

UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO

FACULTAD DE INGENIERIA GEOLÓGICA Y METALÚRGICA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA GEOLÓGICA



***“EVALUACIÓN GEOLÓGICA MEDIANTE SONDAJES
DIAMANTINOS DEL SKARN DE TINYAG - MINA
ISCAYCRUZ”***

TESIS

Presentado por el Bachiller:

RONALD WILSON ZAPANA QUISPE

Para optar el Título Profesional de:

INGENIERO GEÓLOGO

Puno - Perú

2013

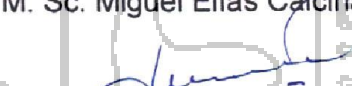
UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO
FACULTAD DE INGENIERÍA GEOLÓGICA Y METALÚRGICA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA GEOLÓGICA
**“EVALUACIÓN GEOLÓGICA MEDIANTE SONDAJES
DIAMANTINOS DEL SKARN DE TINYAG - MINA
ISCAYCRUZ”**


Tesis presentada por el:
Bach. RONALD WILSON ZAPANA QUISPE

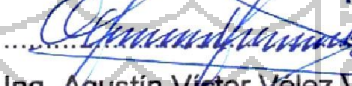
Para optar el Título Profesional de:
INGENIERO GEÓLOGO

Aprobado por el jurado conformado por:

PRESIDENTE : 
M. Sc. Miguel Elías Calcina Benique

PRIMER MIEMBRO : 
Ing. Luis Vicente Ortiz Gallegos

SEGUNDO MIEMBRO : 
Ing. Agustín Víctor Vélez Vilca

ASESOR DE TESIS : 
Ing. Roberto Zegarra Ponce

Puno – Perú

2013

ÁREA: Recursos naturales y medio ambiente

TEMA: Prospección y evaluación de los yacimientos polimetálicos

DEDICATORIA



A mi familia por el apoyo incondicional y su impulso que me dieron, para poder lograr y concretar mis metas.

AGRADECIMIENTO

Mi reconocimiento y gratitud:

A la Universidad Nacional del Altiplano – Puno, Facultad de Ingeniería Geológica y Metalúrgica, Escuela Profesional de Ingeniería Geológica; por haberme cobijado en sus claustros y permitir mi formación Profesional. En especial a los docentes de la Escuela Profesional de Ingeniería Geológica de quienes recibí la formación académica, la cual está dando resultados en mi desarrollo profesional.

A mis padres Daniel Zapana Quispe y Agustina Quispe Limache, por darme su apoyo constante y aliento moral en los momentos más difíciles en este largo trayecto, que han sido muy importantes para llegar hasta donde estoy.

A mi asesor de tesis Ing. Roberto Zegarra Ponce, por las valiosas orientaciones y apoyo profesional brindadas para la realización del presente trabajo,

A la Empresa Minera Los Quenuales S.A. U.M. Iscaycruz, por haber permitido desempeñarme como profesional en el área de exploraciones geológicas y en interior Mina.

En especial mi reconocimiento al Dr. Abraham Escalante por haber compartido sus enseñanzas y así entender la geología del yacimiento y las características de los depósitos tipo Skarn, y al Ing. Walter Toledo por la orientación y formación profesional en el área de Geología de Minas y además quienes de una u otra manera me apoyaron en el desarrollo del proyecto de investigación y así poder optar el Título Profesional de Ingeniero Geólogo.

Expreso mi reconocimiento a todas las personas que de una manera u otra han colaborado en la realización de esta tesis, a todas mis gratitudes.

ÍNDICE

DEDICATORIA	
AGRADECIMIENTO	
RESUMEN	1
CAPITULO I: ASPECTOS GENERALES	
1.1. INTRODUCCIÓN	3
1.2. ANTECEDENTES	4
1.3. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	5
1.3.1. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA	7
1.4. JUSTIFICACIÓN	7
1.5. HIPÓTESIS	7
1.6. OBJETIVOS	8
1.6.1. OBJETIVO GENERAL	8
1.6.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS	8
1.7. METODOLOGÍA	8
a) Recopilación de información	8
b) Trabajo de campo	9
c) Trabajo de Gabinete y/o Laboratorio	9
d) Redacción del informe final	10
CAPITULO II: MARCO TEORICO CONCEPTUAL	
2.1. GEOMORFOLOGÍA REGIONAL	11
2.2. GEOLOGÍA REGIONAL	12
2.2.1. MESOZOICO	13
2.2.1.1. Formación Oyón	13
2.2.1.2. Formación Chimu	14
2.2.1.3. Formación Santa	14
2.2.1.4. Formación Carhuaz	15
2.2.1.5. Formación Farrat	16
2.2.1.6. Formación Pariahuanca	17
2.2.1.7. Formación Chulec	17
2.2.1.8. Formación Pariatambo	18
2.2.1.9. Formación Jumasha	18
2.2.2. ROCAS INTRUSIVAS	20
2.2.3. DEPÓSITOS CUATERNARIOS	21
2.2.3.1. Depósitos Morrénicos	21
2.2.3.2. Depósitos fluvioglaciares	21
2.2.3.3. Depósitos Aluviales	22
2.3. GEOLOGÍA ESTRUCTURAL REGIONAL	22
2.4. PROSPECCIÓN Y EXPLORACIÓN	24
2.5. GEOLOGÍA DE MINAS	25
2.6. PROCESOS RELACIONADOS AL MAGMATISMO	25
2.6.1. ACTIVIDAD MAGMÁTICA	25

2.6.2.	FLUIDOS HIDROTERMALES	27
2.6.3.	FLUIDOS MINERALIZANTES	27
2.6.4.	ORIGEN DE LOS YACIMIENTOS MINERALES	28
2.6.5.	MINERALIZACIÓN METÁLICA	29
2.7.	ALTERACIONES HIDROTERMALES	30
2.7.1.	FACTORES QUE CONTROLAN A LA ALTERACIÓN HIDROTERMAL DE LAS ROCAS	33
2.7.2.	TIPOS DE ALTERACIONES HIDROTERMALES	34
a)	Alteración potásica	34
b)	Alteración propilítica	34
c)	Alteración fílica	34
d)	Alteración argílica	35
e)	Alteración argílica avanzada	35
f)	Silicificación	35
g)	Cloritización	35
h)	Dolomitización	36
i)	Alteración de Skarn	36
2.8.	PARAGÉNESIS Y ZONEAMIENTO	37
2.8.1.	SÉCUENCIA PARAGENÉTICA O PARAGÉNESIS	37
2.8.2.	ZONEAMIENTO	39
2.9.	SKARN	40
2.9.1.	METASOMATISMO DE INFILTRACION	42
2.9.2.	METASOMATISMO DE DIFUSION	42
2.10.	SKARNOIDE	43
2.11.	ROCAS CORNEAS-HORNFELS	43
2.12.	SONDAJE DIAMANTINO	43
2.13.	LOGUEO GEOLÓGICO DE SONDAJES DIAMANTINOS	47
2.14.	MUESTREO DE SONDAJES DIAMANTINOS	47
CAPITULO III: CARACTERIZACIÓN DEL ÁREA DE INVESTIGACIÓN		
3.1.	UBICACIÓN Y EXTENSIÓN DEL ÁREA	49
3.2.	ACCESIBILIDAD	49
3.3.	CLIMA Y VEGETACIÓN	50
3.3.1.	CLIMA	50
3.3.2.	VEGETACIÓN	51
3.4.	GEOMORFOLOGÍA LOCAL	51
3.5.	GEOLOGÍA LOCAL DEL YACIMIENTO	52
3.5.1.	FORMACIÓN CHIMÚ	54
3.5.2.	FORMACIÓN SANTA	54
3.5.3.	FORMACIÓN CARHUAZ	55
3.5.4.	ROCAS INTRUSIVAS	56
3.5.5.	DEPÓSITOS CUATERNARIOS	56
3.6.	GEOLOGÍA ESTRUCTURAL LOCAL	57
3.6.1.	FALLA BOCAMINA SUR	58
3.7.	EXPLORACIÓN	59
3.8.	SONDAJES DIAMANTINOS	60

3.8.1. DESCRIPCIÓN DEL TRABAJO DE SONDAJES DIAMANTINOS	61
--	----

4. CAPITULO IV: ANALISIS E INTERPRETACION DE RESULTADOS

4.1. MINERALIZACIÓN DEL YACIMIENTO	64
4.1.1. MINERALOGÍA	65
4.1.1.1. Minerales de Mena	65
4.1.1.2. Minerales de Ganga	66
4.1.1.3. Minerales de Alteración	69
4.2. GEOLOGÍA ECONÓMICA	73
4.3. CONTROLES DE MIERALIZACIÓN	73
4.4. ALTERACIONES HIDROTERMALES DEL YACIMIENTO	73
4.4.1. OXIDACIÓN	74
4.4.2. ALTERACIÓN ARGÍLICA AVANZADA	75
4.4.3. ALTERACIÓN FÍLICA	75
4.4.4. CLORITIZACIÓN	75
4.4.5. SILICIFICACIÓN	76
4.4.6. ALTERACIÓN DE SKARN	76
4.4.7. ALTERACIÓN PROGRADA	77
4.4.8. ALTERACIÓN RETROGRADA	77
4.4.9. ROCAS CORNEAS-HORNFELS	78
4.5. RESUMEN GEOLÓGICO DE SONDAJES DIAMANTINOS	78
4.6. PARAGÉNESIS DEL YACIMIENTO	87
4.7. ZONEAMIENTO DEL YACIMIENTO	89
4.8. POTENCIAL DEL YACIMIENTO	90
4.9. MODELO GEOLÓGICO DEL YACIMIENTO	90
CONCLUSIONES	92
RECOMENDACIONES	94
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	95
ANEXOS:	99
A. PANEL FOTOGRÁFICO	
B. PLANOS Y SECCIONES	

ABREVIATURAS

TIPO DE ROCA

ss	Arenisca
ssca	Arenisca calcárea
sssh	Arenisca intercalada con lutita
ssmarl	Arenisca intercalada con marga
lst	Caliza
lstsh	Caliza intercalada con lutita
lstdol	Caliza dolomitizada
cob	Cobertura
qzt	Cuarcita
q	Cuaternario
hfs	Hornfels
sts	Limolita
sh	Lutita
shbtm	Lutita bituminosa
marl	Marga
terr	Material terroso
mar	Mármol

TIPO DE TEXTURA

band	Bandeado
styl	Estilolitos
strat	Estratificación
st	Estrías
fa	Falla
fract	Fractura

OCURRENCIAS DE MINERAL

band	Bandeado
bw	Boxwork
costras	Costras
xx	Cristales
diss	Diseminado
fract	Fracturas
mass	Masivo
stringer	Stringer

INTENSIDAD DE MINERALIZACION

Traza	TRZ (< 1%)
Débil	D (1% _5%)
Débil_Moderado	D_M (5% _ 10%)

Moderado	M (10% _ 15%)
Moderado a intenso	M_I (15% _ 30%)
Intenso	I (> 30%)

TIPOS DE MINERALES

ca	Calcita
cpy	Calcopirita
sph	Esfalerita
esp	Especularita
goe	Goetita
hm	Hematita
lm	Limonita
mal	Malaquita
mm	Marmatita
mt	Magnetita
po	Pirrotita
py	Pirita
qz	Cuarzo

MINERALES DE ALTERACION

kao	Caolinita
clo	Clorita
dck	Dickita
dol	Dolomita
ep	Epidota
gnt	Granate
hm	Hematita
iva	Ilvaita
ill	Illita
mt	Magnetita
gy	Yeso

MINERALES DE ALTERACION

AA	Argílica avanzada
Cltz	Cloritización
Dolz	Dolomitización
Oxid	Oxidación
Sil	Silicificación

LISTADO DE FIGURAS

Figura 01:	Esquema generalizado de zoneamiento de alteración y mineralización, Mina Tinyag.....	40
Figura 02:	Depósitos de tipo SKARN generalizado.....	42
Figura 03:	Mapa de ubicación del Yacimiento Iscaycruz.....	50
Figura 04:	Malla de perforación de sondajes diamantinos, Mina Tinyag.....	60

LISTADO DE FOTOGRAFIAS

Fotografía 01:	Falla Bocamina.....	58
Fotografía 02:	Falla que corta transversalmente a los estratos de la Fm. Chimú.....	59
Fotografía 03:	Equipo de perforación diamantina, perforando en el proyecto....	62
Fotografía 04:	Zona de óxidos de hierro.....	74
Fotografía 05:	Sala de logueo geológico de sondajes.....	78

LISTADO DE CUADROS

Cuadro 01:	Coordenadas U.T.M PSAD-56.....	49
Cuadro 02:	Vías de acceso.....	50
Cuadro 03:	Resumen de datos de perforación del proyecto Tinyag III.....	63
Cuadro 04:	Paragénesis del skarn de Tinyag III.....	89

LISTADO DE LÁMINAS

- Lámina 01: Plano de ubicación y accesibilidad.
- Lámina 02: Plano geológico-estructural regional.
- Lámina 03. Columna estratigráfica regional.
- Lámina 04. Sección geológica-estructural transversal regional.
- Lámina 05. Sección geológica longitudinal y transversal regional.
- Lámina 06. Sección transversal 6670.
- Lámina 07. Sección transversales 6840.
- Lámina 08. Plano geológico local, Nv. 4350.
- Lámina 09. Plano geológico local, Nv. 4430.
- Lámina 10. Sondaje TINF-11-01.
- Lámina 11. Sondaje TINF-11-04.
- Lámina 12. Sondaje TINF-11-12.
- Lámina 13. Sondaje, TINF-12-01.
- Lámina 14. Sondaje, TINF-6940-10-01.
- Lámina 15. Sondaje, TYIII-13-01.
- Lámina 16. Sondaje, TYIII-13-02.
- Lámina 17. Sondaje, TINF-11-13.

RESUMEN

La mineralización de Tinyag III se encuentra dentro del yacimiento polimetálico de Iscaycruz la cual está situado en el distrito de Pachangara, provincia de Oyón, al norte del departamento de Lima, en las cabeceras del río de Huaura a una altitud de 4585n.s.n.m.

El cuerpo mineralizado de Tinyag III corresponde a la continuidad del cuerpo mineralizado de Limpe Centro comprobado por la perforación diamantina de 49 taladros diamantinos.

Tinyag III es un yacimiento de tipo Skarn de Zn-Cu, la mineralización se encuentra reemplazada en la formación Santa, el depósito consiste de esfalerita, calcopirita, que tienen ocurrencia diseminada, en parches y a manera de esporádicas venillas. El Skarn se presenta definida, básicamente por los anfíboles actinolita, tremolita, granate zoneado y minerales accesorios, clorita y epidota. Mientras que la fase retrógrada del skarn está representada por clorita, epidota y actinolita, que normalmente se dan en el exoskarn, por tanto es un skarn distal al intrusivo.

El objetivo principal del presente trabajo es determinar a través de los sondeos diamantinos la mineralización, alteración y encontrar la roca intrusiva que dio origen a la mineralización de Tinyag III – mina Iscaycruz.

En la etapa de campo se realizaron las perforaciones diamantinas con su respectivo logeo y muestreo de testigos correspondientes.

La etapa de gabinete consistió en el procesamiento de datos, interpretación de los datos obtenidos en campo con ayuda de diversos programas de computación.

La mina Iscaycruz se encuentra localizado en una cuenca sedimentaria cretácica que ha sufrido una intensa deformación estructural. Las rocas sedimentarias han sido sometidas a fuertes movimientos estructurales como consecuencia de la orogénesis andina, formando pliegues de rumbo NNO-SSE. Los anticlinales y sinclinales se presentan con intervalos aproximadamente de 2 a 3 kms.

Su estratigrafía está compuesta por formaciones sedimentarias del Cretácico inferior a superior que afloran en la región y son de la más antigua a la más reciente, formación Oyón (compuesta por lutita bituminosa), Chimú (cuarcita), Santa (caliza), Carhuaz (arenisca y lutita), Farrat (cuarcita), Pariahuanca, Chúlec, Pariatambo y Jumasha (caliza).

Los 49 sondajes diamantinos realizados se basaron en estudios geológicos superficiales y trabajos en interior mina de labores vecinas para encontrar la roca intrusiva que dio origen a la mineralización y zoneamiento, pero no se halló el intrusivo y se dan a conocer la descripción de ocho sondajes profundos y representativos con una longitud promedio de 500m. Ello nos sirvió para la evaluación geológica del depósito Tinyag III.

Las alteraciones hidrotermales más notables e importantes en el yacimiento consisten en, alteración argílica avanzada, filítica, cloritización, silicificación, alteración de skarn, alteración prógrada, alteración retrógrada y rocas córneas-hornfels y una alteración supergena de tipo oxidación rellenada en las fracturas de la Cuarcita, Fm. Chimú.

La secuencia paragenética generalizada en este yacimiento consiste en: Calcita hidrotermal, magnetita, hematita, cuarzo, pirita, esfalerita-calcopirita, sulfuros de Zn y Cu y por último minerales de alteración (limonita, clorita, etc.).

El zoneamiento del yacimiento Tinyag III consiste en que los minerales de mayor temperatura correspondientes al primer ciclo de mineralización están compuestos por cuarzo, pirita, esfalerita, y en menores proporciones de calcopirita; luego hay una zona de mediana temperatura, correspondiente al segundo ciclo de mineralización o zona media, estos minerales incluyen o traslapan a los del primer ciclo y originan asociaciones de zinc y cobre, cuyo mineral característico es la esfalerita y calcopirita respectivamente. Hay un tercer ciclo de mineralización de baja temperatura, que conforman la parte exterior y consisten en minerales de carbonatos y óxidos.

CAPÍTULO I

ASPECTOS GENERALES

1.1. INTRODUCCIÓN

Numerosos afloramientos oxidados y depósitos de metales base están hospedados en secuencias sedimentarias carbonatadas y siliciclásticas del Cretácico Inferior en el Centro del Perú. Algunos de estos depósitos son importantes productores de Zn y en menor porcentaje de Pb, destacando los depósitos de Huanzalá, Pallca e Iscaycruz. El estilo de estos depósitos varía desde skarns a depósitos de reemplazamiento en rocas carbonatadas. Tinyag III como parte del distrito minero de Iscaycruz es importante entre estos depósitos porque forma un distrito minero singular, que incluye varios estilos de mineralización; los cuales forman depósitos pequeños y medianos en una extensión de 12 km de largo.

Los primeros trabajos exploratorios en Iscaycruz fueron realizados en los años 1950 por la Cerro de Pasco Copper Corporation, luego se desarrollaron una serie de trabajos exploratorios, descubriendo una importante zona mineralizada en Iscaycruz.

En la década de 1990 se intensificaron los trabajos de exploración, determinándose la importancia de Iscaycruz por sus valores de Zn que superaban en algunas áreas valores mayores a 18% y Pb valores mayores a 2.6%, instalándose una planta concentradora de 400 TM/día.

En el 2010 se inició un nuevo estudio del distrito minero para mejorar la información existente, resultados de este nuevo estudio son usados para ubicar nuevos blancos de exploración así como en la toma de decisiones a escala local y regional. Dos campañas de trabajos geológicos y de muestreo fueron realizados en el 2010. Este informe utiliza el resultado de estos estudios y discute los principales aspectos geológicos, mineralógicos y de alteración del Distrito Minero Iscaycruz, principalmente de la mina Tinyag III y proporciona una evaluación del estilo de la mineralización.

Adicionalmente, se obtuvo una cantidad considerable de nuevos datos acerca de la mineralización y zoneamiento de la alteración.

En el año 2011 se realizó una intensa campaña de perforación de sondajes diamantinos con resultados alentadores en Zn-Cu, pero aun no se ubicó el intrusivo.

1.2. ANTECEDENTES

Los primeros trabajos que se realizaron en el yacimiento de Iscaycruz fueron en el año de 1950 en la mina Chupa, localizada en la formación Pariahuanca, esta mina fue explorada con labores mineras por la Cerro de Pasco Copper Corporation. (JICA, 1983; Flores, 1990; Salas, 1999) Luego en 1968 bajo un joint venture entre el Institute of Geological Sciences de Londres (IGS) / Servicio Geológico Minero del Perú (SGM), se realizó una prospección electromagnética donde muchas anomalías fueron delineadas a lo largo de la formación Santa del cretáceo inferior.

Posteriormente en 1979 se hizo prospección geofísica y geoquímica, el primer año consistió de un estudio geológico y de un estudio geoquímico, los cuales fueron realizados de setiembre a noviembre en el año de 1979 por Japan International Cooperation Agency (JICA) en una extensión de 700 km², en el lado sur-oeste del área de Oyón. El análisis de la información empezó con éxito en estudios de campo descubriendo una importante zona mineralizada en el yacimiento de Iscaycruz y fue completado en Febrero de 1980, (Edgardo Salas).

Los resultados del estudio se resumieron como sigue: El área estudiada principalmente consiste de sedimentos cretáceos y volcánicos terciarios los cuales contienen rocas intrusivas formadas después de la edad del Terciario. Estos sedimentos son de una estructura compleja plegada fuertemente con un eje NNW-SSE acompañado con pliegues notables paralelos con el eje de plegamiento.

La intensa campaña de perforación y los trabajos subterráneos realizados entre 1982 y 1984 condujeron a la identificación de Zn y Pb. Entre 1986 y 1990 Minero Perú S.A. continuó con la evaluación geológica del Distrito. En 1990, la Empresa Minera Iscaycruz S.A fue creada como una compañía minera mixta pública-privada.

Esta compañía empezó a producir concentrados de Zn y Pb en julio de 1996 (www.Proinversion.gob.pe) especialmente de Limpe Centro, Tinyag y Chupa.

Además mencionamos aquí el estudio geológico de los cuadrángulos de Barranca, Ámbar, Oyón, Huacho, Huaral y Canta del Boletín N° 026 del INGEMMET del año 1973 que nos sirve como antecedente. El área mapeada consiste en dos fajas paralelas de sedimentación cretácica. La faja oriental se compone de series bien diferenciadas de calizas, areniscas y lutitas y está separada por una secuencia reducida de litología similar, la cual sobre yace a los esquistos paleozoicos a lo largo de una importante línea de separación que sigue la Divisoria Continental. La faja occidental está compuesta de volcánicos marinos, principalmente andesitas básicas e incluyen lavas almohadilladas, brechas y sedimentos de aguas superficiales. A fines del cretáceo ocurrieron elevaciones, erosiones y depósito de algunas capas rojas, luego toda la secuencia se plegó sobretodo el lado oriental, posteriormente se depositaron secuencia de piroclásticos dacíticos-andesíticos y lavas (Calipuy). El apilamiento volcánico formó la cubierta real del Batolito costanero y durante el Mioceno se desarrolló una superficie de erosión (puna) en las rocas volcánicas y sedimentarias emplazándose luego pequeños stocks dacíticos, muchos de éstos llegaron a superficie formando capas de ignimbritas, cuyos remanentes se presentan actualmente dispersos en la indicada superficie puna. Dichos stocks, comúnmente están alineados, tal como puede apreciarse a lo largo de la línea divisoria principal del Cretáceo y ellos son la causa principal de la mineralización.

1.3. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

El área de estudio se encuentra localizado en los andes centrales del Perú, específicamente en la cordillera occidental dentro de un corredor estructural metalogénico de rumbo andino con un basamento cretácico, la configuración estructural que se evidencia a nivel regional, presentándose fallas regionales y la presencia de pliegues de rumbo NNO-SSE, y los anticlinales y sinclinales se encuentran ubicados a una distancia de 2-3 Km.

El desconocimiento y evidencias del intrusivo en superficie a pesar de los trabajos de campo no dan evidencias positivas de la presencia de un Plutón.

El yacimiento de Tinyag III es de tipo Skarn, se emplaza en calizas de la Formación Santa como rocas encajonantes. La mineralización esta hospedada en rocas con alteración tipo skarn compuestas por andradita-grosularia zonificada, flogopita, actinolita, epidota y cantidades menores de ortoclasa, cuarzo, calcita y cummingtonita. Además las características de la zonificación de metales y alteraciones, tales como la mayor abundancia de calcopirita, la presencia de mármol, hornfels y skarnoides, así como los indicios de alteración potásica, sugieren los depósitos de Tinyag y Chupa podrían estar interconectados en profundidad por un skarn de granate de Cu-Zn similar a Antamina (Fuente: Abraham Escalante 2011).

En la zona mineralizada, la distribución del zinc, cobre pueden ser observadas, pero el intrusivo el cual posiblemente haya participado en la mineralización no ha sido encontrado, posiblemente está en la zona de Tinyag III y que tiene que ver con la posibilidad de encontrar mineral de valor económico; pero el control estructural que se tiene juega un papel importante en el desplazamiento y continuidad de los cuerpos.

En el proyecto se hace necesario de realizar un programa de perforaciones diamantinas profundas que nos permitan ver el incremento de los porcentajes de Cu y la disminución del Zn, además nos demuestren la irregularidad de los cuerpos mineralizados y el desplazamiento por efecto de la fallas.

Por tanto, es importante realizar una evaluación geológica a través de sondajes diamantinos y así determinar el zoneamiento de las alteraciones y mineralización del skarn de Tinyag III, como también ubicar el intrusivo causante de la mineralización, todo ello con la finalidad de continuar con la producción y aumentar reservas y que la vida de la mina se alargue.

1.3.1. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA

Dadas las consideraciones, tenemos las siguientes preguntas:

¿Es posible encontrar en profundidad la roca intrusiva que dio origen a la mineralización a través de las perforaciones diamantinas?

¿Con la información geológica, estructural, alteraciones y mineralización se puede caracterizar si el skarn es distal o proximal?

1.4. JUSTIFICACIÓN

La mineralización de Zn-Cu, conjuntamente con la presencia de actinolita, calcosilicatos, granate, flogopita, clorita, epidota y magnetita nos han llevado a explorar en profundidad el skarn de Tinyag III, a través de una evaluación geológica mediante las perforaciones diamantinas profundas, como consecuencia del incremento de las leyes de Cu versus el Zn que va disminuyendo en profundidad llegando a valores bajos.

