

AGRADECIMIENTO

De manera especial a la Universidad Nacional de Cajamarca (mi alma mater) y en especial a la Escuela Académico Profesional de Ingeniería Geológica, y al Ing. José Siberoni director de esta escuela, a nuestros docentes, por todas las enseñanzas impartidas, especialmente al asesor de ésta tesis, Ing. Alejandro Lagos Manrique por su orientación para desarrollo de la presente tesis.

Expreso mi agradecimiento a Dios porque gracias a él es que es posible la realización de la presente tesis.

En segundo lugar a Proyectos Troy por la oportunidad de formar parte de este Proyecto y permitirme utilizar la información para realizar la presente tesis.

De igual forma quiero agradecer al Ing. Carlos Villón Berrocal superintendente de geología del proyecto Los Pircos, por el apoyo para el desarrollo de esta tesis, del mismo modo mi especial agradecimiento a mi amigo y compañero de trabajo Ing. Franz Diaz Bueno jefe de geología del Proyecto, por la confianza dada, apoyo y gentil colaboración.

Muchas gracias a todos ustedes

DEDICATORIA

A mis queridos padres Demetrio y Flor de María quienes me brindan sus consejos, aliento y ejemplo en todo momento, y que son lo más preciado que tengo en el mundo.

A mis hermanos Kathy, Cielito, Jhon y Brayam, por estar siempre a mi lado apoyándome en cada paso que doi.

A mis tíos Luis y Sahory por su apoyo incondicional y a todos los integrantes de mi familia que sin ellos no sería posible el desarrollo de la presente tesis.

ÍNDICE

	Pág.
CAPÍTULO I	1
INTRODUCCIÓN	1
CAPÍTULO II	4
MARCO TEÓRICO	4
2.1 ANTECEDENTE TEÓRICOS DE LA INVESTIGACIÓN.....	4
2.1.1. ANTECEDENTES INTERNACIONALES:.....	4
2.1.2. ANTECEDENTES NACIONALES:.....	4
2.1.3. ANTECEDENTES LOCALES:	4
2.2 BASES TEÓRICAS	5
2.2.1 MÉTODOS TRADICIONALES DE ESTIMACIÓN DE RECURSOS	5
2.2.2 MÉTODO DE LA MEDIA ARITMÉTICA	5
2.2.3 MÉTODO DE LOS POLIGONOS.....	7
2.2.4 DEPÓSITOS EPITERMALES:.....	8
2.2.5 DEPÓSITOS EPITERMALES DE BAJA SULFURACIÓN:	10
2.3 DEFINICIÓN DE TÉRMINOS BÁSICOS	11
CAPÍTULO III	14
MATERIALES Y MÉTODOS	14
3.1 UBICACIÓN.....	14
3.1.1 GEOGRÁFICA:	14
3.1.2 POLÍTICA:.....	14
3.1.3 ACCESIBILIDAD:.....	14
3.2 PROCEDIMIENTOS	16
3.2.1. METODOLOGÍA	16
3.2.2. DEFINICIÓN DE VARIABLES.....	16
3.2.3. TÉCNICAS.....	16
3.2.4. INSTRUMENTOS Y EQUIPOS.....	21
3.3 GEOLOGÍA GENERAL	22
3.3.1 GEOLOGÍA REGIONAL	22
3.3.2 ESTRATIGRAFÍA	22
3.3.3 GEOMORFOLOGÍA	24
3.3.4 GEOLOGÍA ESTRUCTURAL	25
3.4 TRATAMIENTO Y PRESENTACIÓN DE RESULTADOS.....	26
3.4.1 INFORMACIÓN DE CAMPO.....	26
CAPÍTULO VI	27
ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS	27
4.1 GEOLOGÍA DEL YACIMIENTO.....	27
4.1.1. GÉNESIS DEL DEPÓSITO.....	27
4.1.2. MINERALOGÍA DEL YACIMIENTO	28
4.1.3. SISTEMA DE VETAS	28
4.1.4. DESCRIPCIÓN DE MUESTRAS	29
4.1.5. EVALUACIÓN GEOECONÓMICA DE LAS VETAS ANGÉLICA Y DIANA ..	32
4.1.6. ANÁLISIS DE RESULTADOS	34
4.1.7. MINERAL EN EL NIVEL 1950	36
4.1.8. PREPARACIÓN DE BLOCKS	37
4.1.9. DISTRIBUCIÓN DE RESERVAS POR NIVELES	38
4.2 CONTRASTACIÓN DE LA HIPÓTESIS	39

	Pág.
CAPÍTULO V.....	40
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	40
5.1 CONCLUSIONES.....	40
5.2 RECOMENDACIONES	41
BIBLIOGRAFÍA.....	42

RELACIÓN DE CUADROS

	Pág.
Cuadro N° 3.1: Puntos de delimitación geográfica.....	14
Cuadro N° 3.2: Ruta 1, Acceso al Proyecto Los Pircos.....	15
Cuadro N° 3.3: Ruta 1, Acceso al Proyecto Los Pircos.....	15
Cuadro N° 4.1: Block de reserva mineral probado y probable para la veta Diana	34
Cuadro N° 4.2: Block de reserva marginal y submarginal para la veta Diana	34
Cuadro N° 4.3: Block de reserva mineral probado y probable para la veta Angélica.	35
Cuadro N° 4.4: Block de reserva marginal y submarginal para la veta Diana.	35
Cuadro N° 4.5: Block de reserva mineral inferido para el nivel 1950.....	36
Cuadro N° 4.6: Block de reserva mineral potencial para el nivel 1950.....	36
Cuadro N° 4.7: Tonelaje de mineral inferido y potencial para el nivel 1950.	36
Cuadro N° 4.8: Blocks de mineral probado y probable eventualmente accesible nivel 1950	37
Cuadro N° 4.9: Reservas por nivel explotado.....	38

RELACIÓN DE FIGURAS

	Pág.
Figura N° 2.1: Ejemplo bidimensional de método de la media aritmética.....	5
Figura N° 2.2: Un banco en el depósito de MMH.....	6
Figura N° 2.3: Método de los poligonos	7
Figura N° 2.4: Dificultad de aplicar el método de los poligonos	8
Figura N° 2.5: Esquema de depósitos epitermales	10
Figura N° 2.6: Estilo y geometría de los depósitos epitermales.	11
Figura N° 4.1: Ventana de entrada de datos.	33
Figura N° 4.2: Diagrama de distribución de reserva mineral por nivel explotado.	38

RELACIÓN DE FOTOS

	Pág.
Foto N° 3.2: Cartografiado geológico de estructuras mineralizadas	17
Foto N° 3.3: Marcado de ancho de veta para control de dilución..	18
Foto N° 3.4: Medida de azimut y buzamiento de estructuras mineralizadas..	18
Foto N° 3.5: Muestreo de canales mineros por parte de personal.	19
Foto N° 3.6: Supervisión de taladros de exploración	20
Foto N° 3.7: Logueo detallado de taladros diamantinos	20
Foto N° 3.8: Geomorfología presente en el proyecto los Pircos.- subcuenca del río Cirato. .	24
Foto N° 4.1: Muestra 01, tomada de Veta Angélica Tj074 SE	30
Foto N° 4.2: Ampliación de muestra de plata nativa (Muestra 01) Veta Angélica.....	30
Foto N° 4.3: Muestra 02, tomada de Sn074 NW – Veta Angélica.....	31
Foto N° 4.4: Muestra 03, Sn032 SE - Veta Diana -	31
Foto N° 4.5: Muestra 04, Ch032-1 - Veta Diana.....	32

