralizantes no excedió los  $650^{\circ}\text{C}$ . Las texturas de ex solución observadas en secciones pulidas de calcopirita en esfalerita, calcopirita en bornita, covelita en digenita e idaita en bornita sugieren temperaturas que exceden los  $475^{\circ}\text{C}$ . La calcocita dentro de la bornita muestra una estructura pseudo-exagonal que es



irregularmente reemplazada por digenita, esto indica una temperatura algo mayor a 108°C.

En conclusión, la temperatura alcanzada durante la mineralización probablemente no pasa de los 500°C. La existencia de formas de calcocita de alta temperatura dentro de la bornita, así como Inter crecimientos de digenita-covelita, indica que algunos de los sulfuros de baja temperatura fueron depositados a temperaturas bien por encima de los 78°C. Esto estaría de acuerdo con la hipótesis de que gran parte de los sulfuros de cobre de baja temperatura se deben a la etapa de una actividad hidrotermal.

### **Profundidad de Formación**

Los depósitos de Yauricocha se formaron a poca profundidad y relativamente a alta temperatura, en un ambiente volcánico.

La profundidad mínima la cual los cuerpos mineralizados se han formado está gobernada por la superficie de erosión del Plioceno. Esto dada un mínimo de 600 metros de cubierta. Sin embargo, como la mineralización se emplazó antes que el levantamiento de los Andes, al final del Plioceno, no es posible decir que espesor de cubierta fue removida antes de que se efectuara el levantamiento. Parece que el espesor de la cubierta fue del orden de los 1,000 a 2,000 metros. Según A. F. Buddington, este depósito se clasificaría como xenotermal, es decir depósito de alta temperatura formado cerca de la superficie.



### 3.6.2. Alteraciones

#### **Alteración Hidrotermal**

El tipo, grado y extensión de la alteración de las cajas asociadas con la mineralización varía considerablemente con el tipo de roca afectada.

**Alteración de la Granodiorita.** Los intrusivos en general han sido blanqueados y piritizados.

**Propilitización.** La hornblenda y la augita fueron reemplazadas por antigorita a lo largo de las microfracturas; luego los remanentes de antigorita, como de los piroxenos y hornblenda fueron reemplazados por talco.

**Sericitización.** La sericita se formó durante el emplazamiento de la mineralización a expensas de todos los feldspatos. Las microfracturas, límites intergranulares y clivajes influenciaron fuertemente la sericitización de la roca. La intensidad de la sericitización es directamente proporcional al grado de cizallamiento.

**Cloritización.** La clorita aparte de presentarse como un estado intermedio en la alteración de la biotita, se encuentra raramente a lo largo de juntas junto con arcilla y sulfuros de plomo y zinc.

**Argilitización.** En las áreas de fracturación periférica, dentro de la zona mineral y a lo largo de las juntas mayores es donde la argilitización es bien marcada. Pequeñas cantidades de galena, esfalerita y calcopirita se encuentran asociadas con las arcillas y pirita diseminada. Donde la granodiorita se encuentra brechada, los fragmentos muestran diferentes estados de argilitización variando desde un reemplazamiento ligero de los feldspatos a una completa obliteración de ellos.



**Piritización.** La hematita y magnetita de origen magmático asociadas con pirita, son los primeros minerales que muestran cambios cuando se encuentran próximos a los cuerpos mineralizados. Estos óxidos fueron reemplazados por pirita mucho antes de que los minerales máficos empezaran a descomponerse. Las emanaciones de azufre se combinaron con fierro liberado por la propilitización de los minerales máficos para formar gránulos de pirita.

**Radio de alteración de los intrusivos.** El radio máximo de alteración es aproximadamente 50 metros para la piritización, 30 metros para la propilitización y unos 5 metros para la sericitización y argilización.

La extensión horizontal limitada de la alteración, sus contactos bien delineados, el decrecimiento con la profundidad y las terminaciones en forma de colas, sugiere un escape rápido de las emanaciones en un ambiente, relativamente de poca profundidad.

#### **Alteración de la Caliza**

**Skarn.** Esta roca ha sufrido comparativamente poca alteración debido a la densidad física y fracturamiento controlado de la roca. Esta roca muestra fuerte alteración solamente cuando se encuentra muy cerca de la mineralización. Esta alteración consiste primariamente de argilización y carbonatización y secundariamente de piritización y sericitización. El radio de alteración es bien reducido y solo se observa una fuerte alteración en las zonas bien fracturadas.

**Seudo – Brecha o Brecha de Disolución.** Las brechas que han sido formadas en las calizas muestran una estrecha afinidad por la roca fracturada. Una brecha típica tiene fragmentos que varían en diámetro de un centímetro a un metro, el promedio es alrededor de 0.25 metros y los fragmentos son angulares o ligeramente redondeados.



Un estudio cuidadoso de la brecha revela que los miembros individuales no han sufrido gran movimiento. El contacto con las rocas vecinas puede ser definido a lo largo de juntas o gradualmente mueren a lo largo de fracturas o juntas. La matriz entre los fragmentos de caliza consiste de arcilla con sericita, cuarzo y granos de pirita y muy raramente sulfuros de plomo, zinc y cobre.

Se piensa que la formación de las pseudo – brechas fue un proceso contemporáneo con la mineralización. Cuando las soluciones mineralizantes se aproximaron a fragmentos de caliza, estos empezaron a redondearse para luego mostrar anillos de reemplazamiento.

El control obvio por fracturas y juntas se perdió y la brecha claramente sufrió movimiento. En una inspección más cuidadosa puede verse que los fragmentos más pequeños están alineados verticalmente sugiriendo un proceso de fluidez o pasajes de emanaciones.

**Silicificación.** El cuarzo se encuentra en la caliza en forma de vetillas hasta de 1 mm. De ancho asociado con calcita y en cristales de 0.2 mm. Asociados con arcilla y sulfuros diseminados. El cuarzo aumenta en contenido en la proximidad de un cuerpo mineralizado.

**Marmolización.** La mayor parte de la marmolización si no toda, está controlada por un emplazamiento de la granodiorita y muy poco se encuentra controlada por la mineralización.

**Radio de alteración de la Caliza.** El radio de alteración de la Caliza en el área de Yauricocha tiene una gran extensión, pues la arcilla, pirita diseminada brechas y caliza marmolizada pueden ocurrir más allá de los 50 metros. La cantidad de brecha y fracturamiento disminuye con la profundidad. La marmolización y recristalización de la



caliza muestran muy poco aumento, si existe, con la proximidad de un cuerpo mineralizado. La silicificación de la caliza y matriz de las brechas de caliza es observable hasta unos 3.0 metros. de distancia de un cuerpo mineralizado.

### **Alteración de la Formación Celendín (France Chert)**

La alteración del France Chert debido a soluciones mineralizantes es conspicua. Esto se debe a la decoloración de los silicatos Cálcidos de un color gris a un gris claro. Se puede observar que la alteración (piritización y argilización) ha seguido estrictamente el bandeamiento y otros planos de debilitamiento y es más intensa dentro de los 3 a 5 metros de distancia de un cuerpo mineralizado.

El diópsido, granate, idocrasa, epidota y escapolita fueron parcialmente argilizados y carbonatizados en la zona de intensa alteración. La sanidina fue sericitizada antes de ser argilizada. Pirita diseminada está siempre asociada con las arcillas y aumenta cuando un cuerpo mineralizado se halla cerca. El hecho de que la pirita es introducida en los silicatos cálcicos en los niveles más inferiores, sugiere que los sedimentos fueron expuestos a la piritización por un gran período de tiempo.

### **3.6.3. Cuerpo Mascota**

Este cuerpo oxidado está ubicado a 270 m. al Norte del pique Central, emplazado en el contacto Oeste de las calizas Jumasha con el stock intrusivo Mascota, con respecto a la falla geológica regional Yauricocha donde se desplazan los cuerpos principales Catas, Antacaca, Cuye, el cuerpo Mascota se emplaza al Nor-Este de estos cuerpos mineralizados. El rumbo del cuerpo Mascota es Este — Oeste de forma elongada con buzamiento al Este, el tamaño promedio de este cuerpo es de 70 m de largo y 20 m de ancho.



Este cuerpo ha sido reconocido desde superficie hasta el nivel 450, por labores mineras ejecutadas por la Cerro de Pasco Corporation y por CENTROMIN PERU. Posteriormente SOCIEDAD MINERA CORONA, comienza a explotar óxidos de Alta ley con contenidos de plata y plomo de cuerpos pequeños, a raíz de los resultados positivos, en la explotación de estos óxidos se decide explorar los óxidos del Cuerpo Mascota, para la cual se realizó campañas de Perforaciones Diamantinas en los años 2005, 2006 y el año 2008 ejecutándose 90 taladros diamantinos con un total de 10 556,20 metros perforados, en los diferentes niveles. Con estas perforaciones, se ha podido reconocer y zonificar las concentraciones de minerales de plata, plomo y cobre, en los diferentes niveles de la mina, reconociéndose con perforaciones diamantinas hasta el nivel. 1220 (cota 3335,292 m.s.n.m.). Desde superficie (4648,078 m.s.n.m) hasta el Nivel 1220, se tiene una altura de 1 312,786 m. reconocidos de óxidos del cuerpo Mascota.

**Tabla 3.** Taladros ejecutados en mascota

Nivel	N <sup>o</sup> de Taladros	Metros Ejecutados	Año Ejecución
Sup .-260	7	744.70	2005
300	5	257.30	2006
360	5	350.65	2006
410	5	318.75	2006
465	7	641.00	2006
520	7	596.10	2006
575	7	535.25	2006
620	8	594.20	2006
670	6	509.25	2006
720	9	1 188.35	2006
770	10	1 312.95	2005
820	14	3 507.70	2008
<b>TOTAL</b>	<b>90</b>	<b>10 556.20</b>	

Fuente: Oficina de geología de la mina Yauricocha.



## Geología del Cuerpo

El cuerpo mineralizado Mascota es un cuerpo oxidado alargado que arrumba noroeste - sureste y buza entre  $75^\circ$  y  $80^\circ$  hacia el este. Yace entre el stock granodiorítico denominado Mascota de edad Pliocénica ubicado hacia el noreste y las calizas de la Formación Jumasha del Cretáceo medio hacia el sur y paralelo al emplazamiento de los cuerpos también oxidados llamados Catas Oeste, Pozo Rico y Adriana.

La longitud promedio determinada por el afloramiento por los desarrollos a través de todos los niveles hasta el 620 es de 90 metros con un ancho promedio de 20 metros y profundidad más de 800 metros (distancia hasta el nivel 1170).

Entre superficie el nivel 410, el cuerpo se encuentra separado del intrusivo por caliza a una distancia aproximada de 15 metros y debajo del nivel 410, los óxidos se encuentran en contacto directo con el intrusivo.

Entre los minerales que se depositaron en este cuerpo de óxido se pueden citar según sean los minerales primarios la smithsonita (carbonato de zinc); hemimorfita (silicato hidratado de zinc); cuprita; malaquitas, azurita y tenorita, crisocola; óxidos de hierro; cerusita; anglesita; y también oro, cobre plata nativos. Los carbonatos de cobre con valor económico, fueron depositados entre los niveles 360 y 465, concentrados, solamente en la caja piso próximo a la caliza, constituyendo el área de “óxidos transportados” ubicados en el extremo oeste del cuerpo.

Los óxidos residuales, que constituyen la parte Central Este del cuerpo oxidado contienen principalmente compuestos insolubles que se formaron como consecuencia de la oxidación, donde los minerales de cobre malaquita, azurita se presentan sólo como



diseminaciones concentradas esporádicamente lo que hace suponer que el cuerpo original o primario de reemplazamiento no tuvo valores altos en cobre.

### **Oxidación Migración y Enriquecimiento en el Cuerpo Mascota**

Es completamente seguro que el cuerpo mineralizado "Mascota" es un cuerpo de sulfuros, emplazado en una de las dos direcciones prominentes de cizallamiento este—oeste, por movimientos descendentes de las aguas meteóricas, produjo considerable oxidación, lixiviación y migración de los minerales metales, hacia abajo y hacia afuera de las cercanías de la caliza a través de la misma masa del sulfuro y a través de la caliza brechada circundante. La profundidad a la cual las soluciones sulfatadas fueron capaces de penetrar en la caliza estuvo en relación directa a la Intensidad del brechamiento de esta.

Las mayores evidencias para que el cuerpo oxidado "Mascota" sea clasificado dentro de la categoría de los óxidos residuales y por consiguiente procedentes de cuerpos de sulfuros son los siguientes. Si el cuerpo "Mascota" motivo del estudio, fuera considerado como óxido transportado, no tendría valores de cobre, oro ni plata lo que esto no sucede con "Mascota".

La relativa cantidad de oro y plata presentes tal como ocurre con "Mascota" principalmente a que ni el oro ni la plata pudieron ser transportados durante la oxidación razón por la cual los productos resultantes tienen más oro y plata que el sulfuro primario debido a la concentración residual por remoción.

Otra evidencia que nos hace pensar en un cuerpo residual es la presencia de sulfuros primarios tales como galena, esfaleritas pirita dentro la masa y en las zonas adyacentes al cuerpo oxidado.



**Figura 19.** La cobertura en superficie del Cuerpo Mascota, mina Yauricocha

#### **3.6.4. Mecanismo del Proceso de Formación**

Los compuestos de la zona oxidadas han sido depositados allí del seno de las aguas descendentes, cargadas de ácidos carbónicos y sulfúrico, estos formados a partir de las aguas superficiales al entrar en contacto con el  $\text{CO}_2$  del ambiente y la pirita ( $\text{FeS}_2$ ) del cuerpo de sulfuros.

Las causas de la precipitación pudieron haber sido muy variadas y muy compleja tales como pérdida o agotamiento del oxígeno disuelto en el agua; reacciones de las aguas sobre las calizas o con los mismos minerales; afluencia de aguas extrañas que se mezclaron con las soluciones, diluyéndolas o neutralizándolas; si las aguas nuevas fueron alcalinas o contuvieron otras sales disueltas que ocasionaron reacciones químicas.

Teniendo en cuenta el orden decreciente de solubilidad (Koch y Grasselly, 1951): pirrotita, chalcocita, bornita, covelita, esfalerita, galena, calcopirita, arsenopirita,



marcasita y pirita podemos justificar la presencia en formas residuales de los minerales de Pb-Zn y la ausencia de cobre.

Considerando que el mineral primario de cobre más abundante en Mascota fue la calcopirita,  $\text{Cu Fe S}_2$  cuya oxidación sería;

$\text{Cu Fe S}_2 + 8\text{O} \rightarrow \text{Cu SO}_4 + \text{Fe SO}_4$  de aquí el sulfato de cobre en solución fue llevado hacia abajo y el sulfato de hierro a su vez oxidado y transformado en hidróxido férrico insoluble ( $\text{Fe (OH)}_3$ ) fue quedándose como óxido.

La calcopirita reemplazando a la pirita origino chalcocita y por otros procesos la covelita; el medio precipitante fue pirita, la misma calcopirita o la blenda de acuerdo a las siguientes reacciones:



A partir de la pirita, covelita, chalcocita, calcopirita y con el  $\text{H}_2 \text{SO}_4$  de las aguas ácidas se formó el cobre en forma de sulfato y por la abundancia de  $\text{Ca CO}_3$  (caliza) en los contactos dieron lugar a la precipitación de los carbonatos de cobre; la azurita  $(\text{CO}_3)_2(\text{OH})_2 \text{Cu}_3$  que por adición de una molécula de agua y pérdida de una de  $\text{CO}_2$  dio origen a la malaquita  $(\text{CO}_3/(\text{OH})_2\text{Cu}_2$ .

La plata, lo mismo que el cobre, se disuelve en ácido sulfúrico diluido más aun en soluciones de sulfato férrico y es precipitado en un ambiente reductor por la mayoría de los sulfuros metálicos o por el hidrogeno sulfurado. El sulfato ferroso pudo haber precipitado plata de una solución diluida de sulfato de plata, según la siguiente ecuación;



Bajo condiciones normales, las aguas acidificadas superficiales no pueden disolver el oro, entonces en Mascota su presencia se debe principalmente a concentraciones mecánica.

Otro medio secundario de la concentración de oro pudo haber sido mediante disolución en aguas acidas en presencia de un cloruro, de preferencia alcalino y no de bióxido de manganeso, todos ellos probados su existencia en el depósito.

### **3.6.5. Génesis de mineralización del Cuerpo Mascota**

Todo cuerpo Mineralizado de sulfuros primarios (galena, esfalerita, pirita, calcopirita, etc.), al estar expuestos a aguas y oxígeno; oxida a muchos minerales metálicos, produciendo disolventes que disuelven a su vez a otros minerales. Todo cuerpo Mineralizado queda de este modo oxidado y generalmente desprovisto de muchos de sus minerales valiosos hasta el nivel de la capa freática o hasta una profundidad donde no exista oxidación.

El agua con oxígeno disuelto es el reactivo de la oxidación más poderoso, pero el anhídrido carbónico desempeña también un papel de importancia, estas sustancias reaccionan con ciertos minerales formando disolventes poderosos tales como sulfato férrico y ácido sulfúrico.

La hipótesis del origen del cuerpo Mascota, hace suponer que este cuerpo en un primer evento se emplazó el stock Intrusivo Mascota, intruyendo los paquetes calcáreos de la formación jumasha (Calizas), que de alguna manera ya estaban afectadas por las primeras fases de la orogenia andina. Dejando en los bordes del stock Intrusivo con las calizas, zonas de debilitamiento, produciendo craquelamientos y brechamientos con



espacios favorables para el reemplazamiento de minerales. En el segundo evento ya propiamente de migraciones de soluciones mineralizantes, fueron rellenados estos espacios favorables por minerales de sulfuros primarios (Pirita, esfalerita, galena, calcopirita), Posteriormente vino la etapa de oxidación, es muy probable que cerca al cuerpo Mascota se hayan producido cavidades y fracturas abiertas que haya permitido el ingreso de agua y oxígeno para oxidar el cuerpo Mascota hasta las profundidades que se ha reconocido, y aún falta reconocer hasta que nivel se encuentra la oxidación en profundidad en este cuerpo.

En la zona de oxidación algunos constituyentes son resistentes a la solución y persisten en la zona de oxidación, otros como la galena, se transforman tan lentamente que persisten en dicha zona, mientras otros minerales más solubles están siendo eliminados.

### **Minerales del Cuerpo Mascota**

Con las perforaciones diamantinas ejecutadas, se ha podido zonificar en tres zonas el cuerpo Mascota por las características mineralógicas:

- Mascota Parte Alta (Superficie hasta nivel 575 cota 4330.954 m.s.n.m.)
- Mascota Parte Intermedia (Nivel 575 al nivel 720 cota 4185.972 m.s.n.m.)
- Mascota Parte Baja. (Nivel 720 hasta el 1220 cota 3687.627 m.s.n.m.).

**La mineralización de la parte Alta**, es constituida por óxidos hematíticos, Goethita, con presencia de jarosita, argento jarositas, plumbojarositas, también se presentan en menor proporción óxidos transportados como malaquita, azurita con algo de Cerusita y Smithsonita.



**La mineralización en la parte Intermedia**, está constituida por hematita, jarositas, plumbojarositas anglesita, con incremento de la cerusita con respecto a la parte alta, también se observa remanentes de pirita dentro la mas de óxidos.