Los cuerpos mineralizados con calcopirita diseminada y venillas irregulares asociadas con la pirita y magnetita que han rellenado y formado el skarn de Tinyag III, nos conllevan a pensar que los espacios donde han circulado las soluciones mineralizantes han permitido el re emplazamiento de espesores de aproximadamente 40-80 metros de la caliza.

Frente al cambio de mineralización de los minerales de mena donde la calcopirita se encuentra diseminada aproximadamente a partir de la cota 4400-4100, permiten plantear la interrogante de definir la posible fuente distal del skarn y/o fuente proximal del endoskarn para definir la cercanía del intrusivo.

1.5. HIPÓTESIS

- Con la información de los sondajes diamantinos alcanzando hasta los 600m de diferencia de altura en cotas 4600-4000m, se podrán evaluar y definir las características geológicas del skarn versus el intrusivo.

- El estudio geológico, mineralógico, petrológico y estructural, permitirá determinar la fuente distal del skarn y/o proximal del endoskarn y definir el zoneamiento de la mineralización y alteración.

1.6. OBJETIVOS

1.6.1. OBJETIVO GENERAL

- Evaluar las características geológicas y el zoneamiento del Skarn de Tinyag III a través de los sondajes diamantinos profundos, la relación del Skarn distal o proximal relacionado al intrusivo.

1.6.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Caracterizar a través de los estudios geológicos, mineralógicos, estructurales y zoneamiento si el Skarn es distal o proximal al intrusivo.
- Caracterizar el zoneamiento de la mineralización y alteración del skarn de Tinyag III.

1.7. METODOLOGÍA

El presente trabajo de investigación tiene una metodología de tipo descriptivo y explicativo, lo cual nos da a conocer el carácter de investigación del depósito mineral. Todo ello mediante la recopilación de datos e información de forma cualitativa y cuantitativa, finalmente alcanzando a un diseño y ensayo del proyecto de investigación que se desarrolló de acuerdo al siguiente procedimiento metodológico:

a) Recopilación de información

En esta etapa se adquirió toda la información bibliográfica que se refiere a la zona de estudio, como Boletines de la Carta Geológica Nacional publicada por el Instituto Geológico Minero y Metalúrgico (INGEMMET) relacionadas al área de estudio,

bibliografía relacionada a yacimientos minerales, geoquímica, perforaciones diamantinas, etc. También se adquirió los planos geológicos regionales a escala 1: 10 000 y topográficos. Por otra parte, se recopiló información de exploraciones regionales relacionados y otros trabajos anteriores.

b) Trabajos de Campo

El trabajo de campo consistió en primera instancia en el reconocimiento del área de estudio, luego se realizó el estudio y logueo detallado de los sondajes diamantinos, los cuales se perforaron y adicionalmente se estarán realizando a cotas más profundas aproximadamente a 4000 m.s.n.m., diferenciando las litologías, alteraciones, mineralización, minerales guías que ayudan a determinar la zona en que se encuentra el skarn y estructuras que posiblemente dieron origen a la mineralización. Se realizaron muestreos de los sondajes ejecutados, principalmente de las zonas de interés, (mineralogía, alteración, fallas).

La supervisión y seguimiento diario de las Perforaciones Diamantinas en las zonas de perforaciones es diaria para tener control de las muestras que se reportan.

c) Trabajo de Laboratorio

Se realiza el marcado sistemático de los testigos diamantinos para el corte, siguiendo parámetros del QA/QC. Es decir que los testigos fueron cortados longitudinalmente en dos partes iguales para que la mitad de ello sirva para el respectivo muestreo.

Las muestras de sondajes fueron enviadas a Laboratorios de ALS CHEMEX para su respectivo análisis químico cuyos métodos analíticos se muestran en anexos A: Panel fotográfico y figuras (1,2).

En esta etapa se procedió al análisis e interpretación de los resultados obtenidos mediante las perforaciones diamantinas a diferentes profundidades del yacimiento. O sea, se procesa toda la información recibida del campo comparando los resultados entre ellos.

Por otra parte se han generado diferentes secciones geológicas con su respectiva interpretación, como secciones longitudinales del cuerpo mineralizado y de los

sondajes, mapas geológicos en planta a diferentes cotas y secciones transversales al cuerpo para determinar la posición y ubicación del cuerpo mineralizado.

Se han utilizado los siguientes programas en sus versiones de evaluación para el procesamiento de datos y generación de planos:

- Datamine 3.0, para la realización de las secciones longitudinales del cuerpo mineralizado, cálculo de volúmenes, áreas, etc.
- Downhole, representación gráfica de sondajes en planos en planta y secciones transversales, con sus respectivos valores de leyes, litológicos, alteraciones, etc.
- AutoCad 2012, para el ploteo de leyes de canales en planos en planta.
- Mapinfo Profesional 10, Discover 12, el cual se utilizó para la realización de planos geológicos.

d) Redacción del Informe Final

Con todos los trabajos realizados se procede a la elaboración del borrador de tesis que se redacta en su etapa preliminar como informe final producto del presente trabajo de investigación.

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO – CONCEPTUAL

2.1. GEOMORFOLOGÍA REGIONAL

El área está situada en el flanco oeste de la cordillera occidental andina, en las zonas altas de la cuenca del río Huaura; entre una altitud de 4500 y 5000 msnm.

La geomorfología del área de investigación es típica de un modelamiento glaciar, en cuyos remanentes de la antigua actividad se observa depósitos morrénicos en ambos flancos de los cauces o escorrentías naturales de las lagunas.

La evolución geomorfológica de la región está ligada al levantamiento andino, que determinó el afloramiento de rocas cretácicas. La tectónica y la acción climática, inicialmente glaciar, han contribuido a configurar la expresión del relieve actual donde la fase final más activa se dio a fines del terciario (fase quechua de la Orogenia Andina).

La Cordillera Occidental tectónicamente es un macizo montañoso muy joven de grandes dimensiones originado por el plegamiento, levantamiento y/o deformación estructural con dirección regional NW – SE concordante con la Cordillera Oriental Andina. Las cordilleras están constituidas por rocas sedimentarias del Mesozoico y Cenozoico que se hallan fuertemente plegadas y falladas muy complejamente, cubiertas por rocas volcánicas del Paleozoico al Neógeno. El flanco oeste de la Cordillera Occidental está intensamente disecado, originando un paisaje muy abrupto, mientras que el flanco este presenta un paisaje suave y poco accidentado.

Después de terminada la fase final y más activa del levantamiento andino acompañada por el gran vulcanismo Plio-pleistoceno, ésta causó plegamientos y cabalgamientos en las formaciones del Cretáceo y Paleoceno.

Actualmente la zona de estudio muestra cierta madurez geomorfológica, mostrando áreas de colinas altas, medias y bajas, superficies montañosos de pendientes fuertes a moderadas y están cubiertas por pastos naturales (ichu), también se encuentran zonas

llanas. No existe un vulcanismo activo, la actividad sísmica no es relevante. La acción antrópica afecta poco a los procesos morfo dinámicos.

Regionalmente la zona presenta diferentes unidades geomorfológicas, pero principalmente destaca la siguiente:

Depósitos Morrénicos.- Esta unidad geomorfológica se manifiesta a nivel regional como material cuaternario de tierras altas combinado con una superficie casi plana (llanuras de inundación). Estas geoformas se encuentran moderadamente circundadas por una cadena de cerros dentados que forman la divisoria continental cubierta en la parte baja con depósitos glaciares que forman las grandes morrenas. Además es posible diferenciar depósitos morrénicos de dos diferentes edades: El antiguo que por efectos del intemperismo su cresta va siendo degradada y el reciente que presenta una Cresta marginal dentada, siendo estos rasgos característicos de los hielos estancados que ocurren en la zona de estudio.

2.2. GEOLOGÍA REGIONAL

Regionalmente el área de Iscaycruz está localizado en un ambiente de rocas sedimentarias pertenecientes a la zona de la cuenca del cretáceo y estructuralmente está situado en la zona de pliegues y sobre escurrimientos, representativo de la parte central de la Cordillera Occidental.

Durante la Orogenia Andina, la secuencia sedimentaria ha sido intensamente plegada principalmente en dirección N 20°W y buzamiento 75° a 80° SE. Los anticlinales y sinclinales se extienden en varias decenas de Kilómetros intercalándose con zonas de sobre escurrimiento paralelos al eje principal.

Para mejor comprensión ver plano geológico regional, columna estratigráfica regional y sección geológica - estructural transversal - longitudinal regional en anexos: B Planos (láminas N° 02, 03, 04 y 05). Además cabe indicar que algunos autores que en este acápite se indican, son mencionados en el estudio geológico de los cuadrángulos de Barranca, Ámbar, Oyón, Huacho, Huaral y Canta; realizado por INGEMMET y publicado en el Boletín N° 26, cuyo autor principal es John Cobbing del año 1973; por

tanto, a este autor se indica en bibliografía, mas no a otros mencionados por él en esta obra.

2.2.1. MESOZOICO

2.2.1.1. FORMACIÓN OYÓN

Es la base de la columna estratigráfica de la región, esta formación consiste en intercalación de lutitas gris oscuras con importantes horizontes de areniscas grises y mantos o capas de carbón (antracita) en la zona transicional a la formación supra yacente (Chimú). Aflora al Este de Iscaycruz en las zonas axiales de los anticlinales.

Su afloramiento se encuentra principalmente en las vecindades del Lago Surasaca, al Noroeste de Oyón; también se observa a lo largo de la carretera entre Oyón y el Lago Cochaquilla, de donde se ha extraído carbón hace algunos años.

Esta formación ha tenido un importante rol tectónico en la evolución estructural del área, ya que esta unidad potente, plástica e incompetente, además de actuar como lubricante en la base del paquete sedimentario cretácico se deformó disarmónicamente.

Edad y correlación.- Esta unidad fue descrita inicialmente por Harrison (1960) como formación carbonífera del Cretáceo inferior. Wilson (1963) le dio el nombre y basado en los fósiles hallados, consideró como una posibilidad el que pertenezca al Valanginiano, sin que pueda descartarse que sea también del Titoniano.

Es probable que hacia el Norte la formación Oyón pase transicionalmente a las lutitas Chicama del Titoniano, unidad que infrayace a las areniscas Chimú más al Norte.

La formación Oyón es probable equivalente a la parte inferior de la formación Goyllarisquizga que aflora en la zona del bloque del Cretáceo.

2.2.1.2. FORMACIÓN CHIMÚ

Esta formación constituye una unidad de potencia constante en el Perú Central. Generalmente tiene entre 500 y 700 m y en la zona de estudio se presenta invariablemente en anticlinales que pueden estar o no fallados.

Litológicamente la formación consiste de una ortocuarcita de grano medio, que ha sido recristalizada y en consecuencia es una cuarcita metamórfica, de textura masiva, color blanquecino.

Esta unidad se presenta en bancos de más o menos tres metros de espesor con estratificación cruzada, muy fracturada y diaclasada, por su naturaleza constituye la parte escarpada de los cerros, y cuando estos están modelados íntegramente en esta formación, presentan una topografía característica abrupta.

En el área de Churín, la parte superior de Chimú tiene más lutitas, habiendo un tramo de transición de varias decenas de metros hasta las calizas de la formación suprayacente (Santa).

Edad y correlación.- A base de los fragmentos de plantas encontradas, según el criterio de Wilson (1963), se considera a la formación Chimú como perteneciente al Valanginiano y la Correlación con las areniscas del Cretáceo inferior del Este del Perú, y con la parte inferior de la formación Goyllarisquizga de la zona del bloque del Cretáceo.

2.2.1.3. FORMACIÓN SANTA

Dentro de la presente área la formación santa mantiene un espesor constante de 80 metros aproximadamente, consiste de calizas azul o gris finamente estratificadas, con algunos horizontes de calizas arcillosas, ocasionales nódulos de chert aplanados y abundantes fragmentos de conchas.

Normalmente descansa en concordancia sobre las cuarcitas Chimú; pero, como se indicó anteriormente en el área de Churín está separada de ésta por una pequeña secuencia de lutitas. Wilson (1963) ha notado que en el Norte del Perú los contactos de la formación

Santa son discordantes, tanto con la unidad infrayacente (Chimú) como la suprayacente (Carhuaz), fenómeno que no ha sido observado en el área del presente estudio.

En la zona de Iscaycruz, la formación Santa se ubica longitudinalmente en la parte central y es importante por el emplazamiento de cuerpos mineralizados de reemplazamiento, teniendo una potencia entre 40 y 80 metros.

Edad y correlación.- En el centro del Perú todavía no se han encontrado fósiles con valor diagnóstico; sin embargo, Benavides (1956) reporta el hallazgo de Valangites Broggi (Lisson) dentro de una secuencia que se considera sea la prolongación septentrional de ésta, mediante la cual la atribuyó al Valanginiano.

Esta formación es equivalente en parte, a la formación Goyllarisquiza de la zona del bloque del Cretáceo y también a la formación Pamplona del área de Lima.

2.2.1.4. FORMACIÓN CARHUAZ

Es una unidad suave, incompetente y plástica, dentro de una secuencia muy plegada disarmonicamente. Tiene una marcada tendencia al adelgazamiento a lo largo de los flancos de los pliegues y a engrosarse en la zona axial.

Benavides (1956) registró 1,554 metros para la formación Carhuaz en el valle del Santa, lugar éste donde alcanza el mayor grosor, puesto que se adelgaza rápidamente hacia el Sur este (Wilson, 1967). Dentro del cuadrángulo en que se encuentra la zona de estudio, Wilson (1963) encontró espesores que variaban entre los 500 y 800 m., por lo que consideramos un grosor promedio de 500m.

En la zona de Iscaycruz, se encuentra en la parte central y al Oeste de la formación Santa, presentando un potencia de 500 metros aproximadamente

Litológicamente, la formación consiste de lutitas (abigarradas) y areniscas que por intemperismo presentan una coloración o marrón o marrón amarillenta (de colores verdes, rojos y amarillentos). Suelen presentarse algunos horizontes de areniscas más o menos prominentes, similares en litología y color a los de la formación Chimú. Estos horizontes aparecen por lo general en la parte media de la secuencia, pero sin llegar a

constituir un rasgo característico. Los 50 metros superiores de esta formación están constituidos de areniscas de grano muy fino y de color brillante, por lo que sirve muy bien como horizonte guía en el mapeo de campo.

En los alrededores de Churín, la formación Carhuaz es aparentemente más gruesa que lo normal, consistiendo casi totalmente de lutitas grises con abundantes “riple marks”. Un horizonte de yeso, de 6 m. de espesor se presenta en el distrito de Churín a más o menos 50 metros encima de la formación Santa.

Edad y correlación.- No se tiene datos exactos sobre su datación, pero por sobreyacer a la formación Santa del Valanginiano y estar debajo de las formaciones Farrat y Pariahuanca del Albiano, a la formación Carhuaz se le considera con una edad comprendida desde el Hauteriviano hasta el Aptiano (Valanginiano superior – Aptiano), siendo por ello equivalente, en edad, a parte de la formación Goyllarisquizga de la zona del boque cretáceo inmediatamente al Este.

2.2.1.5. FORMACIÓN FARRAT

Consiste de cuarcitas blancas y areniscas grises gradando a areniscas calcáreas hacia el techo, de grano medio que sobreyacen a las lutitas de la formación Carhuaz. Las cuarcitas y areniscas casi siempre son de color blanco y ocasionalmente poseen manchas rojas y amarillas. Con frecuencias son deleznales y cuando se presentan masivas tienen un grosor mayor que el normal. Constituyen una transición a la formación Pariahuanca. Se les asigna una potencia promedio de 70m.

Edad y correlación.- Se le asigna aproximadamente una edad aptiano – albiano inferior, puesto que se ha inferido tan solo por su posición estratigráfica, en base a que se hallan debajo de la formación Pariahuanca del Albiano y encima de la formación Carhuaz del Hauteriviano-Aptiano, también imprecisa.

Por su litología y posición estratigráfica se le correlaciona, en parte con la formación Goyllarisquizga.

2.2.1.6. FORMACIÓN PARIAHUANCA

Esta unidad litológica consiste de calizas intemperizadas de color gris, masivas, que comúnmente conforma una prominencia entre la formación más suave Chulec (arriba) y las formaciones Goyllarisquizga y Carhuaz (debajo). Generalmente el grosor es muy variable, pero para la mayor parte del área es posible asignarle un grosor promedio de 50 metros. Wilson (1963) ha encontrado variaciones entre 210 y 54 metros dentro del cuadrángulo en donde se encuentra la zona de investigación. En el distrito minero se le asigna una potencia promedio de 80 metros.

Se constituye en la base de la secuencia calcárea y es muy importante en la zona por el emplazamiento de un cuerpo de skarn.

Edad y correlación.- Aunque esta formación es fosilífera, los especímenes diagnósticos son raros. Benavides (1956) recolectó un ammonite (Parahoplites) que lo considero indicativo de los comienzos del Albiano; igualmente, Wilson (1963) concluyó asignándole la misma edad y el autor la mantiene a falta de mayores evidencias.

Esta formación se correlaciona con la formación Inca del Norte del Perú.

2.2.1.7. FORMACIÓN CHULEC

Está constituida por secuencias de lutitas intercaladas con niveles de caliza, se caracteriza por presentar relieves bajos producto de la erosión, además de contener fósiles de ammonites, de hasta 20 cm de diámetro, contenidos en los niveles de caliza; en la zona de trabajo, esta formación posee un espesor promedio de 150 metros.. Esta alternancia, sin embargo no siempre es general, habiendo localidades donde la formación consiste totalmente de calizas masivas.

Tanto las calizas como las lutitas son de color azul grisáceo, y por intemperismo amarillo y crema que es lo que las caracteriza.

Edad y correlación.- La formación Chulec es una de las más fosilíferas del Cretáceo, encontrándose Gasterópodos indiferenciados, Ostreas, Anisocardia sp, Exogira sp, que

tienen una edad de amplio rango; sin embargo por correlaciones con otras zonas y por superposición se considera como del Albiniano inferior a medio.

A la formación Chulec se le considera equivalente, en parte, a la formación Crisnejas del Norte del Perú, Wilson, (1963).

2.2.1.8. FORMACIÓN PARIATAMBO

Esta unidad tiene una litología muy uniforme. Consiste esencialmente de caliza nodular y tabular de color gris oscuro, con secuencias de lutitas bituminosas (se hallan a través de todas las secuencias) y otros nodulares del Chert gris oscuro. Cuando se les fracturan las calizas emiten un olor fétido.

Debido a su color y estructura la formación Pariatambo se identifica fácilmente tectónicamente en la zona axial de los sinclinales. Esta formación presenta una potencia de 110 metros.

Esta formación muestra la presencia de estratos de carbón bituminoso definidos como asfaltitas, y que fueron explotados por Huarón en la mina de Santo Domingo para movilizar su ferrocarril de Francois a Shelby. Además cabe indicar que sobreyace concordantemente a la formación Chulec e infrayace concordantemente a la formación Jumasha.

Edad y correlación. La formación Pariatambo según Wilson (1963) contiene una fauna abundante principalmente Anmonites característica del Albiano medio a tardío. Se correlaciona en parte con la formación Crisnejas.

2.2.1.9. FORMACIÓN JUMASHA

Esta formación es la mayor unidad calcárea en el Perú Central. Consiste de calizas de color gris claro en superficie intemperizada y azul en fractura fresca. En las vecindades de Baños y en el sinclinal al Sur este de Parquín se ha observado que la parte inferior de esta formación es margosa, lo que dificulta su diferenciación de la formación Pariatambo que la infrayace.

Se encuentra bien expuesta en la Cordillera Occidental en los cuadrángulos de Ondores, Canta, Oyón, Yanahuanca y Chiquian, algunas veces cabalgando sobre la formación Casa palca. Pero la secuencia de esta unidad en el cuadrángulo de la zona de estudio es incompleta, porque la parte superior ha sido erosionada, razón por la que su grosor total es desconocido; además, en la gran cantidad de calizas que se presentan a lo largo de la Divisoria Continental, las numerosas dislocaciones imposibilitan la determinación de la potencia.

En el flanco invertido del anticlinal fallado, situado en el límite entre la zona tectónica de pliegues y sobre escurrimientos con la de bloque fallados, el grosor de esta formación, calculado desde el contacto con la formación Celendín varía de 1,800 a 1,000 metros.

En el cuadrángulo de Ondores en un flanco del sinclinal Rapaz, se ha estimado en una sección parcial una potencia de 1,500 m, donde a su vez Harrison (1956) señaló 1,600 m, y Wilson (1963) considero solamente 400 m, como promedio.

Bajo estas circunstancias, en vista de las evidencias disponibles, pareciera razonable estimar un espesor de 1,000 m. para esta zona, hecho que colocaría a la formación Jumasha como la unidad cretácea más importante, lo que sin duda está de acuerdo con la impresión que uno obtiene en el campo. Sobre yace concordantemente a la formación Pariatambo y subyace de la misma forma a la formación Celendín.

Edad y correlación.- A pesar de que existe gran cantidad de fragmentos fosilíferos en esta formación (Pholadomia sp, Anomia sp) que indican una edad genérica Cretácica, los especímenes diagnósticos son escasos. Sin embargo, ya que se halla entre las formaciones Pariatambo del Albiano y Celendín del Coniaciano (Santoniano), le corresponde una edad comprendida dentro de dicho intervalo, asumiéndose como más probable el Turoniano.

Admitiéndose un cambio de facies, a la formación Jumasha se le considera equivalente con el grupo Quillquiñan, el grupo Puillucana y la Caliza Cajamarca.

2.2.2. ROCAS INTRUSIVAS

En la zona de estudio, los intrusivos que afloran regionalmente corresponden a cuerpos emplazados en forma de rocas plutónicas e hipabisales con edades pertenecientes a diferentes épocas, aún en cada target se pueden presentar hasta tres tipos de intrusiones.

En la Cordillera Occidental, de manera general los intrusivos son de mayor profundidad, así por ejemplo el intrusivo de Chungar; los de la altiplanicie andina son más stocks subvocánicos como el stock de Iscaycruz, Rio Pallanga, Negrita, etc.

En las inmediaciones de Iscaycruz se ha localizado un stock de composición dacítica en forma de apófisis o cuello sub volcánico, compuesto de fenocristales de cuarzo y plagioclasas. Está ubicado a 1Km. al Oeste del cerro Seccha en la zona Norte del yacimiento. Esta roca está débilmente alterada y la alteración en la caliza circundante es también débil.

Al Este de la cumbre del cerro Cunsha Punta, en las formaciones Oyón y Chimú, más de 10 diques de composición ácida están presentes.

Además, se han localizado diques de composición andesítica intruyendo transversalmente a la formación Carhuaz al Noroeste del campamento central y otro en la quebrada Pachangara (Formación Pariahuanca).

Cuerpos intrusivos ácidos (Granodioritas, Tonalitas) han sido localizados en el área de Cochaquillo, formando cuerpos de skarn en las zonas de contacto con las rocas calcáreas.

Regionalmente el **Stock de Iscaycruz** es muy importante y esta intrusión sub volcánica está ubicado más o menos a 10 Km al Suroeste de Oyón, se emplaza en las calizas Jumasha en el sinclinal Rapaz. La intrusión es compuesta y consiste de una zona marginal de brecha silicificada y de un pórfido interior. El pórfido tiene fenocristales cuarzo y plagioclasas dispuestos dentro de un conjunto oscuro de grano fino y de composición bastante variable.

Las calizas de la formación Santa, ubicadas a medio kilómetro de la intrusión, se hallan mineralizadas y es posible que ello esté asociado con el emplazamiento del intrusivo.

Además se detectó la presencia de un cuerpo conductor junto al intrusivo, ello evidencia la existencia de sulfuros masivos hacia la profundidad (Evans & Greenwod 1968).

2.2.3. DEPÓSITOS CUATERNARIOS

A nivel regional se distinguen los siguientes tipos:

2.2.3.1. Depósitos Morrénicos

Estos depósitos se encuentran en mayor extensión principalmente sobre las rocas volcánicas conformando las cabeceras y laderas de los valles glaciares sobre los 3800 msnm, constituido por cantos arrancados de las laderas abruptas en la parte alta de la cuenca del glaciar que se desploman sobre el hielo y al fin son arrastradas aguas abajo.

Lo mencionado es debido a que parte del área sufrió efectos de glaciación durante el Pleistoceno (superficie puna), luego las etapas de erosión de valle (forma de “U”) y cañón. En el fondo y ladera de los valles se depositaron morrenas, mientras que muy a menudo se formaban lagos por fusión del hielo detrás de las morrenas terminales.

2.2.3.2. Depósitos Fluvioglaciares

Se encuentran por encima de los 4000msnm. Es el material acarreado por un medio fluvial (agua) y glaciar (hielo) que se deposita a manera de llanuras y presentan características de erosión fluvial producto del deshielo y que guarda relación con el proceso erosivo activado por el levantamiento andino en las diferentes etapas de glaciación.

Estos materiales están constituidos por gravas, arenas, limos algo consolidados y con cierta estratificación, clastos sub redondeados a sub angulosos y los fragmentos son de composición variable dependiendo del lugar de procedencia.

2.2.3.3. Depósitos Aluviales

Materiales cuaternarios acumulados principalmente en los cauces de los ríos principales, constituidos por fragmentos de roca (grava, arena, limo) arrastrados y acumulados en poca cantidad y en forma estrecha en las zonas altas (sierra), pero al ampliarse el valle aguas abajo presentan extensas llanuras aluviales con depósitos de alrededor de 400m de espesor.

Estos depósitos forman típicos conos aluviales de variada amplitud y que a la vez sirve para el desarrollo de asentamientos humanos y tierras de cultivo. Además se pueden dividir en depósitos aluviales de río y depósitos aluviales de quebrada.

2.3. GEOLOGÍA ESTRUCTURAL REGIONAL

El aspecto estructural regional es relevante, ya que muestra grandes lineamientos de dimensiones regionales, estos se muestran en el lineamiento de la falla inversa regional de rumbo N – NW que divide la Cordillera Occidental y la meseta Andina de Junín.

En la región central ocurren fallamientos en bloques y fallas verticales longitudinales asociados a sinclinales y anticlinales especialmente en rocas del Mesozoico.