RELACIÓN DE ANEXOS

ANEXO I DESCRIPCIÓN DE SONDAJES (VETA DIANA)

	Pág.
Anexo 1.1: Descripción de sondeaje PS752015	43
Anexo 1.2: Descripción de sondeaje PS762015	44
Anexo 1.3: Descripción de sondeaje PS772015	45
Anexo 1.4: Descripción de sondeaje PS782015	46
Anexo 1.5: Descripción de sondeaje PS802015	48
Anexo 1.6: Descripción de sondeaje PS822015	50
Anexo 1.7: Descripción de sondeaje PS862015	51
Anexo 1.8: Descripción de sondeaje PS882015	52

ANEXO II DESCRIPCIÓN DE SONDAJES (VETA ANGÉLICA)

Anexo 2.1: Descripción de sondeaje PS962016	53
Anexo 2.2: Descripción de sondeaje PS1002016	54
Anexo 2.3: Descripción de sondeaje PS1022016	55
Anexo 2.4: Descripción de sondeaje PS1032016	56
Anexo 2.5: Descripción de sondeaje PS1042016	58
Anexo 2.6: Descripción de sondeaje PS1082016	59
Anexo 2.7: Descripción de sondeaje PS1092016	60
Anexo 2.8: Descripción de sondeaje PS1102016	62
Anexo 2.9: Descripción de sondeaje PS1112016	64
Anexo 2.10: Descripción de sondeaje PS1152016	67
Anexo 2.11: Descripción de sondeaje PS1162016	69
Anexo 2.12: Descripción de sondeaje PS1172016	71
Anexo 2.13: Descripción de sondeaje PS1192016	73
Anexo 2.14: Descripción de sondeaje PS1202016	74
Anexo 2.15: Descripción de sondeaje PS1242016	75
Anexo 2.16: Descripción de sondeaje PS1272016	76
Anexo 2.17: Descripción de sondeaje PS1282016	77
Anexo 2.18: Descripción de sondeaje PSB232016.....	78

RELACIÓN DE ANEXOS

GENERAL Y GEOLÓGICOS

1. PLANO DE UBICACIÓN GENERAL
2. PLANO GEOLÓGICO ESTRUCTURAL
3. COLUMNA ESTRATIGRÁFICA
4. PERFIL GEOLÓGICO ESTRUCTURAL

CARTOGRÁFIADOS

5. PLANO GEOLÓGICO SUBNIVEL 074 SE (Veta Angélica)
6. PLANO GEOLÓGICO SUBNIVEL 032 SE (Veta Diana)

PLANO DE LEYES

7. PLANO DE LEYES SUBNIVEL 074 SE (Veta Angélica)
8. PLANO DE LEYES SUBNIVEL 032 SE (Veta Diana)

INTERPRETACIÓN DE TALADROS

TALADROS VETA DIANA

9. TALADROS PS11, PS12 y PS132014-SECCIÓN 463.4 S (Veta Diana)
10. TALADROS PS47 y PS482015-SECCIÓN 312.96 S (Veta Diana)
11. TALADROS PS75, PS76, PS77 y PS802015-SECCIÓN 366.90 S (Veta Diana)
12. TALADROS PS78 y PS792015-SECCIÓN 366.90-A1 S (Veta Diana)
13. TALADROS PS81 y PS822015-SECCIÓN 366.90-A2 S (Veta Diana)
14. TALADROS PS86, PS872015 y PS882015-SECCIÓN 366.90-A1 S (Veta Diana)

TALADROS VETA ANGÉLICA

15. TALADRO PS222014-SECCIÓN 418.2-A1 S (Veta Angélica)
16. TALADROS PS26 y PS272014-SECCIÓN 377.30 S (Veta Angélica)
17. TALADROS PS96, PS97 y PS982016-SECCIÓN 474.88-A1 S (Veta Angélica)
18. TALADROS PS100, PS101 y PS1122016-SECCIÓN 474.8-A1 S (Veta Angélica)
19. TALADROS PS102, PS103, PS104, PS105, PS106 y PS1072016-SECCIÓN 474.80-A2 S (Veta Angélica)
20. TALADROS PS108, PS109, PS110 y PS1112016-SECCIÓN 474.80-A3 S (Veta Angélica)
21. TALADROS PS114, PS115, PS116 y PS1172016-SECCIÓN 517.94 S (Veta Angélica)
22. TALADROS PS119, PS120, PS121 y PS1242016-SECCIÓN 520 S (Veta Angélica)
23. TALADROS PS127, PS128 y PS1292016-SECCIÓN 520-A2 S (Veta Angélica)
24. TALADROS PSB232016-SECCIÓN 400.3-A2 S (Veta Angélica)

TALADROS VETA ANGÉLICA

25. SECCIÓN VETA DIANA
26. SECCIÓN VETA ANGÉLICA

RESUMEN

Esta investigación geoeconómica se desarrolla en el proyecto Los Pircos, que está ubicado en el departamento de Cajamarca, provincia de Santa Cruz, Distrito de Sexi, aborda el tema de la sostenibilidad de la minería, para lo cual se plantearon varios objetivos específicos basados en la determinación de potencial económico de las vetas Angélica y Diana, con la finalidad de determinar la factibilidad de apertura de nivel 1950 en el proyecto Los Pircos. Para la presente investigación se realizaron trabajos como cartografiados geológicos de diferentes labores en el proyecto relacionadas con las vetas en estudio, muestreos de canales realizados en las diferentes labores ejecutados para el desarrollo de las Vetas Angélica y Diana, perforaciones diamantinas con máquina neumática PackSack, muestreo de testigos de perforación de los diferentes sondajes realizados. Una vez obtenido los datos se procedió con la interpretación de estos para proceder con la evaluación geoeconómica y cálculo de tonelaje de mineral, presentando los resultados en secciones geológicas que muestran los blocks de mineral inferido y potencial que presentan las vetas Angélica y Diana, Lo que ha determinado una reserva de mineral potencial e inferida de 52054 TM con 23.64 GrAu/Tn y 15.33 OzAg/Tn como ley ponderada. Según los resultados, se comprueba que sería factible la apertura del nivel 1950 para poder desarrollar labores de extracción de mineral para los blocks de mineral determinado.

Palabras claves: recurso, geología, geoeconómica, cálculo de reservas, inferido, potencial, ley mineral.

ABSTRACT

This research geoeconomic is developed in the Los Pircos project, which is located in the department of Cajamarca, province of Santa Cruz, District of Sexi, addresses the issue of sustainability of mining, for which several specific objectives were raised based on the determination Of economic potential of the Angélica and Diana veins, in order to determine the feasibility of the opening of level 1950 in the Los Pircos project. For the present investigation, geological mapping of different work in the project related to the studied veins was carried out, sampling of canals made in the different works executed for the development of the Angel and Diana Vetas, diamond drilling with PackSack pneumatic machine, sampling of drill cores of the different drill holes made. Once the results were obtained, we proceeded with the interpretation of these to proceed with the geoeconomic evaluation and calculation of mineral tonnage, presenting the results in geological sections showing the blocks of inferred mineral and potential presented by the veins Angelica and Diana, Has determined a potential and inferred mineral reserve of 52054 MT with 23.64 GrAu / Tn and 15.33 OzAg / Tn as weighted law. According to the results, it is verified that it would be feasible to open the 1950 level in order to develop ore extraction work for the particular mineral blocks.