**La mineralización de la Parte Baja** consiste en limonitas, goethitas con anglesitas, plumbojarositas y argento jarositas en menor proporción, pero el incremento de la cerusita es mayor que en la parte alta e intermedia, también se presenta protolitos de galena y cuarzo, en algunos sondajes se pudo observar malaquita, azurita en niveles inferiores (Nv. 1020). El enriquecimiento supérgeno aumenta en profundidad en este cuerpo oxidado Mascota.

Mediante estudios realizados por Centromin Perú en Estados Unidos de Norte América, por difracción de rayos X, se determinó que las altas concentraciones de minerales de oro están asociadas principalmente a la Jarosita en la parte alta e intermedio.

La oxidación del cuerpo Mascota alcanzó grandes profundidades probablemente porque estuvo libre de protección de las lutitas Silicificadas, y estar en un ambiente de cavidad kárstica que permitió que las aguas ácidas alteren las características primarias de los minerales pre-existentes.

**Tabla 4.** Principales minerales del cuerpo mascota

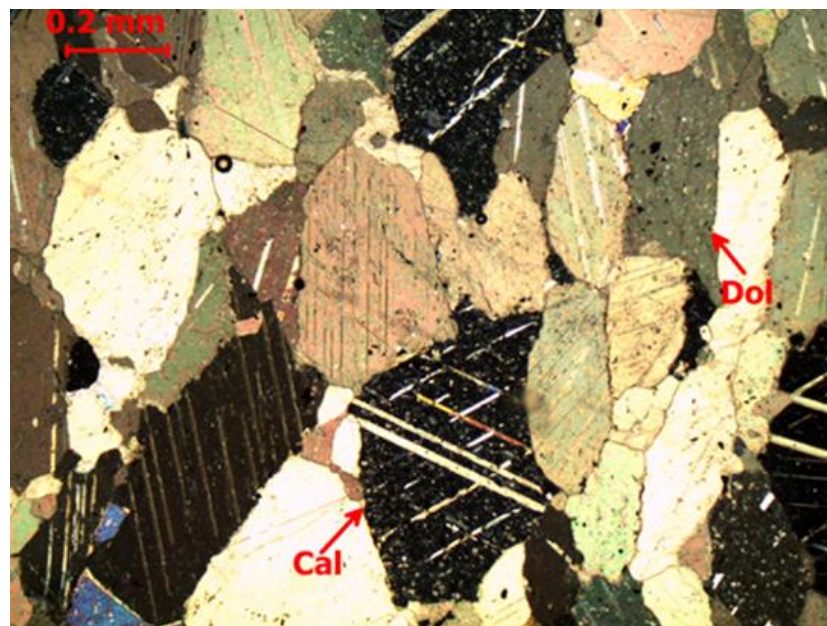
MINERAL	COMPOSICION
Pirita	Fe S <sub>2</sub>
Galena	Pb S
Cerusita	Pb CO <sub>3</sub>
Smithsonita	Zn CO <sub>3</sub>
Missicota	Pb O
Anglesita	Pb SO <sub>4</sub>
Jarosita	KFe(SO <sub>4</sub> ) <sub>2</sub> (OH) <sub>6</sub>
Plumbojarosita	PbFe <sub>3</sub> (SO <sub>4</sub> ) <sub>2</sub> (OH) <sub>6</sub>
Argentojarosita	AgFe(SO <sub>4</sub> ) <sub>2</sub> (OH) <sub>6</sub>
Goethita	FeO.OH
Hematita	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>
Malaquita	Cu <sub>2</sub> (CO <sub>3</sub> ) <sub>2</sub> (OH) <sub>2</sub>
Azurita	Cu <sub>2</sub> (CO <sub>3</sub> ) <sub>2</sub> (OH) <sub>2</sub>
Hemimorfitas	Zn <sub>4</sub> (Si <sub>2</sub> O <sub>7</sub> )(OH) <sub>2</sub> .H <sub>2</sub> O

Fuente: Oficina de Geología Unidad Minera Yauricocha.

### 3.7. CARACTERIZACIÓN DEL YACIMIENTO DE METASOMATISMO

#### 3.7.1. Rocas calcáreas

Caracterizados por una secuencia de rocas calcáreas de la Formación Jumasha y otros; que están constituidos de calizas grises blanquecinas con contenidos fósiles mal conservados, minerales principales son de calcitas, dolomitas, sílice, wollastonita, diópsido; asociados a una mineralización diseminados de sulfuros en la zona de skarns, con mineralización de valor económico en el segundo evento de manifestación magmática, ver fig. 20.

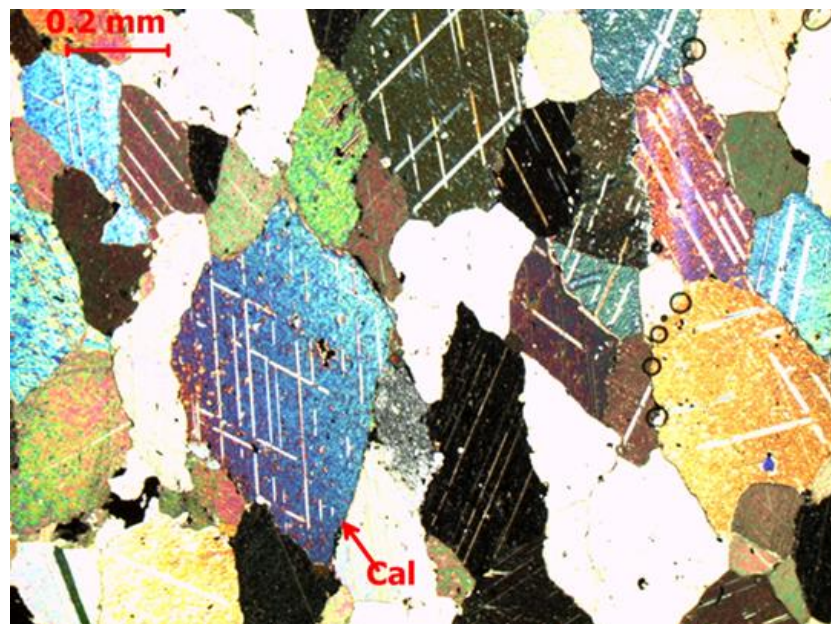


**Figura 20.** Caliza marmolizada de la Formación Jumasha del Cretácico; con granoblastos de calcita, dolomita y presencia de minerales opacos (sulfuros y carbonaos de cobre).

Esta formación tiene un espesor promedio de 700 m consistente de caliza masiva de color gris claro. En la base, cerca al contacto con las areniscas, incluye intercalaciones de lutitas carbonosas mal conservadas. En la zona de marmolización, las rocas calcáreas

presentan una textura de granoblástica de maclas de recristalización en las calcitas que constituyen la litología de la Formación Jumasha.

Estos estratos están sucedidos por lentes discontinuos de calizas marrones y grises con presencia de óxidos ver fotomicrografía N° 07; ocasionalmente con horizontes lutáceos y silíceos de unos 6,00 m de espesor. También están presentes pseudo brechas de probable origen sedimentario y un sill de basalto en las fases iniciales de la formación y mineralización, ver fig. 21.



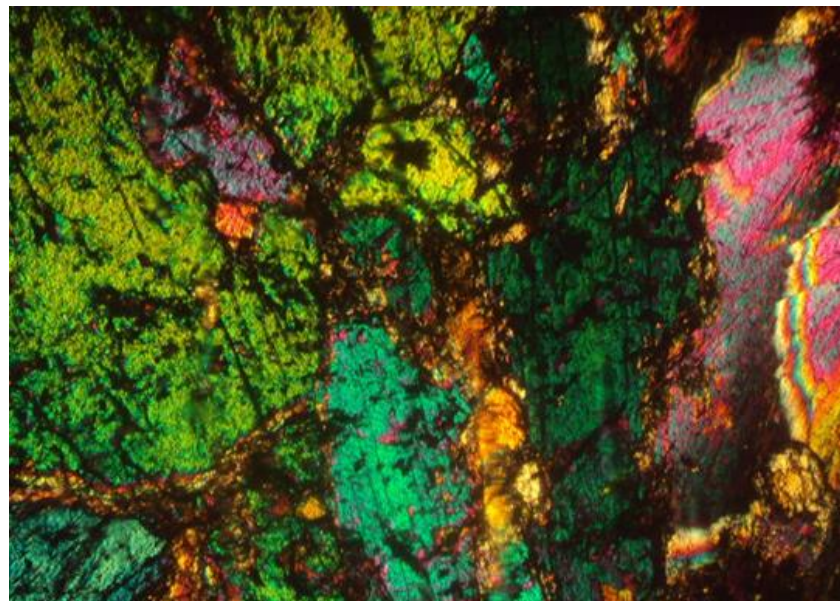
**Figura 21.** Caliza marmolizada de la Formación Jumasha del Cretácico, con porfidoblastos de calcitas recristalizadas, y dolomitas, con fina diseminación de minerales opacos.

### 3.7.2. Rocas metamórficas

Todas las masas intrusivas han producido aureolas de metamorfismo en las rocas encajonantes; la extensión, tipo y grado de metamorfismo varía grandemente con los diferentes tipos de roca. Las rocas se convierten en cuarcitas, lutitas hornféisicas y calizas recristalizadas; ver fotomicrografía No 08. Las aureolas metamórficas que rodean las intrusiones son de diferentes extensiones. El blanqueamiento de las lutitas se extiende

más allá de la zona de los silicatos cálcicos: mientras que las calizas Jumasha son recrystalizadas y blanqueadas por distancias bien cortas. En las zonas de intercrecimiento como mineral accesorio se observan epidotas, cloritas y granates (grosularia).

Localmente las emanaciones que escaparon del intrusivo han producido en ciertos casos zonas angostas, de 1,00 m a 3,00 m de skarn y otros de 30,00 m a 50,00 m, las que realmente son parte integral de la intrusión, siendo en este caso intrusivo alterado y descompuesta en arcillas; en vez de caliza alterada. En estas zonas de skarn y hornfels se han desarrollado minerales como; epidota, zoisita, tremolita, wollastonita, flogopita, granate, clorita y diópsido y diseminación de pequeños micro-granos individuales de sulfuros (pirita, calcopirita y óxidos de Fe); ver fig. 22.



**Figura 22.** Porfidoblastos de epidotas, cloritas, lepidolitas y diópsidos en las zonas intermedias o hornfels. En ésta zona intermedia se observan la presencia de granates (grosularia).

### 3.7.3. Rocas Plutónicas

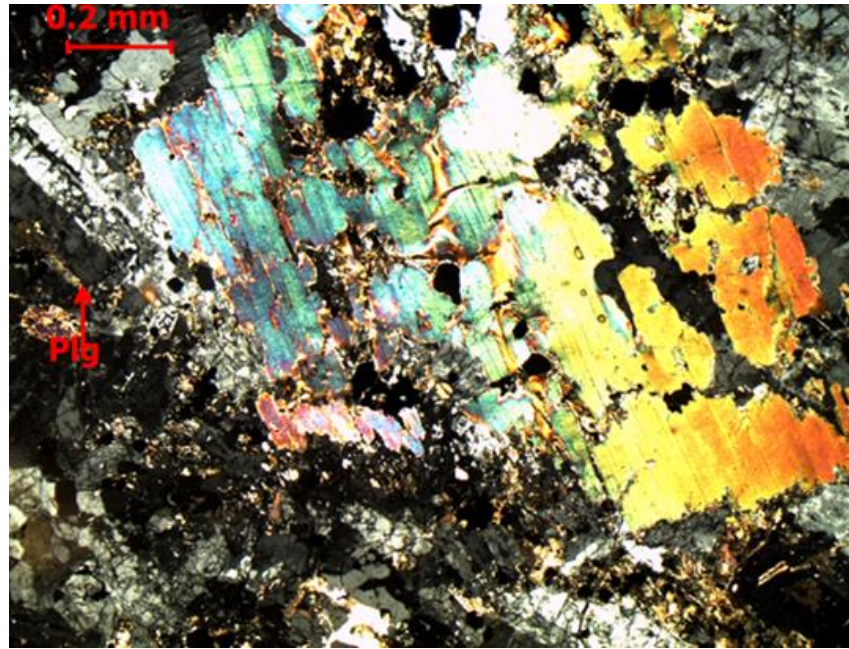
La actividad intrusiva se desarrolló mayormente durante el Mioceno, en el yacimiento. Las edades determinadas fueron mediante el método Ar-K en biotitas, de



muestras tomadas en el área de Yauricocha y Éxito, dan un promedio de 6,9 millones de año (Giletti 1968). Los Intrusivos presentan contactos definidos y de gran ángulo con los sedimentos, así como una neta tendencia a seguir el rumbo regional y plano de estratificación.

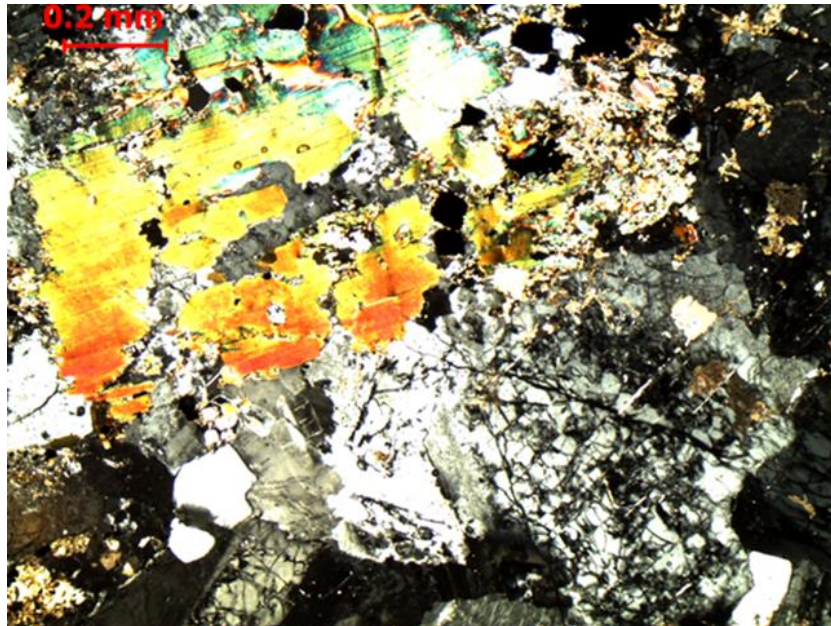
Los Intrusivos varían gradualmente en tamaño, desde cuerpos de unos cuantos cientos de metros cuadrados hasta grandes masas que han cubierto varios kilómetros cuadrados. Es común la ocurrencia de apófisis pequeños en los bordes de los intrusivos mayores. Su composición varía de granodiorita, dioritas a cuarzo-monzonita en los bordes, observándose macroscópicamente están constituidos por plagioclasas, ortosas, biotita, hornblenda y cuarzo. Las plagioclasas, fluctúan desde oligoclasa hasta andesina con núcleos de zonación, presentando comúnmente textura porfídica, observados en microscopio petrográfico.

Bajo esta denominación se ha cartografiado y se describe líneas abajo los principales cuerpos hipoabísales, cuerpo de brecha, sills y/o diques; los cuales cortan y atraviesan las secuencias sedimentarias; mientras las relaciones de campo nos muestran que son posteriores a las principales fases de deformación andina. La distribución y extensión de estas rocas de composición calco-alcalina de granodiorita, tonalitas, microdioritas; se observan en el mapa geológico y estructural que acompañan al presente trabajo de investigación de las principales estructuras mineralizadas del yacimiento, ver figura 23, que corresponde a una diorita alterada argilizada y propilitizada.



**Figura 23.** Diorita. Se observa alteración propilítica; presencia de minerales verdes como clorita, biotita, se forman por la alteración de augitas en la sección de color naranja nacrado a azul verdoso.

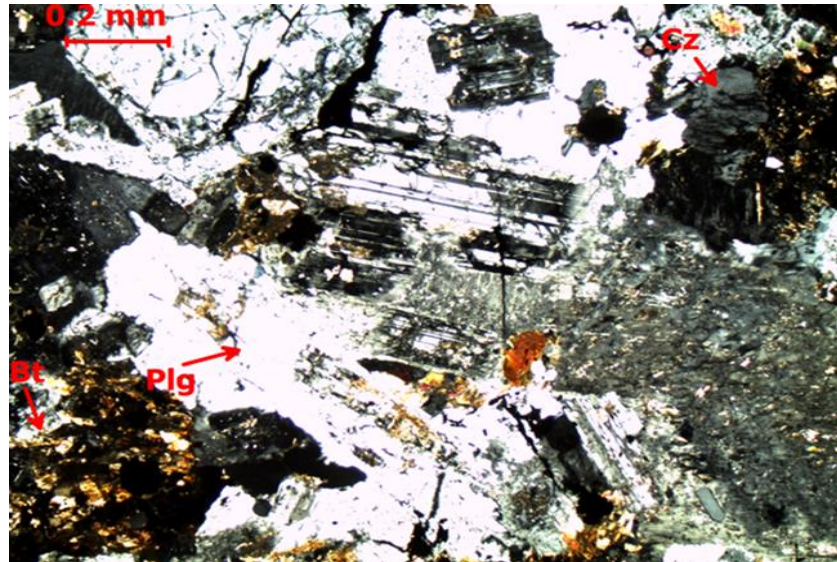
Tiene una textura granular hipidiomórfica (fig. 23); está constituida por cristales de cuarzo primario anhedral a subhedral de 4 mm con microfracturas e inclusiones de plagioclasas, biotita y anfíboles. La plagioclasa se presenta en cristales subhedrales de 2.8 mm, maclados y zonados con circón y microfracturas rellenas por carbonatos, muestran ligera albitización y ligeramente alterados por carbonatos y epidotas, también se encuentran como inclusiones en cuarzo y feldespato potásico.



**Figura 24.** Diorita. Se observan alteración propilítica en la parte superior de la sección delgada, con minerales de clorita, biotita, piritas y sericitas en la parte inferior.

El feldespato potásico, con formas anhedrales a subhedrales menores a 3.2 mm, presenta intercrecimiento micropertítico de adularia y albita; tiene inclusiones de plagioclasas, biotitas y anfíboles, en general se altera en arcillas como sericitas, caolinitas, pirofilitas, asociados a finos cristales de cloritas y biotitas. Los anfíboles tienen formas subhedrales menores a 3 mm, alterados por cloritas y óxidos de hierro; pueden remplazar a piroxenos. La biotita tiene formas subhedrales y tamaños menores a 2 mm a 10 mm; algunos cristales están alterados en sus bordes en cloritas, epidotas y óxidos de hierro; también se encuentra en microfracturas de feldespatos potásicos alterados a adularia, con patinas de sericitas y caolinitas en la superficie de los cristales, ver figura 23 - 25.

Los feldespatos calco-alcalinos se encuentran sumamente alterados en una fina laminación y foliación de sericitas, caolinitas y pirofilitas; que por lo general constituyen la alteración argílica.



**Figura 25.** Diorita, se observan alteración argílica y propilítica en el extremo inferior derecho, presencia de minerales opacos, sulfuros y óxidos.