Regionalmente, el Distrito minero de Iscaycruz es parte de una serie de proyectos y minas controlados estructuralmente, y son económicos por lo que en el contexto regional es importante destacarlos. Se tiene el sistema de plegamiento constituido por anticlinales y sinclinales, cuyos ejes siguen la dirección Andina, todos ubicados al Este de la mina Iscaycruz; también se presentan fallamientos y estas fallas regionales son productos de la tectónica Andina el cual hizo que estas estructuras se encuentren presentes en la zona de migración de estructuras mayores. Entonces, en la zona de estudio los pliegues están comúnmente asociados con fallas.

La estratificación de las unidades sedimentarias, el rumbo del eje de los pliegues y el rumbo de algunas fallas importantes en Iscaycruz tienen una orientación N-N30°W. Esta distribución estructural fue originada probablemente por una fuerte compresión relacionada a la fase tectónica Incaica.

Los episodios repetitivos del plegamiento son coaxiales, es un indicativo fuerte de la deformación: el principal y máximo esfuerzo fue orientado del SW – NE, dando como resultado pliegues orientados NW – SE el cual sigue la orientación Andina. Sin embargo, se han reconocido plegamientos caracterizados por un régimen compresional alternados con períodos de tensión a lo largo del eje SE – NW, al usar estos modelos de alternancia se pueden producir un grupo de fracturas. Estos pliegues son concéntricos con deformaciones cilíndricas de las unidades Chimú y Jumasha, mientras que las secuencias incompetentes, tanto de la deformación Carhuaz como del Albiano, suelen mostrar caracteres disarmónicos. Los terrenos elevados están constituidos por anticlinales en la formación Chimú y sinclinales en la formación Jumasha.

Por lo tanto, el área de estudio presenta una fuerte deformación estructural o tectónica, que se manifiesta principalmente por la ocurrencia de numerosos sistemas de plegamientos y fallamientos.

Es evidente que este problema estructural está relacionado con el cambio de los sedimentos Cretáceos a la formación Casma. En general, se considera que la secuencia de la Cuenca del Cretáceo se ha formado como un conjunto estructural independiente, separado de las rocas pre-cretácicas por un despegue basal en la formación Oyón.

En Iscaycruz, la mineralización se desarrolló a lo largo del contacto entre las Formaciones Santa y Chimú las cuales se encuentran fuertemente plegadas y localmente falladas. Estas fallas son principalmente de alto ángulo y pueden haber tenido un movimiento inverso considerando que su orientación es sub-paralela a la estratificación y perpendicular a las fuerzas de compresión que formaron el plegamiento en el Distrito (Telluris, 2010). No obstante, el tipo de movimiento y desplazamiento a lo largo de estas fallas aún no ha sido demostrado.

Un segundo grupo de fallas tiene una orientación E a NE. Estas fallas pueden reconocerse en todo el Distrito y parecen haber tenido un movimiento predominantemente de rumbo. Estas fallas limitan la extensión de la mineralización de sulfuros en la zona de Limpe Centro tanto en sus márgenes Norte y Sur. Kaiser (2007)

inferió un desplazamiento de unos cuantos metros para estas fallas y las clasificó como post-mineral.

Es muy probable que las fallas de orientación E-NE fueran reactivadas varias veces. Telluris (2010) indica dos fases de compresión que condujeron a la formación de estas fallas: una primera fase de compresión N a NNE contemporánea a la mineralización y una segunda fase de compresión ENE post-mineral. Sin embargo, las fallas de orientación E-NE podrían también corresponder a un período de extensión regional NS la cual estaría asociada con el emplazamiento de los diques porfíricos de andesita datados en aproximadamente con 13 millones de años.

Las fallas son de orientación andina NW –SE que son las longitudinales y transversales o tras andina NE - SW, esto a nivel regional, como también se dividen en fallas pre-mineral (que se formaron antes de la mineralización) y post-mineral (que se formaron después de la mineralización).

2.4. PROSPECCIÓN Y EXPLORACIÓN

Consiste en la búsqueda de yacimientos geológicos con valor económico por medio de la geofísica, geoquímica, mapeo, fotos aéreas e imágenes satelitales.

La prospección y exploración se consideran como fase en la vida de una mina, por cuanto se puede comparar las etapas de trabajo en una mina con las fases en la vida de una mina, a saber se distingue cuatro fases:

1. Prospección
2. Exploración
3. Desarrollo
4. Explotación

La exploración y prospección son fases estrechamente ligadas y a veces se combinan, a menudo los geólogos se ocupan de ellas. Mientras que el desarrollo y la explotación son

las fases que en general los ingenieros de minas lo realizan, y consisten en preparar y explotar los yacimientos minerales de valor económico en forma sostenida.

2.5. GEOLOGÍA DE MINAS

Es la ciencia que se ocupa del estudio de los yacimientos minerales, su génesis, paragénesis, rocas favorables para la formación de yacimientos, cubicación, etc., que el hombre extrae para cubrir sus necesidades y comodidades, teniendo en cuenta:

1. Muestreo, 2. Cartografiado superficial y subterráneo, 3. Mapeo de alteraciones, 4. Campañas de perforaciones diamantinas.

Forman depósitos de minerales metálicos y no metálicos y constituyen a la **geología económica**; que es la rama de la geología que estudia a los recursos naturales que se encuentran en o sobre la corteza terrestre los mismos que son concentrados por procesos geológicos en una determinada estructura o cuerpo mineralizado.

2.6. PROCESOS RELACIONADOS AL MAGMATISMO

La evolución magmática está relacionada a la actividad tectónica, las mismas que se forman por la fusión de los silicatos en estado de fusión. La diferenciación magmática es el desarrollo de series continuas y discontinuas en la formación de cuerpos ígneos los mismos que están relacionados a la formación de yacimientos minerales.

2.6.1. ACTIVIDAD MAGMÁTICA

La fase magmática está asociada a la generación de depósitos minerales de cromo, platino, cobre, titanio o hierro. En general son considerados como depósitos intramagmáticos, por que la mineralización ocurre a una distancia pequeña de la fuente de emisión. Durante esta etapa cristalizan los minerales piro genéticos como plagioclasas, olivino piroxeno, nefelina y leucita a partir de magmas relativamente secos y a temperaturas sobre 800 °C, dando lugar a la consolidación magmática.

Durante esta etapa también cristalizan algunos minerales metálicos como magnetita, ilmenita, Cromita, y otros minerales hidratados.

Durante la cristalización fraccionada acompañada de una mineralización metálica ocurre principalmente con los magmas toleíticos (en menor proporción con los magmas alcalinos), concentrados y acumulados minerales de Cromo, Titanio y Hierro.

Estos metales cristalizan paralelamente con los minerales formadores de roca; al inicio de la diferenciación magmática, conjuntamente con el Olivino, Piroxenos y las Plagioclasas Cálceas generando una mineralización diseminada en los cuerpos de rocas plutónicas. Cuando el proceso de cristalización fraccionada ocurre en zonas estable tipos de plataforma, llegan a formar cuerpos estratiformes masivos. El proceso de mineralización continúa durante el proceso de segregación magmática hasta la última fase de cristalización de los minerales constituyentes en las soluciones acuosas.

La actividad magmática puede clasificarse en tres tipos:

- Actividad plutónica, que tiene lugar en el interior de la Tierra con el emplazamiento, enfriamiento lento y solidificación del magma en profundidad.
- Actividad volcánica, que tiene lugar en superficie, bien bajo el agua, bien bajo la atmósfera, con el enfriamiento rápido y solidificación de la lava en la superficie de la Tierra.
- Actividad diatérmica, que es una actividad explosiva, que tiene lugar en el interior de la Tierra.

El primer problema que plantea la actividad magmática es el de la propia ascensión de los magmas desde su lugar de origen.

La ascensión, y emplazamiento, de un magma puede ser de uno de estos dos tipos:

- Activa, cuando se da un comportamiento móvil del magma, debido a la propia energía del magma (por ej. por su menor densidad, por el poder ascensional de los volátiles del propio magma... etc.).
- Pasiva, cuando el magma es movido por causas ajenas al propio magma (por ej. por esfuerzos tectónicos, por hundimiento de materiales en su interior, etc.).

2.6.2. FLUIDOS HIDROTERMALES

Una gran parte de los fluidos emplazados en las franjas metalogénicas del Perú fueron mineralizados por fluidos hidrotermales conocidos también como aguas juveniles, magmáticas, e hipo genéticas. Los fluidos hidrotermales se forman a final de la consolidación magmática, el mismo que tiene de 1-5% de agua, en el Perú el Magma corresponde a rocas ígneas de composición félsicas a intermedias.

En profundidad se tiene mayor presión y temperatura cerca de superficie la presión y temperatura disminuye. En esta última condición decrece la solubilidad de los iones complejos de los fluidos hidrotermales produciéndose las precipitaciones para formar estructuras mineralizadas. El flujo hidrotermal en profundidad es ligeramente ácido, al reaccionar dicho flujo con la roca encajonante durante su ascenso la acides baja y se produce la precipitaciones de los minerales (Tumialán P. H. compendio de yacimientos minerales. IMGEMMET-Lima-Perú).

Las soluciones hidrotermales como factor de mineralización por la presencia de minerales hidratados, resultado de la alteración hipogénica de la roca encajonante de las estructuras mineralizadas, produciéndose sericitización, argilización, alunitización y propilitización; por cuanto el agua hidrotermal que lleva los iones metálicos reacciona con la roca encajonante.

2.6.3. FLUIDOS MINERALIZANTES

Son los agentes que han producido la mineralización, en los yacimientos Peruanos en orden de importancia son; fluidos hidrotermales, el agua del mar, las aguas meteóricas, las aguas de origen metamórfico y el magma.

Los fluidos mineralizantes en los depósitos hidrotermales de tipo epitermal de baja sulfuración son, por lo general, originados mayoritariamente a partir de aguas meteóricas. La química de los fluidos en campos geotérmicos actuales, de pH aproximadamente neutro, está determinada por la interacción de las celdas de convección del agua meteórica con las rocas encajonantes a niveles intermedios, aunque normalmente se infiere una componente indeterminada de fluidos magmáticos en

profundidad. En contraste, los fluidos mineralizantes en epitermales de alta sulfuración son de origen mayoritariamente magmático, pudiéndose mezclar con aguas meteóricas a diferentes profundidades. En el caso de los depósitos epitermales de sulfuración intermedia, la composición de los fluidos a partir de los cuales se formaron es también intermedia, entre magmáticos y meteóricos (Albinson *et al.*, 2001; Einaudi *et al.*, 2003; Sillitoe y Hedenquist, 2003).

Los fluidos formadores de depósitos epitermales pueden evolucionar desde un fluido temprano sumamente reactivo, que interacciona fuertemente con las rocas encajonantes en profundidad, hasta un fluido más reducido, que puede originar la mineralización. En ambos casos, los principales fluidos involucrados en la formación de los depósitos son, bien de origen magmático, bien de origen meteórico, aunque en algunos casos se han hallado contribuciones de agua marina, sea en depósitos epitermales o en sus análogos geotérmicos actuales (Bogie y Lawless, 1987; Müller *et al.*, 2002).

2.6.4. ORIGEN DE LOS YACIMIENTOS MINERALES

Los elementos químicos que componen nuestro planeta están distribuidos de una forma que a grandes rasgos es muy regular, ya que depende de dos grandes factores:

- Su abundancia en cada una de las capas que componen el planeta,
- La naturaleza y composición de las rocas presentes en cada sector concreto que analicemos.

Sobre la base de los datos conocidos sobre la naturaleza y composición geoquímica, mineralógica y petrológica de las diferentes capas en que está dividido nuestro planeta, la composición es simple y homogénea en la zona más profunda (núcleo), e intermedia en el manto, mientras que la capa más superficial (la corteza) presenta una composición más compleja y heterogénea. Esto último se debe a su vez a dos factores:

- El hecho de que la diferenciación planetaria haya producido un enriquecimiento relativo de esta capa en los elementos más ligeros, que no tienen cabida en los minerales que componen el manto, que son de composición relativamente

simple: fundamentalmente silicatos de Mg y Fe. Eso hace que con respecto al manto, la corteza sólo esté empobrecida en elementos como Fe y Mg (en lo que se refiere a elementos mayoritarios) y Ni, Cr, Pt, en lo que se refiere a minoritarios o trazas.

- La mayor complejidad de los procesos geológicos que operan en la corteza producen fenómenos muy variados de enriquecimiento o empobrecimiento de carácter local, que afectan a la concentración de los distintos elementos químicos de diferentes maneras.

De esta manera, podemos entender a la corteza como aquel segmento de nuestro planeta en el que se rompe la homogeneidad de la distribución de los elementos que encontramos en capas más profundas. Por ejemplo, a pesar de que existan algunas variaciones composicionales en el manto, éstas son insignificantes con respecto a la altísima variabilidad que observamos en la corteza. Así, en ésta podemos observar rocas ígneas que independientemente de su lugar de origen (manto astenosférico, manto litosférico, corteza) van desde composiciones peridotíticas hasta las graníticas. Es en la corteza donde, además, encontraremos las rocas sedimentarias y metamórficas.

Los procesos que llevan a la **diferenciación de un magma**, o a la formación de una roca sedimentaria o metamórfica implican en ocasiones transformaciones profundas químico-mineralógicas. Es durante el curso de esos procesos que algunos elementos o minerales pueden concentrarse selectivamente, muy por encima de sus valores "normales" para un tipo determinado de roca, dando origen concentraciones "anómalas" que de aquí en adelante denominaremos "**yacimientos minerales**".

2.6.5. MINERALIZACIÓN METÁLICA

Están constituidas por minerales de valor económico emplazados en rocas félsicas intermedias, sedimentarias y metamórficas de la corteza terrestre. Para que tenga un yacimiento mineral de valor económico rentable, es necesario una concentración metálica que ocurre como resultado de las conjunciones de las soluciones acuosas en uno o varios procesos geológicos.

Esto sucede cuando las soluciones acuosas de cationes y aniones son dejadas por el agua, los sólidos en suspensión se precipita, por precipitación química en respuesta a diferentes condiciones fisicoquímica y geoquímicas; por las disolución de los cristales en el fondo de la cámara magmática, o por concentración a partir de los precipitados de las soluciones hidrotermales.

2.7. ALTERACIONES HIDROTERMALES

Son los cambios que ocurren en la estructura de la roca encajonante en mineralogía y textura debido a los fluidos mineralizantes. Es decir, la alteración hidrotermal es un proceso muy complejo que involucra cambios mineralógicos, químicos y texturales, resultando de la interacción de fluidos de aguas calientes con las rocas circundantes que les permite bajo ciertas condiciones físico-químicas. Esta alteración puede ocurrir en condiciones magmáticas sub sólidas debido a la acción e infiltración de fluidos súper críticos al interior de la masa rocosa, con una baja presión y temperatura.

La acción de los fluidos hidrotermales sobre la roca caja es por infiltración y/o difusión de elementos químicos (Rose y Burt, 1979). La circulación hidrotermal y la alteración relacionada, generalmente envuelve grandes cantidades de fluidos que pasan a través de un volumen de roca, especialmente se tiene una considerable permeabilidad en forma de fracturas o espacios porosos conectados.

La alteración hidrotermal es un tipo de metamorfismo que involucra la re cristalización de la roca a nuevos minerales más estables bajo las condiciones hidrotermales. La característica distintiva de la alteración hidrotermal es la importancia del fluido hidrotermal en transferir constituyentes y calor. En efecto, la alteración hidrotermal involucra la circulación de volúmenes relativamente grandes de fluidos calientes atravesando las rocas permeables debido a la presencia de fisuras o poros interconectados. El fluido tiende a estar considerablemente fuera de equilibrio termodinámico con las rocas adyacentes y esto genera las modificaciones en la composición mineralógica original de las rocas, puesto que componentes en solución y minerales sólidos se intercambian para lograr un equilibrio termodinámico (Maksaev V., 2001).

La alteración hidrotermal sirve como guía del mineral para indicar el carácter de las soluciones asociadas de los minerales secundarios. Las conversiones de un ensamble de minerales primarios a otro más estable apropiado a las condiciones de temperatura, presión y composición de los fluidos hidrotermales. La alteración hidrotermal puede ocurrir antes, durante o después de la deposición de los minerales metálicos.

Como se indica, la alteración hidrotermal es un término general que incluye la respuesta mineralógica, textural y química de las rocas a un cambio ambiental, en térmicos químicos y termales, en la presencia de agua caliente, vapor o gas. La alteración hidrotermal ocurre a través de la transformación de fases minerales, crecimiento de nuevos minerales, disolución de minerales y/o precipitación, y reacciones de intercambio iónico entre los minerales constituyentes de una roca y el fluido caliente que circuló por la misma.

Aunque la composición litológica inicial tiene una influencia en la mineralogía secundaria (hidrotermal), su efecto es menor que el debido a la permeabilidad, temperatura y composición del fluido. En efecto, la temperatura del fluido y el pH del mismo son los factores más relevantes en la asociación mineralógica resultante de los procesos de alteración hidrotermal, más que la litología. Ejemplo la asociación mineralógica: cuarzo, albita, feldespato-potásico, clorita, epidota férrica, illita, calcita y piritita, se ha encontrado en basaltos en Islandia, areniscas en Imperial Valley, riolitas en Nueva Zelanda y andesitas en Indonesia.

Esa asociación de minerales de alteración se ha producido en el rango de temperatura de 250°-280°C.

La susceptibilidad a la alteración es variable en los minerales primarios de las rocas. El más reactivo es el vidrio volcánico, frecuentemente alterado primero a ópalo, smectita, calcita o zeolita y luego a minerales de arcilla.

En términos generales se puede establecer un orden relativo de susceptibilidad a la alteración de los minerales, a saber:

Olivino > magnetita > hiperstena > hornblenda > biotita = plagioclasas

El cuarzo es resistente a la alteración hidrotermal y no es afectado hasta temperaturas de 300°C, pero hay evidencias de re-cristalización del cuarzo a mayores temperaturas. Es relativamente frecuente que en rocas alteradas intensamente cuya textura original ha sido completamente obliterada, se preserven cristales de cuarzo primarios.

La característica esencial de la alteración hidrotermal es la conversión de un conjunto mineral inicial en una nueva asociación de minerales más estable bajo las condiciones hidrotermales de temperatura, presión y sobre todo de composición de fluidos. La textura original de la roca puede ser modificada ligeramente o completamente obliterada por la alteración hidrotermal.

La acción de los fluidos hidrotermales sobre la roca es por infiltración y/o difusión de elementos químicos (Rose A.W. y Burt, 1979). La circulación hidrotermal y la alteración relacionada, generalmente envuelve grandes cantidades de fluidos que pasan a través de un volumen de roca, especialmente se tiene una considerable permeabilidad en forma de fracturas o espacios porosos conectados.

La alteración hidrotermal es un tipo de metamorfismo que involucra la re cristalización de la roca a nuevos minerales más estables bajo las condiciones hidrotermales. La característica distintiva de la alteración hidrotermal es la importancia del fluido hidrotermal en transferir constituyentes y calor. En efecto, la alteración hidrotermal involucra la circulación de volúmenes relativamente grandes de fluidos calientes atravesando las rocas permeables debido a la presencia de fisuras o poros interconectados. El fluido tiende a estar considerablemente fuera de equilibrio termodinámico con las rocas adyacentes y esto genera las modificaciones en la composición mineralógica original de las rocas, puesto que componentes en solución y minerales sólidos se intercambian para lograr un equilibrio termodinámico (Maksaev V., 2001).

2.7.1. FACTORES QUE CONTROLAN A LA ALTERACIÓN HIDROTHERMAL DE LAS ROCAS

- I. **Temperatura** y la diferencia de temperatura (Δt°) entre la roca y el fluido que la invade: mientras más caliente el fluido mayor será el efecto sobre la mineralogía original.
- II. **Composición del fluido**; sobre todo el **pH** del fluido hidrotermal: mientras más bajo el pH (fluido más ácido) mayor será el efecto sobre los minerales originales.
- III. **Permeabilidad** de la roca: Una roca compacta y sin permeabilidad no podrá ser invadida por fluidos hidrotermales para causar efectos de alteración. Sin embargo, los fluidos pueden producir fracturamiento hidráulico de las rocas o disolución de minerales generando permeabilidad secundaria en ellas.
- IV. **Duración de la interacción agua/roca** y variaciones de la razón agua/roca. Mientras mayor volumen de aguas calientes circulen por las rocas y por mayor tiempo, las modificaciones mineralógicas serán más completas.
- V. **Composición de la roca**; la proporción de minerales: es relevante para grados menos intensos de alteración, dado que los distintos minerales tienen distinta susceptibilidad a ser alterados, pero en alteraciones intensas la mineralogía resultante es esencialmente independiente del tipo de roca original.
- VI. **Presión**: este es un efecto indirecto, pero controla procesos secundarios como la profundidad de ebullición de fluidos, fracturamiento hidráulico (generación de brechas hidrotermales) y erupción o explosiones hidrotermales.

La alteración hidrotermal en nuestro caso sirve como guía del mineral para indicar el carácter de las soluciones asociadas de los minerales secundarios. Las conversiones de un ensamble de minerales primarios a otro más estable apropiado a las condiciones de temperatura, presión y composición de los fluidos hidrotermales. La alteración

hidrotermal puede ocurrir antes, durante o después de la deposición de los minerales metálicos.

2.7.2. TIPOS DE ALTERACIONES HDROTERMALES

Los principales tipos de alteración son las siguientes:

- a) **Alteración Potásica.**- Esta alteración es caracterizada por la presencia de feldespato potásico y/o biotita secundaria (anhidrita también puede estar presente). En términos fisicoquímicos esta alteración se desarrolla en presencia de soluciones casi neutras y a altas temperaturas (400°-600°C).

Abunda el feldespato potásico (ortoclasa en pórfido cuprífero, adularia en epitermales), también biotitas; y las asociaciones mineralógicas características que se encuentra en la zona de alteración potásica son: Ortoclasa, Biotita, cuarzo (albita, sericita, anhidrita y apatito).

- b) **Alteración Propilítica.**- Caracterizada por la presencia de clorita, epidota, calcita, y plagioclasas albitizadas. Generada por soluciones casi neutras en un rango variable de temperaturas.

Consiste en la formación de minerales de calcio y magnesio preferentemente, por un reordenamiento de componentes de la roca. Es la alteración de más bajo grado de intensidad, localizada en el sistema hidrotermal y que grada hacia la roca inalterada. Las asociaciones mineralógicas características de esta alteración es: Clorita, epidota, calcita (apatito, anhidrita, ankerita, hematita).

- c) **Alteración fílica.**- También denominada cuarzo-sericítica o simplemente sericítica: caracterizada por el desarrollo de sericita y cuarzo secundario. Es el resultado de una hidrólisis moderada a fuerte de los feldespatos, en un rango de temperatura de 300-400°C.

En este tipo de alteración hidrotermal se produce una lixiviación intensa de: Calcio, magnesio, exceso de potasio. La mineralogía característica de esta alteración es: Sericita, cuarzo y pirita.

- d) Alteración Argílica avanzada.-** Caracterizada por la destrucción total de feldspatos en condiciones de una hidrólisis muy fuerte, dando lugar a la formación de caolinita y/o alunita.

En este caso la lixiviación de cationes ha sido prácticamente transformándose los minerales en silicatos de aluminio. Las asociaciones mineralógicas características de este tipo de alteración es: Caolinita, alunita, (sericita, pirofilita).

La sericita puede permanecer estable a las condiciones de pH en las que se forma la alteración argílica avanzada; la alunita se forma en condiciones especiales de pH y alta oxidación.

- e) Silicificación.-** caracterizada por la destrucción total de la mineralogía original. La roca queda convertida en una masa sílicea. Representa el mayor grado de hidrólisis posible. Los rellenos hidrotermales de espacios abiertos por cuarzo “no son” una silicificación.

En consecuencia involucra un aumento de sílice, con el desarrollo de cuarzo secundario, jaspe, calcedonia, chert, ópalo u otras variedades síliceas en las rocas de caja de depósitos epigénicos. La química de esta alteración es variada y depende esencialmente del tipo de roca afectada. En materiales carbonaticos hay generalmente una mayor introducción de sílice y una gran remoción de Ca, Mg, Fe, CO₂ entre otros constituyentes. En rocas silicatadas, la sílice puede ser redistribuida entre las rocas de caja. Se asocia a la depositación de sulfuros principalmente.

- f) Cloritización.-** Es una alteración hidrotermal de los minerales ferro magnesianos y otros minerales, transformándose en cloritas.

Es uno de los tipos más comunes de alteración en la zona de estudio. Puede desarrollarse por la alteración de silicatos félicos, con la introducción de agua y la remoción de algo de sílice. En otros casos Mg, Fe, Al y algo de SiO_2 son aportados hacia la roca de caja, conformando un material rico en clorita.

Este grupo mineral puede presentarse solo o bien acompañado por sericita, turmalina y cuarzo, además de pequeñas cantidades de epidota, albita y carbonatos. La clorita tiene composiciones variables a diferentes distancias de los cuerpos de sulfuros, así el contenido en Fe es generalmente mayor en las proximidades de la mineralización. Los sulfuros asociados son pirita y pirrotina. Esta alteración está relacionada con la propilitización.

- g) **Dolomitización.-** Consiste en el proceso de transformación de las rocas calcáreas en dolomitas debido a la circulación de aguas cargadas de sales magnesianas.

La dolomita hidrotermal ocurre en condiciones de sepultamiento a temperaturas elevadas y presiones por fluidos (salmueras) que son de temperaturas y presiones mayores que las del ambiente de la roca encajonante. Esta dolomita se emplaza en la periferia o a lo largo de fallas o sistemas de fracturas (Davies y Smith, 2006).

La dolomitización hidrotermal es controlada por las estructuras y forma cuerpos reemplazados que son generalmente tabulares o siguiendo planos de estratificación y fallas. Aunque el principal control es hidrotermal, la facies y diagénesis temprana son importantes controles para las fábricas y texturas de reemplazamiento así como el volumen y tipo de porosidad.