Key words: resource, geologic, geoeconomic, reserve calculation, inferred, potential, mineral law.

CAPÍTULO I.

INTRODUCCIÓN

Los recursos minerales son de gran importancia para todos los países del mundo, dado que son materia prima para los procesos industriales, además que son necesarios para mantener el desarrollo de cada país, dado que los recursos minerales son no renovables, la única alternativa que nos queda es encontrar nuevos horizontes minerales, pero esta labor es considerada como una ardua y compleja labor que requiere de un buen conocimiento del yacimiento explotado, y de una adecuada y certera interpretación geológica.

El yacimiento Los Pircos es un sistema de vetas epitermales del tipo baja sulfuración con mineralización de oro y plata. Se encuentra alojado en una secuencia volcánica constituida por lavas de andesita y tobas dacíticas que pertenecen a la formación Llama, Grupo Calipuy.

El proyecto Los Pircos dio inicio a la explotación de recursos minerales de la veta Diana y Angélica en Diciembre del 2010; extrayéndose un promedio de 100 toneladas por día con una ley mínima explotable de 18 gramos de oro por tonelada durante cuatro años. En el año 2015 el promedio de extracción diaria ha variado, disminuyendo a 40 toneladas por día.

En el proyecto Los Pircos las estructuras minerales se encuentran ubicadas dentro del corredor estructural San Pablo –Porculla, las que siguen un rumbo semejante a las fallas regionales determinadas en este corredor; cuya orientación es de NW-SE.

Es por ello que con el presente estudio se tendrá una mejor perspectiva de las vetas Angélica y Diana, apoyada por información de perforaciones diamantinas, cartografiado geológico y muestreo de labores, que servirán para determinar el potencial mineral con fin de dar apertura al nivel 1950.

Partiendo de este fundamento se podrá contestar a las preguntas en la que se centra este estudio que son:

¿Cuáles son las características geológicas donde se emplazan las vetas Angélica y Diana?

¿Cuál es el potencial económico que presentan estas vetas para su posible explotación?

Estas preguntas son la base de investigación que se va a realizar, con lo cual se busca determinar el potencial económico de estas vetas para extender la vida útil del proyecto. Por ello se considera importante el desarrollo de este estudio, el cual tendrá un alcance descriptivo, correlacional y causal, de tipo transversal.

Esta investigación se justifica en encontrar nuevas reservas de mineral que conlleven al incremento de la vida útil del proyecto minero Los Pircos, centrado en el estudio de las vetas Angélica y Diana.

Como objetivo general se planteó determinar las características propias donde se emplazan las vetas Angélica y Diana en el proyecto Los Pircos.

En cuanto a los objetivos específicos se creyó conveniente determinar el potencial económico que presentan las vetas Angélica y Diana, del mismo modo determinar la factibilidad de apertura de nivel 1950 en el proyecto Pircos, además de realizar la toma y análisis de muestras de las vetas Angélica y Diana, realizar secciones geológicas con la interpretación de las vetas Angélica y Diana, realizar el cálculo de reservas para las vetas Angélica y Diana, y por último realizar mapeos geológicos de labores desarrolladas a lo largo de estas estructuras relacionadas con las vetas Angélica y Diana.

Se planteó la hipótesis de que según las características geológicas y mineralógicas observadas en el campo, las vetas Angélica y Diana continúan con su mineralización, tanto en profundidad como en sentido sureste, por ésta razón es que se necesita la apertura del nivel 1950, y de éste modo explotar y explorar con mayor detalle las vetas en mención.

El capítulo II contiene el marco teórico en donde se desarrollan los temas de antecedentes de la investigación, ya sean locales, nacionales e internacionales, del

mismo modo se desarrollan la definición de términos básicos; El capítulo III está dado por los materiales y métodos utilizados en la realización de la investigación en donde se detallan la ubicación, metodología utilizada, la utilización de instrumentos y equipos, Además del desarrollo de la geología del Proyecto Los Pircos, y por último se muestran el procesamiento de datos y se presentan los resultados obtenidos en el desarrollo de la tesis profesional; El capítulo IV presenta la discusión de resultados y por lo tanto la constatación de la hipótesis; El capítulo V se plantean las conclusiones y recomendaciones sugeridas al final del desarrollo de la investigación.

CAPÍTULO II.

MARCO TEÓRICO

2.1 ANTECEDENTE TEÓRICOS DE LA INVESTIGACIÓN

2.1.1. ANTECEDENTES INTERNACIONALES:

VEGA (2013). Cálculo de reservas de la Veta Paraíso –Mina Paraíso- Distrito Ponce Enríquez, Guayaquil- Ecuador, tesis desarrollada con el objetivo de calcular las reservas de la veta Paraíso e incrementar el conocimiento geológico y su potencial minero. Con la información existente de muestreo en el departamento geológico y el tratamiento geométrico y geo-estadístico.

2.1.2. ANTECEDENTES NACIONALES:

OLORTEGUI (2009). En su investigación sobre “Determinación de la ley de corte, valor de mineral y estimación de reservas aplicadas en compañía minera Atacocha”. Tuvo como objetivo establecer la ley de corte y correcta estimación de recursos teniendo en cuenta el valor mineral, con la finalidad de que el proyecto pueda llevarse a cabo.

2.1.3. ANTECEDENTES LOCALES:

ENRÍQUEZ et al (2003). “Geología de los Yacimientos Epitermales del Tipo Baja Sulfuración en el Corredor Estructural San Pablo – Porculla en el Norte del Perú”. Investigación donde se concluye que el yacimiento aurífero Los Pircos presenta rasgos de un yacimiento del tipo epitermal de baja sulfuración, donde la mineralización se encuentra principalmente en vetas con rellenos de cuarzo, calcita y baritina, con contenidos de pirita, oro nativo, argentita, galena y esfalerita, alojadas en rocas volcánicas del Paleógeno-Neógeno (Paleógeno – Neógeno) y sedimentarias del Cretácico.

2.2 BASES TEÓRICAS

2.2.1 MÉTODOS TRADICIONALES DE ESTIMACIÓN DE RECURSOS MINERALES

La estimación de recursos mineros se puede dividir en dos partes:

- a) Estimación global: Interesa estimar la ley media y el tonelaje de todo el yacimiento (o de una zona grande S dentro del depósito o yacimiento)
- b) Estimación local: Interesa estimar la ley media de unidades o bloques dentro de S, con fin de localizar las zonas ricas y pobres dentro de esta zona S.

La estimación global y local está relacionadas porque se pueden obtener valores globales al componer los valores locales de los bloques. (Alfaro 2007).

2.2.2 MÉTODO DE LA MEDIA ARITMÉTICA

El método de la media aritmética se basa en lo siguiente: Para estimar la ley media de un conjunto S se promedian las leyes de los datos que están dentro de S.

Como por ejemplo: Consideremos el caso de un cuadro con 7 muestras interiores:

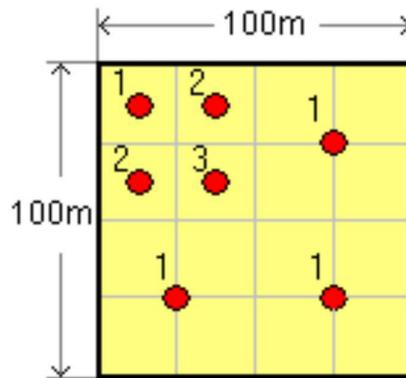


Figura 2.1: Ejemplo bidimensional de método de la Media Aritmética. (Fuente: Alfaro 2007).

$$Z^S = \frac{1 + 1 + 1 + 3 + 2 + 2 + 1}{7} = \frac{11}{7} = 1.57$$

La fórmula general es:

$$Z^S = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N Z_i$$

Donde:

N: cantidad de muestras

Acerca del método:

- Todos los datos tienen el mismo peso $1/N$
- Es muy simple. Fácil de calcular.
- Produce malos resultados cuando hay agrupaciones de datos. En el ejemplo de la figura anterior existe una agrupación de datos en la zona de alta ley: El Valor 1.57 aparece como demasiado alto.
- No funciona bien en estimaciones locales porque quedan bloques sin información, tal como muestra la figura 2. (Alfaro 2007).