### 3.8. METODOLOGÍA DE INVESTIGACIÓN

La metodología de trabajo de investigación es descriptiva, analítica e interpretativa en las labores de exploración y extracción de minerales sulfuros de cobre, plomo, plata, zinc en el yacimiento de metasomatismo de contacto; en la Unidad Minera Yauricocha, que un yacimiento de tipo skarn, formada en condiciones de baja temperatura a intermedia a una profundidad mayor a 200 m. El presente trabajo de investigación se realizará en el siguiente orden:

**Fase 1.** Recopilación, revisión, selección e interpretación de información existente, como base de datos en gabinete, para proponer el presente trabajo de investigación. Se han realizado en gabinete; la selección bibliográfica de yacimiento de metasomatismo de contacto, próximos al área de la Unidad Minera Yauricocha; además la correlación de información existente en la unidad de producción en el departamento de geología. Estudios relacionados con la geología y controles de mineralización; así como el análisis de mapas; de inventario, topográfica, planos geológicos regional y local, a





partir de la base documental existente y caracterización de diferentes formaciones geológicas in situ; como las calizas de Formación Jumasha.

**Fase 2.** Trabajo en el campo (cuerpo mineralizado Mascota), para obtener las informaciones geológicas mediante el método de observación, toma de datos y muestras in situ. Corresponden a trabajos de toma de muestras; las actividades in – situ, técnicas de mapeo y muestreo, sobre las áreas seleccionadas para el estudio de investigación, donde se realizan las observaciones de las características geológicas, toma de datos y se plasman en un plano base topográfico a escala 1/ 500, 1/ 1,000 y 1/10,000; también se obtendrá los datos geomecánicos de las rocas (rumbo, buzamiento y sistema de discontinuidades) dirección con buzamiento, estratificación, foliación así como datos de las estructuras geológicas (fallas principales). Logueo de perforaciones diamantinas.

La identificación de las características geológicas cada, se realizan cada dos metros a lo largo del cuerpo mineralizado Mascota, emplazadas en las calizas grises de la Formación Jumasha, con presencia de bioclastos en la matriz calcárea con un cemento de solución de carbonato de calcio. En la zona de skarn se investigó los sulfuros que están asociados a los minerales de valor; cada de estos datos han sido registrados en los formatos y hojas de lugueo, en el proceso de evaluación del sistema de muestreo.

**Fase 3.** Procesamiento de base de datos e interpretación de los resultados y información geológica obtenida del sobre cuerpo mineralizado Mascota; que consiste en análisis de laboratorio; interpretación de los resultados de las perforaciones diamantinas, análisis petrográfico y minerográfico de secciones delgadas y pulidas. Procesamiento de base de datos e interpretación de la información geológica obtenida en el campo, información existente y resultados de análisis de muestras de laboratorio, para reinterpretación, comprobación o modificación de las hipótesis planteadas, para validar



la mineralización en las zonas de metasomatismo de contacto; formular los controles básicos, que llegan a satisfacer el modelo de yacimiento de metasomatismo de contacto y la mineralización en profundidad. Para el análisis e interpretación de los resultados obtenidos de los minerales constituyentes; se usa el microscopio petrográfico de polarización de luz transmitida y reflejada; AutoCAD, para la elaboración de mapas, planos y otras herramientas de investigación. Presentación y elaboración final del trabajo de investigación.

### **3.9. EQUIPOS E INSTRUMENTOS**

Entre los principales instrumento y equipos utilizados en la fase de levantamiento topográfico y mapeo de estructuras geológicas; se realizado con una estación total de fabricación alemana. El sistema de muestreo en rocas y ocurrencia de minerales ha sido encargado el departamento de geológica de la mina; que consiste en colocar la codificación de la muestra, su ubicación (altitud, coordenadas UTM; entre otros, el tipo de rocas, presencia de minerales de ganga, mena, potencia).

Para la identificación de minerales formadores de rocas calcáreas, intrusivo y minerales de menas se ha usado el microscopio petrográfico de polarización. Las muestras se secciones delgadas y pulidas han preparadas en la ciudad de Lima. Las secciones delgadas cumplen con el espesor mínimo de 30 micras, para poder observar con facilidad, el hábito, forma, entre otras las propiedades ópticas de los minerales formadores de roca. Para secciones pulidas son briquetas de minerales opacos de englobados en una baquelita, las mismas que son estudiados con el microscopio petrográfico con luz reflejada.

### 3.10. RESERVAS DE MINERALES OXIDADOS CUERPO MASCOTA

Con las labores mineras que actualmente se están explotando nivel 1070 y preparando en el Nivel 1120 piso 16 y piso 8 y con las perforaciones ejecutadas se ha podido cubicar reservas en este cuerpo Mascota como sigue:

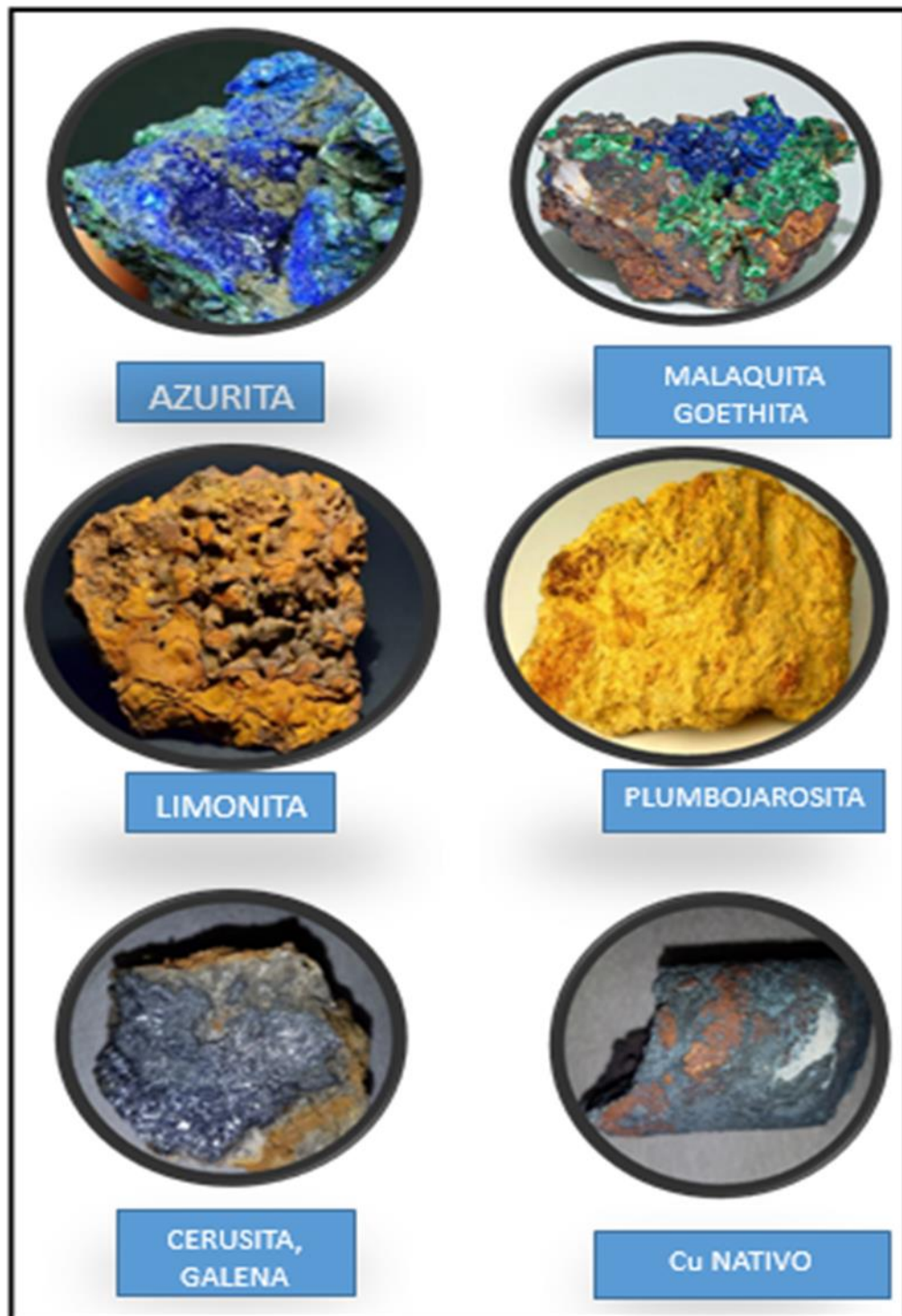
**Tabla 5.** Reservas probadas y probables del cuerpo Mascota

RESERVAS MASCOTA OXIDO Ag - Pb												
IVEL	ISO	LASE	ELADAS	TON	r/Ton Ag	G	Pb	Cu	Zn	u	AL-MET.	V
			I	1200		2						18
120	6	robado	I	9.91	44.42		.38	.32	.26	.02	1.93	16
			I	9988		2						16
120		robado	I	.04	10.7		.00	.32	.43	.56	4.7	56.
			I	4932		9						56.
120		robado	I	.7	6.84		.15	.51	.51	.80	16	14
			I	1001		1						14
		robable	I	6.37	75.31		.47	.53	.63	.64	9.68	15
			I	1433		1						15
170	6	robable	I	3.55	71.93		.48	.7	.68	.88	2.7	25
			I	8661		3						25
170		robado	I	.35	17.65		2.42	.76	.82	.30	1.43	57.
			I	5986		1						57.
		robable	I	.64	01.43		.18	.62	.68	.75	19	33
			I	4320		4						33
170		robado	I	.81	37.57		6.96	.79	.56	.65	8.99	38
			I	1195		4						38
		robable	I	.69	85.54		9.88	.07	.72	.60	3.51	17
<b>TOTAL</b>				<b>7144</b>		<b>2</b>						<b>17</b>
<b>GENERAL</b>				<b>5.06</b>	<b>17.90</b>		<b>.27</b>	<b>.56</b>	<b>.77</b>	<b>.77</b>	<b>1.30</b>	

Fuente: Oficina de geología de la Unidad Minera Yauricocha.

Estas reservas de Mineral Oxidado del Cuerpo Mascota son cubicadas al 30 de Setiembre del 2017. Mina Yauricocha.

### LAMINA DE MINERALES EXISTENTES DEL CUERPO MASCOTA



**Figura 26.** Principales minerales, que se observan en el cuerpo Mascota mina Yauricocha.



## CAPÍTULO IV

### RESULTADOS Y DISCUSIÓN

#### 4.1. MINERALIZACIÓN DEL YACIMIENTO DE CONTACTO YAURICOCHA

En la zona existen diversas manifestaciones de mineralización relacionadas a cuerpos intrusivos, por lo general, ya sea en forma de stock o dique/sills de naturaleza calco – alcalina, los cuales han afectado hidrotermalmente en diferentes grados de alteración, dependiendo probablemente de volumen de una roca ígnea intrusiva de composición intermedia (diorita, intrusivo del segundo evento magmático); disolución de fluidos mineralizantes y capacidad receptora de la roca encajonante (rocas calcáreas); la roca presenta una buena permeabilidad.

El agua es también un excelente solvente, sobre todo a alta temperatura y presión. El agua es un fluido polar único, con propiedades muy inusuales, incluyendo un momento dipolo muy fuerte y enlace de hidrógeno. Como las solubilidades son dependientes de los enlaces entre especies soluto y agua, la estructura y característica del agua son importantes para entender las variaciones de solubilidad de iones y cationes de cobre, zinc y plomo presenta en la estructura mineralizada, en contacto con las rocas calcáreas como la Formación Jumasha del Cretácico; tal como ocurre en el cuerpo Mascota.

El reconocimiento de características distales de alteración puede ser de importancia crítica en las primeras etapas de exploración, así como las tonalidades de color verde que indican la propilitización de los minerales máficos. Detalles de la mineralogía de skarn y zonificación puede ser usado para construir los modelos de depósitos específicos de la exploración, así como los modelos de utilidad más general en el desarrollo de programas de exploración. Los minerales que son de gran utilidad para la

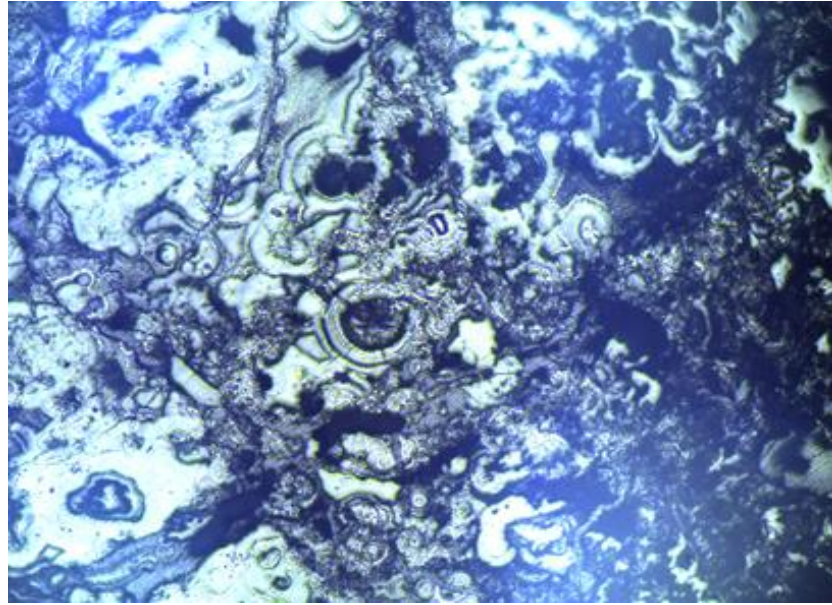


clasificación y para la exploración son como el granate, piroxenos y anfíboles, que están presentes en todos los tipos de skarn y que muestran marcada variabilidad de composición.

Entre la falla Chonta y Yauricocha, se encuentran las zonas principales de cuerpos mineralizados emplazados en las zonas de skarnización en las calizas de la Formación Jumasha; entre los principales cuerpo mineralizado Mascota, que corresponde a la zona de investigación.

El sistema de Fallas Chonta en esta ocasión se mueve en sentido sinistral y las otras trans andinas en sentido dextral. Posteriormente, como respuesta al efecto compresivo atenuado ocurre una relajación extensional provocando que la Falla Chonta tenga una componente normal. Un tercer juego de fallas de rumbo Este-Oeste, vienen a ser las fracturas transtensivas que se forman como efecto del movimiento transcurrente dextral y sinistral de las principales fallas regionales.

La mineralización presente en el depósito mineral de Yauricocha está formada principalmente por pirita, cuarzo, enargita, calcopirita, bornita, covelina en el núcleo y parte central de los cuerpos; y masas sueltas de pirita friable, galena, esfalerita (blenda rubia) junto con algo de calcopirita en una ganga de calizas, arcilla y cuarzo en la periferia. Asimismo, la presencia de Au nativo se halla asociado a dichos sulfuros, identificados en las zonas de intercrecimiento de sulfuros primarios como la calcopirita, ver fig. 27.



**Figura 27.** Malaquitas con intercrecimiento de azuritas, finos cristales de brocantita y disolución de la covelita, que se observan como micro-venillas en la sección pulida.

La mineralización presente en los cuerpos está formada principalmente por la pirita, cuarzo, enargita, calcopirita, bornita, covelina, en el núcleo o parte central y alrededor de estos núcleos se encuentran masas sueltas de pirita friable, malaquita, azurita, galena, esfalerita, micro-venillas de covelina. Tetraedrita y geocronita con algo de calcopirita que reemplaza a la pirita friable. En la fase de disolución se observan la cristalización de malaquitas con bores de azuritas de habito bodroidales, en una ganga de caliza, arcilla y cuarzo; ver fig. 27.

Las principales manifestaciones de alteración han sido muestreadas (chips simples, puntos), en forma no sistemática. Entre las zonas importantes se puede mencionar.

#### **4.1.1. Minerales de ganga**

Entre los minerales sin valor económico que se caracterizan en las zonas de skarnización; se caracterizan como pirita, calcopirita, magnetita, cuarzo, calcita, granates



verdes (grosularia); entre otros se consideran a actinolitas, diópsido, asociados mármoles; calcitas, ankeritas y dolomitas. Estos minerales son que se encuentran en los diferentes labores y cuerpos mineralizados; como Mascota, Cuye, Sasacaca, Sur Medio, Contacto Occidental, Amoeba, Maritza, Carmencita, Cuye Norte, las vetas y cuerpos de mina; como el Éxito, Cachi Cachi, Ipillo, etc.; a los que, se les consideran como guías y controles en la zona de skarn y mineralización en el yacimiento.

#### **4.1.1.1. Cuarzo**

En la estructura mineralizada, el cuarzo ( $\text{SiO}_2$ ) es el mineral de menor abundancia; en vista que constituye el relleno en la veta y cavidades intergranulares, rellenando espacios vacíos como opilo y calcedonia asociados con wollastonita, calcita; se presenta en forma masiva en los cuerpos mineralizado Mascota, Sasacaca, Carmencita y otros. Se considera como principal mineral de control para la guía en la búsqueda de minerales de valor económico; zinc, plomo y otros.

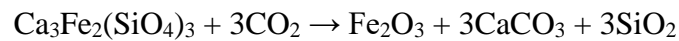
#### **4.1.1.2. Calcita**

Mineral principal de control y guía en la mayoría de los cuerpos mineralizados principales;  $\text{CaCO}_3$ , son cristales idiomorfos maclados, con una exfoliación perfecta; que se muestran en la zona de skarnización. Agregado principal en las rocas calcáreas de la Formación Jumasha y Celendín. Las soluciones calcáreas en el yacimiento Yauricocha; por la disolución de los fluidos mineralizantes de la actividad magmática, fueron marmolizados; quedando de ésta manera silicificado: entre los minerales productos de alteración en el intercambio geoquímico; se tiene los granates verdes, pardos y rojizos asociados a diópsidos, actinolitas y tremolitas, accesorios que se han formado durante la fase de metasomatismo de contacto con el intrusivo de composición calco-alcalino.



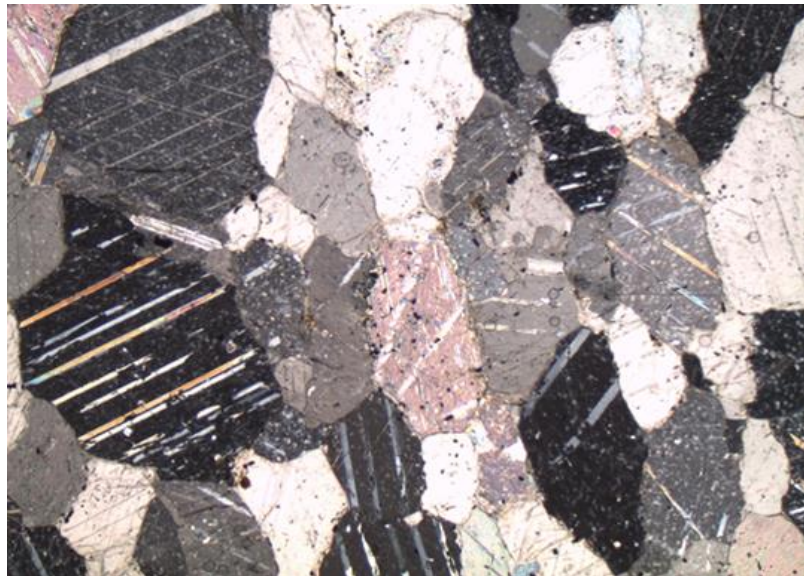
#### 4.1.1.3. Grosularia

Los principales minerales  $\text{Ca}_3\text{Al}_2(\text{SiO}_4)_3$ ,  $\text{Ca}_3\text{Fe}_2(\text{SiO}_4)_3$  accesorios e indicadores zonas de skarn de zinc; son minerales formados por la reacción del calcio, hierro en condiciones de temperaturas favorables, por la interacción de los fluidos mineralizantes; actividad magmática que llega a fusionar a formaciones calcáreas (ver fig. 12).