- h) **Alteración de Skarn.-** Consiste en el desarrollo de silicatos de Ca, Mg, Mn, Fe (wollastonita, granate, olivinos, piroxenas, uralita, escapolita, anfíboles), cuarzo y magnetita en calizas, dolomías, pizarras y esquistos calcáreos. El depósito mineral puede o no estar asociado con este proceso. Esta alteración puede ser esencialmente iso química con remoción de CO_2 y otras veces incluye la introducción de sílice, Mg, Fe y volátiles (F, Cl, B y H_2O), con una extensa pérdida de CO_2 .

En algunos depósitos asociados con skarn, la introducción de sulfuros, scheelita y óxidos parece haber tenido lugar simultáneamente con la formación de los principales minerales de skarn. En otros yacimientos en cambio sería posterior y en este caso el skarn se altera, observándose el reemplazo de piroxena por tremolita y actinolita y desarrollo de cuarzo, epidota, calcita y clorita.

En estos yacimientos de contacto numerosos sulfuros pueden estar presentes, con excepción de aquellos grupos que observan una relación elevada de azufre/metal.

La pirita, calcopirita, a veces la pirrotina y la hematita o magnetita son comunes en la porción completamente silicatada de la zona de contacto, mientras que la blenda y galena se extienden dentro de las calizas, más allá del frente principal de silicatación.

2.8. PARAGÉNESIS Y ZONEAMIENTO

Un fluido mineralizador cambia gradualmente su composición mientras migra desde su fuente ya que reacciona con las rocas, cambiando su composición química, pH y otras propiedades; migra a sectores de menor presión y pierde calor al entrar en contacto con rocas más frías. Al ocurrir estos cambios físicos y químicos, los minerales de mena y ganga se aproximan a sus respectivas constantes de equilibrio y son depositados en cierta secuencia. Esta depositación secuencial provee un registro detallado de la evolución en tiempo y espacio de una solución mineralizadora.

El orden cronológico de depositación mineral se conoce como la **secuencia para genética** o **paragénesis** de un depósito mineral, mientras que la distribución espacial se conoce como **zonación**.

2.8.1. SECUENCIA PARA GENÉTICA O PARAGÉNESIS

La paragénesis es la secuencia deposicional mineral en el tiempo (orden de cristalización de los minerales). A esta orden de deposición de los minerales se les denomina secuencia para genética.

Este orden cronológico se determina principalmente en base a estudios microscópicos con luz reflejada de secciones pulidas, utilizando los criterios texturales mencionados en

la sección precedente, pero la relación entre distintas venillas constituyen también antecedentes valiosos al respecto (Maksaev V., 2002).

En consecuencia, el estudio de la paragénesis se realiza por medio de las texturas y estructuras. Diferentes estudios han llevado a confirmar una secuencia general de deposición en los depósitos minerales, basada en el rango de estabilidad de los minerales, que es una constante para la mayoría de los depósitos minerales.

Los patrones de zonación corresponden a cambios mineralógicos tanto en la vertical, como en la horizontal en áreas mineralizadas. Las zonas pueden ser definidas por diferencias en los elementos metálicos y contenido de elementos trazas, diferencias en el contenido de azufre o incluso en sutiles diferencias entre razones entre ciertos elementos. Cualquiera que sea la relación que se use para definir las zonas, la zonación y la paragénesis son co-genéticas, sólo son dos aspectos del mismo fenómeno de formación de depósitos minerales.

Las soluciones mineralizantes durante su recorrido cambian de composición gradualmente, formando diferentes minerales a lo largo de una zona de deposición de las soluciones hidrotermales. Un mineral puede depositarse bajo ciertas condiciones en un determinado lugar, y otro ocurre en otro lugar en diferentes soluciones acuosas. La secuencia para genética rara vez es simple; algunas fisuras pueden reabrirse varias veces por la actividad tectónica, permitiendo que la mineralización ocurra en la fisura, con soluciones hidrotermales de composición cambiante con el tiempo, estas soluciones dan lugar a la precipitación de una mineralogía variable.

Los depósitos hidrotermales presentan una paragénesis generalizada. Las soluciones hidrotermales depositan primero los óxidos, posterior los sulfuros y arseniuros, cobalto y molibdeno. En la parte intermedia de la secuencia para genética se depositan los sulfuros de Zinc, Plomo, Plata, Cobre. Tardíamente ocurren los metales nativos y los telurios; finalmente se depositan los sulfuros de Antimonio y Mercurio. Este orden de mineralización por lo general, está en relación directa a la temperatura de deposición; es decir a mayor temperatura se depositaron los primeros minerales, a menor temperatura se depositaron los minerales de última deposición, por último a temperatura ambiental se formaron los minerales por proceso supérgeno.

Una determinación cuidadosa de la secuencia para genética de los yacimientos en el Perú se aplica en el zoneamiento local de las estructuras mineralizadas, a la cual pertenecen las muestras estudiadas. Además, correlacionando la secuencia para genética de varias estructuras mineralizadas, se obtiene la secuencia para genética de uno o varios yacimientos, esto permite luego tener la secuencia para genética de un distrito minero (Tumialán P. H., 2003).

Finalmente, observando el diagrama de la secuencia para genética se puede predecir qué mineral se tendrá en el fondo mineralógico y qué minerales cristalizarán a menor y a mayor temperatura del fondo mineralógico (Tumialán P. H., 2003).

2.8.2. ZONEAMIENTO

El zoneamiento o zonación es la distribución espacial de los minerales según las condiciones de temperatura, presión y rasgos geológicos durante la deposición de los minerales. Este zoneamiento se observa a diferentes escalas (Tumialán P. H., 2003).

La zonación es consecuentemente cualquier patrón regular en la distribución de minerales o elementos en el espacio en yacimientos minerales, el cual puede manifestarse a nivel de depósito individual (zonación de depósito mineral), en un distrito minero (zonación distrital) o en una región más grande (zonación regional). Las zonaciones mineralógicas reflejan las distintas condiciones físico-químicas existentes en distintos sectores de un sistema hidrotermal, pero puede darse el caso de traslapes de zonas con asociaciones minerales que reflejan por ejemplo distintas condiciones de presión y temperatura. En estos casos se dice que el depósito es telescópico (del inglés "telescoped"). Estos traslapes o zonas de superposición de distintas condiciones hidrotermales pueden resultar de procesos de denudación o remoción en masa, los que eventualmente pueden exponer zonas profundas a condiciones cercanas a la superficie (Maksaev V., 2002).

En la delimitación de cuerpos de mena de interés económico los cambios zonales a menudo son buenos indicadores si el mineral tendrá mayor extensión o se cerrará durante la exploración avanzada y esto constituye una aplicación práctica de la zonación a nivel de un cuerpo mineral individual. Por su parte, el zoneamiento a nivel distrital puede permitir orientar la exploración hacia áreas superficiales o a determinadas

profundidades en las que es esperable encontrar determinada asociación mineral o de metales.

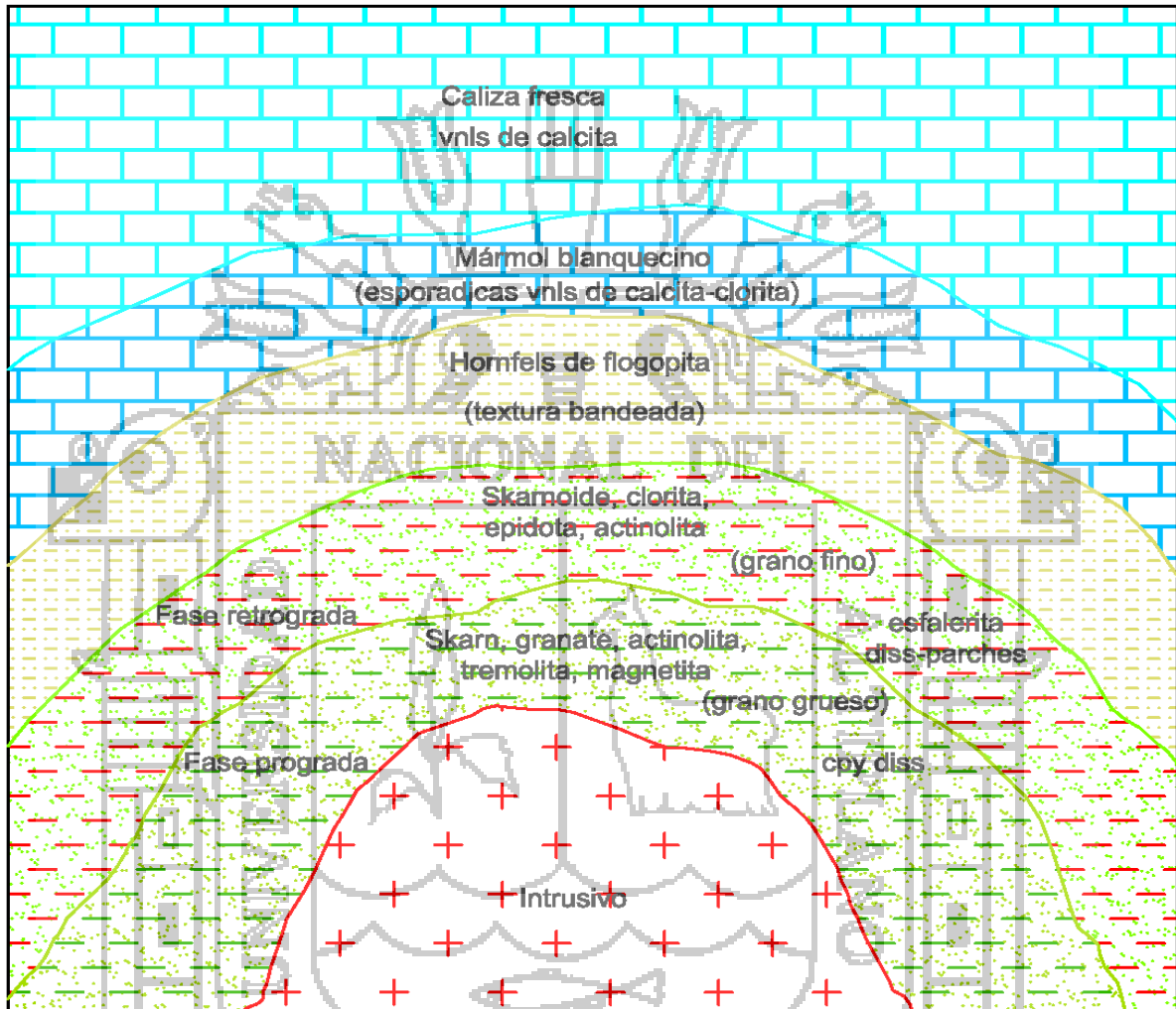


Figura N° 01: Esquema generalizado de zoneamiento de alteración y mineralización, Mina Tinyag. (Fuente: Elaboración propia).

2.9. SKARN

Se entiende por skarn a rocas que contienen minerales calcosilicados, tales como diópsido, wollastonita, granates, actinolita, Tremolita. Estas comúnmente ocurren en aureolas metamórficas de contacto o en contacto con plutones que intruyen secuencias calcáreas.

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 plana (estratificación, diaclasas, fallas, etc.).

Los cuerpos de mena pueden terminar abruptamente con cambios en la estructura.

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, dolomías). Estas últimas rocas formadas por calcita o dolomita (CaCO_3 y $\text{CaMg}(\text{CO}_3)_2$), se convierten en mármoles, rocas córneas calcosilicatadas (hornfels) y/o skarns por el efecto del metamorfismo de contacto.

Los depósitos Skarn son una gran fuente de tungsteno, cobre, 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.

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.

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. (Einaudi, M.T., Meinert, 1981).

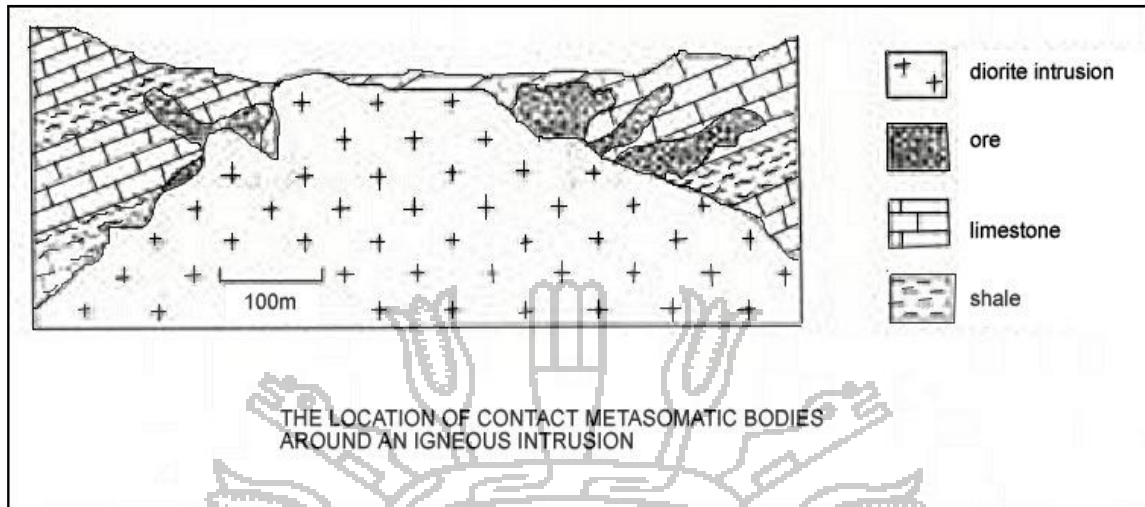


Figura N° 02: Depósitos de tipo SKARN generalizado. (Fuente: Meinert, 1981).

- a) **Skarn distal.**- Se considera skarn distal, cuando están alejados de fuentes magmáticas y están compuestas generalmente por anfíboles (actinolita, tremolita, etc.).
- b) **Skarn proximal.**- Generalmente se consideran skarn proximal, cuando se encuentran en contacto con rocas intrusivas y están compuestas por piroxenos y granates.

2.9.1. METASOMATISMO DE INFILTRACION

En la formación de skarn de dicho proceso se muestra que los componentes químicos se movieron y por ende su formación fue a gran distancia de un plutón y básicamente están relacionados los skarn distal.

2.9.2. METASOMATISMO DE DIFUSION

Se forman cercanos a una fuente magmática en donde básicamente están relacionados los skarn proximal, (transporte por difusión de especies químicas a través de fluidos estancados en los poros de las rocas), Barnes, (1967).

2.10. SKARNOIDE

Skarnoide es un término descriptivo para rocas calco silicatadas que son relativamente de textura de grano fino, pobres en hierro y que reflejan, al menos en parte, el control de la composición del protolito (Korzkinskii, 1948; Zharikov, 1970).

Genéticamente, el término skarnoide es intermedio entre un punto de vista puramente hornfels metamórfico y un punto de vista puramente metasomático.

2.11. ROCAS CORNEAS-HORNFELS

Hornfels es un término descriptivo que se utiliza a menudo para describir rocas silicatadas de relativamente grano fino que son el resultado del metamorfismo de carbonato impuro, unidades tales como caliza o limo bituminoso y/o rocas de grano fino. Las reacciones skarns puede formarse a partir de metamorfismo iso químico finamente intercalado de unidades bituminosas y carbonato metasomático en que la transferencia de componentes entre litologías adyacentes pueden ocurrir a pequeña escala (tal vez centímetros).

2.12. SONDAJE DIAMANTINO

La perforación diamantina es perforación rotativa, la función principal es recuperar la muestra de la roca en forma cilíndrica, es mediante la fricción (producida por la herramienta diseñada para ese fin que es la broca), por efecto de dos fuerzas combinadas: torque de rotación más presión de empuje.

El calor es producido por la fricción de la broca con la roca. El calor generalmente no sobrepasa los límites que pueden causar daño a la broca, en las perforaciones de mayores envergaduras como son la perforaciones diamantinas (donde los taladros pueden alcanzar profundidades de 500, 1000, 1500 m o más), estos y otros efectos se controlan con la circulación de los fluidos de perforación que además de enfriar el calor de la fricción y retirar los testigos o detritos de perforación, cumplen también con otras

funciones como la lubricación, estabilización del pozo, control de la vibración, torque, etc. problemas que acarrearán las perforaciones a grandes profundidades.

A esto debemos añadir que la perforación diamantina no consiste simplemente en hacer el pozo si no en recuperar los testigos o formaciones al máximo posible. Esto se logra gracias a que las brocas tienen una forma cilíndrica con un área en el interior que no es perforada y el cual es recuperado a través de los tubos interiores especialmente diseñados para este propósito, junto a las demás herramientas que soportan el sistema. En la actualidad esta tarea se hace con el sistema Wire Line, el cual la función principal es recuperar el testigo a diferentes profundidades.

Es sobre este proceso que se ha desarrollado toda una industria de equipos, maquinarias y herramientas, en las más variadas configuraciones que obedecen a diferentes necesidades y objetivos de perforación desde que por primeras veces el hombre empezó a dominar el arte de la perforación rotatoria, percusión o empleando ambas técnicas.

En ese sentido se ha convertido en uno de los sistemas de sondaje de mayor preferencia en la minería. Esto ha dado lugar al desarrollo actual de toda una industria en continuo crecimiento.

El principio de la perforación diamantina se basa en la erosión o el desgaste de las formaciones geológicas o rocas por fricción, como efecto inmediato de la rotación y presión de empuje a la que es sometida la broca o corona diamantada contra la roca. Estas fuerzas provocan la abrasión o trituración de las formaciones en partículas minúsculas llamadas recortes o detritus, los cuales son removidos con los fluidos de perforación.

Las brocas diamantadas están diseñadas en forma cilíndrica con un área en el interior que no entra en contacto con el diámetro frontal de la corona y es la parte de la roca que ingresa al tubo interior saca testigos especialmente diseñada para capturar éste núcleo como muestra o testigo de las formaciones geológicas, propósitos del estudio.

La captura de estos testigos en el mayor porcentaje posible (recuperación), aunado a la velocidad de su obtención; son los propósitos a la orden del día, la misma que motiva las innovaciones en materia de tecnología tanto en lo referente a las herramientas como

las brocas, escariadores, tubos interiores, etc. como a los equipos principales y auxiliares.

Es así que nos encontramos con diferentes equipos y empresas cada una de ellas equipadas con sus propias particularidades que las hace distinta una de la otra. Entre los tipos de equipos más usados en la industria podemos clasificarlos según sus características generales como:

- **Portátiles.-** Estos equipos tienen la ventaja de llegar a donde otros equipos no pueden, al menos no, sobre los hombros de un equipo de personas; lo cual lo convierte en los equipos ideales para llegar a las plataformas de perforación más inaccesibles para las unidades motorizadas.

Trabajan con herramientas y accesorios ligeros de menores diámetros que los tradicionales HQ y NQ (NTW, BTW) pueden alcanzar profundidades entre 200 y 400 m con NTW y entre los 400 y 600 m con BTW.

- **Livianas.-** Dentro de esta gama de equipos tenemos aquellas máquinas que pueden tanto montarse sobre patines, sobre un camión u orugas, y algunos diseñados para desmontarlas de una forma rápida para su movilización con helicóptero. (“helitransportables”) y que pueden alcanzar profundidades en promedio de entre 200 y 500 m de profundidad con HQ y 500 a 800 m con NQ, eventualmente se usa también el diámetro BQ para mayores profundidades o dependiendo de las condiciones del terreno.
- **Medianas.-** Podemos considerar a los equipos que pueden superar estas profundidades con un mejor desempeño que las livianas.
- **Pesados.-** Son los equipos de gran potencia, con capacidades de perforación de mayor diámetro como el PQ. (Muchos equipos medianos también pueden hacerlo, pero con muchas maniobras y demoras al no estar preparadas para ese diámetro en especial). Estos equipos tienen capacidades de perforación superiores a los 1000 m en algunos casos pueden hacer pozos de más de 2000 m de profundidad.

Para la ejecución de las perforaciones diamantinas con recuperación de muestras se debe de cortar con los siguientes equipos, materiales y/o herramientas:

a) Barras de perforación:

- Línea PQ con diámetro aproximado ± 115 mm.
- Línea HQ con diámetro aproximado ± 100 mm.
- Línea NQ con diámetro aproximado ± 85 mm.
- Línea BQ con diámetro aproximado ± 65 mm.
- Línea AQ con diámetro aproximado ± 50 mm.

b) Barras de revestimiento (Casting):

- Línea PW con diámetro aproximado ± 125 mm.
- Línea HW con diámetro aproximado $\pm 4\frac{1}{2}$ ".
- Línea NW con diámetro aproximado ± 3 ".
- Línea BW con diámetro aproximado ± 2 ".
- Línea AW con diámetro aproximado $\pm 1\frac{1}{2}$ ".

c) Brocas de perforación

Las brocas se usan de diferentes dimensiones, de acuerdo al testigo que se quiere extraer de los taladros, se perforan con brocas de diferentes series de acuerdo al comportamiento y dureza de las rocas. Aquí se considera un stock de brocas, zapatas, escareadores diamantados de diferente dureza, diámetro y diseño según el tipo de suelo y roca por atravesar.

d) Testigos de perforación

Los testigos de recuperación de las rocas son de diferentes dimensiones, sus diámetros son variables, las medidas con las que se perforan generalmente son de HQ, NQ, estas medidas se usan de acuerdo a la profundidad en que se encuentran y al tipo de terreno, aunque las medidas más grandes son mucho mejor para la

descripción del logueo geológico, puesto que se reconocen más fácilmente la litología, estructuras, minerales, etc.

Además, se debe considerar: Saca muestras (Core Barrel), Canaletas porta testigos, caja porta testigos.

- e) **Bomba impulsadora de agua**, y otras herramientas para las operaciones de izaje de la torre de perforación, varillado, acople y desacople de las líneas de revestimiento y perforación.

2.13. LOGUEO GEOLÓGICO DE SONDAJES DIAMANTINOS

El logueo geológico es un proceso en el cual se detalla toda la información que nos brinden los cores o testigos (muestras de roca en forma cilíndrica), describiendo litología, alteración, mineralización y estructuras. El proceso es visual y con la ayuda de una Lupa, 20x y requiere todos los instrumentos para determinar y definir las rocas y contactos.

2.14. MUESTREO DE SONDAJES DIAMANTINOS

Es un proceso en el cual se toma una mitad del testigo cortado el cual tiene que representar las partes iguales y los mismos contenidos de mineralización y seguir una línea de corte. En el muestreo de testigos se tienen que diferenciar las zonas mineralizadas, alteración, fallas, etc.

La exploración superficial requiere un alto nivel de precisión para las bajas concentraciones y frecuentemente están relacionados con resultados cercanos a los límites de detección analítica. Debido a que la mayoría de las muestras de exploración actualmente están por debajo de la ley del mineral.

Objetivos del muestreo.- Los objetivos de un buen Aseguramiento y Control de Calidad (QA-QC) en exploración regional superficial son:

- Prevenir el ingreso de errores a la base de datos utilizada para el modelado de recursos.
- Demostrar que los muestreos y las diferencias analíticas estén dentro del rango de variabilidad aceptable, con relación a las variaciones geológicas.
- Garantizar que la precisión de la información pueda ser confirmada dentro de los límites razonables por otros laboratorios.

Definiciones.- En el muestreo de sondajes, para llevar un control se utilizan diferentes muestras, los cuales son:

- **Duplicados:** son muestras que solo pueden obtenerse por cuarteo de muestras representativas de minerales partidos porque todo lo demás contiene un componente espacial y que son seleccionadas especialmente en zonas mineralizadas y por los geólogos.
- **Blancos:** son muestras consistentes en material desprovisto del (los) elemento(s) o producto de interés económico, o desprovisto de un contaminante que afecta el costo de un proceso o decisión, se insertan en los muestreos dentro o después de zonas mineralizadas, para poder llevar un control del laboratorio de las leyes reportadas.
- **Material de referencia estándar:** son muestras de mineral con valores ya conocidos.

CAPÍTULO III

CARACTERIZACIÓN DEL ÁREA DE INVESTIGACIÓN

3.1. UBICACIÓN Y EXTENSIÓN DEL ÁREA

El yacimiento de Iscaycruz se encuentra Ubicado en el distrito de Pachangara, provincia de Oyón, al Norte del departamento de Lima, en las cabeceras del río Huaura, a una altitud de 4700 m.s.n.m. Específicamente Tinyag III se encuentra a 4585nsnm.

Ver plano de ubicación en anexos: B. Planos (lámina N° 01).

El prospecto minero se encuentra cerca del poblado de Oyón. La mina Tinyag III se encuentra hacia el sur y dentro del yacimiento mineral (distrito minero) de Iscaycruz y pertenece a la Compañía Minera Los Quenuales S.A.

Los terrenos superficiales pertenecen a la Comunidad Campesina de Pachangara, a sus alrededores se encuentran las comunidades de Huacho, Curay, San Cristóbal de Rapaz, Secha Nava y Oyón. El prospecto en cuestión, se encuentra demarcada por las siguientes Coordenadas UTM:

CUADRO N° 01: COORDENADAS U.T.M PSAD-56

VERTICE	ESTE	NORTE
1	311 472	8 807 669
2	311 786	8 807 167
3	311 203	8 806 806
4	310 890	8 807 306

FUENTE: *Elaboración propia.*

3.2. ACCESIBILIDAD

La zona de estudio es accesible desde la ciudad de Lima, realizada en camioneta 4x4, por la siguiente vía principal:

- Por la carretera vía Lima-Huacho-Oyón—Iscaycruz.