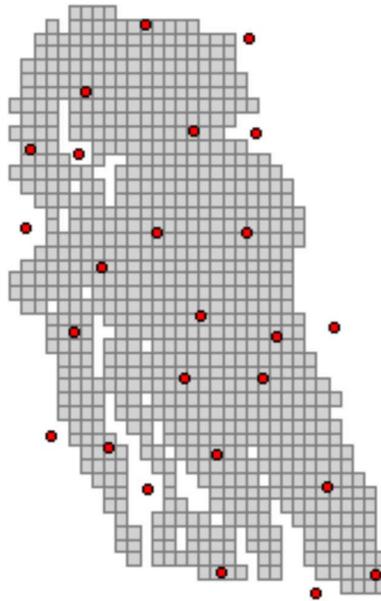


Figura 2.2: Un banco en el depósito de MMH. Bloques de 10mX10mX10m. En gris, zona mineralizada, en rojo la intersección de los sondajes con el banco. (Fuente: Alfaro 2007)..

2.2.3 MÉTODO DE LOS POLIGONOS

El método se basa en lo siguiente: Asignar a cada punto del espacio la ley del dato más próximo. Para estimar una zona S se ponderan las leyes de los datos por el área (o volumen) de influencia S_i .

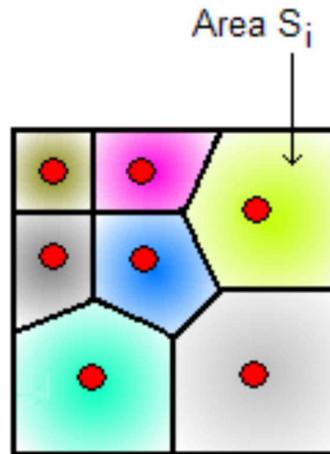


Figura 2.3: Método de los polígonos. Hay que calcular el área de 7 polígonos. (Fuente: Alfaro 2007).

La fórmula general es (Alfaro, 2007):

$$\hat{Z}_S = \frac{1}{S} \sum_{i=1}^N S_i Z_i \quad (S = S_1 + S_2 + \dots + S_N)$$

Acerca del método:

- Es más complicado.
- El peso del dato Z_i es S_i/S .
- Funciona mejor con agrupaciones de datos que la media aritmética.
- Difícil de implementar en tres dimensiones.
- En general no es adecuado en estimaciones locales porque asigna la misma ley a todos los bloques que están dentro de un mismo polígono. Produce problemas con datos anómalos. (Alfaro 2007).

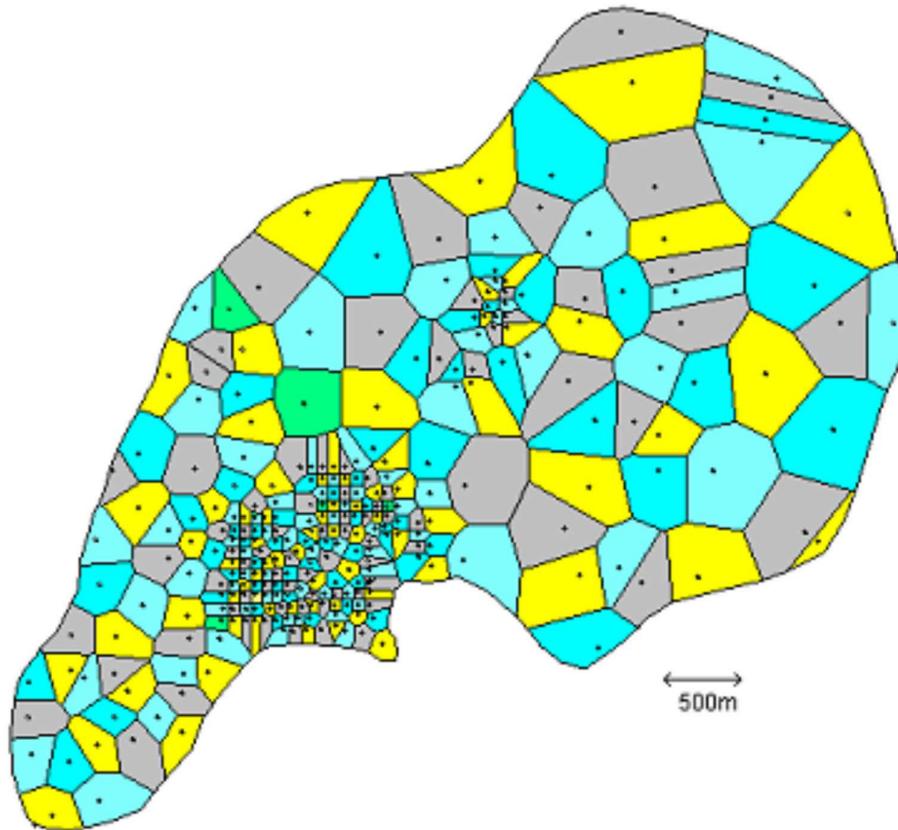


Figura 2.4: Dificultad de aplicar el método de los polígonos. En el espacio de 3 dimensiones el método (poliedros) es aún más complicado. Puntos de muestreo y de bombeo. Observar la agrupación (cluster) de los puntos en la zona central. (Fuente: Alfaro 2007).

2.2.4 DEPÓSITOS EPITERMALES:

Son definidos como productos relacionados a volcanismo con actividad hidrotermal a poca profundidad y de bajas temperaturas, (Guilbert y Park, 1986).

Aquellos en los que la mineralización ocurrió dentro de 1 a 2Km de profundidad desde la superficie terrestre y se depositó a partir de fluidos hidrotermales calientes. Los fluidos se estiman en el rango desde $<100^{\circ}\text{C}$ hasta unos 320°C .

Un gran número de depósitos epitermales están asociados a estructuras de origen volcánico, en especial calderas y complejos andesíticos, así mismo, existe un importante control de éste tipo de depósitos por parte de fallas de escala regional, en zonas de

intenso fracturamiento dentro de un régimen extensional (Nieto-Samaniego y otros, 2005).

Dichas fallas determinan la localización de los depósitos y actúan como guía para el emplazamiento de la fuente de calor magmática necesaria para la subsecuente actividad hidrotermal (Hedenquist, 1986; Fournier, 1987), que controla la duración de dicha actividad. Pero, aunque las fallas de orden mayor ejercen un control directo sobre el emplazamiento de la mineralización, ésta suele disponerse de forma preferencial en fallas subsidiarias (White y Hedenquist, 1990).

La mineralización epitermal puede formarse a partir de dos tipos de fluidos químicamente distintos. Los de “baja sulfuración” son reducidos y tienen un pH cercano a neutro (la medida de concentración de iones de hidrógeno) y los fluidos de “alta sulfuración”, los cuales son más oxidados y ácidos.