Andradita

hematita calcita cuarzo



**Figura 28.** Porfidoblastos de calcita, que corresponde a las calizas de la Formación Jumasha.

#### 4.1.1.4. Diópsido

Mineral principal ( $\text{CaMgSi}_2\text{O}_6$ ), accesorio en la formación de granates y piroxenos en la zona metasomatismo de contacto en las formaciones de rocas calcáreas; se observan en la fotomicrografía (8 – 9), en los mármoles de la Formación Jumasha.





de color gris claro, tiende a formarse una cristalización a wollastonitas y una exterior a talco.

#### **4.1.1.7. Especularita y siderita**

Se encuentra asociado en la caliza y vetas en intrusivo en la mina Éxito e Ipillo, en las zonas de oxidación del yacimiento; con menor presencia en la zona de disolución y lixiviación de soluciones de carbonatos de cobre.

#### **4.1.1.8. Fluorita**

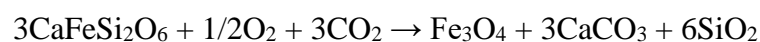
Depositada contemporáneamente con la galena y esfalerita dentro de los cuerpos de plomo – zinc en los alrededores del cuerpo Mascota.

#### **4.1.1.9. Baritina**

Se le encuentra en la periferia de los cuerpos de plomo-zinc emplazadas en la zona de menor temperatura, que corresponde al cuerpo mineralizado Mascota.

#### **4.1.1.10. Magnetita**

Mineral principal en las zonas de skarn en los contactos en formaciones calcáreas y cuerpos intrusivos; además se considera, como mineral de control y guía, para continuar en los trabajos exploración y extracción en la mina Yauricocha. La formación y ocurrencia se observa en el balance geoquímico, que se presenta, líneas abajo.



hedenbergita

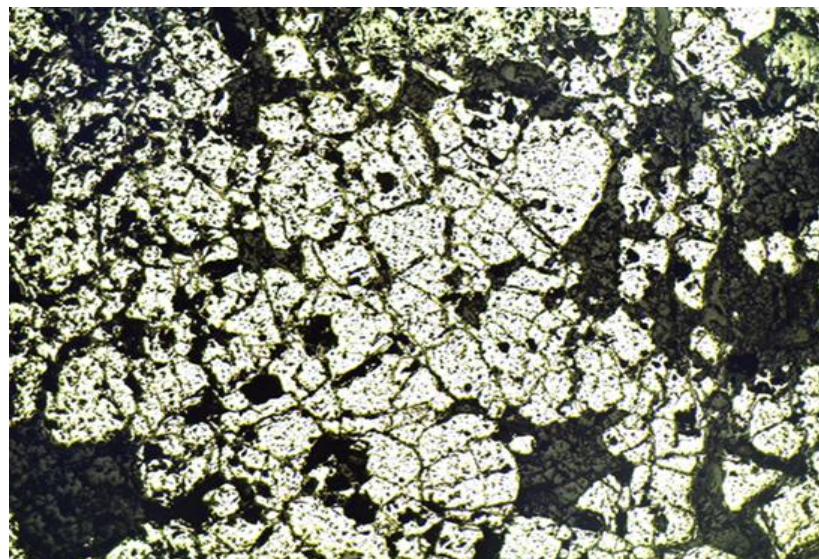
magnetita

## 4.1.2. Minerales de mena y sulfuros

### 4.1.2.1. Pirita

Cristales subhedrales a idiomorfos cúbicos de pirita ( $\text{FeS}_2$ ), se encuentra diseminado en los skarns, en los cuerpos Mascota, Sasacaca, Carmencita y otros, además se observan en los diferentes niveles. Mineral de ganga principal de control y guías para la mineralización de zinc, plomo; asociado a magnetita, pirrotina. Las observaciones realizadas en secciones pulidas de minerales (ver fotomicrografía No 14); éste sulfuro de origen primario, ha sido reemplazado por pirrotina, magnetita en algunas zonas, pero es también reemplazada por calcopirita; además se considera como indicador de ocurrencia de mineralización aurífera. Posteriormente son reemplazados por sulfuros de zinc, plomo y con menor frecuencia de cobre y plata.

Por otros la pirita, generalmente tiene textura friable a porosa y masiva distinguiéndose hasta cinco tipos que representan; cinco estados diferentes de formación, durante la evolución del yacimiento, la menor mineralización está a la zona de disolución y formaciones óxidos de cobre como malaquitas, azuritas, venillas de covelita.

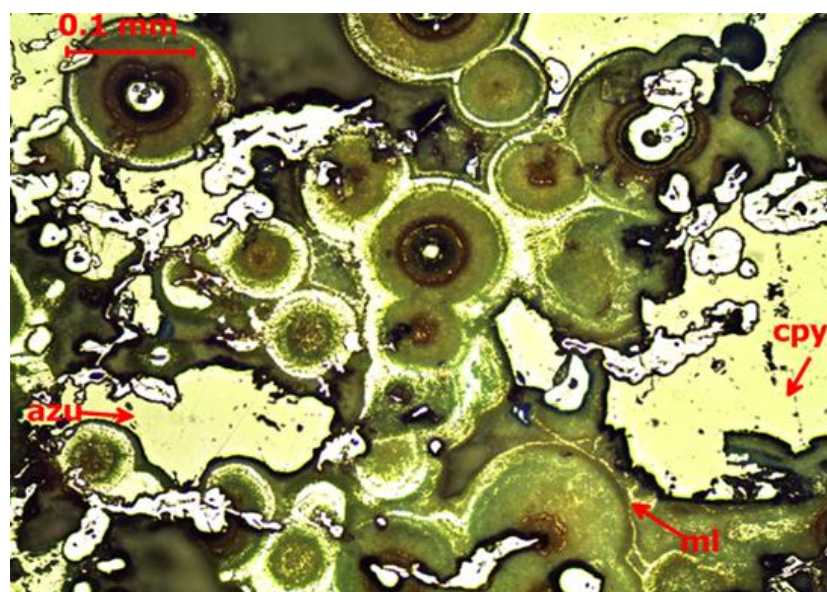


**Figura 29.** Pirita friable terrosa, galena. Esfalerita (marmatita), sección que corresponde la muestra No. 4, del cuerpo Mascota.

#### 4.1.2.2. Calcopirita

Cristales prismáticos de calcopirita ( $\text{CuFeS}_2$ ), pequeños alteraciones que se encuentran reemplazando a la pirita, con disseminación en la pirrotina y wollastonita; englobados en una matriz de afanítica en la estructura principal, en el cuerpo Mascota y Sasacaca, Carmencita y como mineral accesorio en los otros cuerpos, en los niveles 750, 920; sin embargo se considera como mineral principal de control, en la mineralización y profundización del yacimiento, esporádicamente se encuentra asociado al oro nativo; ver fig. 29.

Después de la enargita, la calcopirita es el mineral de cobre más abundante. Se encuentra reemplazando fragmentos de caliza brechada, junto al cuarzo friable y pirita, entre otros, rellenando pequeñas cavidades, está asociada a oro nativo y electrúm; hay un incremento de este mineral en los niveles bajos, que se observan como mineral de control y guía.

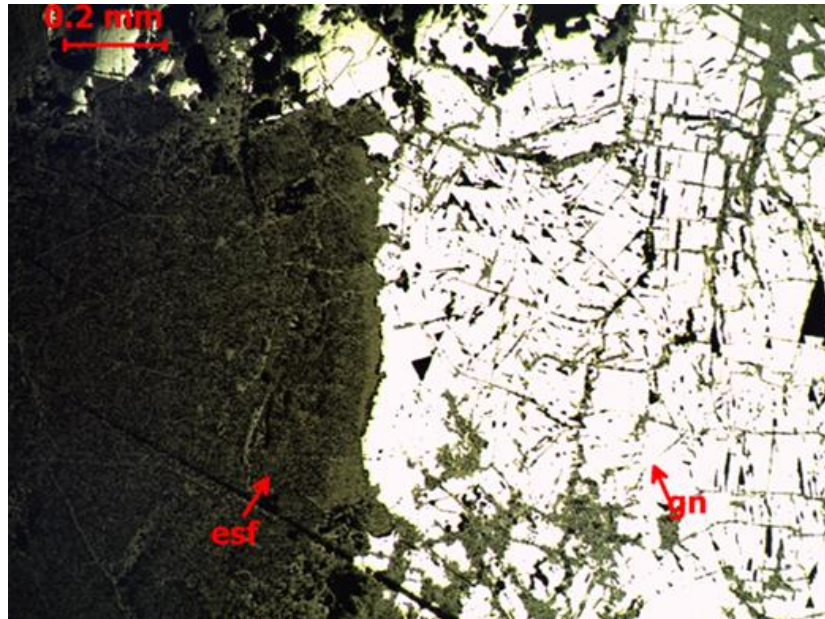


**Figura 30.** Nódulos concéntricos de malaquita, azurita, piritita con intercrecimiento de calcopirita. Hay presencia de oro; sección que corresponde a muestra No. 5, del cuerpo Mascota.

Se encuentra asociada a la alteración propilítica, hornfésica de la zona de skarn; la granodiorita presenta condiciones favorables en los tramos silicificados, mineralizados por un evento magmático posterior y formación minerales de mena. Es muy importante la presencia de la magnetita; mineral que se altera de los minerales ferromagnesianos por las condiciones geoquímicas que han ocurrido durante el emplazamiento de diques de dioritas; formados a través de disolución de los componentes principales en la formación de cuerpos mineralizados en la zona de skarn.

#### **4.1.2.3. Esfalerita**

En los skarn de granate verde contienen uno de los dos minerales; una asociación de calcopirita – esfalerita (ZnS) considerados los más abundantes, reemplazando a piritas o solamente esfalerita en el cuerpo mineralizado Mascota. La esfalerita se presenta en forma diseminada y rellenando intersticios. Sin embargo, se distribuye irregularmente, comúnmente como ricas estructuras en vetas y cuerpos asociados a piritas diseminadas con calcopirita; separadas por capas relativamente estériles, que constituyen mineral de valor económico del yacimiento. El zinc comienza a tener valores considerables a partir del exo-skarn café-verde y ocasionalmente puede encontrarse zinc en el skarn indeterminado, a veces en forma de venillas y en contadas brechas como emplazamientos en la matriz o fragmentos arrastrados (ver fig. 30).



**Figura 31.** Galena maclada con intercrecimiento de esfalerita, marmatita y óxidos de hierro en los bordes y espacios intergranulares, muestra No. 3 del cuerpo Mascota.

#### 4.1.2.4. Marmatita

Generalmente se conoce con el nombre de blenda rubia; caracterizada de un lustre brillo resinoso, con una exfoliación perfecta,  $\text{FeZnS}$ , se puede encontrarse con facilidad a grandes profundidades con minerales de alta temperatura; como con pirita, calcopirita y magnetita. Se encuentra asociado a la esfalerita en las zonas de oxidación del yacimiento de Yauricocha; dentro de la estructura mineralizada está asociado a pirita diseminada. El zinc ocurre como esfalerita, presentándose en varias tonalidades de color: café, negra, gris y verde. Generalmente la ley del zinc aumenta considerablemente cerca al contacto con los mármoles/hornfels (ver figura 30).



#### **4.1.2.5. Marcasita**

Se han distinguido hasta tres tipos de marcasita y se encuentran asociadas a calcopirita, galena y esfalerita, en los niveles inferior; en la mayoría de los casos en el cuerpo mineralizado tiene un hábito de prismas tetragonales y radiales concéntricas.

#### **4.1.2.6. Enargita**

Es el principal mineral de cobre, se encuentra en fragmentos irregulares y en masas grandes junto con cuarzo y pirita.

#### **4.1.2.7. Bornita**

Se encuentra invariablemente asociado con la calcopirita y en menor grado con la enargita, que se encuentra en los espacios intergranulares, entre los minerales de cobre.

#### **4.1.2.8. Covelita e idaita**

Se ha observado estos dos minerales dentro de la bornita, formando solución sólida ó en intercrecimiento laminar pequeño.

#### **4.1.2.9. Tetraedrita y tennantita**

Cristales pequeños de estos minerales son abundantes en la periferia de los minerales de enargita, como en los cuerpos mineralizados aledaños al stock intrusivo Central y Sur Medio.

#### **4.1.2.10. Galena**

Se encuentra diseminada en pirita y en caliza eskarnizada; siempre está asociada con la calcopirita y esfalerita.





#### **4.1.2.11. Geocronita**

Se presenta en los niveles superiores de la mina asociado a la galena, esfalerita, tetraedrita y cuarzo; rellenando fracturas y clivajes de la esfalerita.

#### **4.2. CUERPOS MINERALIZADOS EN YAURICOCHA**

Los cuerpos son de configuración irregular, que vistos en plano presentan la forma aproximada de lentes, cuyos ejes mayores son paralelos al rumbo general de los estratos (NW-SE), en la dirección del dominio Andino y buzan a gran ángulo al NE o son aproximadamente verticales. Sus dimensiones verticales son casi siempre mayores que las horizontales, existiendo casos donde estos cuerpos se extienden por más de 650 m debajo de la superficie; sus anchos son variables de 10 m a 40 m, tendiendo a ser fusiformes en profundidad.

Los cuerpos están emplazados en la caliza Jumasha y se encuentran agrupados tanto dentro de la caliza como a lo largo del contacto con las lutitas Celendín (France Chert) y en contacto con las masas intrusivas.

La disposición de los cuerpos es bastante irregular, unos aparecen interconectados entre sí formando amplias zonas mineralizadas, como en el caso de los cuerpos Catas-Contacto Oriental-Antacaca; otros aparecen parcialmente interconectados formando áreas relativamente grandes, como los cuerpos Butz-Pozo Rico-Violeta-Erika y por último aquellos que aparecen como unidades individuales, aislados de los demás cuerpos, conformando áreas relativamente pequeñas, es el caso de los cuerpos Cuye, Mascota, Sasacaca, Sur Medio, Contacto Occidental, Amoeba, Maritza, Carmencita, Cuye Norte y las vetas y cuerpos de mina:, Éxito, Cachi Cachi, Ipillo, etc.



La mineralización presente en los cuerpos está formada principalmente por cuarzo, pirita, calcopirita, enargita, bornita, covelina, en el núcleo o parte central y alrededor de estos núcleos se encuentran masas sueltas de pirita friable, galena, esfalerita, marmatita, tetraedrita y geocronita con algo de calcopirita en una ganga de caliza, arcilla y cuarzo; ver plano de mineralización y secciones geológicas.

### **Vetas**

Las vetas ocurren tanto en el intrusivo como en la caliza Jumasha por lo que se conoce, parecen desarrollarse mejor en el primero.

Trabajos en la mina Cachi Cachi, Victoria, Central, Éxito y Ipillo y actuales operaciones mineras en superficie y en subsuelo, las vetas pueden agruparse en tres sistemas principales: El primer sistema de rumbo N 70°-80° W con buzamiento 60°-80° SW ó NE; el segundo sistema de rumbo N 70°-80° E con buzamiento 65°-80° NW y el tercer sistema de rumbo ligeramente E-W con buzamiento N y S.

Sus dimensiones horizontales y verticales son relativamente cortas, siendo su potencia variable de 0,50 m a 2,50 m. La mineralización presente en las vetas, dentro de la caliza, consiste mayormente de pirita, esfalerita, galena con algo de cuarzo y chalcopirita; mientras en las vetas, dentro del intrusivo, consiste de pirita, cuarzo, enargita, galena, esfalerita, covelina, fluorita, hematita, blenda rubia, electrúm.

Cuerpos y vetas parecen estar íntimamente relacionados, los que conformarían un ensamble estructural-mineralógico muy importante en el depósito mineral del yacimiento de metasomatismo de Yauricocha.



### 4.3. MINERALIZACIÓN EN CUERPO PRINCIPAL MASCOTA

Este cuerpo emplazado en el contacto W del stock intrusivo Mascota con las calizas Jumasha es otro de los principales cuerpos oxidados en el área. Ha sido reconocido desde superficie hasta el nivel 820 con labores mineras y con taladros de perforación diamantina, es reconocido hasta el nivel 1120.

El cuerpo Mascota con rumbo promedio E-W, yace paralelo a la dirección de la línea imaginaria que une a los cuerpos Catas, Pozo Rico y Adriana. Es una estructura alargada que buza fuertemente al este. Por debajo del nivel 465 el cuerpo sigue el contacto intrusivo -caliza, pero por encima del cuerpo, se separa del intrusivo diorítico.

Por encima del nivel 360 este cuerpo se bifurca en tres ramales de los cuales el ubicado más al W cambia su buzamiento a netamente W en el nivel 230. Los óxidos residuales ricos en plata, plomo y oro y sílice son prácticamente continuos desde el nivel 360 hasta por debajo del nivel 1120. Por encima del nivel 230 los óxidos no son económicos. Los tres ramales están constituidos por óxidos transportados que contiene cobre nativo, malaquita, cuprita, tenorita y limonita, argento jarosita plumbojarosita. Pequeños depósitos con alta ley de Pb-Zn ocurren a lo largo del contacto intrusivo caliza.

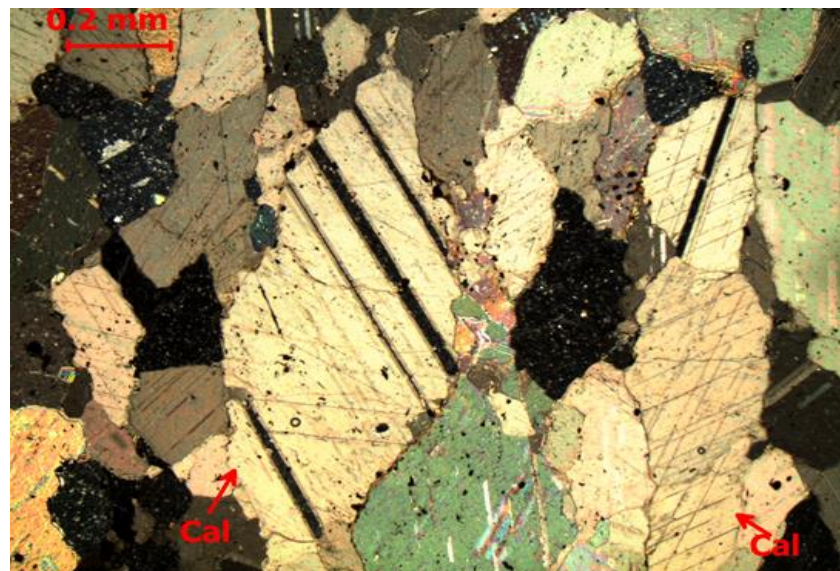
La mineralización de este cuerpo está caracterizada de la siguiente manera: desde el nivel 300 al nivel 575, la mineralización consta de jarosita, hematita, plumbo jarositas, en menor cantidad cerusita y anglesita. Desde el nivel 575 al Nivel 720, se tiene un incremento de la cerusita y de la anglesita. Y por debajo del nivel 720, La cerusita se incrementa con respecto a los niveles superiores.