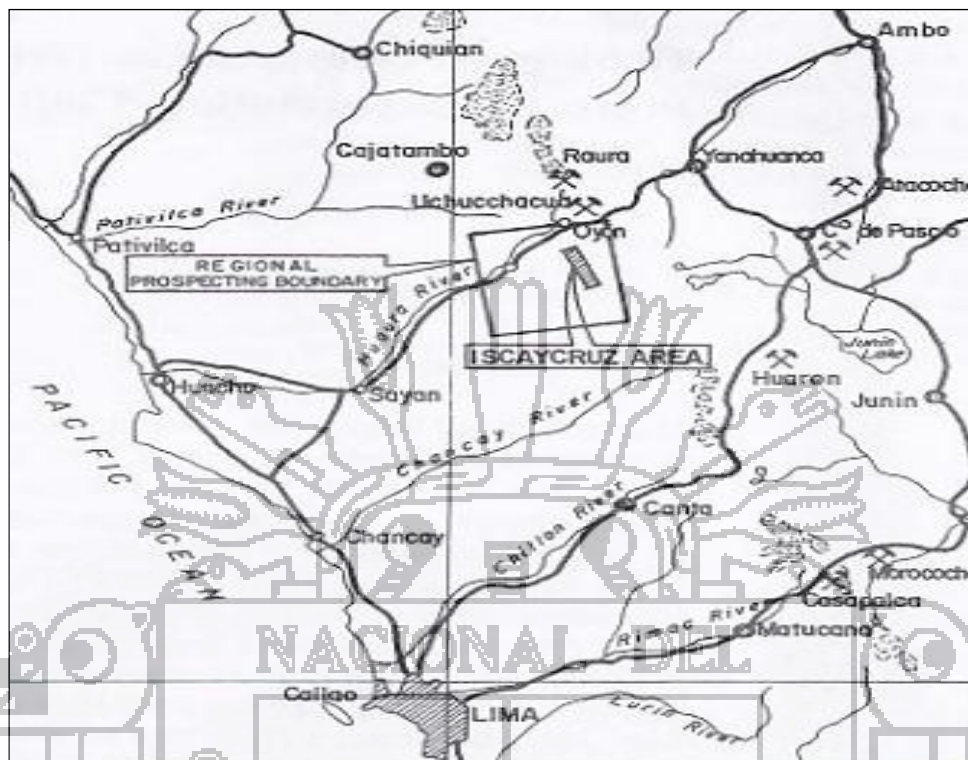


Figura N° 03: Mapa de ubicación del Yacimiento Iscaycruz (adaptado de G. Flores).

Las distancias y tipos de vías son:

CUADRO N° 02: VÍAS DE ACCESO

TRAMO	DIST. (Km)	TIPO DE VIA	TIEMPO
Lima – Huacho	180	Asfaltada	2 Horas
Huacho – Oyón	170	Afirmada	2.5 Horas
Oyón-Iscaycruz	20	Trocha carrozable	0.5 Hora
TOTAL	370	-----	5 Horas

FUENTE: Elaboración propia.

3.3. CLIMA Y VEGETACIÓN

3.3.1. CLIMA

El área está situada en el flanco oeste de la cordillera occidental andina, en las zonas altas de la cuenca del río Huaura; entre una altitud de 4500 y 5000 msnm.

El clima es típico de la zona puna (hostil, frígido, árido y seco), con un ambiente periglaciario andino y con temperaturas que oscilan entre los 20° C en el día y -10° en la noche, según datos registrados de SENAMHI. Durante el año solo se presentan dos estaciones, una estación seca de mayo a setiembre y otra estación lluviosa de octubre a abril; la lluvia y nevada (con bastante neblina y humedad) se incrementan en los meses de enero a marzo.

3.3.2. VEGETACIÓN

La vegetación comprende de Calamagrostis SP. (Pastos), Calamagrostis ovata (Ichu pasto), Stipa ichu (paja brava), Azorella Compacta (Yareta), variedad de arbustos y algunas especies de musgos características de esta región. No existen áreas de cultivo debido a las bajas temperaturas del lugar, pero aún así la población se dedica a la actividad minera, ganadera (crianza de alpacas) y el comercio.

3.4. GEOMORFOLOGÍA LOCAL

La geomorfología en el área es típica de un modelamiento glaciar, en cuyos remanentes de la antigua actividad se observa depósitos morrénicos en ambos flancos de los cauces o escorrentías naturales de las lagunas.

Localmente la zona de estudio muestra cierta madurez geomorfológica, mostrando áreas de colinas altas, medias y bajas, superficies montañosas de pendientes fuertes a moderadas y están cubiertas por pastos naturales (ichu), también se encuentran zonas llanas y/o terrazas en las partes bajas, y se observan valles jóvenes generados por aguas de escorrentía que erosionan con mayor intensidad a las rocas meteorizadas o aprovechan la dirección de las estructuras geológicas (fallas). No existe un vulcanismo activo, la actividad sísmica no es relevante. La acción antrópica afecta poco a los procesos morfo dinámicos (ver fotografías en anexos A: panel fotográfico).

En forma local, las **unidades geomorfológicas** que más destacan en la zona de estudio son las siguientes:

- **Valles** de variada profundidad y es una de las unidades muy importantes de la zona, ya que esta unidad está permanentemente en contacto con los agentes erosivos y acción geodinámica externa, hace su presencia en las quebradas y en las partes altas es muy activa, en donde se observa fuerte desintegración de las laderas de los valles, son de forma “U” y “V”.
- **Conos aluviales** que se encuentran en diferentes partes y en cercanías del proyecto, son de diferentes tamaños y son provocados por el cambio de pendiente, están conformados generalmente por material arcilloso, limos, arenas y cantos rodados de forma angulosa a sub angulosa y de composición polimíctica.
- **Laderas y Lomadas** que se encuentra aflorando a los alrededores de todo el proyecto, con altura variable, presentan superficies bastante intemperizadas (alteración química y física).
- Además destacan las Colinas, Superficies montañosos y algunas terrazas.

3.5. GEOLOGÍA LOCAL DEL YACIMIENTO

Iscaycruz pertenece a la cuenca sedimentaria cretácea, situados estructuralmente en una zona de pliegues y sobreescurrecimientos.

Las rocas sedimentarias han sufrido intensos movimientos estructurales como consecuencia de la orogénesis andina, formando plegamientos de rumbo NNO-SSE.

Los anticlinales y sinclinales se presentan con intervalos de 2 a 3 km; en algunos casos locales hasta intervalos de 10 m.

Las rocas sedimentarias del cretácico inferior a superior que afloran en la región, de la más antigua a la más reciente son: formación Oyón, Chimú, Santa, Carhuaz, Farrat, Pariahuanca, Chulec, Pariatambo, y Jumasha; que ya han sido descritas en el capítulo anterior.

A lo largo de la formación Santa en una longitud de 12 Km se observa manifestaciones de mineralización, expuestas discontinuamente, desde el norte de la cumbre de Iscaycruz y hacia el sur Antapampa. Existen algunas diferencias entre las ocurrencias de la mineralización en superficie.

En la cumbre de Iscaycruz hasta Quellaycocha, hay un gossan masivo de color negro a marrón oscuro compuesto principalmente de cuarzo y limonita con cristales menores de goetita y hematita; hay también pequeños cuerpos de pirita masiva.

En la cumbre de Huanda (parte central de Limpe) se observan capas de gossan con esfalerita oxidada, algo de galena y calcopirita, además al sur de la cumbre de Huanda se observa pirita compacta masiva de grano fino.

En el área de Tinyag III se encuentran minerales de alteración de skarn como actinolita, granate, epidota y magnetita, reconocidos mediante sondajes, puesto que se encuentra debajo de la relavera de la mina, además de una franja de fuerte alteración hidrotermal con presencia de cuarzo y hematita que se encuentra hacia el Sur de Tinyag III.

En la zona de Antapampa (área Sur), se observa galena y esfalerita en forma diseminada en una masa de siderita mangánifera, óxidos de fierro y cuarzo.

La mina Chupa es un depósito metasomático de contacto en skarn, emplazado en las calizas de la Fm. Pariahuanca con mineralización económica de zinc, en superficie se puede observar una fuerte oxidación con presencia de limonitas y hematitas.

La mineralización ocurrida a lo largo de la formación Santa se presenta en concentraciones de minerales de mena esporádica. Sin embargo se puede observar una zonación regional de minerales de mena. En el norte de la cumbre de Cunsha Punta, la cual está más cerca al centro de la actividad ígnea ácida, los depósitos de skarn están presentes (Chupa y Tinyag) conteniendo calcopirita, esfalerita magnetita, pirita y pirrotita. Los flancos norte y sur de esta zona mineralizada al rededor de la cumbre de Limpe y al este de la cumbre de Cunsha Punta se formaron cuerpos de sulfuros masivos. En las zonas externas tales como Antapampa la galena y la esfalerita están diseminadas en la masa de siderita mangánifera.

Esta variación lateral en la mineralización y en el tipo de los minerales de mena se considera ser el resultado de una serie de soluciones mineralizantes que provienen del centro ígneo ácido.

Ver el Plano Geológico Local al nivel 4350 y 4430 a escala 1:1000 y su correspondiente sección (tres secciones transversales) en anexos: B. Planos (láminas N° 8 y 9).

3.5.1. FORMACIÓN CHIMÚ

Litológicamente la formación consiste de una ortocuarcita de grano medio, de textura masiva, color blanquecino. En la zona específicamente aflora una serie de cuarcitas intercaladas con areniscas cuarzosas sacaroideas subyacentes a delgadas capas grises de arenisca. Se presenta en bancos de hasta tres metros de potencia, fracturada y diaclasada, por su naturaleza constituye la parte escarpada de los cerros.

Con la perforación de sondajes se determinó que las primeras capas de la cuarcita se encuentra afectada por una alteración de tipo oxidación que rellenan las fracturas de la roca, básicamente de goetita y hematita, intercalada con capas delgadas de margas de color pardo amarillento.

3.5.2. FORMACIÓN SANTA

Dentro de la zona de estudio la formación Santa está constituida de calizas gris azuladas con estratificación delgada y horizontes de calizas arcillosas y dolomíticas con presencia de nódulos de chert.

En el área de Tinyag III del yacimiento de Iscay Cruz, la formación Santa se ubica longitudinalmente en la parte central y es importante por el emplazamiento de Cuerpos mineralizados de reemplazamiento, tiene una potencia de 40 a 80 metros. En esta unidad es la que se encuentra la estructura mineralizada.

La mineralización es principalmente estrato ligada; la cual está principalmente hospedada en una secuencia de rocas sedimentarias detríticas y carbonatadas de la

Formación Santa del Cretácico Inferior, las cuales fueron depositadas en un ambiente sedimentario de marea.

La Formación Santa está compuesta por una secuencia interestratificada de calizas micríticas, calizas fosilíferas, lutitas, calcarenitas, limolitas, areniscas y capas de chert que han sido parcialmente reemplazadas por mineralización de sulfuros. Las variaciones de facies dentro de la secuencia de la Formación Santa son comunes y ellas pueden ser inferidas por las cantidades variables de material siliciclástico dentro de las rocas carbonatadas. Estas variaciones de facies podrían explicar la distribución irregular de la alteración dentro del área de la mina. Por ejemplo, la cloritización está principalmente hospedada dentro de las unidades ricas en material siliciclástico, mientras que la dolomitización está más intensamente desarrollada en las unidades carbonatadas menos puras. La dolomitización a escala distrital es anterior a la mineralización en Iscaycruz. La dolomitización fue un proceso importante porque aumentó significativamente la porosidad y permeabilidad de las rocas hospedantes. Sin embargo, los detalles específicos acerca del proceso de su formación aun son inciertos.

Específicamente en Tinyag III, la Formación Santa consiste de calizas de tonalidad grises a pardas, moderada porosidad, reemplazada por delgadas capas de sulfuros masivos de pirita asociada con cuarzo, capas de especularita cristalizada, magnetita masiva, con unidades de mármol blanquecino con venillas de clorita, además reemplazada por una alteración de tipo Skarn con un ensamble de granate de tipo andradita-grosularia asociada con actinolita acicular asociadas con calcopirita diseminada básicamente, y niveles de skarnoides de clorita y epidota con presencia de actinolita acicular de grano fino, asociadas con esfalerita marrón (marmatita) diseminada en la matriz.

3.5.3. FORMACIÓN CARHUAZ

En el área de estudio, esta formación está constituida de lutitas y areniscas abigarradas de color verde, rojas y amarillentas, localmente presenta una potencia de 600 metros. En

la zona de Iscaycruz se localiza en la parte central y al Oeste de la formación Santa, sobreyaciendo a esta unidad litológica.

Dicha formación corta hacia el contacto horizontes de Hornfels de clorita, epidota y flogopita marrón, bandeadas y en forma moteada con matriz fina, fractura concoidal, cortada por esporádicas venillas de piritita asociada con trazas de esfalerita marrón \pm calcopiritita.

3.5.4. ROCAS INTRUSIVAS

En las inmediaciones de la zona de estudio se han localizado un grupo de diques porfiríticos de andesita variando a dacita fueron identificados en la margen occidental del Lago Quellaycocha y al suroeste del prospecto Limpe Norte. Estos diques son de rumbo este-oeste y están débil a moderadamente alterados a epidota, clorita y calcita, compuesto de fenocristales de cuarzo y plagioclasas la cual está ubicado a 4 Km. al Norte de prospecto Tinyag III. Estos diques fueron previamente datados en este estudio por el método U-Pb en zircones, obteniéndose una edad aproximada de 13 millones de años.

Sin embargo, en el proyecto de Tinyag III no se evidenció roca intrusiva alguna, No se reconocieron rocas intrusivas dentro del área de estudio, la cual se viene perforando para definirlo en profundidad.

3.5.5. DEPÓSITOS CUATERNARIOS

En la zona de estudio, estos materiales constituyen todos los depósitos de cobertura, generalmente no consolidados y que tienen distribución irregular. Estos depósitos se han acumulado como resultado de procesos fluvio-glaciares, aluviales y bofedales.

- a) **Depósito Fluvio-glaciar.-** Están representados por material acarreado por un medio fluvial y glaciar que se deposita a manera de llanuras, presentan características de erosión fluvial producto del deshielo y generalmente está constituido por grava,

arena, limo algo consolidado con cierta estratificación, clastos sub redondeados y angulosos y que guarda relación con el proceso erosivo activado por el levantamiento andino en las diferentes etapas de glaciación.

- b) **Depósito Coluvial.**- Son Aquellos depósitos que se encuentran al pie de las escarpas, laderas prominentes como material de escombros constituido por bloques de gravas, guijarros, con clastos sub angulosos a angulosos y matriz areno-limosa que no ha sufrido transporte.
- c) **Depósito Aluvial.**- Consisten en materiales cuaternarios acumulados principalmente en los cauces de los ríos y riachuelos, constituidos por fragmentos de roca (grava, arena, limo) arrastrados y acumulados en forma de terrazas aluviales, llanuras aluviales, entre otros, generalmente sus detritos son sub redondeados a redondeados.
- d) **Depósito Bofedal.**- Las zonas de Bofedales están compuestas por material hidromórfico, fango-arcilloso con materia orgánica vegetal en proceso de turberización, en medio acuoso mal conservado y se aprecia muy claramente en la zona de estudio y alrededores.

3.6. GEOLOGÍA ESTRUCTURAL LOCAL

La zona de estudio se ubica dentro de las estructuras regionales a nivel del yacimiento, en que se tiene el sistema de plegamiento Pico Yanqui, bifurcado, constituido por el anticlinal Pico Yanqui Oeste y Pico Yanqui Este y entre ambos el sinclinal Oyón; todos ubicados al Este de Iscaycruz. Al Oeste de este sistema se tiene el sinclinal de Rapaz, el cual tiene una persistencia continua, modelado por la secuencia calcárea del cretáceo. Fallas longitudinales de tipo normal se ubican en los horizontes menos competentes, principalmente en la formación Santa. También se ha reconocido un sistema de fallas NE – SW.

Se tiene un sistema de fallas post mineral de extensión regional. En el área se emplaza a lo largo de la formación Santa, se bifurca al ingresar de Norte a Sur al yacimiento principal (Limpe Centro), uno al piso y el otro al techo estratigráfico. En profundidad afecta a la zona mineralizada, formando cuerpos de brecha mineralizados.

Por tanto, las estructuras geológicas de la zona de estudio se enmarcan dentro de las estructuras regionales que tienen un rumbo del dominio andino. Estas estructuras que se han formado en el área investigada están vinculadas al desarrollo tectónico de esta parte del país.

3.6.1. FALLA BOCAMINA SUR

Es la falla principal la cual es transversal al cuerpo mineralizado de Tinyag III y tiene un rumbo E-W, con buzamientos de 55° a 65° SW. La extensión de la mineralización de Tinyag III está limitada hacia el norte por dicha falla, pero está abierta hacia el sur continuando por debajo del tajo abierto Tinyag.



Fotografía N° 01: Falla Bocamina, (Vista mirando al E, Cuarcita de la Fm. Chimú)



Fotografía N° 02: falla que corta transversalmente a los estratos de la Fm. Chimú.

(Vista mirando al E).

3.7. EXPLORACIÓN

Los trabajos fueron desarrollados en la Mina Tinyag III, perteneciente al yacimiento minero de Iscaycruz, donde se evaluó esta zona para poder generar planos geológicos y regenerar data ya existente con validaciones en campo.

La actividad exploratoria de esta campaña solamente se ha desarrollado con la ejecución de un programa de perforación diamantina con el objetivo principal de determinar el zoneamiento de alteración y mineralización del skarn de la mina Tinyag III, relacionándolo con el intrusivo expuesto en superficie de Iscaycruz. Se han desarrollado 49 sondajes y los muestreos se han desarrollado durante el logeo correspondiente; es decir que la interpretación es a partir de estos sondajes y de la información existente de los trabajos anteriores de Iscaycruz.

No hay mayor problema en lo que se refiere a medio ambiente puesto que la perforación se realiza dentro del área de trabajo por ser la zona de conocida actividad minera. En el proyecto de Tinyag III aún no se han desarrollado laboras mineras subterráneas como

galerías, cruceros, etc.; tampoco se hizo muestreo en trincheras, solamente es a base de sondajes diamantinos como se indicó anteriormente. Las labores mencionadas sí existen en áreas vecinas como en Tinyag II, Chupa, Limpe, entre otros.

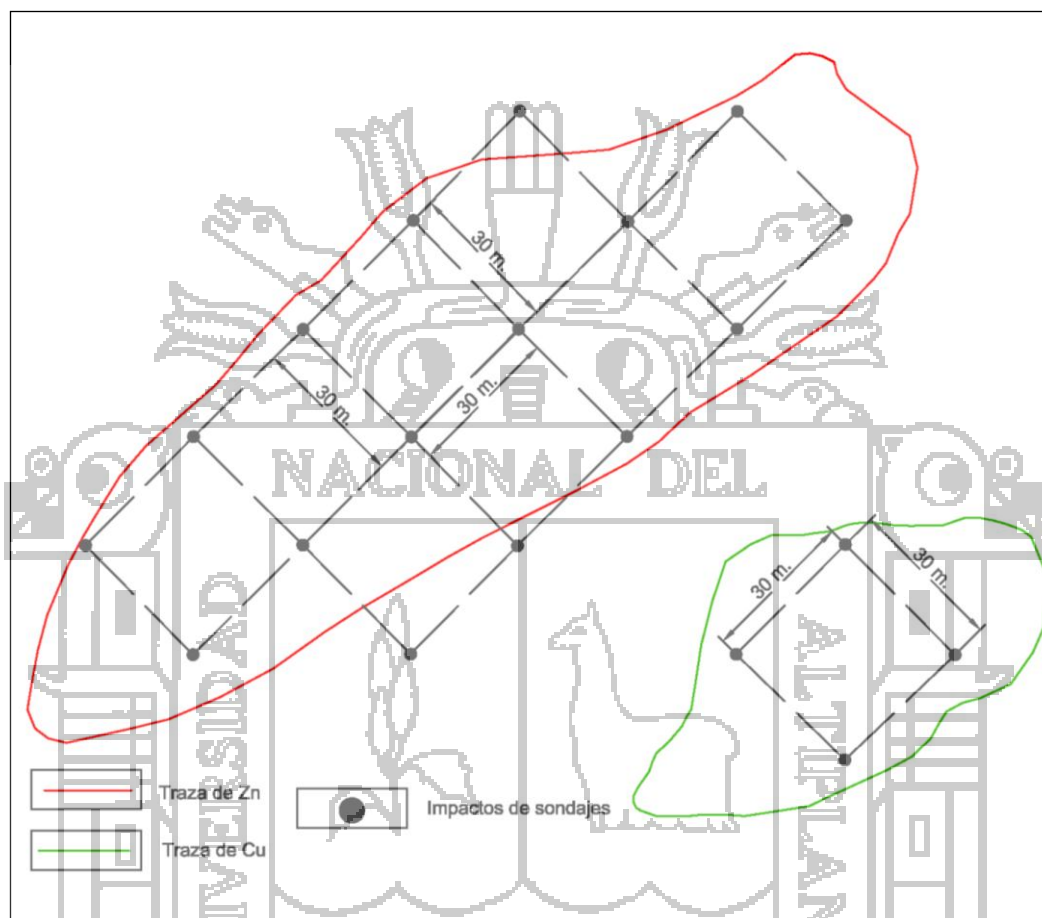


Figura N° 04: Malla de perforación de sondajes diamantinos, Mina Tinyag, (Elaboración propia).

3.8. SONDAJES DIAMANTINOS

Esta es la actividad de mayor importancia en el presente trabajo de investigación, ya que a partir de ello interpretamos y determinamos el zoneamiento de alteración y mineralización del yacimiento. En esta etapa de perforación diamantina, con la recuperación de testigos de la estructura mineralizada y logueo correspondiente, se elabora un programa de perforación diamantina transversal a las estructuras con la finalidad de interceptarlas y realizar el zoneamiento para luego evaluar. Se ubicaron las

plataformas de perforación diamantina 8m x 8m, para así definir las estructuras mineralizadas

Las perforaciones programadas en este proyecto, se basaron en estudios de reconocimiento geológico superficial y trabajos en interior mina de labores vecinas, las cuales consideraron la presencia de minerales de zinc y cobre, cuyo yacimiento se encuentra formando cuerpos tipo manto de reemplazamiento (metasomatismo hidrotermal) en las calizas de la formación Santa con un aporte hidrotermal de sulfuros primarios centrado en un skarn hidrotermal. Cabe indicar que la zona investigada es materia de intensa actividad minera, siendo así obvia su importancia desde el punto de vista económico. En la actualidad esta zona pertenece a una región que se encuentra en producción activa.

3.8.1. DESCRIPCIÓN DEL TRABAJO DE SONDAJES DIAMANTINOS

Durante la perforación diamantina se obtienen muestras del tipo testigo o core de forma cilíndrica con recuperación al 90% en la mayoría de los casos, obteniéndose con la ayuda de la barra del tubo interior “saca testigos”.

Con la perforación diamantina de rotación se generó la información de los “testigos”, finalmente se traslada a la sala de logueo ubicado en la respectiva caja porta testigos y se almacena en forma adecuada.

Otros productos constituidos por las lamas o lodos de perforación, que retornan a la superficie conteniendo agua, material fino y residuos de aditivos de perforación empleados en la operación y avance del taladro de perforación.

Los aditivos empleados son biodegradables y están constituidos básicamente por bentonita, viscosificantes, lubricantes de perforación y estabilizadores, que no generan ninguna toxicidad durante las operaciones realizadas.

Para cada taladro proyectado se considera la construcción de una plataforma de aproximadamente 64m², Sobre esta superficie nivelada se instala el equipo de perforación diamantina (ONRAM1500 y LY 38 y DDH LM 75) (foto N° 03), utilizando

tuberías de perforación de diferentes diámetros (HQ, NQ), tanques sintéticos para almacenar agua y/o recipientes denominados “tina de lodos”, para ser utilizados durante las actividades de perforación. Una caseta para almacenaje temporal de las cajas y testigos obtenidos, baño químico portátil y un área de seguridad para el personal.

Cada plataforma de perforación diamantina considera dos pozas para el manejo y control de los lodos de perforación, donde sedimentan los lodos y decanta el agua utilizada, para ser reciclada al proceso exploratorio. Cada una de las pozas tiene las siguientes dimensiones: 4m x 4m y 2m de profundidad. Sobre las excavaciones se coloca la geomembrana para atrapar mediante un proceso de sedimentación y decantación, las lamas, sólidos y restos de aditivos, productos de la perforación.

Se han ejecutado 49 sondajes diamantinos, de los cuales damos a conocer los ocho sondajes más representativos y profundos, cuyos datos se muestran en el cuadro N° 03. En el logueo de los testigos de perforación se utilizó un formato con nomenclatura orientada a características de un yacimiento metasomático hidrotermal (tipo skarn).



Fotografía N° 03: Equipo de perforación diamantina, perforando en el proyecto.

CUADRO N° 03: RESUMEN DE DATOS DE PERFORACIÓN DEL PROYECTO
TINYAG III

SONDAJE	COORDENADAS UTM*		COTA msnm	AZIMUT	INCLINACIÓN	PROFUNDIDAD m	MUESTRAS **
	ESTE	NORTE					
TINF-6940-10-01	311477.979	8807120.693	4585.026	N 206.36	-66.36	349.30	135
TINF-11-01	311519.606	8807031.31	4609.869	N 214.418	-83.17	426.30	261
TINF-11-04	311395.261	8807296.295	4585.431	N 226.26	-65.80	463.40	342
TINF-11-12	311109.415	8807025.909	4582.674	N 70.07	-47.76	574.60	298
TINF-11-13	310888.785	8806990.095	4572.263	N 85.94	-45.10	952.20	281
TINF-12-01	311400.368	8807296.673	4585.719	N 287.73	-49.46	307.40	59
TYIII-13-01	311497.262	8807445.677	4596.951	N 286.47	-36.65	468.00	74
TYIII-13-02	311496.966	8807444.522	4596.951	N 279.86	-59.45	526.70	157
* Proyección PSAD 56 zona 17 sur					TOTAL	4067.90	1607
** Muestras enviadas a Laboratorios ALS Chemex.							

FUENTE: Elaboración propia

Las características geológicas de los ocho sondajes más representativos se describen en el Capítulo IV, 4.6: Resumen geológico de sondajes diamantinos.

CAPÍTULO IV

ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS

4.1. MINERALIZACIÓN DEL YACIMIENTO

El área de estudio se encuentra en la Franja Metalogenética de Pórfidos de Cu-Mo-Au, Skarns de Pb-Zn-Cu-Ag y depósitos polimetálicos relacionados con intrusivos riódacíticos del Mioceno que sigue la orientación andina NW-SE, provincia metalogenética de Iscaycruz, con un predominio de yacimientos polimetálicos con minerales de Zinc, plomo, cobre, plata, algo de oro y molibdeno.