Los términos de alta y baja sulfuración fueron introducidos por (Hedenquist, 1987) y se refieren al estado de oxidación del azufre.

En los de alta sulfuración el azufre se presenta como S^{4+} en forma de SO_2 (oxidado) y en los de baja sulfuración como S^{2-} en forma de H_2S (reducido).

Los fluidos de baja sulfuración (BS) son una mezcla de aguas-lluvias (aguas meteóricas) que han percolado a subsuperficie y aguas magmáticas (derivadas de una fuente de roca fundida a mayor profundidad en la tierra) que han ascendido hacia la superficie.

Los metales preciosos han sido transportados en solución como iones complejos (en general bi-sulfurados a niveles epitermales; clorurados a niveles más profundos) y para fluidos de baja sulfuración la precipitación de metales ocurre cuando el fluido hierve al acercarse a la superficie (ebullición).

En ambos tipos de depósitos (BS y AS) los fluidos circulan hacia la superficie a través de fracturas en las rocas y la mineralización a menudo se presenta en esos conductos, pero también pueden circular por niveles de rocas permeables y eventualmente mineralizar ciertos estratos. (Hedenquist, 1987)

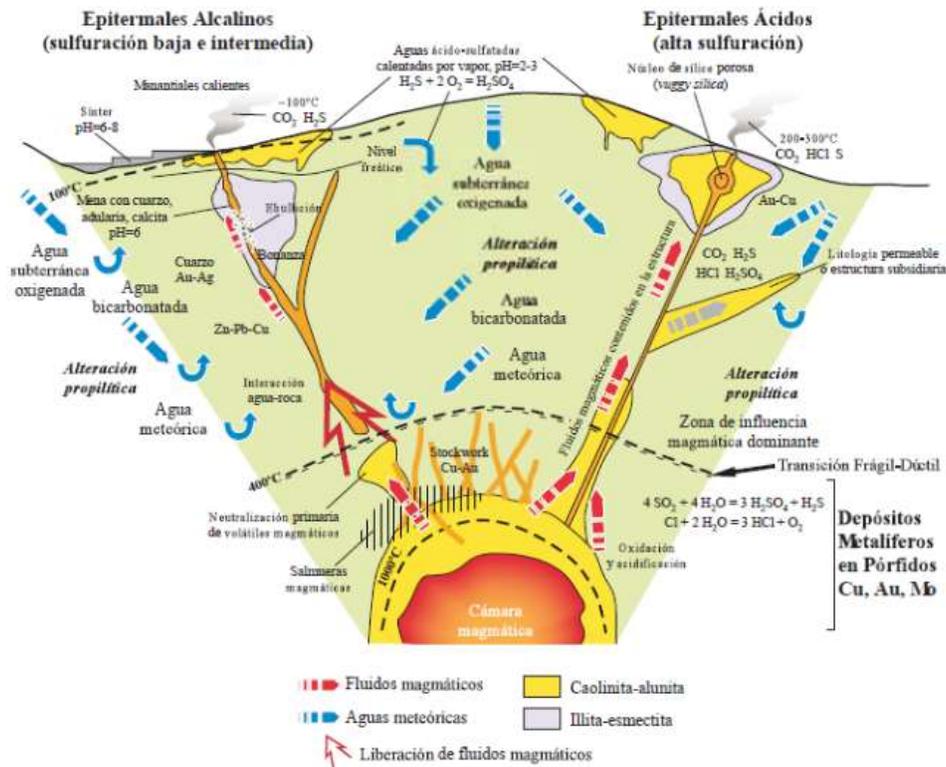


Figura 2.5: Esquema compartido (no a escala) de los depósitos epitermales ácidos (alta sulfuración) y alcalinos (baja e intermedia sulfuración) y su relación con rocas magmáticas. (Modificado de Camprubí, 2006).

2.2.5 DEPÓSITOS EPITERMALES DE BAJA SULFURACIÓN:

Son desarrollados en un ambiente geotermal, dominado por aguas cloruradas donde hay un fuerte flujo de circulación de aguas a profundidad (principalmente de origen meteórico). Los fluidos de baja sulfuración, generalmente forman vetas de relleno con metales preciosos o series de vetas y venillas más finas, denominadas “stockwork” o “sheeted-veins”. Los típicos sistemas geotermales ocurren a cierta distancia de un edificio volcánico, algunas veces pueden ocurrir en áreas sin actividad volcánica contemporánea, generalmente, son derivados de intrusiones localizadas a 5-6 km debajo de la superficie (Hedenquist et al 2000).

Debido a la baja presión y las condiciones hidrostáticas bajo las cuales se forman, los depósitos epitermales muestran una gran variedad de formas y estilos de mineralización, que incluyen vetas, cuerpos de brechas hidrotermales, “stockworks” y diseminaciones o reemplazamientos (Sillitoe, 1999).

La diversidad de formas refleja la influencia de los controles de mineralización, los cuales representan zonas de permeabilidad dentro de las partes bajas de los sistemas hidrotermales activos anteriormente (Simon et al, 2005).

La permeabilidad de las rocas determina el flujo de los fluidos y los mecanismos de precipitación del mineral (“boiling” o “mixing”). La roca permeable en los depósitos epitermales puede ser provista estructural, hidrotermal, y/o litológicamente (Sillitoe, 1993^a).

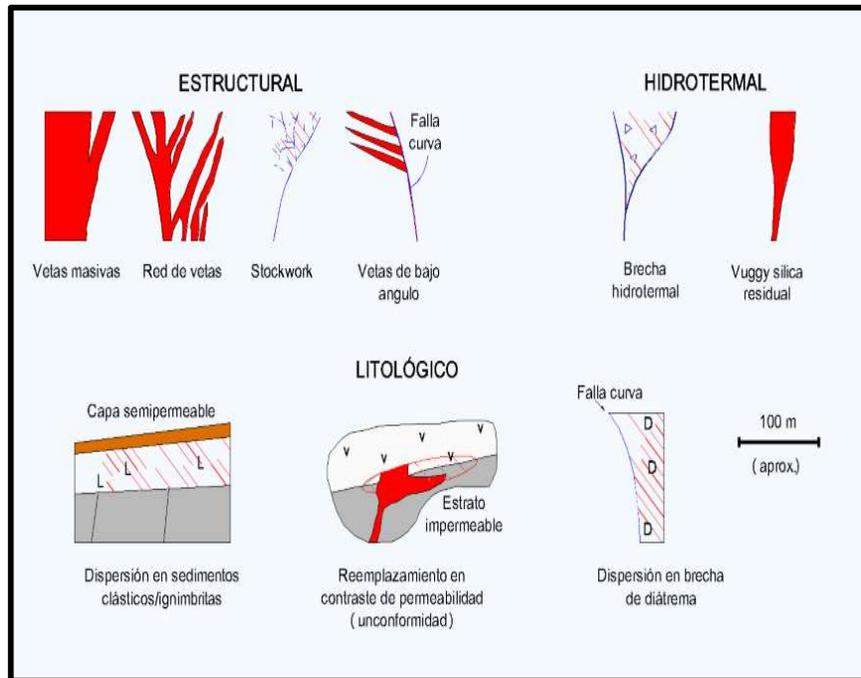


Figura 2.6: Estilos y geometría de los depósitos epitermales, ilustran la influencia estructural, hidrotermal y permeabilidad litológica (Modificado de Sillitoe, 1993a; y Hedenquist et al 1996).