## 4.4. CONTROLES DE MINERALIZACIÓN

### 4.4.1. Control litológico

La preferencia por la caliza mostrada por los cuerpos es bien marcada, aunque cuerpos discontinuos tipo vetas también se encuentran en la caliza y en la granodiorita. Todos los cuerpos conocidos que tienen cobre se encuentran dentro de la aureola de recristalización de la caliza bordeando a las intrusiones de granodiorita y solamente cuerpos de Pb-Zn se han encontrado en caliza recristalizada.

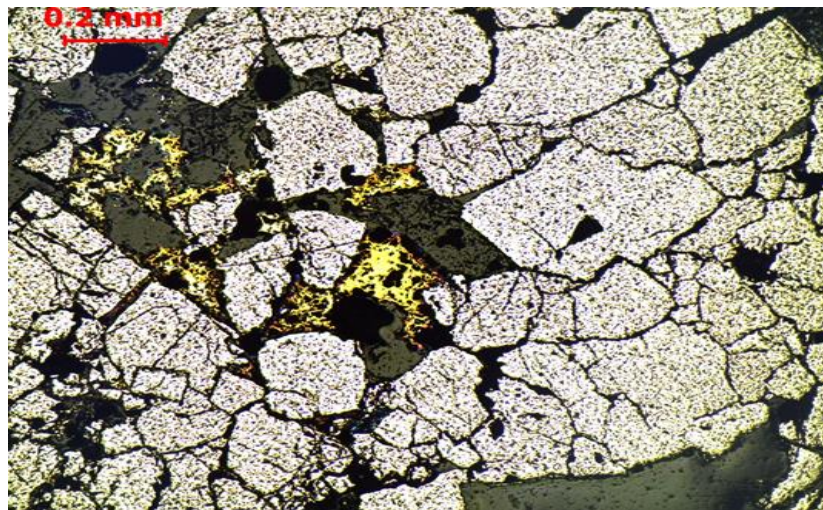
La susceptibilidad al reemplazamiento de la caliza es aumentada por el fracturamiento y brechamiento, acentuado, recristalizada en tamaño más grande de los cristales de calcitas, dolomitas y wollastonitas; consecuentemente no es sorprendente que los cuerpos grandes se encuentran dentro de la aureola de caliza recristalizada, en donde los tipos de rocas difieren en competencia. Ejemplo contacto Caliza - France Chert – Intrusivo (ver fig. 32).



**Figura 32.** Caliza marmolizada de la Formación Jumasha, constituido de calcita, dolomita recristalizadas y macladas, con diseminación de pirita.

#### 4.4.2. Control mineralógico

Esta caracterizado por calcita, dolomita, wollastonita; que corresponden a las rocas calcáreas; mientras los básicos de control se han identificado en la zona skarn; como actinolitas, tremolitas, diópsido, granates verde rojizo (grosularia), que se encuentran asociados a las zonas de óxidos y sulfuros; como magnetita, hematita, pirita, calcopirita; estos minerales determinan la ocurrencia y enriquecimiento del yacimiento de contacto de la mina Yauricocha.



**Figura 33.** Entre los minerales principales se observan, pirita terrosa, calcopirita, covelina; se puede considerar la ocurrencia de mineralización aurífera en la estructura principal. Muestra 7, del cuerpo Mascota.

#### 4.4.3. Control estructural

Entre la falla Chonta y Yauricocha, se encuentran las zonas principales de cuerpos mineralizados emplazados en las zonas de skarnización en las calizas de la Formación Jumasha; entre los principales cuerpo mineralizado Mascota, que corresponde a la zona de investigación.

Es sabido que los pliegues que pasan por el área de la mina Yauricocha, muestran que el rumbo de sus ejes ha rotado en plano horizontal unos 30°, como resultado de esta



rotación tres sistemas principales de cizalla y juntas se han desarrollado con rumbo de E-W y NW-SE y NE-SW. El primer sistema es casi vertical, mientras que el segundo tiene buzamiento de  $70^\circ$  al NE debido a la influencia de los estratos en la dirección del cizallamiento y  $75^\circ$  SE de los terceros pliegues.

La gran mayoría de los cuerpos mineralizados se encuentran siguiendo el cizallamiento NW-SE. Es muy probable que los cuerpos estén marcando la dirección del rumbo del cizallamiento que son más definidos en profundidad, hecho este que se constata en los niveles más profundos de la mina. Es muy posible que los cuerpos puedan tener su posición controlada en profundidad por la intersección del cizallamiento persistente NE-SW y E-W.

Visto en plano la posición de los cuerpos a emplazarse paralelos a estas dos direcciones de cizallamiento y junturamiento. Además, dos hechos corroboraron lo dicho anteriormente; el bandeamiento de la pirita dentro de los cuerpos mineralizados y la presencia de algunas vetas con ambas direcciones encontradas dentro de los intrusivos, Caliza Jumasha y France Chert.

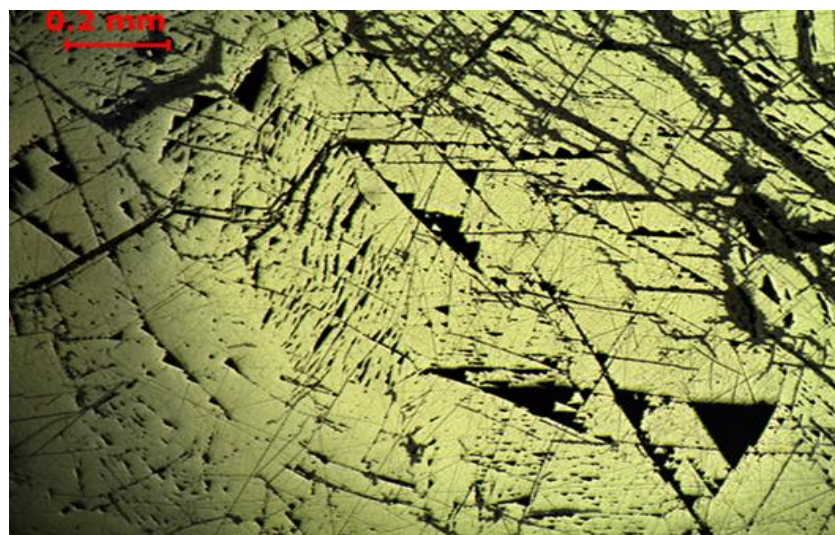
El contacto con caliza Jumasha- France Chert e influenciado fuertemente en la forma y posición de los cuerpos mineralizados Cuye y Catas. Este contacto tiene un rumbo de NW a SE y buza entre  $85^\circ$  y  $70^\circ$  al NE.

#### **4.5. MINERALIZACIÓN DEL CUERPO MASCOTA OESTE**

El cuerpo Mascota está emplazado al oeste de la falla Yauricocha, en el contacto oeste del stock intrusivo (granodiorita), Mascota con las calizas Jumasha. Este cuerpo ha sido reconocido desde la superficie cota 4,645 msnm (Nv 300) y que tiene una continuidad vertical hasta la cota 3,732 msnm (Nv 1170) con una ligera inclinación al

Este. La mineralización de este cuerpo está caracterizada por la ocurrencia de una gama de óxidos de hierro pardo amarillento que contiene cantidades menores de malaquita, covelina, calcosina, cuprita, azurita, crisocola, argento jarosita, smithsonita y cerusita.

En algunas zonas es común encontrar nidos de sulfuros primarios relictos los que preservan galena y esfalerita parcialmente lixiviadas. El proceso de mineralización estaría relacionado a la fase tardi-magmática; en donde se han formado zonas de skarns por metamorfismo de contacto y metasomatismo producido por gases y fluido residual, en las calizas del Jumasha donde se ha depositado las concentraciones de sulfuros primarios de Pb, Zn, Cu, Ag y Au considerados como minerales económicos.



**Figura 34.** Maclas de cristales cúbicos de galena argentífera muy bien expuestas en la zona de mineralización del cuerpo Mascota, muestra No. 3 de la estructura mineralizada.

Pero hacia la parte superficial existen evidencias de la fase hidrotermal con mineralización debido a que las soluciones hidrotermales mineralizadas han penetrado por las zonas de fracturas y brechas en las calizas Jumasha formando cuerpos de reemplazamiento de Pb, Ag, Zn y Cu (ver fig. 33).



La principal característica de este cuerpo es que la mineralización está en ambientes de óxidos, el cual ocurre por la intervención de las aguas meteóricas que han ocasionado la etapa de oxidación de los sulfuros primarios de plomo, cobre y zinc debido al contexto estructural y litológico de este cuerpo que está situado en zonas de fallas Yauricocha, Cavernas y zonas de brechamiento que han sido aparentes para la circulación de aguas y la posterior oxidación de los sulfuros galena, calcopirita y esfalerita.

### **Mascota en superficie**

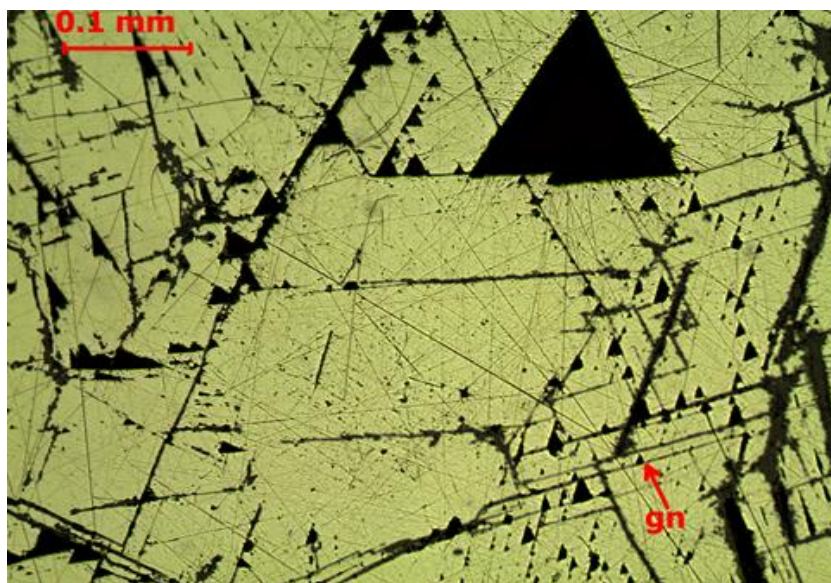
Entre la Mina Central y el Cerro Huamanripa, al noroeste de los piques Central y Mascota, al notar indicios de mineralización que correlaciona con lineamiento estructural E-W interpretado con procesamiento de imagen ASTER, en sector cubierto por depósitos diluvial y coluvial, se retiró material detrítico llegando a descubrir áreas con colores llamativos de cuerpos oxidados emplazados en caliza.

La exploración de estos nuevos yacimientos se ha iniciado con mapeo geológico y geoquímica en superficie, presentan perfil de oxidación típico de yacimiento de skarn de Pb-Zn en caliza. Por sus características semejantes al Cuerpo Mascota principal, los nuevos yacimientos descubiertos se denominan Mascota Oeste, Mascota Oeste Intermedio y Mascota Noroeste que se emplazan en calizas.

El marco geológico está constituido por cuerpos mineralizados en caliza, asociado a brechas y fracturas, afloran como masas de ocre con minerales secundarios de plomo y zinc, aproximadamente el 80% de los óxidos son de fierro en superficie. Para explorar los cuerpos Mascota Oeste, Mascota Oeste Intermedio y Mascota Noroeste, que tienen indicadores muy prometedores para ser nuevos depósitos, se presenta programa de 2,210 metros de sondajes en 23 taladros (reportes que corresponden a la mina Corona S.A.).



En planta concentradora realizaron pruebas metalúrgicas de muestras tomadas en superficie, de núcleos con las mejores leyes. Del cuerpo Mascota Oeste Intermedio han obtenido concentrado con 54.77 % de Pb y 221.98 gr/TM de Ag, del cuerpo Mascota Noroeste concentrado con 38.70 % de Pb y 726.58 gr/TM de Ag, y de la mezcla de los dos cuerpos concentrado de 37.86 % de Pb y 445.28 gr/TM de Ag. Como son de muestras de superficie de zona oxidada y lixiviada, son resultados interesantes, para el valor económico del yacimiento; ver fotomicrografía 20.



**Figura 35.** Galena argentífera. Muestra 3, que corresponde a una estructura de carbonatos de calcita, con cerusita y esfalerita a manera de bandas en la sección

### **Cuerpo Mascota Oeste a Intermedio**

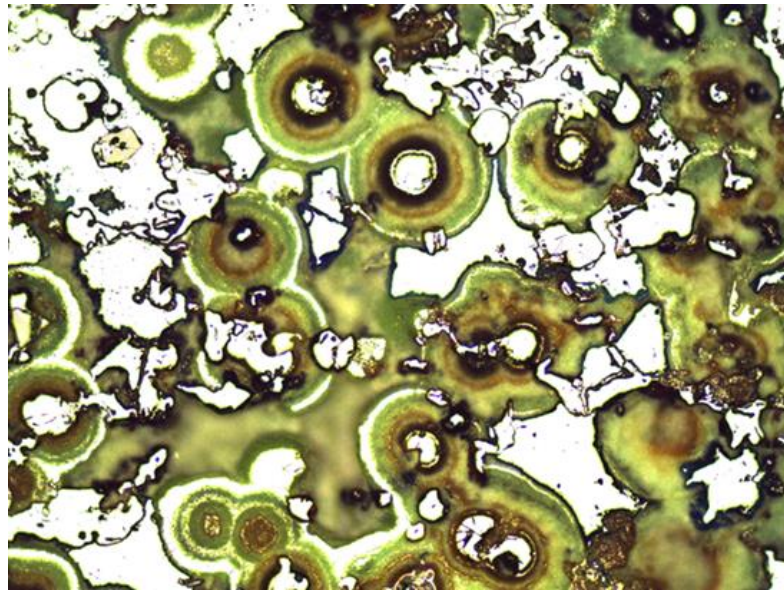
Yacimiento de skarn que se encuentra ubicado a 400 metros al Noroeste de los piques Central y Mascota, con referencia al cuerpo Mascota principal a 250 metros al Oeste. Tiene forma lenticular, su eje mayor está con dirección general E-W, longitud reconocida en superficie 85 metros, ancho irregular variable hasta 26 metros, su afloramiento está en altitud de 4,730 m.s.n.m.; presenta mineralogía oxidada del yacimiento de Pb-Zn, emplazada en caliza.



Con mapeo y muestreo se ubicó núcleos con contenido metálico muy importantes, que consiste en: 1) En el sector central: Área 20 m<sup>2</sup>, Ag 218.25 gr/TM, Pb 8.11%, Cu 0.18%, Zn 0.72%, Au 0.10 gr/TM, 2) En el borde norte central: Área 26 m<sup>2</sup>, Ag 154.93 gr/TM, Pb 1.35%, Cu 0.04%, Zn 6.31%, Au 2.11 gr/TM, 3) El sector suroeste: Área 90 m<sup>2</sup>, Ag 37.20 gr/TM, Pb 0.34%, Cu 0.20%, Zn 5.68%, Au 0.19 gr/TM. Todo el cuerpo en superficie tiene: Área 1,350 m<sup>2</sup>, Ag 46.58 gr/TM, Pb 0.90%, Cu 0.07%, Zn 2.29%, Au 0.27 gr/TM. Estas leyes deben subir a medida que profundiza, parecido al Cuerpo Mascota.

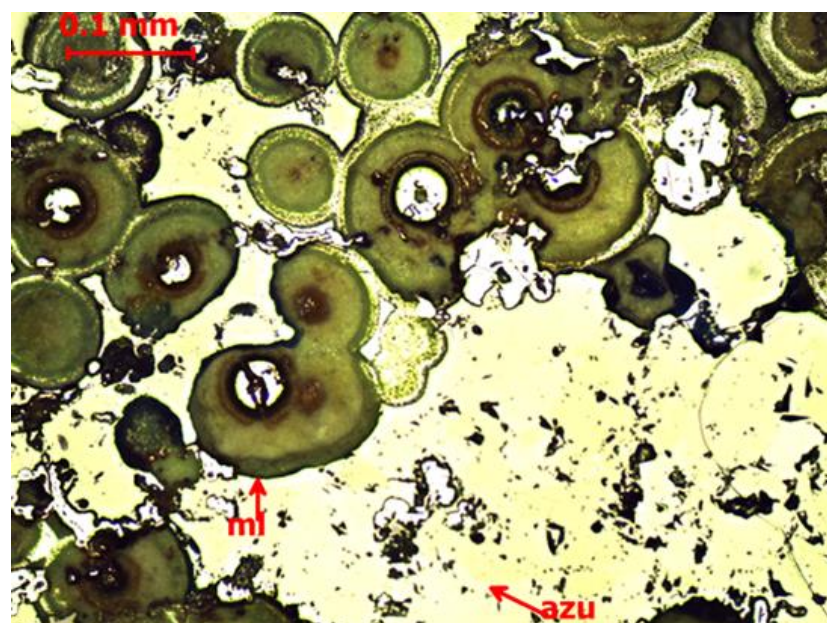
Cuerpo Mascota Oeste. Se ubica a 450 metros al noroeste del Pique Central y Pique Mascota, a 420 metros al oeste del Cuerpo Mascota. Tiene forma lenticular, su eje mayor está con dirección general E-W, en longitud de 50 metros, ancho variable hasta 13 metros, aflora en altitud de 4,760 m.s.n.m.; presenta mineralogía oxidada de yacimiento de Pb-Zn en caliza.

En el centro el cuerpo tiene núcleo de 10 m<sup>2</sup>, Ag 154.82 gr/TM, Pb 7.17%, Cu 0.02%, Zn 0.61%, Au 0.07 gr/TM. Todo el afloramiento del cuerpo tiene 380 m<sup>2</sup>, Ag 41.70 gr/TM, Pb 0.54%, Cu 0.02%, Zn 2.54%, Au 0.54 gr/TM. Igual que el modelo del Cuerpo Mascota, estas leyes deben aumentar en profundidad.



**Figura 36.** Cristales nodulares de malaquita con coronas de azurita; que se encuentra lixiviadas de pirita, calcopirita; caracterizados por los colores gris blanquecinos y amarillo de calcopirita en la parte superior izquierda. Muestra 5. Del cuerpo Mascota.

Cuerpo Mascota Noroeste. Aflora a 465 metros al noroeste de los piques Central y Mascota, y a 220 metros al noroeste del Cuerpo Mascota, en altitud de 4,735 m.s.n.m., tiene forma lenticular, dirección subparalela a los estratos de caliza. Su muestreo en área de 120 m<sup>2</sup> tiene Ag 300.77 gr/TM, Pb 3.94%, Cu 0.09%, Zn 2.95%, Au 0.81 gr/TM.