La zona investigada es materia de intensa actividad minera, siendo así obvia su importancia desde el punto de vista económico. En la actualidad esta zona pertenece a una región que se encuentra en producción activa.

En el depósito de Tinyag III la mineralización se encuentra en rocas con alteración de tipo skarn compuesta por granates de tipo andradita – grosularia reemplazada en las calizas de la formación Santa con un aporte hidrotermal secundario; está emplazada en forma discontinua (dentro del yacimiento de Iscaycruz) a lo largo de 12 Km desde Canaypata en su extremo norte, hasta Antapampa en el extremo sur. En la parte específica de Tinyag III, la mineralización de mena principalmente es de sulfuros primarios de zinc y cobre, identificada en los sondajes diamantinos.

La mineralización en superficie se distribuye en forma de óxidos de hierro y manganeso provenientes de sulfuros primarios, constituidos principalmente de esfalerita, marmatita y calcopirita. Entre los minerales accesorios se reconoce la pirita, siderita, calcita, cuarzo y especularita que se consideran como minerales de ganga.

Los depósitos de mineral de pirita masiva compuestos principalmente de pirita asociada con cuarzo, están ocasionalmente enriquecidos con esfalerita y calcopirita.

Los minerales del depósito tipo Skarn son: actinolita, tremolita, granate, magnetita, serpentina, clorita y epidota.

El tipo de mineralización en la zona es principalmente de **metasomatismo – hidrotermal**. Esta área de interés está centrado en un skarn hidrotermal que aflora en superficie en las áreas vecinas la que se evaluó, para ello se necesitó hacer un mapeo lito estructural y sondajes diamantinos.

La alteración metasomática se desarrolló en la caliza, caracterizada por la presencia de actinolita, tremolita, granate, magnetita, serpentina, clorita y epidota, etc. formando el Skarn. El proceso de mineralización metálica ocurrió posteriormente a la skarnización o probablemente empezó antes que cese completamente la formación del skarn, mediante un estadio hidrotermal tardío, los fluidos reemplazaron mayormente al skarn y rellenaron intersticios y fracturas, la mineralización de zinc se encuentra en cuerpos masivos, en diseminados, en manchas y venillas.

Ver plano de secciones geológicas transversales (láminas N° 06 y 07).

4.1.1. MINERALOGÍA

La constitución mineralógica de las estructuras mineralizadas que rellenan las fracturas abiertas, cuerpos y diseminación de cajas las constituyen los minerales de mena y ganga que se ha observado macroscópicamente en la zona de estudio.

Cabe indicar que la definición y concepto de dichos minerales se considero del Manual de mineralogía, Cuarta edición, 2003, CORNELIS Klein.

4.1.1.1. MINERALES DE MENA

Son minerales de valores comerciales asociados a los yacimientos y la explotación minera está supeditada a estos minerales útiles, cuyas características macroscópicas principales se han podido observar al realizar este estudio en este yacimiento que son los siguientes:

- **Esfalerita (ZnS).**- Es un mineral compuesto por sulfuro de zinc. Su nombre deriva del alemán blenden, engañar, por su aspecto que se confunde con el de la galena. El nombre de esfalerita proviene del griego sphaleros, engañoso. Cristaliza en el

sistema cúbico con exfoliación perfecta, dureza 3,5, con brillo resinoso, adamantino generalmente de color pardo oscuro.

En este yacimiento generalmente se encuentra la **marmatita** que es una variedad de la esfalerita, se presenta en masas compactas y en forma de parches, venillas y diseminado asociada con calcopirita diseminada. La variedad de la marmatita siempre tiene alto contenido de Fe, lo que le da la coloración oscura.

Es considerado como mena principal de zinc en la zona de estudio.

- **Calcopirita ((Cu, Fe)S₂).**- Es un mineral de mayor contenido de cobre, se presenta en masas micro granulares con pátinas iridiscentes y es un mineral de alta temperatura asociados a otros sulfuros como pirita, pirrotita y esfalerita. Se encuentra asociada a la alteración propilítica y filica.

Es el mineral de cobre más corriente y una de las fuentes más importantes de este metal, es la mena principal del cobre en el yacimiento mineral, es reconocido por su color amarillo de latón, huella negra verdosa y se distingue de la pirita por ser más frágil, tiene una dureza 3.5 – 4 con brillo metálico, en el depósito mineral se halla asociado junto con la magnetita y principalmente con los demás sulfuros como la pirita, pirrotita y calcita, etc. cristaliza en el sistema tetragonal. Tiene una composición de la siguiente manera de Cu 34.6%, Fe 30.4%, S 35%,

4.1.1.2. MINERALES DE GANGA

Asociado con los minerales de mena, se encuentran constituyendo el cuerpo mismo de la mena, y de los principales minerales de ganga sus características macroscópicas son las siguientes:

- **Hematita (Fe₂O₃).**- El oligisto o hematita es un mineral compuesto de óxido férrico y constituye una importante mena de hierro ya que en estado puro contiene un 70% de este metal. A veces puede poseer trazas de titanio (Ti), de aluminio (Al), de manganeso (Mn) y de agua (H₂O).

Es un mineral de mena de hierro y especialmente se caracteriza por su huella de color rojo indio, se cristaliza en el sistema hexagonal, los cristales se presentan en forma de escamas, micáceo y hojoso a veces sus cristales son casi cúbicos, tiene un color castaño rojizo a negro, con una huella de color rojo indio claro a oscuro, con brillo metálico en los cristales y con dureza de 5.5 – 6.5. Es un mineral resultante de la alteración de la magnetita y se halla asociado con la roca de caja, se encuentra en poca proporción que la magnetita.

La specularita, que es una variedad de la hematita, está presente también en la zona, se le ve asociado a pirita y calcopirita, es de color plomo brillante a lo que se le conoce como hierro especular con textura enrejada.

- **Magnetita (Fe_3O_4).**- Es un mineral principalmente caracterizado por su fuerte magnetismo y es conocido como un imán natural, su color y raya es negro y su dureza 6, tiene un brillo metálico y cristaliza en el sistema Isométrico (octaédrico). Es una mena principal de hierro, se halla en forma masiva y compacta junto con la roca caja y asociada con minerales de distinta composición, sulfuros, óxidos, carbonatos y minerales de alteración principalmente la serpentina. Es un mineral primario y está asociado en sectores con otros sulfuros primarios y granates, es uno de los principales minerales de mena en el depósito mineral. La magnetita teóricamente tiene un contenido de Fe 72.34% y O 27.6%.
- **Pirita (FeS_2).**- Es un mineral de hierro que generalmente va asociado al cuarzo y calcopirita de sistema de cristalización regular. Se distingue de la calcopirita por su dureza y color más pálido y por la forma de los cristales que presenta, también se diferencia por su fractura concoide, cristaliza en el sistema cubico y tiene un color amarillo latón con huella color verdosa a pardo negra, con brillo metálico y dureza 6-6.5, los cristales se presentan en forma de cubos cuando están cristalizados. La pirita es el sulfuro más común en la naturaleza, se forma tanto en altas como en bajas temperaturas, aparece como segregación magmática y como mineral accesorio en las rocas del yacimiento.

La pirita se altera a óxidos de hierro, normalmente limonita, está asociado a los demás sulfuros del yacimiento como a la calcopirita, etc. Posee una composición de la siguiente manera: Fe 46.6%; S 53.4%.

- **Cuarzo (SiO_2).**- Es un mineral de mayor abundancia y de origen hidrotermal que se observa con textura en forma de bandas. Su dureza es 7, fractura concoidal y cristaliza en el sistema hexagonal con una composición química consistente en SiO_2 , Se encuentra como relleno en las vetas, cuerpos y en forma masiva de color blanco lechoso a hialino fracturado y brechado, puntualmente se halla cristalizado. Se caracteriza por el principal mineral de control y guía en la mineralización de este yacimiento.
- **Calcita (CaCO_3).**- Es un mineral más común en la superficie, es esencial en las rocas calcáreas y es efervescente frente al ácido clorhídrico. Es posible también que exista calcita masiva en las partes inferiores de origen hidrotermal y como control en la mineralización.
Cristaliza en el sistema romboédrico, color blanco a incoloro, pero puede tener distinta tonalidad grisácea, verdosa, rojiza, azulada y amarillenta, se distingue por su dureza 3, su exfoliación perfecta romboédrica, color claro y brillo vítreo. Se presentan como mineral formador de rocas y en venillas en las rocas de caja. La mayor parte de las calcitas tienen una composición química de la siguiente manera: CaO 56% y CO_2 44%.
- **Siderita (FeCO_3).**- Es un mineral de la clase de carbonatos, según la clasificación de Strunz. Es un carbonato de hierro (II) (FeCO_3), del grupo de la calcita. Se considera un mineral pesado, tiene una composición de carbonato de hierro y un ordenamiento interno trigonal. Generalmente en el depósito se presenta en masas botroidales y concreciones oolíticas de color marrón o amarillo (mena secundaria de hierro).

- **Dolomita** [$\text{CaMg}(\text{CO}_3)_2$].- Es un mineral compuesto de carbonato de calcio y magnesio. Se produce una sustitución por intercambio iónico del calcio por magnesio en la roca caliza (CaCO_3). Es un importante mineral de ganga en el presente yacimiento, encontrado como mineral principal de las rocas llamadas dolomías y metadolomías, así como mineral importante en mármoles junto a la calcita que es el principal mineral presente. Son de colores claros (rosa a amarillento), de brillo vítreo a perlado, dureza 3,5 a 4 en la escala de Mosh y su sistema de cristalización es el trigonal.

4.1.1.3. MINERALES DE ALTERACIÓN

Los minerales de alteración son comunes en la zona y se presentan en las rocas de toda composición, principalmente en las fracturas de las rocas y asociado también al cuerpo mineral. Se mencionan los principales minerales de alteración del skarn que fueron identificadas y minerales de oxidación supergena los cuales son:

- **Granate** $(\text{SiO}_4)_3\text{A}_3\text{B}_2$.- El grupo del granate comprende una serie de subespecies, tiene una cristalización isométrica con formas comunes en dodecaedros, presenta una coloración según la composición comúnmente color rojo, castaño amarillo, verde, negro; con huella blanca, transparente a translúcido, con una dureza de 6.5 – 7.5, con brillo vítreo a resinoso. Los granates son silicatos que corresponden a la fórmula general $(\text{SiO}_4)_3\text{A}_3\text{B}_2$, donde A puede ser Ca, Mg, Fe, Mn; y B puede ser Al, Fe^{3+} y Cr^{3+} ; dependiendo del tipo de granate que se presenta, estos minerales son de altas temperaturas. Los granates se caracterizan por sus cristales cúbicos bien característicos su dureza y color. El granate es un mineral común muy extendido en las zonas de metamorfismo de contacto y presente en la zona de estudio del tipo **andradita** es un silicato de hierro y calcio, de color normalmente amarillento con variables tonalidades, posee muchas variedades basadas en el color, es por tanto el mismo ambiente de formación que en el caso del granate de calcio y aluminio, la **grosularia**, es típico en estos granates formados por metamorfismo la presencia en

sus cristales de impurezas de roca sedimentaria silíceas. También puede aparecer en rocas ígneas, como es el caso de la melanita, que aparece en lavas y en sienitas.

- **Actinolita** $\text{Ca}_2(\text{MgFe})_5\text{Si}_8\text{O}_{22}(\text{OH})_2$.- La actinolita o nefrita es un inosilicato (anfíboles), se encuentra en rocas metamórficas y puede ser también producto del metamorfismo de limos. Algunos asbestos se forman con fibras de actinolita. Conocida como nefrita, es una de las formas más corrientes de jade y es de color verde pálido a oscuro. También está presente en el yacimiento estudiado.
- **Tremolita** $(\text{Ca}_2\text{Mg}_5\text{Si}_8\text{O}_{22}(\text{OH})_2)$. La tremolita es un mineral perteneciente al grupo de los silicatos, más concretamente, pertenece a los anfíboles y al grupo del asbesto, se forma por metamorfismo a partir de sedimentos ricos en dolomita y en cuarzo, pertenece a la misma serie que actinolita y ferro-actinolita, la tremolita es un indicador del grado del metamorfismo ya que a elevadas temperaturas se convierte en diópsido.
- **Serpentina** $(\text{MgFe})_3\text{SiO}_5(\text{OH})_4$.- Las serpentinas constituyen un grupo de minerales que se caracterizan por no presentarse en forma de cristales, sino en forma masiva y fibrosa, excepto en el caso de pseudomorfismo. Son productos de alteración de ciertos silicatos magnésicos, especialmente olivino, piroxenos y anfíboles. Generalmente se encuentran en la zona de alteración propilítica.

Existen tres formas polimorfas que cristalizan en el sistema monoclinico: La lizardita, la antigorita y el crisotilo. Las dos últimas poseen además, polimorfos ortorrómbicos. La antigorita y la lizardita son por lo general macizas de grano fino, mientras que el crisotilo es fibroso de aspecto asbestiforme.

- Antigorita: de color verde oscuro, translúcida.
- Crisotilo o asbesto: formado por fibras finas y paralelas, que se separan fácilmente. (aislante térmico).

- **Epidota $\text{Ca}_2(\text{Al, Fe})_3(\text{SiO}_4)_3(\text{OH})$.**- Es un mineral sorosilicatado de calcio, aluminio y hierro, cristaliza en el sistema monoclinico, posee cristales bien formados con cierta frecuencia, comúnmente con un hábito prismático, sus facetas están habitualmente estriadas en profundidad. La mayoría de los caracteres de los minerales, como el color, las constantes ópticas, y la gravedad específica varían dependiendo del contenido en hierro. Su dureza es de 6,5. El color es verde, gris, marrón o casi negro, pero lo más común es que posean un brillo característico verdoso, con matices amarillentos. El pleocroísmo es fuerte, y los colores pleiocroicos son el verde, amarillo y marrón.

La epidota es un componente común de las rocas, pero su origen es secundario. El mineral se forma cuando las calizas y esquistos sufren metamorfismo. También puede surgir por alteración hidrotermal de feldespatos, micas, piroxenos, anfíboles, granates y otros, componentes todos ellos de las rocas ígneas.

Su presencia es similar a la serpentina en el yacimiento.

- **Clorita.**- Clorita es el nombre genérico de unos aluminosilicatos, del grupo de los filosilicatos, en algunos de los cuales predomina el hierro, mientras que en otros es más importante la proporción de manganeso y de otros metales.

El término clorita procede del griego *chloros*, que significa verde, en alusión al color predominante en todos los minerales de este grupo.

Son minerales de origen metamórfico que cristalizan en el sistema monoclinico y que se encuentran en forma de láminas flexibles de color verde. Se forman por transformación y alteración de la augita, la biotita y la hornblenda.

Los minerales más comunes del grupo son el clinocloro, la pennantita o la chamosita. También ocurre con frecuencia en la zona de alteración propilítica y cloritización del área investigada.

- **Sericita.**- La mica sericita es un tipo de mica fina, es subespecie de la moscovita y es la estructura laminada de silicato.

Por otra parte, con una composición mineral similar y la estructura de caolín, esta mica también tiene algunas propiedades de la arcilla, como buena dispersabilidad en medio acuoso y en la viscosidad del disolvente orgánico, algunos, de color blanca y fina granular. Por lo tanto, mica sericita tiene muchas clases de características no sólo de minerales de mica y de arcilla mineral. En el lugar aparece como alteración de feldespato y es una característica común del metamorfismo retrógrado. También es una alteración de las vetas hidrotermales de los filones metalíferos.

- **Limonita ($\text{FeO} \cdot \text{OH} \cdot n\text{H}_2\text{O}$).**- Mineral conocido como hierro pardo consistente en óxidos de hierro, naturalmente hidratados y de identidad incierta. Su sistema de cristalización es rómbico de colores pardo, amarillo y negro; se presenta generalmente en forma granuda, fibrosa y terrosa producto de la alteración de los minerales de hierro asociado a otros minerales de hierro como goethita, jarosita, hematita. Es considerado como mena secundaria de hierro e indicador de mineral de hierro principalmente.
- **Goetita ($\text{FeO} \cdot \text{OH}$).**- Es característico en superficie, presenta una coloración pardo amarillenta a pardo oscuro, con una dureza 5-5.5, generalmente puede estar asociada con cantidades menores de manganeso, se distingue de la hematita por su coloración, es un indicador en superficie para la ubicación de zonas de sulfuros primarios, básicamente se altera a partir de la pirita.

4.2. GEOLOGÍA ECONÓMICA

El afloramiento del cuerpo mineralizado de Tinyag III en la zona es restringido, debido a que se encontró mayormente con cobertura morrénica y material reciente además se encuentra debajo de la relavera de la mina. En base a los sondajes logueados, muestreados y analizados, se ha determinado el skarn de Tinyag III con mineralización

diseminada y pequeños lentes de sulfuros, esfalerita (marmatita), pirita, acompañados de cuarzo, calcita, magnetita, especularita y algo de limonitas. El muestreo realizado arrojó leyes interesantes de Zn, Cu.

Por las consideraciones indicadas, este yacimiento tiene un buen potencial y se debe continuar con la explotación del mismo.

4.3. CONTROLES DE MINERALIZACION

Los controles más importantes en el yacimiento de skarn son: estratigráfico y estructural.

Control estratigráfico.- La presencia de rocas calcáreas (calizas) actúan como zonas de metasomatismo, cuando son intruidas por rocas ácidas, originando zonas de skarnización, que luego son aprovechadas por las soluciones mineralizantes tardías para su reemplazamiento metálico.

Control estructural.- Las observaciones hechas en el campo indican que la mineralización es posterior a la formación del skarn y esta mineralización es controlada por el fracturamiento originado por fuerzas tensionales, que son aprovechadas para la circulación de los fluidos, rellenando y reemplazando al skarn.

4.4. ALTERACIONES HIDROTERMALES DEL YACIMIENTO

En los sondajes de perforación se hizo una delimitación de acuerdo a la intensidad y predominancia de los ensambles mineralógicos característicos que definen una alteración hidrotermal. En ese sentido, las alteraciones más notables en la zona de estudio o yacimiento son: silicificación, fílica, argilización avanzada y alteración de skarn, además se menciona una alteración supergena de tipo oxidación.

4.4.1. OXIDACIÓN

En la zona de lixiviación, la oxidación de la estructura mineralizada se observa en los minerales sulfurados de hierro como pirita, calcopirita; entre otros minerales de clorita. La hematita, carbonatos de hierro (siderita), clorita rica en hierro y anfíboles ricos en

hierro son por lo general productos de alteración dominantes en un número de importantes tipos de depósitos minerales.

Desafortunadamente este tipo de alteración no está tan bien documentado como debería ser, particularmente porque son poco atractivos económicamente y por lo tanto menos investigados, pero sí en el presente trabajo. Las impregnaciones de goetita, hematita, diseminaciones y venillas están relacionadas y/o afectadas por soluciones acuosas meteóricas. Como también se encuentran en los primeros metros de los sondajes diamantinos, productos de la lixiviación de los sulfuros de hierro.



Foto N° 04: Zona de óxidos de hierro. (Vista mirando al SE, del prospecto Tinyag III, Tajo Rosita, Tinyag II).

4.4.2. ALTERACIÓN ARGÍLICA AVANZADA

Generalmente la alteración argílica avanzada se ubica en metros iniciales de los taladros, a lo largo del contacto de las Formaciones Chimú y Santa, caracterizada por presentar

silice asociadas con pirita con cantidades pequeñas de alunita potásica, pirofilita, caolinita y azufre nativo. Básicamente dichos minerales se presentan en parches y rellenando fracturas. La alteración argílica avanzada no se ha observado en forma extensa dentro de la Formación Santa.

4.4.3. ALTERACIÓN FÍLICA (Cuarzo-Ser)

Llamada también **sericitización**, está ubicada en la zona de mayor oxidación, posiblemente esta alteración fue la destrucción de toda la roca encajonante en donde los fluidos ácidos obliteraron toda la roca y destruyeron las plagioclasas y micas. Esta alteración en la zona de Tinyag III se presenta como una capa de sericita continuo por varios metros que posiblemente sea una zona de mayor ebullición ácida de un sistema escondido metros abajo.

El ensamble característico de cuarzo-sericita-pirita se presenta con intensidad moderada a débil como producto de la alteración de las plagioclasas y biotita teniendo un comportamiento selectivo a semipervasivo, intersticialmente se presenta en pequeños tramos y en algunas fracturas y oquedades. La sericita ocurre en forma de micas, la pirita se encuentra diseminada, en venillas y en forma cristalizada en oquedades.

4.4.4. CLORITIZACIÓN

La cloritización es otro producto importante de la alteración en el distrito. Esta alteración es por lo general invasiva y afecta principalmente a las unidades siliciclásticas de las Formaciones Chimú, Santa y Carhuaz. La clorita se halla comúnmente adyacente a las rocas dolomitizadas no mineralizadas de la Formación Santa, reemplazando lutitas, y como aureolas centimétricas a los granos de pirita en la arenisca y margas. La clorita se transforma en clinocloro o talco cerca a los cuerpos mineralizados ricos en sulfuro en Limpe Centro, o en clorita intermedia (Fe-Mg) y actinolita en las minas Tinyag y Chupa.

Se caracteriza principalmente por el ensamble clorita-pirita-cuarzo, es la alteración que predomina en todos los taladros en mayor o menor grado de intensidad; manifestándose esporádicamente la epidota.

4.4.5. SILICIFICACIÓN

La alteración de Silicificación se ubica en la zona de la cuarcita donde la sílice ha reemplazado en casi su totalidad a la matriz y a los fragmentos de la brecha que se encuentran dentro de esta, su desarrollo es amplio y presenta zonas no brechadas pero posiblemente sean grandes bloques ligeramente craquelados. En los taladros se aprecia en los primeros metros junto a la alteración argílica y de oxidación.

4.4.6. ALTERACIÓN DE SKARN

Consiste en el desarrollo de silicatos de Ca, Mg, Mn, Fe (wollastonita, granate, olivinos, piroxenos, uralita, escapolita, anfíboles), cuarzo y magnetita en calizas y dolomías. El depósito mineral en esta zona está asociado con este proceso. Esta alteración puede ser esencialmente isoquímica con remoción de CO_2 y otras veces incluye la introducción de sílice, Mg, Fe y volátiles (F, Cl, B y H_2O), con una extensa pérdida de CO_2 .

En Tinyag III, la introducción de sulfuros, scheelita y óxidos parece haber tenido lugar posteriormente la formación de los principales minerales de skarn del yacimiento y en este caso el skarn se alteró, observándose el reemplazo de piroxeno por tremolita y actinolita y desarrollo de cuarzo, epidota, calcita y clorita.

En este yacimiento de contacto están presentes los sulfuros de zinc y cobre principalmente, con excepción de aquellos grupos que observan una relación elevada de azufre/metal.

La pirita, calcopirita, a veces la pirrotina y la hematita o magnetita son comunes en la porción completamente silicatada de la zona de contacto, mientras que la blenda y galena se extienden dentro de las calizas, más allá del frente principal de silicatación.

4.4.7. ALTERACIÓN PROGRADA

La fase prógrada del skarn en el yacimiento de Tinyag III se define por la formación de capas de granate zoneado, de grano fino a medio y magnetita, las cuales se forman en zonas calientes. Esta fase aparentemente lleva mineralización metálica en zona de investigación.

En el prospecto Tinyag III la mineralización de cobre está relacionada a dicha fase representada por la calcopirita.

Generalmente en esta fase se presenta minerales calcosilicatados de alta temperatura como; granates, piroxenos y anfíboles de grano grueso.

4.4.8. ALTERACIÓN RETROGRADA

Se da cuando hay enfriamiento del plutón y circulación de aguas de temperatura más baja, posiblemente meteóricas, oxigenadas, causando alteración retrógrada de los minerales calcosilicatados metamórficos y metasomáticos. En esta etapa se forman nuevos minerales hidratados de temperatura más baja, a partir de los minerales anhidros formados previamente. Incluyen; epidota, actinolita de grano fino, clorita y otras fases minerales hidratados, típicamente con control estructural y sobreimpuestos a la secuencia de prógrado (fallas, contactos estratigráficos). En este caso la mineralización se extiende también a esta etapa de retrógrado.

En el prospecto de Tinyag III la fase retrograda está relacionada a la mineralización de Zn, representada por la esfalerita.

4.4.9. ROCAS CORNEAS-HORNFELS

En el yacimiento son rocas silicatadas de relativamente grano fino que son el resultado del metamorfismo de carbonato impuro, unidades tales como caliza, lutitas. Las reacciones skarns se formaron al parecer a partir de metamorfismo isoquímico finamente

intercalado de unidades bituminosas y carbonato metasomático en que la transferencia de componentes entre litologías adyacentes puede ocurrir a pequeña escala (tal vez centímetros).

4.5. RESUMEN GEOLOGICO DE SONDAJES DIAMANTINOS



Fotografía N° 05: Sala de logeo geológico de sondajes

A continuación se describen las características geológicas de los ocho sondajes más representativos en forma resumida.

Sondaje TINF-11-04

0.00 a 175.40m. Cuarzita color blanquecina intercalada con niveles locales de marga color parda, con fallas locales mineralizadas por goetita y hematita rellena en fracturas, además piritita diseminada-venillas esporádicas.

175.40-182.22m. Caliza de color gris pardo, intercalado con niveles de lutita gris, intenso fracturamiento, matriz fina, fallas locales con panizo gris englobando fragmentos de lutita.

182.22-197.30m. Reemplazamiento de especularita masiva asociada con parches de pirita + calcopirita diseminada, dolomita cristalizada + parches de siderita, sílice en matriz.

197.30-222.55m. Reemplazamiento de pirita masiva-terrosa de grano fino-medio asociada con sílice en matriz, arcilla diseminada en cavidades de color verde claro-blanco, esmectita? ± Pirofilita? ± trazas de calcopirita diseminada, con zonas de falla con panizo blanco argilizado englobando fragmentos silicificados-argilizados con pirita diseminada.