2.3 DEFINICIÓN DE TÉRMINOS BÁSICOS

Veta: Yacimiento compuesto por un cuerpo mineral de forma alargada, limitado por planos irregulares de rocas denominadas encajonantes. Generalmente la veta es vertical. Cuando el cuerpo mineral aparece tendido o echado se le llama manto. Las vetas constituyen el tipo de yacimiento más común en nuestro medio. (Arroyo, 2011).

Recursos minerales: Son la porción de recursos medido o indicado económicamente extraíble la cual incluye factores geológicos, metalúrgicos, geotécnicos, medioambientales, sociales y gubernamentales. El cálculo de reservas busca entregar el potencial económico que pueden tener los recursos mineros dando origen a diseños mineros que sustentan el plan minero a partir del cual es calculado el flujo de caja del proyecto (García 2013).

Recurso Mineral Medido (Probado): Es aquella parte de un Recurso Mineral cuyo tonelaje, ley, densidad, forma, tamaño y otras características físicas pueden ser estimados con un alto nivel de confianza. Los lugares de la toma de las muestras deben ser lo suficientemente accesibles para que la información pueda ser confirmada. El nivel de confianza geológica y el grado de certeza del Recurso Mineral Medido es similar al requerido para la determinación de Reserva de Mineral Probado.

Recurso Mineral Indicado (Probable): Es parte de un Recurso Mineral que por su naturaleza, calidad, cantidad y distribución de datos que permiten una interpretación confiable para asumir la continuidad de la mineralización. El nivel de confianza geológica y el grado de certeza es similar al requerido para determinar una Reserva Mineral Probable.

Recurso Inferido: Es aquella porción del Recurso Minero para el cual las estimaciones de tonelaje y ley están afectas en exactitud y precisión debido a muestreos fragmentarios, limitados, y a percepciones asumidas sobre su continuidad geológica, y a extrapolaciones de carácter más bien subjetivo sobre la naturaleza de los controles de la mineralización. Debido a las incertidumbres asociadas con el Recurso Inferido no existe certeza de que todo este mineral o una porción de él se convierta, en definitiva, a la categoría de Recurso Indicado o Recurso Medido como resultado de un reconocimiento adicional. La confiabilidad en la estimación de estos Recursos es insuficiente para garantizar una aplicación significativa de parámetros técnicos y económicos asociados con ellos o para posibilitar una evaluación sobre su viabilidad económica a fin de informarla sustentada y públicamente. Por lo mismo, se debe tener un cuidado muy especial al incluir, en forma apropiada, eventual, limitada, y plenamente identificada el Recurso Inferido en análisis de tipo económico. Ello dependerá del tipo de mineralización, de los contenidos y características del entorno mineralizado, del plazo

considerado para convertir estos Recursos Inferidos en Recursos Indicados o Medidos, y de otros aspectos relevantes de la mineralización bajo análisis. (Tulcanaza, 2003).

Recurso Mineral Potencial: En adición a las reservas y recursos de mineral. En algunos casos, ha sido definido a través de exploración distrital y regional y es una clasificación meramente referencial.

Reservas probadas: Tal y como el termino lo indica, “reservas probadas” se refiere a aquel mineral que se encuentra completamente expuesto o lo que es lo mismo, conocido por los cuatro laos que limitan al bloque que lo contiene, el cual además deberá encontrarse en disposición inmediata para ser extraído por el método de minado seleccionado (García 2013).

Reservas probables: Son representadas por el mineral cuya ocurrencia, para efectos de estimación, se encuentra razonablemente asegurada, pero sin una certeza absoluta. Se le puede asignar una ley conservadamente definida, a menos que las obras de extracción hayan avanzado hasta el punto en que el mineral probable pueda ser integrado como mineral explotable. La ley asignada a la mayoría de los bloques “probables” puede ser la ley determinada por los bloques continuos clasificados como “probados”. (García 2013).

CAPÍTULO III. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1 UBICACIÓN

3.1.1 GEOGRÁFICA:

Cuadro 3.1. Puntos de delimitación geográfica del proyecto Los Pircos.

COORDENADAS UTM (DATUM WGS 84)		
PUNTO	NORTE	ESTE
1	9 267 137.7883	713 747.0048
2	9 267 051.6207	713 647.0261
3	9 267 239.0971	713 829.5023
4	9 267 051.6207	713 829.5023

Coordenadas geológicas que limitan el Proyecto Los Pircos, que es en donde se desarrolla la presente investigación, ésta área de estudio es conocida como Ciarato 4 y 5.

3.1.2 POLÍTICA:

El Proyecto Los Pircos se encuentra ubicado en el norte del Perú, región de Cajamarca, departamento de Cajamarca, Provincia de Santa Cruz, distrito de Sexi. (Ver ilustración 01)

3.1.3 ACCESIBILIDAD:

El acceso se describe a continuación, debido a que presenta 2 diferentes rutas para llegar al Proyecto Los Pircos:

Primera ruta: Tomar la ruta Chiclayo – Chota, vía asfaltada en buenas condiciones hasta la ciudad de Chongoyape. A partir de allí se continúa por una carretera afirmada en regular estado de conservación hasta la Colmena, pasando previamente por Cumbil y Llama. Luego, toma un desvío la trocha carrozable

hacia el distrito de Sexi pasando por Corral Viejo y llegar al C° Los Pircos donde se desarrolla el Proyecto.

Cuadro 3.2. Ruta 1, Acceso al Proyecto Los Pircos.

Localidades	Km	Tipo de vía	Tiempo
Chiclayo - Chongoyape	60	Asfaltada	1 h 00´
Chongoyape - Cumbil	21	Asfaltada	0 h 30´
Cumbil - La Colmena	57	Asfaltada	2 h 00´
La Colmena- Sexi - Los Pircos	29	Trocha	1 h 00´
Chiclayo - Los Pircos	167		4 h 30´

Segunda ruta: Se accede al Proyecto tomando la carretera Cajamarca – Santa Cruz. En su primer tramo consta de una vía asfaltada en buenas condiciones hasta la Pajuela. De allí en adelante continúa una carretera afirmada en regular estado hasta el Empalme para luego tomar la carretera hacia Tongod. Antes de Yauyucán se toma un desvío con dirección hacia Santa Cruz. Después se cruza el Puente Lípor para llegar al proyecto en los Cerros Coyma, Los Pircos y Digolopes en un tiempo aproximado de tres horas y cuarenta minutos.

Cuadro 3.3. Ruta 2, Acceso al Proyecto Los Pircos.

Localidades	Km	Tipo de vía	Tiempo
Chiclayo – Chongoyape	60	Asfaltada	1 h 00´
Chongoyape – Cumbil	21	Asfaltada	0 h 30´
Cumbil- Catache - Puente Lipor	37	Asfaltada	1 h 30´
Puente Lipor - Los Pircos	20	Trocha	0 h 40´
Chiclayo - Los Pircos	138		3 h 40´

3.2 PROCEDIMIENTOS

3.2.1. METODOLOGÍA

Tipo: Descriptiva

Nivel: Explicativo

Diseño: No experimental- transversal correlacional/ causal.

Método: Descriptivo

Población: Vetas Angélica y Diana – Proyecto Los Pircos

Muestra: Todos los puntos de muestreo y sondajes diamantinos

Unidad de análisis: Estructuras mineralizadas relacionadas a las vetas Angélica y Diana, puntos de muestreo y sondajes diamantinos.

3.2.2. DEFINICIÓN DE VARIABLES

VARIABLES INDEPENDIENTES:

Leyes minerales

Comportamiento geológico

Alteraciones mineralógicas.