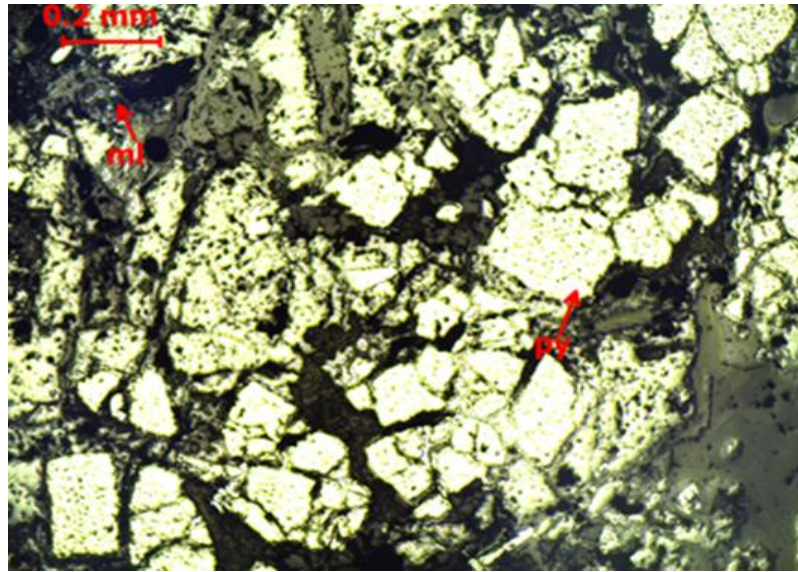
**Figura 37.** Nódulos de malaquitas, coronas de azuritas, pirita, calcopirita en la sección, microcristales de brocantitas. Muestra 5 del cuerpo Mascota.

Cuerpo Mascota Noroeste II. Aflora a 25 metros al oeste del Cuerpo Mascota Noroeste, tiene forma elongada y paralela a los estratos de caliza, con características de yacimiento de Cu (Ag). Su muestreo en área de 52 m<sup>2</sup> tiene Ag 120.49 gr/TM, Pb 0.43%, Cu 2.60%, Zn 1.43%, Au 0.63 gr/TM. Ver fig. 23 - 27; minerales de Cu.

#### 4.6. GEOLOGÍA ECONÓMICA

La mineralización en la mina Yauricocha, está asociado a las intrusiones granodioríticas Yauricocha e Ipillo, presentan skarns con ensambles de magnetita – hematita – esfalerita (Fe) – galena – calcopirita – marmatita , sobreimpuesta por mineralización de alta sulfuración con enargita-covelina-calcopirita-bornita-tenantita-tetraedrita. Existe una clara zonación lateral y vertical, y finalmente, cortados por fluidos de sulfuración intermedia polimetálica con galena-galena argentífera-esfalerita-calcopirita-geocronita ± cobres grises y sulfosales de plata.

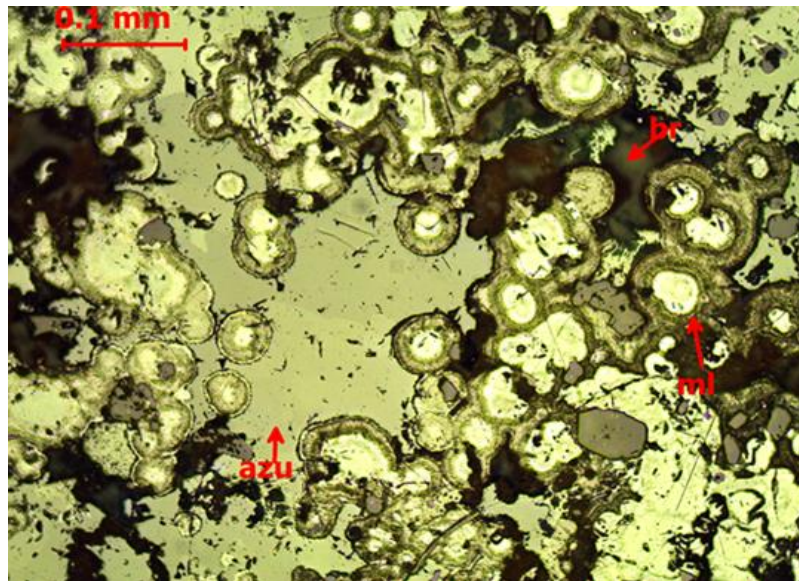
En general a lo largo del yacimiento, los cuerpos de sulfurados masivos, fueron rellenados por varios eventos de mineralización; en las que se tienen diferentes paragénesis, que han concentrado sulfuros como pirita, calcopirita, enargita, covelina, bornita, esfalerita, galena, galena argentífera, geocronita, tenantita, tetraedrita, y sulfosales de plata en los niveles superiores. En los niveles más bajos aumenta el contenido de magnetita, specularita, calcopirita, marmatita, galena, pirita y pirita arsenical (ver figura 38).



**Figura 38.** Pirita, con reemplazamiento de calcopirita, esfalerita, covelina, malaquita en espacios intergranulares. Muestra 4 del cuerpo mineralizado.

El cuerpo Mascota por general, está emplazado en el contacto oeste del Stock Intrusivo Mascota con las calizas Jumasha. Ha sido, reconocido desde superficie cota 4,645 m a la cual aflora hasta la cota 3,732 msnm en el Nivel 1170 con una ligera inclinación al Este.

La mineralización de este cuerpo está caracterizada por la ocurrencia de una gama de óxidos de hierro pardo-amarillentos que contienen cantidades menores de malaquita, covelina, calcosina, cuprita, azurita, crisocola, argento jarosita, smitsonita y cerusita. En algunas zonas, es común encontrar núcleos de sulfuros primarios relictos, los que preservan galena y esfalerita parcialmente lixiviadas. Ver fig. 38.



**Figura 39.** Pirita, covelita, nódulos de malaquita con coronas concéntricas de azurita, hay microcristales de galena argentífera en la sección.

**Recursos medidos:** 476,010 T.M.S. @ 299.4 g/t Ag, 7.1 % Pb, 0.3 % Cu, 0.9 % Zn, 1.7 g/t Au.

**Recursos indicados:** 324,560 T.M.S. @ 255.2 g/t Ag, 6.9 % Pb, 0.2 % Cu, 0.9 % Zn, 1.8 g/t Au.

**Recursos inferidos:** 204,710 T.M.S. @ a 288.3 g/t Ag, 6.5 % Pb, 0.2 % Cu, 0.1 % Zn, 1.8 g/t Au.

Se considera mineral potencial en la continuidad del Cuerpo Mascota en el orden de 360,000 TMS.

#### 4.7. ALTERACIÓN EN LA ZONA DE SKARN

La alteración es restringida al endo skarn y matriz de las brechas heterolíticas. En el endo skarn café se tiene manchas de granate alterado a cloritas, cuarzo, carbonato, arcillas. Algunos sectores cortada por venillas de cuarzo-pirita-calcopirita (magnetita) con salbandas de clorita-epidota. En las brechas de rocas calcáreas los fragmentos y en



especial la matriz se altera a cloritas, cuarzo, carbonato y en gran proporción arcillas y no parece estar relacionada al tipo de alteración controlada por venillas.

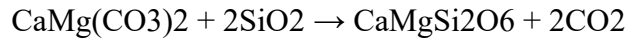
En el endo skarn se da el venilleo de cuarzo-pirita (magnetita, hematita, jarosita) y cuarzo-pirita-calcopirita, con salbandas de clorita-plagioclasas retrógrada y clorita-epidota respectivamente en los cuerpos Mascota central, noroeste, oeste, en los diferentes niveles. Parte del skarn indeterminado presenta arcilla verde pálido a blanquecina en forma intergranular; con zonas de reemplazamiento de sulfuros.

#### **4.7.1. Silicificación**

El ópalo  $\text{SiO}_2 \cdot (\text{H}_2\text{O})$ , la sílice que provienen de los fluidos magmáticos el cual, está asociado a depósitos de rocas carbonatadas y costras de formas coliformes en cavidades de rocas hipo abisales o diques y stock. La calcedonia es el componente principal del chert y el jaspe, y es usualmente de color rojo a rojo parduzco. En sección delgada, la calcedonia aparece fibrosa o con una textura típica radial o bandeada. Durante los procesos hidrotermales la sílice puede ser introducida de los fluidos circulantes, o este puede ser dejado atrás en la forma de sílice residual después de la lixiviación de las bases. La solubilidad de la sílice se incrementa con la temperatura y la presión, y si la solución experimenta una expansión adiabática la sílice precipita, así que en regiones de baja presión y temperatura éste es prontamente depositado (Villares, 2008).

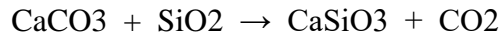
#### **4.7.2. Calco – silicatada**

La silicatación es el reemplazamiento de las rocas carbonatadas, por minerales silicatados, que provienen de una actividad magmática, generalmente por la adición de sílice a la disolución de soluciones de carbonatos, durante la fase de alteración que se puede mostrar en la siguiente reacción:



Dolomita

diópsido



Calcita

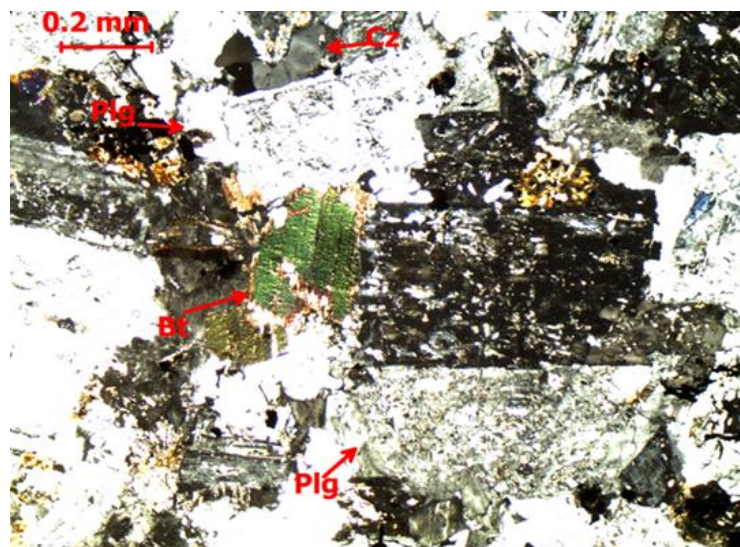
wollastonita (fase de marmolización)

La silicatación resulta en rocas de Skarn, en las cuales la adición de grandes cantidades de sílice produce una amplia variedad de minerales calcosilicatados. Los ensambles minerales de alteración de rocas de skarn incluyen silicatos de Ca, Fe, Mg, como epidota, clinozoisita, granates, clinopiroxenos, wollastonita, diópsido, vesubianita, actinolita-tremolita, andradita, grosularita, flogopita, y biotita. Los skarns están desarrollados en el contacto entre los plutones y la roca encajonante invadida, ésta última siendo carbonatos y, menos comúnmente, rocas silicatadas ricas en Ca. La génesis del skarn esencialmente involucra un metamorfismo y metasomatismo de contacto isoquímico, enteramente debido a emanaciones de un cuerpo plutónico en proceso de enfriamiento. Los estados retrógrados de alteración ocurren con respecto a estados finales de enfriamiento, resultando una muy intensa actividad hidrotermal y precipitación de sulfuros y óxidos, especialmente muy cerca de los contactos de los intrusivos de composición calco-alkalino. El desarrollo de los skarns ocurre a temperaturas entre 650 y 450°C y a presiones entre 0.3-3 kbar (Einaudi et al. 1981). En los cuerpos Mascota noroeste, oeste y central son muy importantes porque ellos hospedan a una gran variedad de menas y constituye una clase distintiva de depósitos minerales en los yacimientos de metasomatismo de contacto, básicamente la formación de granates.



#### 4.7.3. Alteración argílica

La alteración argílica en el yacimiento está definida como la presencia de minerales arcillas del grupo caolín (caolinita, dickita, halloysita, alófana todas ellas formadas a  $< 350^{\circ}\text{C}$  y  $\text{pH} < 3$ ) y menor cantidad de cerecita y de cuando en cuando el feldespatos alcalino puede estar como un remanente inalterado, con el K, Ca, Mg, Na, no lixiviados completamente. La biotita y cloritas pueden ser localmente importantes. Entre las zonas de alteración argílica intermedia puede estar presente la caolinita hacia el interior de la zona fílica, pudiendo estar las arcillas montmorilloníticas en las zonas externas de los cuerpos mineralizados; además se encuentran diseminados con sulfuros secundarios.



**Figura 40.** Fenocristales de plagioclasas con superficies de alteración, ortoclasa, cuarzo, augitas. Entre los minerales de alteración sericitas, caolinitas, olivino y biotitas, cloritas.

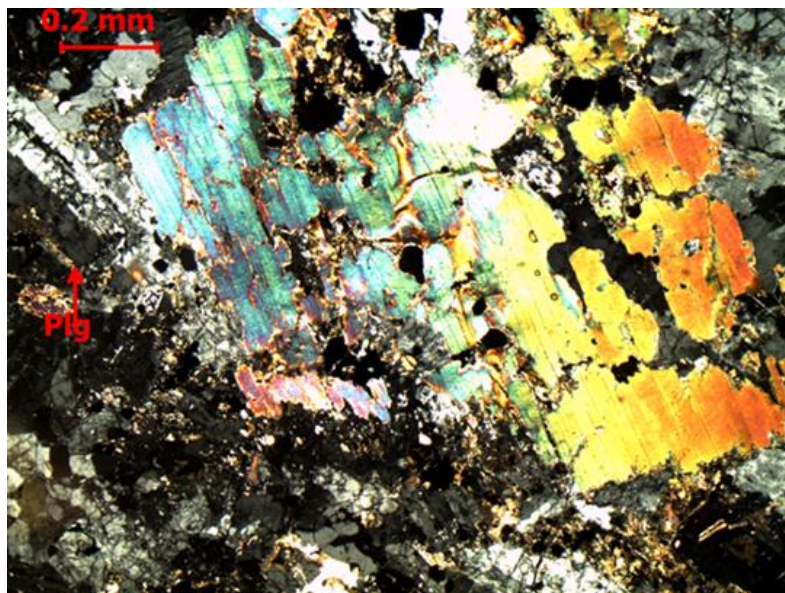
En sistemas donde el  $\text{CO}_2$  está presente, el ácido carbónico es formado ( $\text{H}_2\text{CO}_3$ ) y la disociación de los silicatos por hidrólisis, forma arcillas (caolinita) y libera sílice e iones metálicos ( $\text{Mg}^{++}$ ,  $\text{Ca}^{2+}$ ,  $\text{Fe}^{++}$ , etc.). Alteración que sucede por el intercambio de los fluidos hidrotermales; cuando ingresan a la porosidad de las rocas calcáreas en la zona de skarnización (ver figura 39).

#### 4.7.4. Alteración propilítica

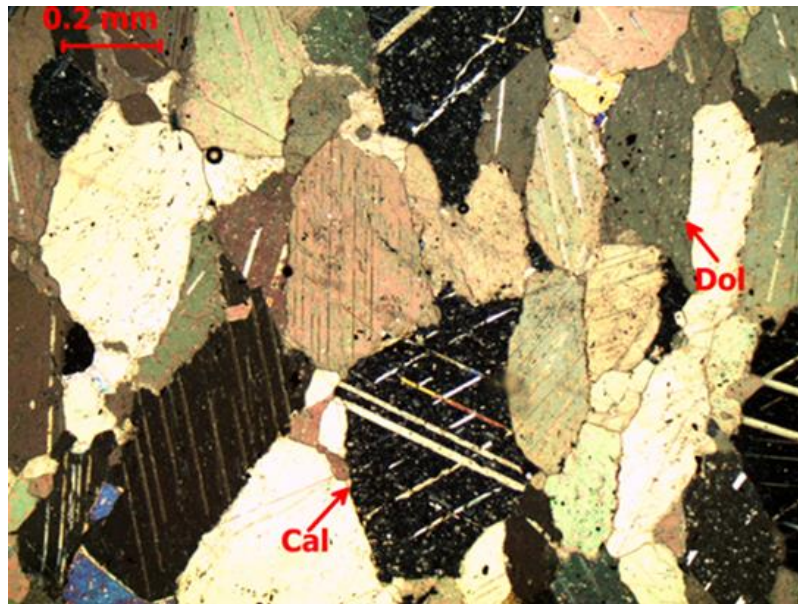
La alteración propilítica tiende a ser más penetrante hacia la zona interior de un depósito hidrotermal, o, en otras palabras, alrededor de una fuente hidrotermal caliente. La alteración propilítica grada hacia el exterior a una roca no alterada, o, donde el metamorfismo está presente hacia el interior, como las rocas de facies esquistos verdes, carbonatadas; siendo ambos ensambles mineralógicos equivalentes con un ensamble propilítico.

La alteración propilítica grada hacia el exterior a una roca no alterada, o, donde el metamorfismo está presente hacia el interior, como las rocas de facies esquistos verdes siendo ambos ensambles mineralógicos equivalentes con un ensamble propilítico.

Dentro de la zona de control mineralógico se observan; la secuencia de clorita, epidotas, pirita, calcita; entre los óxidos que corresponden a las zonas de lixiviación (ver figura 40).



**Figura 41.** Se observan una alteración propilítica, presencia de minerales clorita, epidota, augita; plagioclasas alteradas a sericitas, caolinitas, con intercrecimiento de minerales opacos como pirita.



**Figura 42.** Porfidoblastos de calcita, dolomita, que corresponden a la zona de marmolización.

#### 4.7.5. Hornfelnización

La débil hornfelnización representada por rocas de grano muy fino color café y gris, denominados Hornfels café (en sección delgada se le determinó presencia de granates y tremolita) y hornfels gris, que en dirección hacia fuera del depósito gradan a calizas débilmente marmolizadas y hacia adentro del depósito a hornfels de diópsido; zonas de alteración que se observan en la zona de contacto con el intrusivo; mineralización porfidoblastos de diópsido, actinolita, clorita, calcita, granates y otros minerales microscópicos (ver fig. 41); se observan porfidoblasto de calcita, wollastonita de color gris del primer orden, visto en luz polarizada observadas en el microscopio petrográfico.

#### 4.8. ENRIQUECIMIENTO SUPERGÉNICO Y OXIDACIÓN

La oxidación de los cuerpos mineralizados (Mascota y otros) en Yauricocha es de parcial a completa y va desde superficie hasta por debajo del nivel 920. El



enriquecimiento supergénico de sulfuros guarda estrecha relación con la distribución de los óxidos.

La covelita, calcosina y digenita de origen supergénico se encuentra donde los sulfuros están en contacto con los óxidos.

Óxidos Residuales. Entre los minerales presentes en los óxidos formados "in-situ", se puede mencionar a la limonita; goethita, jarosita, hematita, cuarzo, yeso, anglesita, caolín, oro y plata. Con excepción de los óxidos residuales de los cuerpos mineralizados Mascota y Pozo Rico que se extienden desde superficie hasta por debajo del nivel 1120. En general, los óxidos van hasta una profundidad de 10 á 15 m.

Óxidos Transportados. Estos óxidos están completamente libres de cuarzo y entre ellos se encuentra: cuprita cobre nativo, malaquita, azurita, brocantita, jarosita, cerusita, crisocola y óxido de manganeso. Estos óxidos transportados siguen la caja piso de los cuerpos mineralizados se les puede encontrar desde superficie hasta por debajo del Nivel 1020, se encuentran relleno cavidades cársticas del yacimiento.

#### **4.9. CORRELACIÓN CON OTROS YACIMIENTOS**

Se ha evidenciado un evento posterior de cambio de régimen en las fallas andinas Chonta y Huancavelica, reactivándolas en sentido dextral con un esfuerzo compresivo opuesto de rumbo 20°E. Como resultado, se abre un cuarto juego de fallas en sentido Norte-Sur con movimiento predominantemente dextral. Forman fallas lítricas extensionales tipo graben orientadas al Norte con buzamientos convergentes, En la región están conformadas por las Fallas Huachocolpa y Palmira. El primer sistema controla la mineralización en los depósitos de Pucajaja (Cu)-Santa Bárbara (Hg-Ag) y la otra controla la mineralización en el proyecto Estrella (Au-Ag).