222.55-240.30m. Caliza de color gris clara, marmolizada?, cortada por venillas-estringer de calcita ± dolomita, venillas irregulares de clorita, tremolita blanca acicular local en matriz, con trazas de pirrotina diseminada ± esfalerita diseminada intercalada con niveles de Skarnoide de clorita masiva + epidota en bandas intercalada con bandas de hornfels asociada con esfalerita marrón local ± trazas de calcopirita diseminada ± hematita.

240.30-281.18m. Intercalación de Skarnoide de clorita masiva + epidota en bandas, intercalado con horizontes de hornfels y niveles de pirita masiva-terrosa de grano medio-grueso, asociada con sílice en matriz ± especularita diseminada.

281.18-285.30m. Reemplazamiento de esfalerita masiva asociada con parches-cristales de siderita, con geodas rellenas de siderita cristalizada + dolomita cristalizada-parches ± calcita ± esfalerita, además cavidades rellenas de cuarzo cristalizado asociado con arcilla blanca dickita?, parches-diseminada de pirita.

285.30-432.60m. Hornfels, color gris claro, matriz fina, fractura concooidal, con clorita bandeada-parches y en forma moteada con bandas de flogopita marrón con bordes de clorita, además clorita micácea en fracturas, cortada por esporádicas venillas de pirita asociada con esfalerita marrón ± calcopirita con halos de clorita; venillas-estringer de esfalerita marrón con bordes de calcita ± clorita; esfalerita marrón diseminada con halos de clorita, bandeado, estratificación 35°, intercalada con arenisca gris y lutita, moderado fracturamiento, grano fino-medio.

432.60-463.40m. Arenisca gris clara intercalada con lutita gris oscura, grano fino, bandeamiento 55°, moderada-fuerte silicificación, trazas de esfalerita marrón en matriz, esporádicas fracturas rellenas de calcita.

Sondaje TINF-11-12

0.00-210.70m. Arenisca de color gris claro intercalada con lutita marrón, moderado fracturamiento, grano fino-medio, débil efervescencia al Ácido clorhídrico, cortada por esporádicas venillas de calcita ± esfalerita, venillas de pirita ± trazas locales de calcopirita.

210.70-216.90m. Hornfels de tonalidad blanquecina, bandeada y moteada intercalada con niveles de arenisca gris clara con tonos verdosos, bandeamiento 25°, débil fracturamiento, matriz fina, débil efervescencia al ácido clorhídrico, cortada por esporádicas venillas de cuarzo + pirita, calcita en fracturas, clorita en parches y en forma moteada ± epidota diseminada en matriz asociada con trazas diseminada de esfalerita ± pirita diseminada.

216.90-227.80m. Arenisca de color gris claro, débil fracturamiento, grano fino-medio, cortada por esporádicas venillas de calcita con inclusiones de cuarzo + pirita diseminada, pirrotita diseminada en matriz 1%.

227.80-415.30m. Hornfels de tonalidad verdosa, moderado fracturamiento, fractura concoidal, matriz fina, cortada por esporádicas venillas de pirita / 2 venillas x metro / 25°, venillas de calcita con inclusiones de cuarzo, bandas de esfalerita marrón local, pirita diseminada + esfalerita diseminada ± trazas de pirrotina ± trazas de calcopirita, débil presencia de clorita en bandas.

415.30-428.90m. Skde de epidota masiva-bandas ± clorita masiva ± actinolita acicular fina diseminada, fuerte fracturamiento, débil efervescencia al ácido clorhídrico, parches de pirita ± trazas de calcopirita ± calcita, presencia de fallas locales panizadas.

428.90-481.70m. Skarn de actinolita acicular masiva-cristalizada-diseminada + magnetita en bandas-diseminada, grano fino-grueso, débil efervescencia al ácido

clorhídrico, bandas de epidota > clorita diseminada, pirita en parches-diseminada ± trazas de calcopirita diseminada local ± trazas de hematita diseminada, calcita rellena en fracturas, además parches de pirita con inclusiones de granate local ± calcopirita.

481.70-485.30m. Skarn de granate color pardo amarillento masivo-cristalizado + actinolita acicular diseminada de grano fino-medio, bandas de epidota con halos bandeados de clorita, pirita en parches-diseminada ± calcopirita ± magnetita con halos de clorita + epidota + actinolita, venillas de pirita ± magnetita.

485.30-492.03m. Mármol de color blanquecino con tonos verdosos, fuerte efervescencia al ácido clorhídrico, esfalerita diseminada con inclusiones de trazas de calcopirita, venillas de clorita, venillas de calcita, magnetita diseminada + esfalerita marrón.

492.03-535.67m. Skarn de granate masivo-cristalizado de color pardo amarillento de grano grueso + actinolita acicular mas-cristalizada de grano fino-grueso, intercalado con niveles de Skarnoide de epidota + clorita masiva-bandas, moderado fracturamiento, débil efervescencia al ácido clorhídrico, bandeamiento 30°, parches de pirita de grano grueso ± trazas de magnetita ± trazas de calcopirita diseminada asociadas al granate, estringer de calcita.

535.67-548.40m. Mármol de tonalidad blanquecina, matriz fina, fuerte efervescencia al ácido clorhídrico, cortada por venillas de calcita / 3 venillas x metro, con trazas de magnetita, matriz suave al tacto.

548.40-575.15m. Zona de falla con panizo asociada con epidota + actinolita + clorita disgregada, color verde claro, asociada con pirita diseminada 10%, englobando fragmentos de skarnoide + skarn, M/F, 80/20.

Sondaje TINF-11-13

0.00-44.00m. Material de relleno, compuesto por fragmentos de cuarcita blanquecina y fragmentos grises de arenisca, con trazas de pirita diseminada y presencia de material bituminoso de color gris oscuro.

44.00-786.55m. Arenisca de color gris claro intercalada con niveles de arenisca calcárea y limo arcillita (lutita), color marrón, de color gris claro, grano fino-medio, débil fracturamiento, con presencia de pirita + pirrotina diseminada ± calcopirita fina dentro de la pirrotina asociado con calcita ± clorita en fracturas local.

786.55-858.40m. Hornfels de tonalidad parda intercalada con niveles de limo arcillitas color beige, fractura conoidal, bandeamiento 30°, con bandas de flogopita parda, cortada por venillas irregulares y sub-paralelas al testigo de pirita + cuarzo con halos blanqueados ± clorita en bandas, 5 venillas x metro / 1-7mm / 22°, con calcita en fracturas, pirita diseminada en matriz 1%.

858.40-891.52m. Skarnoide de epidota masiva + clorita en bandas + actinolita en bandas-diseminada, color verde claro con tonalidades oscuras, fuerte fracturamiento, cortada por venillas de calcita asociada con pirita ± cuarzo, pirita parches-diseminada 7%; en 860.65-863.00m. Zona de falla con panizo cloritizado englobando fragmentos de skarnoide + clasto de magnetita.

891.52-908.05m. Protolito caliza?, (decarbonatizada?), tonalidad parda, intenso fracturamiento, moderada porosidad, con parches de pirita de grano grueso + calcita diseminada en cavidades ± silice, flogopita? diseminada en matriz, con bandas de epidota, clorita diseminada 2%, intercalada con horizonte de skarnoide de clorita masiva + epidota bandeada, con parches de pirita ± trazas de magnetita, cortada por venillas de pirita ± calcita ± cuarzo, venillas de calcita ± pirita ± trazas de calcopirita, trazas de magnetita < 1% diseminada.

908.05-927.00m. Skarnoide de epidota masiva + clorita masiva-bandeada ± actinolita?, acicular color verde oscuro, grano fino, con niveles de epidota intensamente terrosas (posibles zonas de fallas?), clorita cristalizada + bandas-venillas de actinolita local color pardo-verde acicular, pirita + magnetita en parches-diseminada ± traza de calcopirita.

927.00-931.53m. Skarn de anfíboles de tremolita acicular de grano medio-grueso de color blanco + actinolita acicular de grano fino de color verde claro, moderada efervescencia al ácido clorhídrico, cortada por venillas de calcita ± pirita con halos de hematita diseminada, venillas de pirita + cuarzo, con parches de pirita, parches de cuarzo + calcita + pirita, magnetita diseminada en matriz.

931.53-936.80m. Skarnoide de epidota masiva + clorita bandeada, moderado fracturamiento, grano fino, parches de pirita, bandas de flogopita?, local de color pardo, cortada por venillas de pirita + calcita.

936.80- 937.50m. Skarn de granate pardo masivo + actinolita acicular fina masiva-cristalizada, grano fino-medio, débil efervescencia al ácido clorhídrico, epidota diseminada ± clorita diseminada, cortado por venillas de pirita con halos de clorita, con trazas diseminada de magnetita ± trazas de calcopirita diseminada, calcita en matriz, con parches-diseminada de pirita.

937.50-952.20m. Skarnoide de epidota masiva + clorita masiva, intenso fracturamiento, grano fino, fragmentos con fuerte efervescencia al ácido clorhídrico, zona alterada con posible actinolita?, acicular fina, pirita terrosa zoneada de grano medio asociada con sílice, magnetita masiva-diseminada local.

Sondaje TINF-11-01

0.00-5.10m. Material de cobertura.

0.00-187.60m. Cuarcita blanquecina intercalada con niveles delgados de marga parda amarillenta, fracturas rellenas con óxidos de hierro, (goetita + hematita).

187.60-221.05m. Arenisca cuarzosa con pirita diseminada en matriz asociada con arcillas en cavidades.

221.05-235.00m. Skarnoide de clorita intercalada con niveles delgados de hornfels de clorita, cortada por venillas de pirita asociada con calcopirita diseminada, especularita diseminada, hematita diseminada trazas de esfalerita.

235.00-249.50m. Pirita terrosa de grano medio a grueso; desarrollo de cristales.

249.50-267.80m. Intercalación de skarnoide de clorita-epidota con trazas de esfalerita y calcopirita, con caliza de color gris con parches-venillas de calcita.

267.80-274.10m. Pirita Terrosa con matriz de silice.

274.10-308.70m. Intercalación de skarn de granate pardo de tipo andradita?, con magnetita diseminada en matriz, epidota + clorita, pirita diseminada, hematita diseminada, intercalada con niveles de mármol blanquecino y skarnoide de clorita + epidota \pm actinolita fina, presencia de magnetita en matriz + presencia de calcopirita diseminada.

308.70-358.75m. Skarnoide de clorita \pm actinolita acicular de grano fino; magnetita diseminada local, Calcopirita diseminada, pirita diseminada-venillas.

358.75-426.30m. Hornfels con bandas de flogopita y clorita, con presencia de pirita en venillas-diseminada.

Sondaje TINF-12-01

0.00-3.66m. Material de cobertura compuesta por fragmentos de cuarcita.

3.66-63.60m. Cuarcita blanquecina con oxidación limonítica en fracturas intercalada con bandas locales de marga de color pardo claro, matriz arcillosa.

63.60-96.60m. Arenisca gris oscura con relleno de óxidos de goetita y hematita en fracturas, tramo muy fracturado.

96.60-99.00m. Arenisca cuarzosa gris clara ligeramente porosa con pirita diseminada.

99.00-159.33m. Cuarcita gris clara con pirita diseminada y en bandas, plano de estratificación 50° respecto al sondaje, con falla local.

159.33-206.30m. Arenisca de color gris con presencia de pirita diseminada en la matriz.

206.30-252.72m. Caliza gris cortada por venillas de calcita intercalada con horizontes locales de lutita gris oscura, fuerte fracturamiento.

252.72-263.23m. Reemplazamiento de especularita masiva-terrosa + hematita diseminada asociado con pirita diseminada + siderita diseminada \pm ankerita?.

263.23-307.40m. Arenisca de color gris claro intercalado con horizontes calcáreos.

Sondaje TINF-6940-10-01

0.00-7.00m. Cuaternario compuesto de fragmentos de cuarcita, material terroso, arcilloso y arenoso.

7.00-113.30m. Cuarcita blanca con oxidación de hematita y goetita en fracturas, ángulo de estratificación de 50° con respecto al sondaje, intercalada con niveles delgados de marga beige fuertemente oxidado por hematita, fracturamiento intenso.

113.30-146.80m. Cuarcita blanca, con pirita diseminada-venillas, fracturamiento fuerte, oxidación en fracturas por goetita intercalada con nivel local de marga beige con oxidación fuerte por goetita.

146.80-170.82m. Arenisca moderadamente cloritizada, goetita en fracturas moderada, fuerte fracturamiento, pirita diseminada débil.

170.82-182.40m. Zona de Skarnoide de clorita y epidota, sericita, pirita diseminada-nodular, magnetita diseminada en matriz, con tramos de fallas con panizo gris oscuro y pirita terrosa.

182.40-187.55m. Pirita masiva de grano medio a grueso, calcopirita en nódulos, sericita diseminada en oquedades.

187.55-207.88m. Skarn de magnetita, clorita y magnetita masiva y en venillas tipo stock work intenso, sericita diseminada, specularita diseminada, esfalerita diseminada en matriz, fuerte fracturamiento intercalado con horizontes de caliza gris clara con silicificación moderada, clorita en fracturas débil, pirita diseminada débil, magnetita en venillas débil.

207.88-221.09m. Pirita masiva con matriz de sílice blanca y roca con moderada silicificación.

221.09-285.50m. Skarn de magnetita con tramos de granate zoneado, presencia de clorita, epidota, pirita en venillas, calcita en venillas débil, sericita en bandas débil.

285.50-349.30m. Caliza gris clara con débil intercalación de lutitas y tramos cloritizados moderadamente, calcita en venillas débil, pirita diseminada en matriz, argilización en fracturas trazas.

Sondaje TYIII-13-01

0.00-265.34m. Cuarzita blanquecina con moderada oxidación principalmente rellena en fracturas de goetita y hematita, pirita venillas-diseminada-parches local.

265.34-288.55m. Arenisca gris oscura con presencia de bitumen local, débil reemplazamiento de pirita en zonas locales + parches de dickita en trazas.

288.55-328.95m. Cuarzita blanquecina con pirita diseminada-venillas en fracturas, intercalada con marga parda de matriz arcillosa, moderado fracturamiento.

328.95-362.22m. Arenisca gris de grano medio-grueso con niveles alterados y cloritizados, fuerte fracturamiento con niveles alterados y fallados, presencia de pirita diseminada en matriz.

362.22-423.40m. Caliza alterada blanqueada, con niveles de bitumen, intenso fracturamiento con niveles de fallas, pirita diseminada en fracturas.

423.40-436.69m. Estructura mineralizada de specularita xx-terr-diseminada con parches de calcopirita, venillas puntual de yeso intercalada con estructura de pirita de grano medio en matriz silícea; parches hematita y calcopirita en trazas.

436.69-448.82m. Caliza gris clara con niveles débilmente cloritizados, cortada por venillas de calcita, intenso fracturamiento.

448.82-468.00m. Intercalación de lutitas con limolitas con niveles calcáreos, débilmente cloritizados, moderado a intenso fracturamiento.

Sondaje TYIII-13-02

0.00-294.73m. Cuarzita blanquecina con moderada oxidación con relleno de óxidos de goetita y hematita, pirita diseminada local.

294.73-304.00m. Arenisca de color gris clara, débil fracturamiento.

304.00-313.97m. Intercalación de cuarcita blanquecina con marga de color pardo, moderado fracturamiento.

313.97-342.27m. Cuarcita blanquecina débil fracturamiento con venillas-diseminada piritita.

342.27-361.40m. Cuarcita blanquecina intercalada con marga parda, piritita diseminada en matriz.

361.40-401.67m. Cuarcita blanquecina, fuertemente fracturadas con niveles de fallas locales, piritita diseminada en matriz.

401.67-408.55m. Caliza intensamente silicificada, color gris, textura brechada con reemplazamiento de piritita diseminada-terrosa-cubica.

408.55-449.95m. Estructura de piritita terrosa-diseminada con nivel de specularita alterándose a hematita.

449.95-470.22m. Skarnoide de clorita + epidota en venillas, con magnetita diseminada local, piritita diseminada-parches, trazas de calcopiritita diseminada.

470.22-483.30m. Estructura de reemplazamiento de piritita masiva-diseminada en matriz silicificada con niveles cloritizados.

483.30-498.90m. Skarnoide de clorita + epidota en bandas, parches de piritita asociada con trazas de calcopiritita.

498.90-526.70m. Intercalación de arenisca gris de grano medio con niveles de bandas de hornfels y limolitas, venillas-diseminada de piritita, venillas de calcita, moderado fracturamiento.

4.6. PARAGÉNESIS DEL YACIMIENTO

La secuencia paragenética del yacimiento en que se encuentra la zona de estudio, según el orden de la mineralización, por lo general está en relación directa a la temperatura de deposición, es decir a mayor temperatura se depositaron los primeros minerales, a menor

temperatura se depositaron los minerales de última deposición, por último a temperatura ambiental se formaron los minerales por proceso supérgeno. En el diagrama de la secuencia paragenética, observando los minerales de menor a mayor temperatura, veremos la distribución de los minerales en la estructura mineralizada de la zona de estudio.

Del estudio de las muestras tomadas en superficie, a nivel del distrito metalogenética, se deduce la secuencia siguiente.

1. Gangas (granate, epidota, actinolita-tremolita).
2. Cuarzo.
3. Magnetita - calcita.
4. Hematita.
5. Pirrotita - pirita.
6. Esfalerita - calcopirita
7. Minerales de alteración (limonita, clorita, etc.)

En general en este yacimiento de Tinyag III, la secuencia paragenética, durante el proceso de mineralización, está dado por las siguientes etapas:

- I. Primero se depositó la calcita hidrotermal.
- II. Continúa la deposición de la magnetita.
- III. Se deposita la hematita, como agregados de cristales relleno intersticios, como producto de la alteración de la magnetita.
- IV. Sigue la deposición del cuarzo, considerado como ganga en el yacimiento.
- V. Finalmente se depositan los sulfuros con mineralización de zinc, cobre y plomo principalmente, como la esfalerita, galena, calcopirita y pirita reemplazando a la magnetita.

Estas etapas han estado precedidas por alguna actividad tectónica que ha sido la causante de la mineralización en la zona.

En la tabla siguiente se observa qué minerales cristalizaron al mismo tiempo, con lo que tenemos los controles mineralógicos de los minerales que estamos prospectando. Observando la secuencia paragenética se puede predecir qué mineral se tendrá en el

fondo mineralógico y que minerales cristalizarán a menor y mayor temperatura del fondo mineralógico.

El orden de deposición de los minerales principales del yacimiento en estudio es la siguiente:

CUADRO N° 04: PARAGÉNESIS DEL SKARN DE TINYAG III

MINERAL	ZONA PRIMARIA	ZONA MIXTA	ZONA LIXIVIADA
Cuarzo	XXXXXXXXXXXXXXXX	XXXXXXXXXXXXXXXX	XXXXXXX
Pirita	XXXXXXXXXXXXXXXX	XXXXXXX	XX
Calcopirita	XXXXXXXXXXXXXXXX	XXXXXXXXXXXXXXXX	XX
Esfalerita	XXX	XXXXXXXXXXXXXXXX	XXX
Calcita	XXXXXXXXXXXXXXXX	XXXXXXXXXXXXXXXX	XXXXXXXXXX
Hematita		XXXXXXX	XXXXXXXXXXXXXXXX
Magnetita	XXX	XXXXXXX	XXXXXXXXXX
Carbonatos de Cu			XXXXXXXXXXXX
Limonita, jarosita, goethita		XX	XXXXXXXXXXXXXXXX
Sericita, epidota, actinolita, clorita, etc.	XXXXXXXXXXXX	XXXXXXXXXXXXXXXX	XXXXXXXXXXXX

FUENTE: Elaboración propia.

4.7. ZONEAMIENTO DEL YACIMIENTO

Se entiende por zoneamiento a la distribución espacial de los minerales según las condiciones de temperatura, presión y rasgos geológicos durante la deposición de los minerales.

Una de las características del depósito de almacén de Tinyag III es su zoneamiento, de la distribución de la mineralización y alteración. Los valores económicos con respecto al zoneamiento de menor a mayor temperatura son de cobre, zinc; están asociados al cuarzo de origen hidrotermal y sericita.

En Tinyag III los minerales de mayor temperatura correspondientes al primer ciclo de mineralización se ubican por debajo de la cota 4300 msnm y están compuestos por cuarzo, pirita, calcopirita y en menor proporción esfalerita; luego hay una zona de mediana temperatura, correspondiente al segundo ciclo de mineralización o zona media, estos minerales incluyen o traslapan a los del primer ciclo y originan asociaciones de

zinc y cobre, cuyo mineral característico es la esfalerita y calcopirita respectivamente. Hay un tercer ciclo de mineralización de baja temperatura, que conforman la parte exterior y consisten en minerales de carbonatos y óxidos.

4.8. POTENCIAL DEL YACIMIENTO

En el proyecto de Tinyag III, de acuerdo a las muestras de testigos de perforación evaluadas, existen ocurrencias significativas de mineralización, por lo que muestra un potencial. Lo que se quiere demostrar con la evaluación geológica a base de sondajes diamantinos es que hay una gran posibilidad que debajo de esta zona hay posibilidades de encontrar zonas más enriquecidas de vetas o de posibles cuerpos (pórfido) de minerales de cobre principalmente.

4.9. MODELO GEOLÓGICO DEL YACIMIENTO

El yacimiento de Iscaycruz es del tipo de reemplazamiento hidrotermal que se emplaza en las calizas Santa como rocas encajonantes acompañado con un gossan de fierro-cuarzo conteniendo plomo y zinc, y plomo diseminado y sulfuros de zinc, etc. Estos minerales fueron encontrados en 6 áreas cubriendo 12 km. de distancia. Tanto por la escala de la zona mineralizada como por su ley, el gossan en la indicación de los minerales de la parte norte del yacimiento de Iscaycruz y los sulfuros de plomo y de zinc en la indicación de los minerales de la parte sur del yacimiento es notorio. En la zona mineralizada, la distribución zonal del cobre, plomo, y zinc pueden ser observadas, pero las rocas ígneas y el control estructural, las cuales han participado en la mineralización no han sido muy clarificados.

Por lo indicado, en cuestión del Tipo de Yacimiento, la mineralización de Iscaycruz corresponde a los tipos: metasomático, hidrotermal, conformado por minerales de zinc, plomo, plata y cobre.

El cuerpo mineralizado de **Tinyag III** corresponde a la continuidad de los cuerpos mineralizados Estela y Olga de Limpe Centro, en la zona de estudio se encuentran

formando un solo cuerpo con seis horizontes en superficie y dos horizontes principales en profundidad. La mineralización se encuentra diseminada dentro del **skarn** y formando cuerpos masivos de esfalerita (marmatita), pirita, calcopirita, magnetita, etc.

En los sondeos diamantinos que interceptaron las estructuras mineralizadas se han encontrado valores altos de zinc y valores medios a bajos de cobre.

El skarn se formó por reacción pirometasomática, originado por el contacto de rocas carbonatadas y fluidos silicatados, por acción de la difusión del calcio y la sílice.

Se trata de un **exoskarn** sin afloramiento de roca intrusiva – **skarn distal**, compuesto por una variedad de minerales, tales como, granates de composición intermedia, grosularia - andradita, actinolita - tremolita, hedembergita, magnetita, especularita, cuarzo, calcita, acompañados en menor proporción por clorita, epidota, etc. los granates son de color castaño amarillento, con algunos tintes marrones, textura masiva a granular.

Según la clasificación química estaría dentro de los skarn de Ca-Fe-Si por su composición mineralógica, como nombramos anteriormente sería un skarn sin intrusivo expuesto.

El skarn de Tinyag III es más característico y típico, en relación al skarn de Limpe, dentro del distrito minero, donde no es muy claro, detectándose solamente una asociación débil de granates. Esto indicaría que el intrusivo está más cerca de Tinyag III, tratándose de la misma formación calcárea. Esta teoría estaría corroborada por el yacimiento de skarn de Chupa ubicado 600 metros al NW de Tinyag.

CONCLUSIONES

1. Por la mineralogía, mineralización, zoneamiento, alteraciones hidrotermales y control estructural el depósito Tinyag III es un Yacimiento Skarn de Zn-Cu de tipo exoskarn sin afloramiento de roca intrusiva, la mineralización se encuentra reemplazada en la formación Santa, con presencia de esfalerita diseminada y en parches, calcopirita diseminada y esporádicamente venillas. La fase retrógrada está conformada por los minerales que lo caracterizan, epidota, clorita, actinolita y calcita, esta fase se asocia principalmente a la mineralización de Zn por presencia de esfalerita diseminada y en parches que se dan en el exoskarn. La fase prograda está caracterizada por la presencia de bandas de granate zoneado y magnetita.
2. El proceso de mineralización es posterior a la formación del skarn, empezó antes que cese completamente la formación del skarn, mediante un estadio hidrotermal tardío, los fluidos reemplazaron mayormente al skarn y rellenaron intersticios y fracturas, la mineralización de zinc se encuentra en forma diseminada, en parches y venillas.
3. Las alteraciones hidrotermales más notables en el yacimiento consisten en: alteración argílica avanzada, fílica, cloritización, silicificación, alteración de skarn, alteración prógrada, alteración retrógrada y rocas córneas-hornfels.
4. Los 49 sondajes diamantinos se basaron en estudios geológicos superficiales y trabajos en interior mina de labores vecinas para encontrar la roca intrusiva que dio origen a la mineralización y zoneamiento, se dan a conocer ocho sondajes profundos y representativos con una longitud promedio de 500m. De acuerdo al estudio geológico, mineralógico, alteraciones hidrotermales, estructurales y zoneamiento, producto de los sondajes diamantinos mencionados, no se encontró el intrusivo causante de la mineralización del yacimiento, por tanto es un skarn distal al intrusivo.
5. La secuencia paragenética generalizada en este yacimiento consiste en: Calcita hidrotermal, magnetita, hematita, cuarzo, pirrotita-pirita, esfalerita-calcopirita,

sulfuros con mineralización de Zn y Cu y por último minerales de alteración (limonita, clorita, etc.).