VARIABLES DEPENDIENTE:

Reservas minerales

Estructuras mineralizadas (vetas)

Geología del yacimiento.

3.2.3. TÉCNICAS

PRIMERA ETAPA DE GABINETE

Consistente en la revisión de toda la información bibliográfica existente a cerca de las vetas Angélica y Diana, tomada de trabajos realizados como cartografiado geológicos, muestreos, logueo de sondajes diamantinos, interpretación de taladros y realización de secciones geológicas.

En la realización de la presente investigación se realizaron los siguientes procedimientos:

1. Recopilación de información tanto de fuentes anteriores, como es el caso de información existente por parte de la Empresa Buenaventura Ingenieros S.A. así como también información reciente de Minera Troy.
2. Se delimitó el área de estudio en la que se centra ésta investigación, que vendría a estar dada por las vetas Angélica y Diana, las cuales han sido cartografiadas para determinar dicha área.

ETAPA DE CAMPO

En ésta etapa de la investigación se realizaron los siguientes procedimientos:

1. Se realizó el reconocimiento de las vetas Angélica y Diana, al igual de las labores desarrolladas en estas estructuras, como son Galerías, Tajos, Subniveles, Chimeneas, para comprender el comportamiento de las estructuras en mención
2. En campo se procedió con el cartografiado geológico de las vetas Angélica y Diana, tomando medida de lo azimut y buzamientos de éstas estructuras.



Foto 3.2: Cartografiado geológico de estructuras mineralizadas (Sn074 SE – Veta Angélica).



Foto 3.3: Marcado de ancho de veta para control de dilución (Sn074 SE – Veta Angélica).



Foto 3.4 Medida de azimut y buzamiento de estructuras mineralizadas.

3. Realización de muestreo sistemático por medio de canales mineros; la realización del muestreo fue realizado por muestreros calificados bajo la atenta supervisión de un geólogo.



Foto 3.5: Muestreo de canales mineros por parte de personal muestrero. (Veta Diana).

4. Realización de sondajes diamantinos; se ejecutan proyectos diamantinos previamente planteados en gabinete, los cuales ayudaran para la interpretación de las estructuras en estudio, además proporcionaran información del contenido mineral, para el desarrollo de los sondajes se cuenta con dos máquinas neumáticas PackSack FL-50 alimentado por un motor de aire neumático de 8.6 hp de fuerza a 3000 rpm.



Foto 3.6: Supervisión de taladros de exploración, realizados por máquina neumática PackSack-L50.

SEGUNDA ETAPA DE GABINETE

Consistente en el procesamiento de la información tomada en campo como cartografiado geológicos, muestreo de canales, logueo de sondajes y muestreo de los mismos, para poder plasmarlos en secciones geológicas, las cuales serán usadas para determinar la calidad y cantidad de mineral de las vetas.



Foto 3.7: Logueo detallado de taladros diamantinos.

En el desarrollo de ésta etapa se hizo uso del software Autocad 2014, SpheriStat3, Excel 2010. (Ver Anexos 01 y 02).

3.2.4. INSTRUMENTOS Y EQUIPOS

Los materiales utilizados en la realización de ésta investigación son los siguientes:

a) AutoCad:

Se utiliza éste programa para la realización de los siguientes datos:

Realización de planos de leyes, en los que está plasmado tanto el ancho de las vetas y ley mineral.

Digitalización de cartografiado geológicos, en los que se puede determinar el comportamiento de las estructuras que son centro de investigación en la presente tesis.

Secciones geológicas, en los que se realiza la interpretación de las estructuras registradas con la ayuda de perforación diamantina, así como también de las vetas Angélica y Diana, del mismo modo sirven para plantear nuevos proyectos diamantinos.

b) Gemcom: Sirve para representar los canales de muestreo, y plasmar las leyes de los tramos muestreados, para luego exportarlos a planos longitudinales realizados en AutoCad.

c) SpheriStat3: Este software sirve para representar mediante proyecciones estereográficas y diagrama de rosas la orientación de las estructuras.

d) Paquete de Microsoft office 2010: Serie de programas con los que se procesó la información obtenida en campo y facilitó en gran manera la realización, digitalización y realización de la presente tesis profesional.

3.3 GEOLOGÍA GENERAL

3.3.1 GEOLOGÍA REGIONAL

Regionalmente el proyecto Los Pircos se encuentra sobre una secuencia principalmente de rocas volcánicas continentales, de origen lávico y clástico, cuya composición varía de andesitas a dacitas y son conocidas como Formación Llama del Paleógeno inferior (Miembro inferior del Grupo Calipuy) y Formación Huambos del Neógeno superior (Wilson y Guevara, 1985). La base de la columna litoestratigráfica, está constituida por unidades sedimentarias, representadas por las Formaciones Chimú, Inca y Pariatambo del Cretáceo inferior a medio.

Estratigráficamente se aprecia que los volcánicos Llama, yacen sobre las unidades sedimentarias de manera discordante, buzando de 10 a 15° al SW. En los alrededores de Sexi afloran las unidades líticas de los volcánicos Huambos, caracterizadas por unidades ignimbríticas y tobas recientes, que generalmente son de colores blanquecinos.

3.3.2 ESTRATIGRAFÍA

La estratigrafía regional del área de estudio, está compuesta por las siguientes unidades geológicas:

CRETÁCICO

Constituye el substrato de la zona en estudio y se encuentra por debajo de la Formación Llama en contacto discordante.

Las unidades de este sistema afloran en el lecho del río Chancay y de la quebrada Cirato, donde se ha podido determinar tres unidades:

Grupo Goyllarisquizga – (ki): Conformado por areniscas con laminación sesgada de grano fino a medio, presentando ocasionalmente lentes conglomerádicos, en ocasiones se puede encontrar niveles de lutitas negras carbonosas en estratos menores a 1 metro.

Los afloramientos del Grupo Goyllarisquizga en la zona del proyecto pertenecen a la Formación Chimú.

Formación Inca-Chulec (K-i/chu): Conformada por calizas grises en estratos delgados con fósiles, las cuales se encuentran intercaladas con pequeños estratos de lutitas negras.

Formación Pariatambo (Ki-pa): Es constituida por calizas grises intercaladas con lutita negras. Esta unidad forma los afloramientos más extensos dentro de este grupo de rocas cretácicas.

PALEÓGENO-NEÓGENO

Grupo Calipuy

Formación Llama: La Formación Llama aflora ampliamente en la zona del proyecto Los Pircos constituyendo más del 60% del área total, está compuesta por rocas volcánicas de composición andesítica con presencia de rocas detríticas de origen continental.

La Formación Llama, litológicamente está compuesta en su base por aglomerados con intercalaciones de lavas andesíticas de color violácea y verde (Ti- ag/an), luego se tiene tobas líticas en estratos gruesos de colores gris a blanco; esta unidad se encuentra en el cerro Los Pircos.

Los Pircos fuertemente silicificada (Ti-t11), seguida por tobas blancas de textura fina. (Ti-tf). Siguiendo la secuencia de la Formación Llama se encuentran tobas de cristales de composición dacítica con abundante cuarzo (Ti-tc1 y Tc-tc2). Finalmente se encuentran Tobas líticas de color púrpura a violácea variando lateralmente a verde.

Formación Huambos (Ts – Vh): Aflora al norte del cerro Los Pircos, precisamente en el pueblo de Sexi proyectándose hasta La Colmena. Otro afloramiento se encuentra a lo largo del cerro Vizcachas (oeste de Mollepampa).