Una franja de yacimientos polimetálicos generados durante el Mioceno entre Morococha y El Milagro, se localiza en la Cordillera Occidental del Perú central. Esta franja es una de las más complejas, puesto que se encuentran yacimientos de diferentes tipos como pórfidos de cobre, skarns y reemplazamientos polimetálicos, además de vetas y diseminaciones epitermales.

Entre los yacimientos principales destacan Morococha, datado entre 9 Ma y 7 Ma, Casapalca, Yauliyacu y San Cristobal, datados entre 6 Ma y 5 Ma, Yauricocha datados entre 7.5 Ma y 5 Ma, San Valentín, Heraldos Negros, Corihuarmi, Betania, Picomachay, Castrovirreyna, datado entre 13 Ma y 11 Ma, Caudalosa Chica, datado entre 12 Ma y 10 Ma, Recuperada, datado entre 8 Ma y 4 Ma y El Milagro. La edad de los stocks y diques intrusivos medidos en biotitas primarias varían entre 6.9 Ma y 7.5 Ma, indicando que, durante el Mioceno superior, ocurre el evento compresivo que reactiva la Falla Chonta, además, viene acompañado por el emplazamiento de magmatismo ígneo.

#### **4.10. ZONIFICACIÓN Y PARAGÉNESIS DEL YACIMIENTO**

##### **4.10.1. Zonificación**

Por lo tanto, es evidente que los yacimientos no solo se zonifican horizontalmente dentro de sí mismos, si no que están zonificadas también se repite, ampliamente en la distribución espacial de los cuerpos minerales. Cuye, Catas Oeste, Catas Sur, y Catas Principal; forman el núcleo del yacimiento contra el contacto de France Chert mientras que los cuerpos de arenas de Catas Sur Dividido, Contacto Este, Pozo Rico y Mascota forman una zona intermedia delimitada por los cuerpos Giliana, Adriana y Exhibiciones de Virginia, el cuerpo pequeño de Purísima Concepción de cobre transportado y óxido de hierro y las grandes áreas de brechas de disolución con mineralización de plomo y zinc, al noroeste inmediato de ese yacimiento, pueden indicar una modificación local del patrón

general de la zonificación, en esa dirección. Como las vetas y las vetillas de enargita están presentes en la granodiorita y en el cuerpo France Chert, al este de Catas principal, la zona es rica en enargita que se extiende en esa dirección y tal vez coincida intrusión de la granodiorita.

#### 4.10.2. Lixiviación hipogénica

La zonificación propuesta para el yacimiento de metasomatismo de contacto de los cuerpos de la mina Yauricocha, se ha identificado de hasta seis etapas de mineralización espacial de minerales de mena.

**Tabla 6.** Zonificación mineralógica

Zona	Mineral de mena	Tipo de pirita	Tipo de indicador	Textura general
A	Enargita con covelina subsidiaria y bismutita	I – V especialmente V	Cuarzo IV, en menor cantidad cuarzo III	Masivo, friable
B	Enargita con tennantita subsidiaria, bismutita, covelina, calcosina, bornita, calcopirita y rara vez bornita naranja.	I – III y V	Cuarzo III – IV	Masivo, friable
C	Enargita, calcopirita, bornita, digenita, covelina, tennantita, calcosina, tetraedrita, idaita, menor cantidad bornita naranja y posteriormente esfalerita tardía.	I – III	Cuarzo III – IV	Masivo, friable
D	Calcopirita, tennantita, esfalerita, galena	I – II, algunas veces V	Cuarzo II – IV (menor cantidad sericita)	Friable
E	Galena, esfalerita, calcopirita (raro).	I	Cuarzo I – III, hematita, siderita, calcita, sericita	Friable y diseminado



F	Galena, esfalerita, polibasita	Cuarzo I – III, sericita, calcita	Diseminado
---	-----------------------------------	---	------------

Fuente: Minera Yauricocha, 2017.

Se ha señalado en el párrafo anterior que la covelina, calcopirita y bornita ocurren dentro de la enargita a lo largo de toda la mina, y que la covelina, digenita y calcosina de origen hidrotermal están invariablemente asociadas con la bornita. Este enriquecimiento de cobre junto con el aumento de los valores de bismuto y parte muestra una relación espacial con los cuerpos minerales, que es muy diferente de lo mostrado por los sulfuros de origen supergénico, Por lo tanto no solo este enriquecimiento en lo cuerpos minerales de cobre ocurren en toda la mina si o que en el caso de Pozo Rico, el enriquecimiento ocurre debajo de un techo impermeable de arcilla, sin una fuente de sulfuro conveniente para las soluciones de supérgenos, también se ha señalado que el rejalgarr y oropimente vean los sulfuros en los niveles superiores de la mina.

Se concluye que a medida que los cuerpos de los yacimientos se enfriaban, las emanaciones ricas en cobre, azufre y en menor medida, arsénico, bismuto y plata, continuaron aumentando su concentración. Estas emanaciones dieron como resultado una telescopificación de la zonificación para que los minerales a baja temperatura se rellenaran y remplazaran a los de temperatura más alta que se habían depositado anteriormente. Una ocurrencia muy similar de la digenita y covelina hipogénica tardía es descrita por Kelley (1935) en Cananea, México.

#### **4.10.3. Resultado de la zonificación**

Es probable que Ni, Co, Ti, V y Mn estén presentes como inclusiones fluidas en la estructura interna de la pirita, pero la presencia de Ga, Cu, Ag, Pb, Zn, Mo y Cu probablemente se deba a contaminación por diminuto inclusiones de estos minerales.



Es evidente que los elementos, traza en la pirita friable y dura; de los cuerpos principales de sulfuro, aparte de Ti y Mn, no muestran zonificación vertical o lateral favorable. Hay una sugerencia de que Ti y Mn pueden favorecer a la pirita blanda. La pirita dentro de la roca calcárea, lejos de las masas principales de sulfuro, es mucho más rica en Co, Ni, Ti y Mn. Esto bien puede ser parcialmente mineralizados debido a las impurezas de hematites titánicas, aunque las emanaciones responsables de la pirita también pueden haber extraído estos elementos de la roca calcárea.

#### **4.10.4. Paragénesis**

La mineralización presente en el yacimiento de metasomatismo de contacto Yauricocha está formada principalmente por pirita, cuarzo, enargita, calcopirita, bornita, covelina en el núcleo y parte central de los cuerpos; y masas sueltas de pirita friable, galena, esfalerita junto con algo de chalcopirita en una ganga de calizas, arcilla y cuarzo en la periferie. Asimismo la presencia de Au nativo se halla asociado a dichos sulfuros.

A los minerales calco-silicatados como; diópsido, hedembergita, actinolita, tremolita, clorita, wollastonita, granates verdes y calcita se les considera, como minerales principales en la zona de skarnización generados por diques y stock de granodiorita, tonalita en la zona de metasomatismo de contacto con rocas calcáreas de la roca de caja.

Primera fase, la pirita con cuarzo subsidiaria reemplazó a las calizas de la Formación Jumasha, y desarrolló estructuras de bandas paralelas a una de las dos direcciones de cizallamientos prominentes; es decir, este-oeste y noroeste -sureste. La pirita de este tipo formó brotes discontinuos dentro de las rocas calcáreas y más tarde se convirtió, en parte de núcleos de piritas duros en el cuerpo mineralizado. Después de este período de reemplazo, hubo una afluencia de emanaciones altamente ácidas, ricas en hierro, azufre y cuarzo. La caliza se eliminó más rápido, de lo que se reemplazó, y resultó





pirita y cuarzo friables. El cuarzo se rezagó detrás de la pirita y fue precedido por cerecita, formada en gran parte de feldespatos de potasio preexistentes y silicatos de calcio dentro de la caliza.

Segunda fase, Inmediatamente antes de la introducción de los sulfuros de cobre, plomo y zinc, hubo una afluencia de pirita que llenó cavidades y aberturas en la pirita con bandas y, en menor medida, la pirita desimanada. Esto fue seguido de cerca por el cuarzo que reemplazó parcial o completamente los tipos anteriores de pirita. Sucesivos al cuarzo fueron los sulfuros de plomo-zinc-cobre, acompañados por cuarzo y pirita menores, particularmente en hileras dentro de los centros del cuerpo de mineral.

En la tercera y última etapa de mineralización, covelina, digenita, idaita, calcopirita y esfalerita reemplazaron parcialmente a los minerales ricos en bornita. Bornita, calcopirita, covelina y micro partículas relleno de digenita menor dentro de la enargita. También se formaron vetillas menores de rejalgar y oropimente en los sulfuros de los niveles superiores de la mina. Los minerales que constituyen esta tercera fase se depositaron a temperaturas más bajas y se derivaron de emanaciones de etapa tardía ricas en cobre y azufre, algunas de las cuales pudieron haberse lixiviado a partir de sulfuros a profundidad.

**Tabla 7.** Secuencia paragenética de los minerales

Minerales /eventos	Primera fase	Segunda fase	Tercera fase
Pirita	-----	-----	-----
Cuarzo	-----	-----	-----
Diópsido	-----	-----	-----
Sericita	-----	-----	-----
Marcasita	-----	-----	-----
Hematita	-----	-----	-----
Calcita	-----	-----	-----
Siderita	-----	-----	-----
Baritina	-----	-----	-----
Esfalerita	-----	-----	-----
Galena	-----	-----	-----
Luzonita	-----	-----	-----
Enargita	-----	-----	-----
Polibasita	-----	-----	-----
Tetraedrita	-----	-----	-----
Tennantita	-----	-----	-----
Oro (electrum)	-----	-----	-----
Bismutita	-----	-----	-----
Fluorita	-----	-----	-----
Calcopirita	-----	-----	-----
Bornita	-----	-----	-----
Bornita naranja	-----	-----	-----
Covelina	-----	-----	-----
Calcosina	-----	-----	-----
Diginita	-----	-----	-----
Idaita	-----	-----	-----
Rejalgar	-----	-----	-----
Oropimente	-----	-----	-----
Malaquita	-----	-----	-----
Azurita	-----	-----	-----
Brocantita	-----	-----	-----

Fuente: Elaboración propia. Secuencia paragenética de los principales minerales en el yacimiento tipo skarn.

La secuencia paragenética del yacimiento por lo general se caracteriza por; pirita, pirrotina, calcopirita, covelina, calcosina, esfalerita, galena; en las, que los sulfuros de hierro, son que primeramente relleno en la zona de skarnización en forma diseminada. Como minerales enriquecidos son pirrotina, esfalerita, galena, magnetita, presencia de óxidos de cobre y sulfosales de plata. En la primera fase de mineralización se observan una fina diseminación de oro nativo y electrum, en calcopirita; generalmente se observa en el cuerpo Mascota. La esfalerita de la segunda etapa, se observa incluida en pirita y la galena relleno los espacios intergranulares, asociados a la magnetita, hematita y óxidos de hierro. También se observaron partículas de esfalerita con exsoluciones de galena y calcopirita del tipo emulsión, lo que indica que estos dos últimos minerales



precipitaron contemporánea o ligeramente después de la esfalerita de la segunda etapa, que se puede observar en los niveles 1,120 del cuerpo Mascota.

La presencia de agregados de cuarzo y pirita sueltos y friable formando los cuerpos mineralizados, con sulfuros y carbonatos de cobre, en la zona de lixiviación; se debe a que las soluciones mineralizantes disolvieron a la caliza más rápido a lo largo de las fracturas y juntas. Las brechas de caliza y las de intrusivo producidas por las soluciones que digirieron a la roca, muestran una orientación paralela con los contactos de los cuerpos mineralizados.



## V. CONCLUSIONES

Los cuerpos Mascota Oeste, Mascota Oeste Intermedio y Mascota Noroeste, son nuevos yacimientos de metasomatismo de contacto emplazados en calizas de la Formación Jumasha, en área de la Mina Central, se ubican al oeste de la Falla Yauricocha y del núcleo de la mina en zoneamiento de Ag-Pb-Zn. Por características semejantes al Cuerpo Mascota, estos yacimientos tienen indicadores que dan muestra para constituir depósitos minerales. Se considera al intrusivo diorítico, responsable de la mineralización en el yacimiento.

La mineralización continúa por debajo del nivel 1,120, óxidos de Cu, Ag, Pb; la ley de cobre aumenta a partir del nivel 1070 de 6% a 3% actualmente en sulfuros de cobre. La mineralización de estos cuerpos está constituida principalmente por pirita, enargita, calcopirita en el núcleo central y esfalerita, galena en los bordes. También se presentan cuerpos pequeños con mineralización masiva de esfalerita y galena. Así también existen cuerpos de óxidos de alta ley en Plata y plomo.

Del cuerpo Mascota Oeste Intermedio han obtenido concentrado con 54.77 % de Pb y 221.98 gr/TM de Ag, del cuerpo Mascota Noroeste concentrado con 38.70 % de Pb y 726.58 gr/TM de Ag, y de la mezcla de los dos cuerpos concentrado de 37.86 % de Pb y 445.28 gr/TM de Ag. Como son de muestras de superficie de zona oxidada y lixiviada, son resultados interesantes.

En profundidad continua la mineralización de cobre, plata, plomo, asociados a zinc y ocurrencias de oro, asociados en sulfuros de cobre.



## VI. RECOMENDACIONES

Se debe realizarle, investigaciones más detalladas, sobre la ocurrencia de mineralización en zonas de lixiviación de cobre en zonas profundas como en el caso del cuerpo Mascota de la Unidad Minera Yauricocha.

Se recomienda investigar la presencia de la mineralización aurífera en las zonas de lixiviación de minerales de cobre.

Se recomienda realizar pruebas de laboratorio con microscopio electrónico de barridos e inclusiones fluidas, para determinar su temperatura real de formación del yacimiento.



## VII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Benavides, V. (1956). *Cretaceous System in Northern Peru*. American Mus. Nat. Hist. Bull., Nueva York, 108: 352- 494.
- Bisa (1984). *Estudio Geológico y Desarrollo de un Programa de Exploraciones en la Mina Pucarrajo*. Reporte Interno, 87p (14 lam. 16 planos).
- Bonomi, G. F. (1975). *Pucarrajo*. Reporte Interno, Cia Minera Huanzalá S. A. 8p.
- Boyer, S. E. y Elliot, D. (19829). *Thrust System American Association of Petroleum Geologist Bulletin*, 66: 1196-1230.
- Carrascal, R., Sáez, J. y Soler, P. (1982). *El Yacimiento Estrato ligado (Pb, Zn, Cu, Ag) de Yauricocha (Lima, Perú Central): Discusión Genética*. Bol. Soc. Geol. Perú. 71: 1- 15.
- Cobbing, J., Sánchez, A., Martínez, W. y Zárate, H. (1996). *Geología de los cuadrángulos de Huaraz, Recuay, La Unión, Chiquian y Yanahuanca*. Bol. Carta Geológica Nac. Serie A, INGEMMET, N° 76, 300p.
- Coney, P. (1971). *Structural Evolution of the Cordillera Huayhuash, Andes of Peru*. Geol. Soc. Am. Bull. 82: 1863-1884.
- Dahlstrom, C. D. A. (1969). *Balanced Cros Sections. Canadian Journal of Earth Sciences*; 6: 743-757.
- Fernández, C. J. (1972). *Estudio Geológico de la zona de Pucarrajo Provincia de Huari Departamento de Ancash, Republica de Perú*. Reporte Interno Cia Minera Huazalá S.A. 10p.



- Jaillard, E. (1990). *Evolucion de la margen Andina en el Norte del Perú Desde el Aptiano Superior Hasta el Senoniano*. Bol. Soc. Geol. Perú; 81: 3-13.
- Maksaev, V. (2003). *Monografía del curso de metalogénesis, depósitos de tipo skarn*.
- Megard, F. (1978). *Estude Géologique de Andes du Pérou Central Memoire ORSTOM*. N°86, Paris, 310p.
- Megard, F. (1974). *The Andean Orogenic Period and its Major Structures in Central and Northern Peru*. J. Geol. London; 141: 893-900.
- Mc Laughlin, D. C. (1924). *Geology and Physioghaphy of the Peruvian Cordillera, Departments of Junín and Lima*. Geol. Soc. Am Bull; 35: 591-632.
- Poblet, J. y Mc Clay, K. (1996). *Geometry and Kinematics of Single-Layer Detachment Folds*. Am. Ass. Petrol. Bull; 80(7): 1085-1109.
- Rojas, M. C. (2002). *Manual de investigación y redacción científica*. Book Xxpress.
- Sánchez, A. (2006). *Informe geológico, Formación Jumasha. Estratigrafía entre, Farallón y Puyhuancocha*. Informe interno para Cia. Minera Raura S.A., 30 p.
- Stappenbeck, R. (1929). *Geologie des Chicamatales in Nord Peru und Seiner Anthracitlagerstätten*; N. Jb. Geol. Pal., Stuttgart, Abh., 16 h-4: 305-355.
- Steinmman, G. (1929). *Geologie von Peru*. Kart Winter ed., Heidelberg, 448p.
- Tumialan, P. (2003). *Compendio de yacimientos minerales del Perú*. INGEMMET – Perú.
- Tsuchiya, Y., Toledo, M., Mendoza, D. y Soto, R. (1983). *Geología del Yacimiento Minero de Huanzalá*. Bol. Soc. Geol. Perú; 71: 17-40.



Villares, F. (2008). *Depósitos de tipo skarn*, monografía recopilada, 31 p.

Wilson, J. J. (1963). Cretaceous Stratigraphy of Central Andes of Peru. *Am Ass Petrol. Geol. Bull*; 47: 1-34.

Wilson, J. J., Reyes, L. y Garayar, J. (1967). *Geología de los Cuadrángulos de Mollebambaba, Tayabamba, Huaylas, Pomabamba, Carhuaz, y Huari*. Bol. Serv. Geol. Min., Serie A: Carta Geol. Nac. N°16, 95p. ( ew).

Woddward, N. B., Boyer, S. E. y Suppe, J. (1989). Balanced Geological Cross-Sections. *American. Geophysical Union. Short Course in Geology*. 6, 132p.

Zarayskiy *et al.* (1987). *Depósitos de skarn*. Editorial MIR – Moscú

## WEB GRAFÍA

[www.monografias.com/.../Yacimientos-metasomaticos-de-contacto-F3TD8PYB](http://www.monografias.com/.../Yacimientos-metasomaticos-de-contacto-F3TD8PYB)

[www.researchgate.net/.../273426861\\_Metasomatismo\\_de\\_Contacto](http://www.researchgate.net/.../273426861_Metasomatismo_de_Contacto).

[html.rincondelvago.com](http://html.rincondelvago.com) › Apuntes › Universitarios › Geología › Geología Aplicada.

[www.andeangeology.cl/index.php/revista1/article/viewFile/V22n1-a04/1727](http://www.andeangeology.cl/index.php/revista1/article/viewFile/V22n1-a04/1727).