6. El zoneamiento del yacimiento Tinyag III en forma generalizada consiste en que los minerales de mayor temperatura correspondientes al primer ciclo de mineralización, se ubican por debajo de la cota 4300 msnm y están compuestos por cuarzo, pirita, esfalerita, y en menores proporciones de calcopirita; luego hay una zona de mediana temperatura, correspondiente al segundo ciclo de mineralización o zona media, estos minerales incluyen o traslapan a los del primer ciclo y originan asociaciones de zinc y cobre, cuyo mineral característico es la esfalerita y calcopirita respectivamente.



RECOMENDACIONES

1. Realizar campañas de exploración de sondajes profundos para ver la ocurrencia del intrusivo causante de la mineralización, con el aporte de planos geológicos, alteraciones que muestren el mapeo lito-estructural, como también realizar trabajos exploratorios de interior mina, geoquímica - planificar la toma de muestras de manera sistemática y geofísica para ampliar el potencial del yacimiento.
2. Se debe hacer un registro más detallado de alteraciones, ya que la descripción correcta de los ensambles de alteración y la identificación de zonas de alteración ayudarán a vectorizar la ubicación de depósitos de skarn en carbonatos ricos en Zn y de depósitos de skarn de Cu-Zn y se deben incorporar al registro del mapeo de los testigos.
3. Deberán crearse Modelos 3D, estructuras de leyes de los depósitos minerales, modelos de las alteraciones a escala distrital, su geología usando los datos del registro de taladros disponibles, las secciones y planos mineros, y los mapas de superficie. Dichos modelos son la base sobre la cual se generaran nuevas ideas y conceptos para definir los blancos de exploración.
4. Los intrusivos sub volcánicos riolíticos y dacíticos que aparentemente afloran en el centro del anticlinal Iscaycruz al este de Tinyag III, no fueron identificadas durante este estudio. Sería importante revisar sus composiciones, alteración y relaciones estructurales con las rocas hospedantes para determinar su influencia, tiempo y rol en la formación de la mineralización en el Distrito.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. BATEMAN A.M. 1982. Yacimientos minerales de rendimiento económico. Ediciones OMEGA S.A. España.
2. BGS-PRODEMINCA, junio 2000. Evaluación de Distritos Mineros en el Ecuador, Volumen 5- Depósitos Porfídicos y Epi-Mesotermales Relacionados con Intrusiones de la Cordillera del Cóndor.
3. COBBING John, año 1973. Estudio geológico de los cuadrángulos de Barranca, Ámbar, Oyón, Huacho, Huaral y Canta. Boletín N° 26 del INGEMMET.
4. CORNELIS Klein, CORNELIUS S. HURLBUT JR. 2003. Manual de mineralogía, Cuarta edición, Basado en la obra de J.D. Dana, Editorial REVERTÉ S.A. Barcelona- España.
5. EINAUDI, M.T., MEINERT, L.D., and NEWBERRY, R.J., 1981, Skarn deposits: Economic Geology 75th Anniversary Volume, p. 317-391.
6. ESCALANTE Abraham. 2011. Mineralización, Alteración, Geoquímica y Aplicaciones en la Exploración del Yacimiento de Zn (Pb, Cu, Ag) Iscaycruz del Centro del Perú.
7. FLORES G. 1990, Geology of Iscaycruz Ore Deposits in the Santa Formation, Central Peru. In: F. Fontbote, G.C. Amstutz, M. Cardozo, E.Cedillo, J. Frutos (Eds.) Stratabound ore Deposits in the Andes, p. 583-594.
8. FONTBOTÉ L., VALLENCE J., and MARCKOWSKI A., 2004, Oxidized Gold Skarns in the Nambija District, Ecuador: Society of Economic Geologists, Special Publication 11, p.341-357.
9. HERNÁNDEZ SAMPHIERI, Roberto y otros, 2010. "Metodología de la Investigación. 3ra. Edic. Lima.
10. HITZMAN, M. W., BEATY, D. W., and REDMOND, P., 2002. The carbonate-hosted Lisheen Zn-Pb-Ag, deposit, Co. Tipperary, Ireland: Economic Geology, v. 97, p. 1627-1655.

11. JANE M. Hammarstrom With contributions from Brad Van Gosen and Bob Eppinger, Environmental Geochemistry of Skarn and Polymetallic Carbonate-replacement deposit models.
12. KAISER M. 2007-2008, Monthly reports to Empresa Minera Los Quenuales S.A.
13. JAPAN INTERNATIONAL COOPERATION AGENCY (JICA), 1979 - 1983, Report on Mineral Exploration of Iscaycruz (Oyon) area, phase I, 162p.
14. MARTINEZ J. 2003. Geología estructural y dinámica global, Universidad de Salamanca.
15. MAKSAEV, V.; Tomlinson, A.J.; Dilles, J.H. 2001. Application of Apatite (U-Th)/He Thermochronometry to the Determination of the Sense and Amount of Vertical Fault Displacement at the Chuquicamata Porphyry Copper Deposit, Chile - A Discussion. *Economic Geology*, Vol. 96, pp. 1307-1310.
16. MEINERT, L.D., 1992, Skarns and skarn deposits: *Geoscience Canada*, v. 19, p. 145-162.
17. MEINERT, L.D., 1993, Igneous petrogenesis and skarn deposits: *in* (R.V. Kirkham, W.D. Sinclair, R.I. Thorpe, & J.M.Duke, eds.). *Geol. Assoc. Can. Special Paper*, v. 40, p. 569-583.
18. MEINERT, L.D., 1997, Application of skarn deposit zonation models to mineral exploration: *Exploration*
19. OYARZUN, R. 1991. Mineralizaciones epitermales de metales preciosos. In: Lunar, R.; OYARZUN, R. (Eds.). *Yacimientos minerales: técnicas de estudio, tipos, evolución metalogénica, exploración*. Ed. Centro de Estudios Ramón Areces. 383-403. Chile.
20. REED, M.H. 1997. Hydrothermal Alteration and Its Relationship to Ore Fluid Composition. En: *Geochemistry of Hydrothermal Ore Deposits*, Tercera Edition, Hubert L. Barnes (ed.), John Wiley and Sons Inc. Publication, 303-366.
21. ROSE A.W. y Burt, 1979, Alteración hidrotermal, en Barnes, H.L., ed., *Geoquímica de depósitos minerales hidrotermales*: Nueva York, Wiley-Interscience, p. 173-235.

22. SALAS E. 1999, The Iscaycruz polymetallic deposit. In: First volume of monographs on Peruvian mineral deposits; history, exploitation, and geology, p. 275-300.
23. SAWKINS J. F., 1984, Metal Deposits in Relation to Plate Tectonics, Publisher Springer-Verlag.
24. TELLURIS CONSULTING, 2010, actualization 2011, Structural Review of the Iscaycruz District, Peru, Reporte Confidencial de EMLQSA.
25. TOWNLEY B. 2001. Metalogénesis: hidrotermalismo y modelos de yacimiento. Chile.
26. TUMIALAN Víctor Hugo, 2003. Compendio de Yacimientos minerales del Perú, UNI-INGEMMET, Lima, Perú.
27. WILSON J. 1963, Cretaceous stratigraphy of Central Andes of Peru. American Association Petroleum Geologists Bulletin, vol. 47, p. 1-34.
28. LINKOGRAFÍAS:
 - http://www.unalmed.edu.co/~rrodriguez/MODELOS/cox-and-singer/Cu_Skarn.htm
 - http://www.unalmed.edu.co/~rrodriguez/MODELOS/cox-and-singer/Zn-Pb_Skarn.htm.
 - <http://www.ucm.es/info/crismine/Alteraciones.htm>
 - https://www.ucursos.cl/ingenieria/2007/1/GL54A/1/material_alumnos/previsualizar?id_material=3050
 - www.wsu.edu:8080/~meinert/skarnHP.htm
 - http://es.wikipedia.org/wiki/Alteraci%C3%B3n_hidrotermal
 - <http://es.wikipedia.org/wiki/Geoqu%C3%ADmica>.
 - www.wsu.edu:8080/~meinert/skarnHP.htm
 - <http://www.google.com/imgres?q=ALTERACIONES+HIDROTERMALES+EN+UN+SKARN&hl=es&biw=792&bih=449&tbm=isch&tbnid=HV->

- www.wsu.edu:8080/~meinert/skarnHP.htm
- <http://www.ugr.es/~minechil/apartado22.htm>
- www.Proinversion.gob.pe



ANEXOS





A. PANEL FOTOGRÁFICO Y/O FIGURAS

Formulario de Remisión de Muestras
Sample Submittal Form

Nombre de Compañía: Empresa Minera Los Quenuales S. A.

Remitidas por: Ronald W. Zapana Q. **No. Teléfono:** +51 (1) 2177070

Proyecto: **Fecha:** 27/12/2011

No. Orden: Guia N° 011-0008968 **Cotización:** LIM-059-09R1

Mensajería: **Nro. Guía:** Guia N° 011-0008968

Tipos de Muestra: Roca Sedimento Testigo Drift Core Suelo Aire Reversa Mena Otro

Muestras / Samples	Cantidad	Elementos o Códigos de Métodos
E 008446	59	Zn,Pb,Cu,Ag y Fe por AA62
E 008569	17	
Total:	76	

Instrucciones Especiales: Considerar sobrelimites por Pb, Zn-VOL70. Aplicar WSH-21 Y WSH-22.

ABSORCION ATOMICA

Siempre especificar el tipo de Muestra:

Roca Código PREP-31
Sedimentos PREP-41
Pulpas LOG-24

Tipo de Análisis: Absorción atómica:
Código: Rangos(%)
Zn-AA62 (0.001-30)
Pb-AA62 (0.001-30)
Cu-AA62 (0.001-50)
Ag-AA62 (1-1,500ppm)
Fe-AA62

Si HUBIERA sobre limites:
Código Rangos(%)
Zn-VOL70 (0.01-100)
Pb-VOL70 (0.01-100)
Ag-GRA21 (5-10,000ppm)

Significa limpieza de chancadora Y pulverizadora después de cada Muestra. Usado para muestras con alta Mineralización.

Formulario de Remisión de Muestras
Sample Submittal Form

Nombre de Compañía: Empresa Minera Los Quenuales S. A.

Remitidas por: Ronald W. Zapana Q. **No. Teléfono:** +51 (1) 2177070

Proyecto: **Fecha:** 27/12/2011

No. Orden: Guia N° 011-0008968 **Cotización:** LIM-059-09R1

Mensajería: **Nro. Guía:** Guia N° 011-0008968

Tipos de Muestra: Roca Sedimento Testigo Drift Core Suelo Aire Reversa Mena Otro

Muestras / Samples	Cantidad	Elementos o Códigos de Métodos
E 008446	59	ME-MS61 ó ME-ICP61
E 008569	17	
Total:	76	

Instrucciones Especiales: Considerar sobrelimites por. Aplicar WSH-21 Y WSH-22.

ICP

Siempre especificar el tipo de Muestra:

Roca Código PREP-31
Sedimentos PREP-41
Pulpas LOG-24

Tipo de análisis para muestras de Exploración regional y Reconocimiento (ICP de MASA, a 4 ácidos):
Código # DE ELEMENTOS
ME-MS61 48
ME-MS61m 49 (incluye el Hg, análisis con agua regia).

Tipo de análisis para muestras de exploración y DELIMITACIÓN (ICP OPTICO, a 4 ácidos):
Código # DE ELEMENTOS
ME-ICP61 33

Si HUBIERA sobre limites pedir Análisis por Absorción atómica:
Código: Rangos(%)
Zn-AA62 (0.001-30)
Pb-AA62 (0.001-30)
Cu-AA62 (0.001-50)
Ag-AA62 (1-1,500ppm)
Fe-AA62

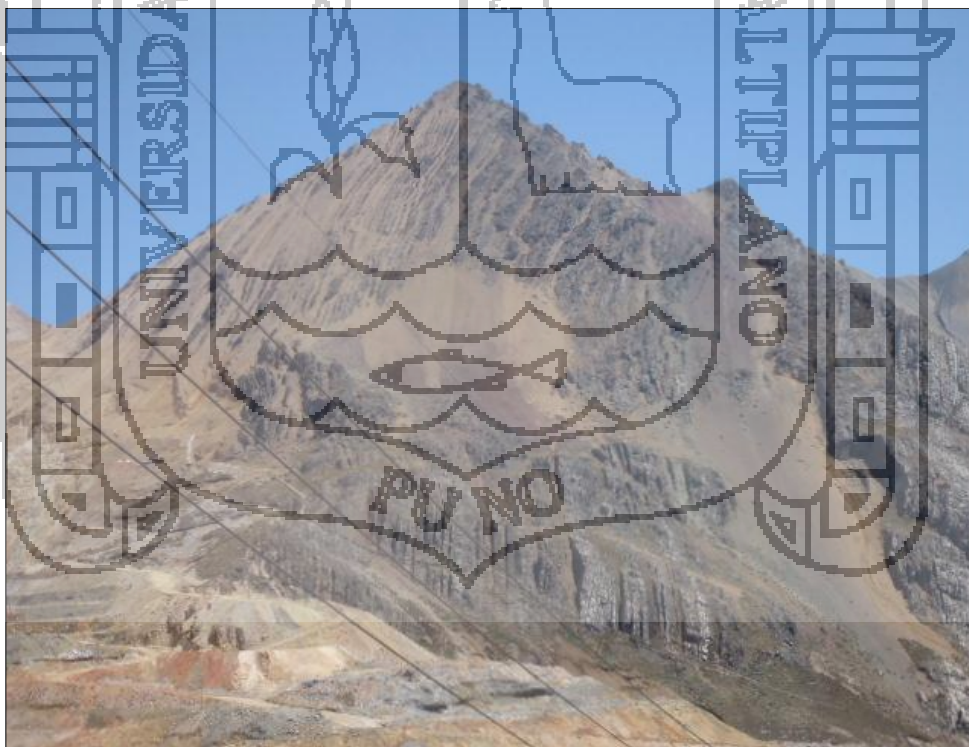
Si HUBIERA sobre limites a los Anteriores resultados pedir:
Código Rangos(%)
Zn-VOL70 (0.01-100)
Pb-VOL70 (0.01-100)
Ag-GRA21 (5-10,000ppm)

Significa limpieza de chancadora Y pulverizadora después de cada Muestra. Usado para muestras con alta Mineralización.

1. Formulario de remisión de muestras



2. Geomorfología de la zona, vista mirando al Norte.



3. Estratigrafía de la Fm. Carhuaz, con Buzamiento 70° NE, vista mirando al S.



4. Vista mirando al Norte, relavera Tinyag, en la Fm. Santa.



5. *P1000536, Skarn de serpentina, con trazas de magnetita diseminada en matriz, halos de actinolita acicular fina, cortada por venillas de pirita.*



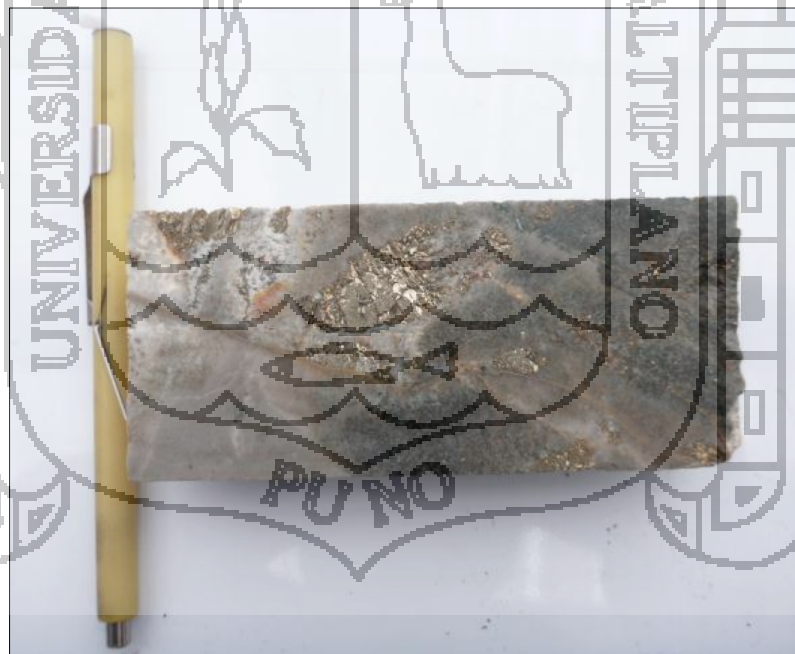
6. *P1000537, Hornfels de clorita bandeada con halos blanqueados, parches de pirita + po ± esfalerita marrón, puntos sub-redondeados de calcita con inclusiones de po ± ep ± sph, además presencia de vnl de pirita. (Sondaje TINF-11-12, desde 300.03-300.13m.).*



7. *P1000538, Skarnoide de epidota en parches + clorita micácea color verde oscuro, matriz de grano fino, pirita diseminada ± silice en matriz. (Sondaje TINF-11-13, desde 923.10-923.21m.).*



8. **P1000539**, Skarn de actinolita acicular de grano medio, con flogopita marrón en forma micácea, con parches de pirita + calcopirita diseminada. (Sondaje TINF-11-12, desde 529.25-529.39m.).



9. **P1000540**, Hornfels gris claro, con flogopita marrón micácea con halos de clorita, parches de pirita asociada con sericita + cuarzo. (Sondaje TINF-11-12, desde 402.26-402.38m.).

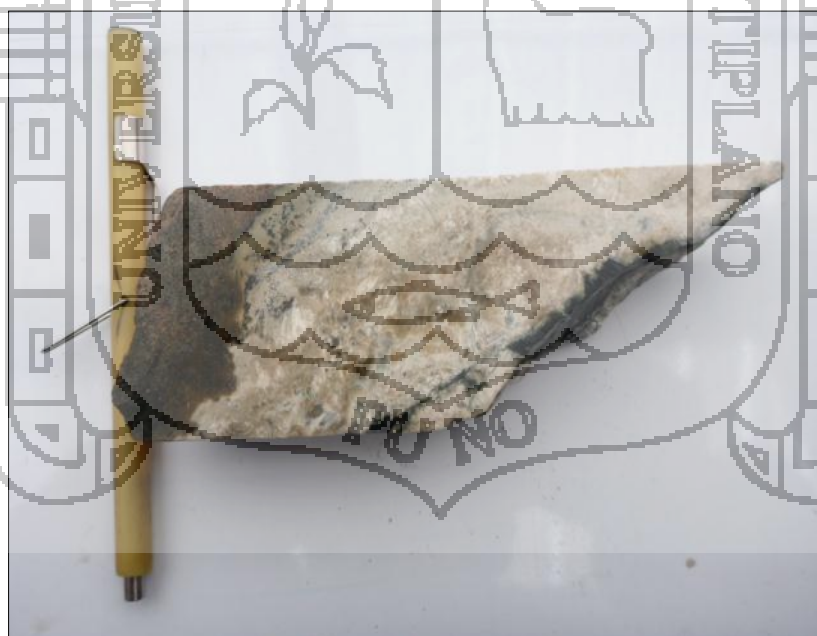


10. **P1000542**, Skarn de actinolita de grano grueso, parches de pirita \pm calcita \pm trazas de hematita. (Sondaje TINF-11-12, desde 438.35-438.45m.).

11. **P1000543**, Hornfels de flogopita marrón, con bandas de clorita, venillas-diseminada de pirita, cortada por microfracturas. (Sondaje TINF-11-13, desde 790.10-790.20m.).



12. **P1000544**, Protolito caliza?, (decarbonatizada), color pardo con flogopita? Parda micácea, parches de pirita + silice \pm ca \pm epidota, moderada porosidad. (Sondaje TINF-11-13, desde 903.66-903.78m.).



13. **P1000545**, Skarn de tremolita blanca acicular de grano grueso con banda de granate de color pardo andradita?, presencia de magnetita diseminada en matriz trazas \pm calcopirita diseminada local. (Sondaje TINF -11-12, desde 535.59-535.79m.).



14. *P1000546, Skarnoide de clorita, matriz fina, con parches de pirita. (muestra general).*

15. *P1000547, Skarn de magnetita masiva asociada con parches de serpentina, matriz calcárea, (muestra general).*



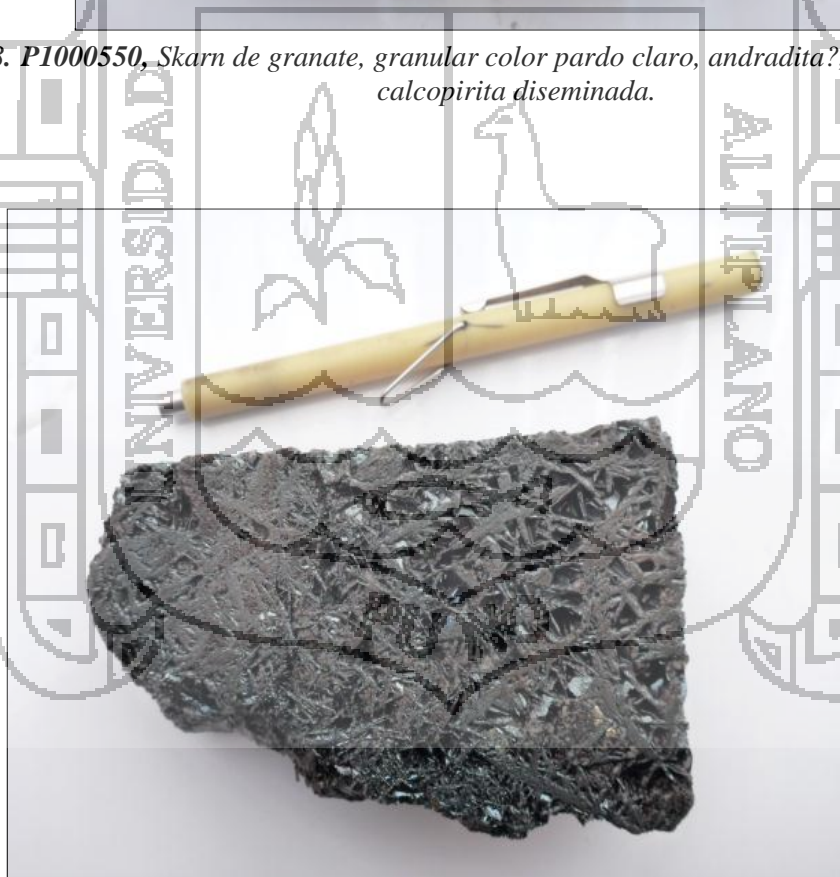
16. *P1000548, Skarn de actinolita acicular de grano grueso, con parches de esfalerita marrón + pirrotita diseminada, (muestra general).*



17. *P1000549, Skarn de magnetita masiva asociada con parches de serpentina de color verde limón, (antigorita?), trazas de calcopirita diseminada, (muestra general).*



18. P1000550, Skarn de granate, granular color pardo claro, andradita?, con trazas de calcopirita diseminada.



19. P1000551, Especularita cristalizada, textura enrejada, (sondaje TINF-12-01, desde 253.10-253.20m.).



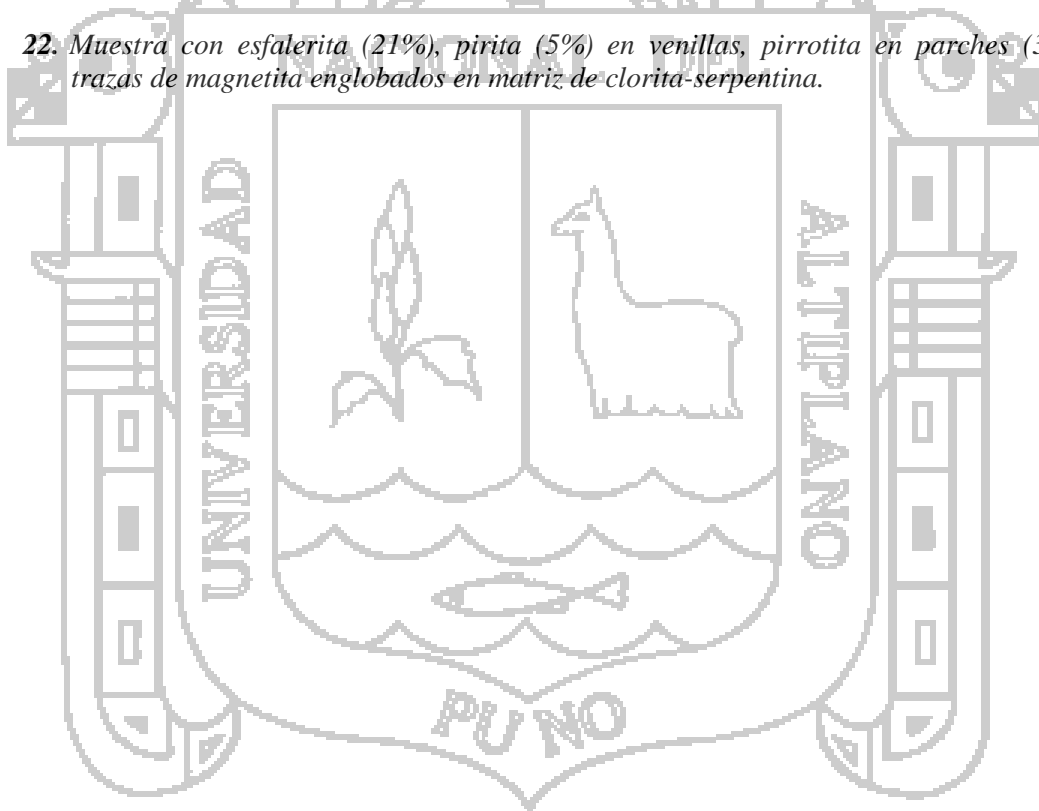
20. Muestra con pirrotita (50%), y esfalerita (40%) masiva, calcopirita (3%) en parches, trazas de pirita y clorita diseminada.



21. Muestra con calcopirita (40%), pirrotita (30%) y esfalerita (20%) masiva envueltos en clorita diseminada.



22. Muestra con esfalerita (21%), pirita (5%) en venillas, pirrotita en parches (3%), y trazas de magnetita englobados en matriz de clorita-serpentina.



B. PLANOS Y SECCIONES