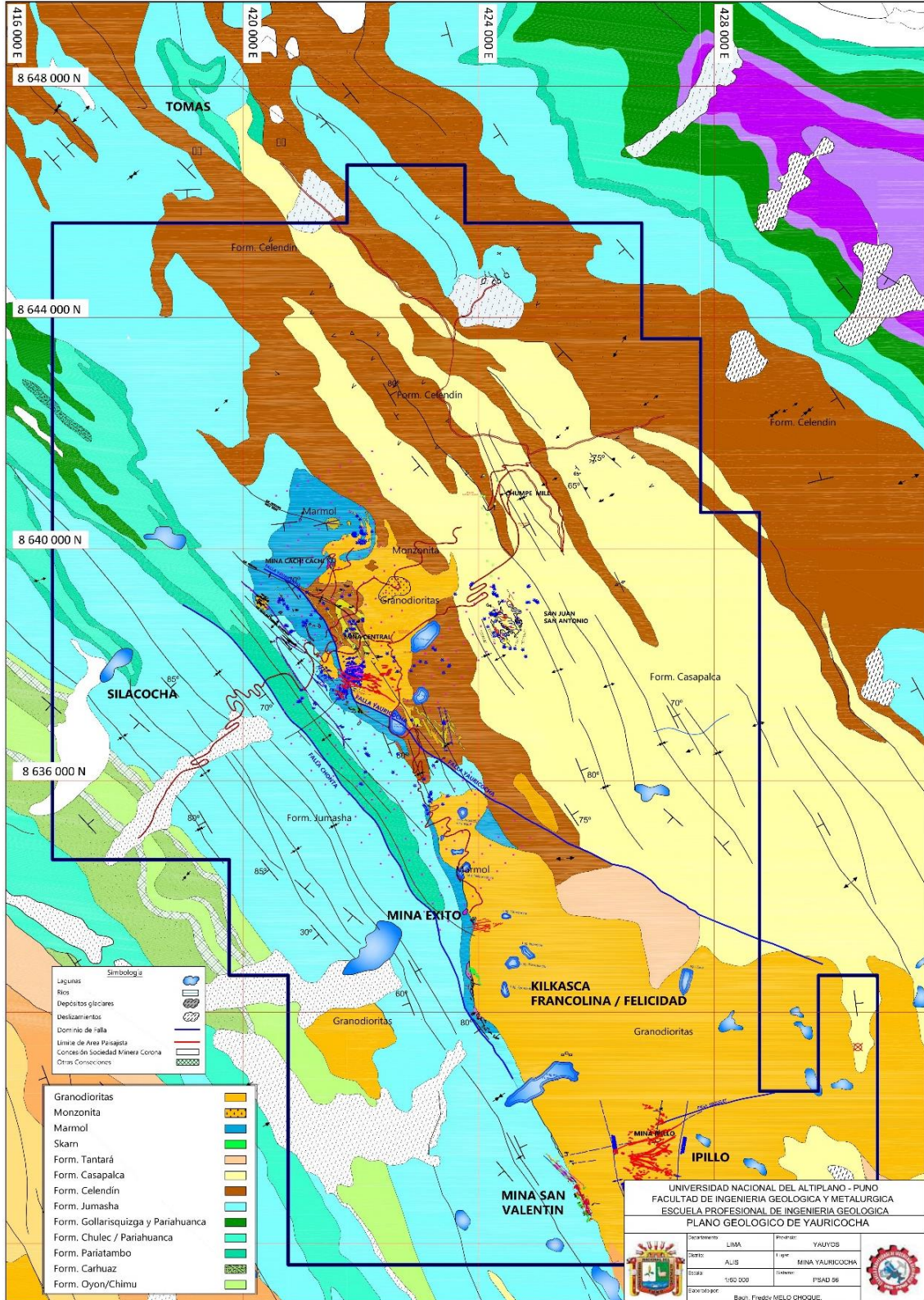




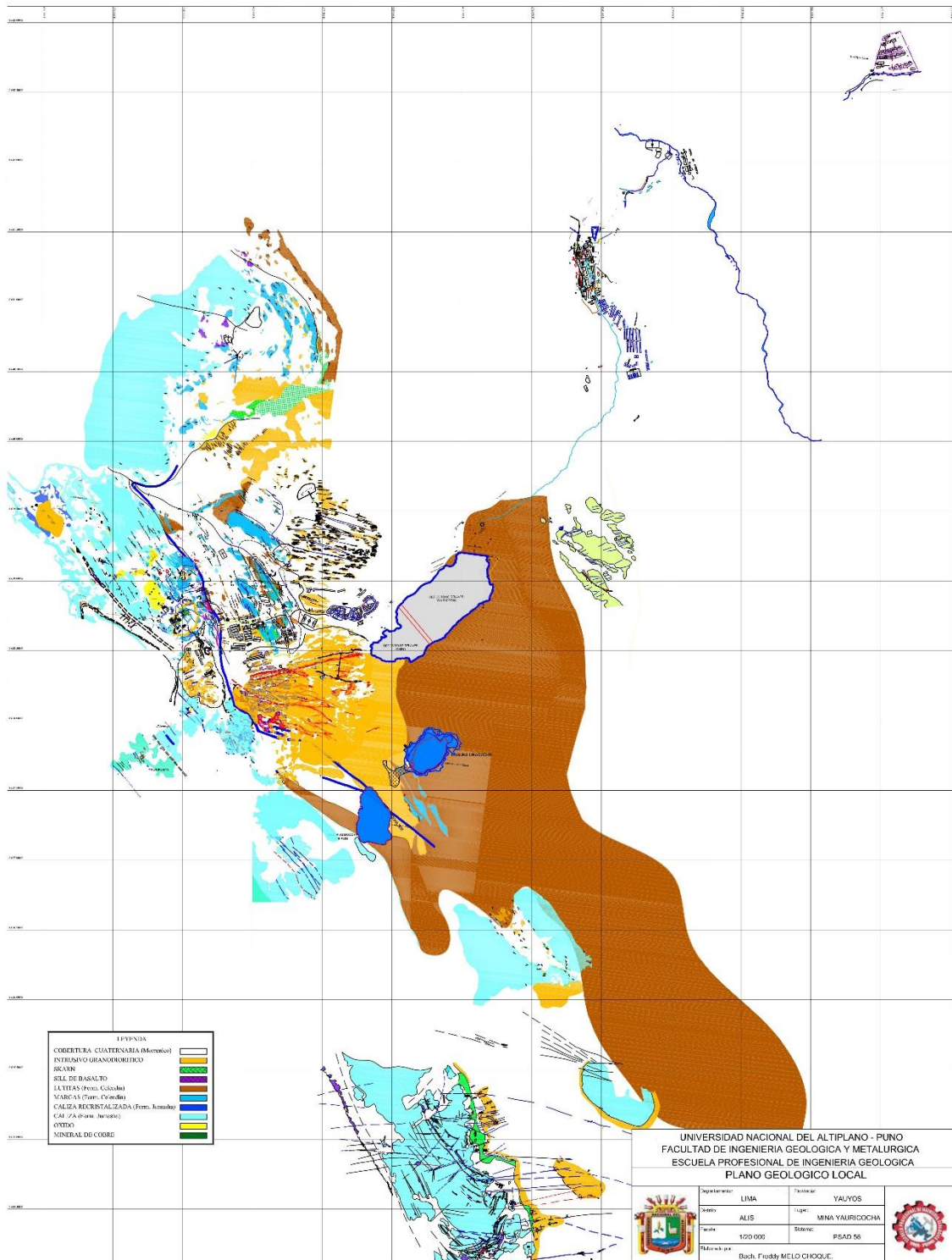
## ANEXOS

Mapas y secciones geológicas

Mapa geológico regional de la Unidad Minera Yauricocha

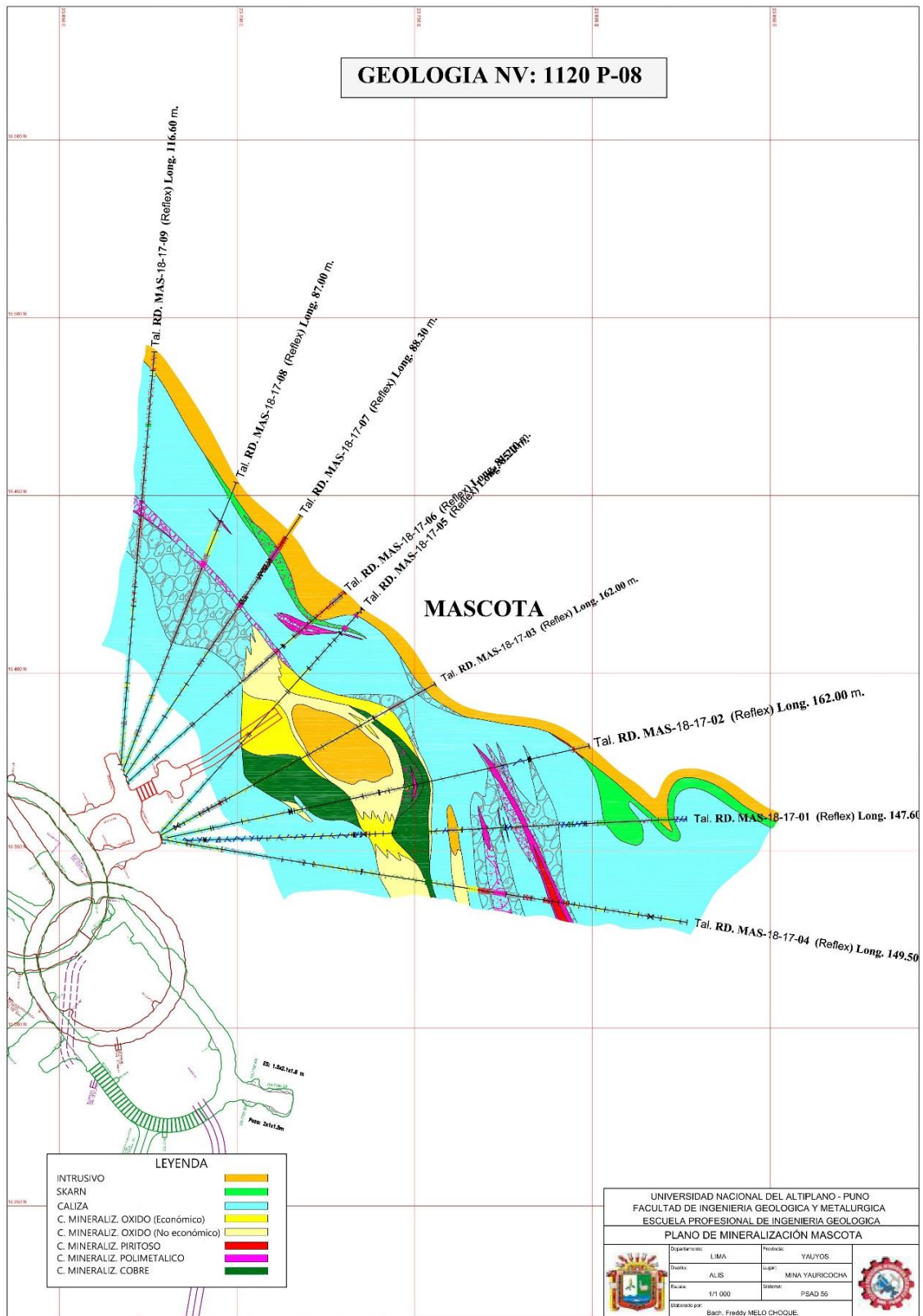


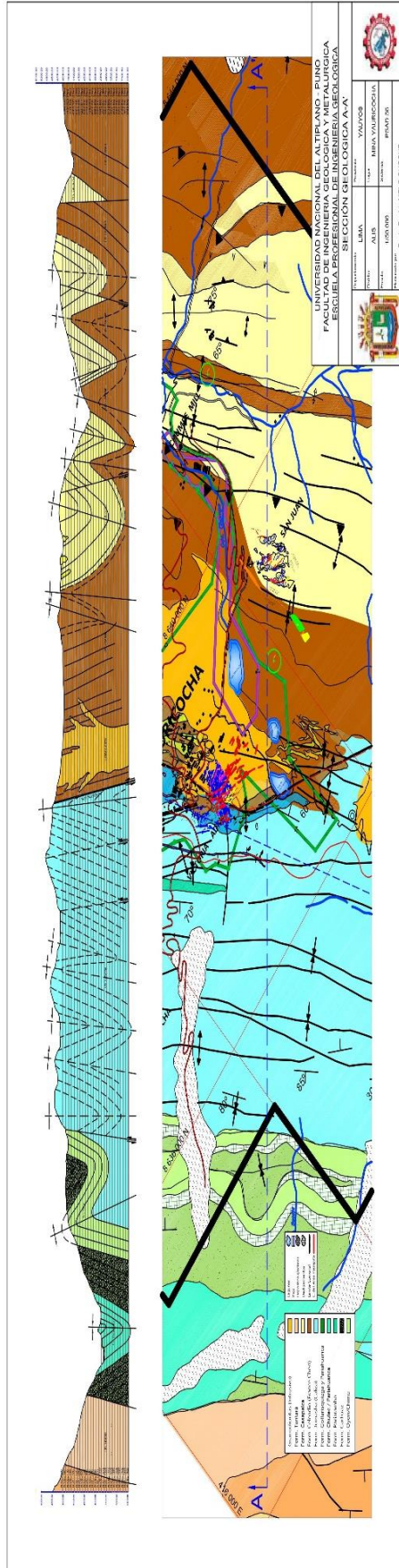
## Mapa geológico local de la Unidad Minera Yauricocha



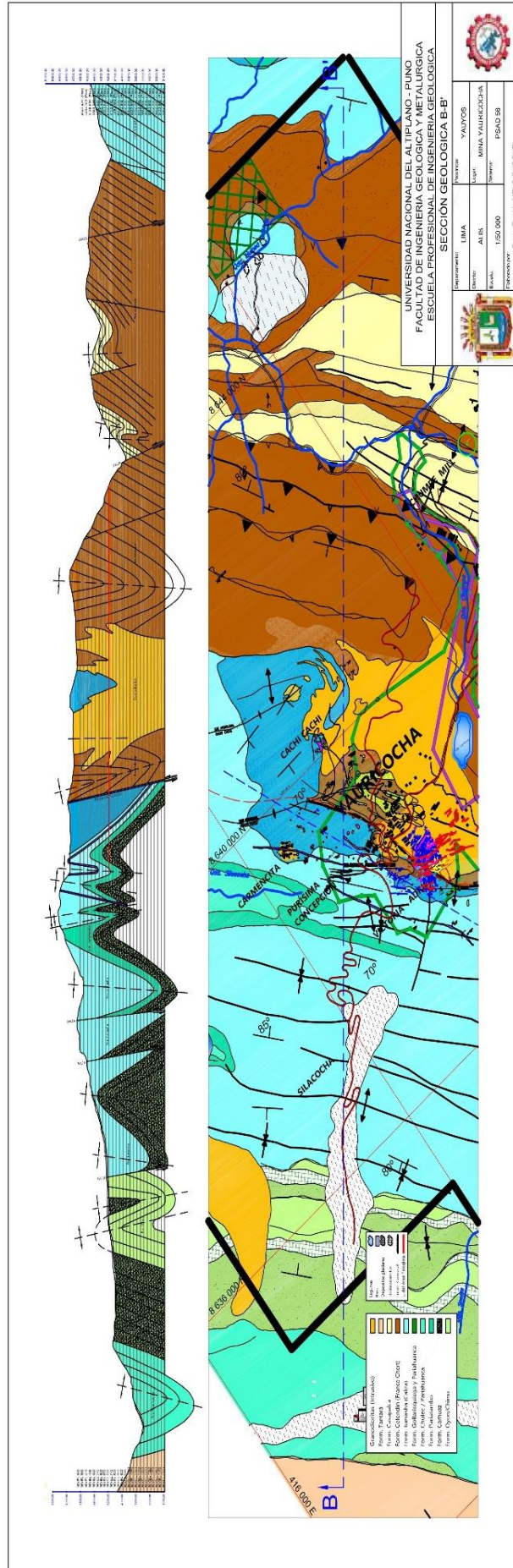


## Mapa de mineralización del cuerpo Mascota de la Unidad Minera Yauricocha

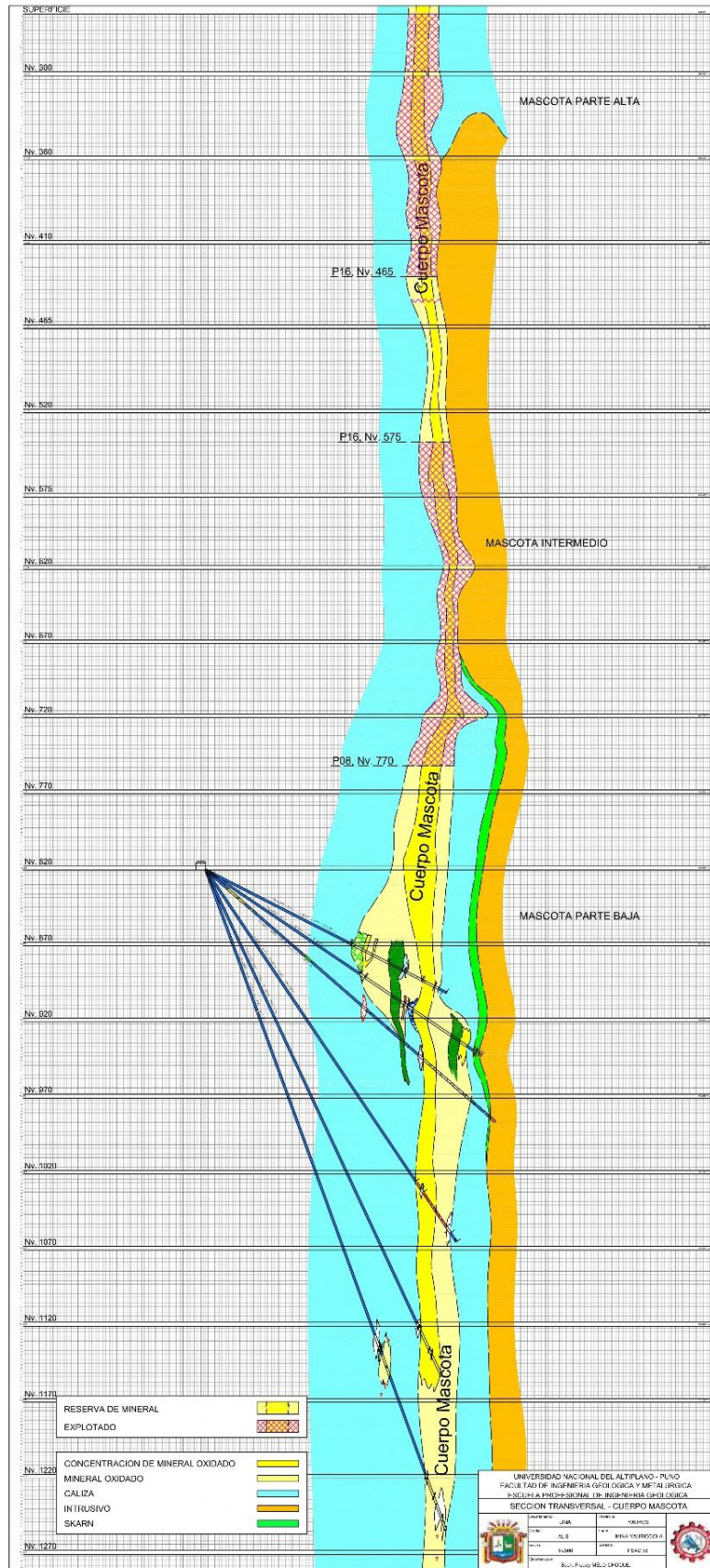




Sección geológica A – A'



Sección geológica B – B



Sección Minado Cuerpo Mascota