Esta unidad sobreyace en discordancia angular a la Formación Llama y comprende intercalaciones de tobas andesíticas y traquíticas de edad Mioceno Plioceno, en la mayoría de los casos los piroclastos de la Formación Huambos están bien estratificados en capas medianas y gruesas, parcialmente compactadas con escaso nivel de tobas soldadas o ignimbríticas; se registran grosores de 50, 100 y hasta 400 m de espesor.

Su expresión topográfica es bastante característica, generalmente forma llanuras delimitadas por farallones y escarpas donde se aprecia su estratificación; sobre esta superficie se ha desarrollado un sistema dendrítico de drenaje.

Las divisorias entre las quebradas son suaves y característicamente convexas debido a la porosidad de la roca, lo que disminuye la intensidad de erosión.

CUATERNARIO

Se encuentra una diversidad de depósitos cuaternarios. En la zona y de estribaciones andinas existen abundantes depósitos de naturaleza aluvial y fluvial, constituidos por conglomerados, gravas, arenas y limos; sobre estos (Ver Plano 03)

3.3.3 GEOMORFOLOGÍA

El área del Proyecto Los Pircos presenta una geomorfología variada, predominando las superficies con relieve abrupto e irregular en la parte superior, mientras que en la parte media e inferior se pueden observar planicies con pendientes suaves, se caracteriza por presentar escarpes y cárcavas con mediana pendiente a causa del recorrido de las aguas de lluvia, podemos observar también terrazas producidas por depósitos aluviales, presentando granulometría heterogénea.

Como consecuencia del paso del agua se evidencia la formación de barrancos producidos en materiales suaves; en la parte inferior se puede notar la presencia de valles juveniles.



Foto 3.8: Vista de la geomorfología presente en el proyecto los Pircos.- subcuenca del río Cirato.

3.3.4 GEOLOGÍA ESTRUCTURAL

El Proyecto Los Pircos se encuentra dentro de la franja de yacimientos epitermales de baja sulfuración, al que se le ha denominado "Franja San Pablo-Porculla" (Ver ilustración 03)

Se ha reconocido un sistema principal de fallamiento cuya orientación es NW-SE y controla la ubicación del proyecto. Las principales fallas son Los Pircos – Catache y la falla Cirato donde se halla emplazada la veta Lesly, las cuales se acuñan en el sector de Mollepampa.

Las estructuras mineralizadas corresponden al sistema NW-SE tal como se puede observar en la veta Diana y el crestón silíceo del Cerro Los Pircos. Además se puede apreciar un sistema secundario tensional de vetas que unen las estructuras Diana y los Pircos con rumbo Norte – Sur.

De acuerdo a las observaciones hechas en el año 2004, se han determinado un sistema de bloques romboédricos con dirección NW-SE, limitados por las fallas Los Pircos-Catache, Cirato y Lúchaj.

El movimiento pre-mineralización del sistema estructural en el proyecto Los Pircos probablemente fue gravitacional con componente sinistral, luego del emplazamiento de las vetas el movimiento mayormente ha sido inverso con componente dextral.

Este último esfuerzo es evidenciado con las estrías de fallas presente en los afloramientos de las vetas Rosa Victoria y Lesly. En otros afloramientos de vetas se encuentran estrías con movimiento normal sinistral, estas corresponden a estructuras de orden menor que resultan del reacomodo de los bloques romboédricos.

En el año 2004, se ha observado algunas características a lo largo de la Falla Cirato. En el sector Digolopez-Cirato, al Norte del cerro Malvas, la Falla Cirato tiene registros de movimiento post mineralización inverso-dextral (Veta Lesly), al Sur de la Veta Diana, se ha registrado movimiento post-mineralización del tipo normal; más al Sureste en el sector de Marampampa - Cascadén la falla Cirato presenta un sistema en transtensión (graven) donde se han depositado conglomerados de la Formación Llama del Grupo Calipuy, controlados por las fallas Cirato y Peña de los Loros, esta última falla, se encuentra afectando cuerpos subvolcánicos los cuales presentan brechamiento y

pequeñas alteraciones acompañados de mineralización. En el sector Mollepampa-Pacopuquio, la Falla Cirato al parecer ha tenido movimientos postmineralización del tipo inverso con componente de rumbo.

3.4 TRATAMIENTO, ANÁLISIS DE DATOS Y PRESENTACIÓN DE RESULTADOS

3.4.1 INFORMACIÓN DE CAMPO

TRATAMIENTO DE INFORMACIÓN

Esta información es recopilada de los cartografiados geológicos realizados de labores realizadas en las vetas Angélica y Diana, de igual manera se realiza el procesamiento de la data de testigos digitalizadas para poder completarlas una vez recibidos los resultados de laboratorio, para luego ser analizadas con el fin de plasmar en planos los diferentes impactos, es decir colocar los puntos con las leyes de oro y plata más altos y con esto realizar el cálculo del tonelaje y ley promedio mediante el método de los polígonos.

ANÁLISIS DE DATOS

Se hizo la interpretación de los logeos realizados de los diferentes sondajes lanzados con el fin de explorar las vetas en estudio, de igual modo se realizó el análisis las muestras enviadas al laboratorio como obtenidas del muestreo de los testigos de sondajes y muestreo de canales.

PRESENTACIÓN DE RESULTADOS

En cuanto al muestreo realizado de los diferentes canales mineros realizados en las vetas Angélica y Diana se presenta digitalizado en GEMCOM y exportada en planos de AutoCAD (Ver ilustraciones 09 y 11), así como los cartografiados geológicos de las diferentes labores de desarrollo. (Ver ilustraciones 04 - 08)

La información de perforación es procesada en secciones geológicas transversales; en donde se interpretan todas las estructuras interceptadas y se ubican los tramos de muestreo con sus respectivas leyes minerales. (Ver ilustraciones 11 - 26)

CAPÍTULO VI.

ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS

4.1 GEOLOGÍA DEL YACIMIENTO

4.1.1. GÉNESIS DEL DEPÓSITO

En cuanto a las principales características del basamento rocoso de la zona del proyecto, se evidencian dos eventos tectónicos que han dado lugar al emplazamiento de las unidades estratigráficas existentes.

El primer evento tectónico pre-Paleógeno-Neógeno es un movimiento compresivo, que ha provocado el plegamiento de las rocas Cretácicas, las cuales fueron erosionadas antes que se depositará la Formación Llama de edad Paleogeno-Neógeno.

El segundo evento tectónico es un movimiento de compresión y distensión que originó una falla profunda de rumbo NW - SE, que ha controlado el magmatismo Cenozoico. En el área de estudio se han reconocido dos fallas principales, Cirato y Los Pircos - Catache, que forman parte de un sistema regional de fallas NW-SE, denominadas Corredor Estructural San Pablo - Porculla.

Las fallas Cirato y Los Pircos - Catache han controlado el origen de la mineralización y la evolución geomorfológica de este sector.

En la zona estudiada los depósitos fluvioaluviales están restringidos a los pisos de valle, desembocaduras de quebradas (tal es el caso de la Pampa de Sexi), algunas terrazas y áreas planas. (Ver plano 04)

4.1.2. MINERALOGÍA DEL YACIMIENTO

La mineralogía es de origen hidrotermal principalmente cuarzo, pirita, oro nativo y argentita. Por efectos de la alteración supérgena los sulfuros han pasado a conformar óxidos de fierro y manganeso además de arcillas (caolín) por la alteración de la roca encajonante.

La alteración hidrotermal predominante es la alteración propilítica pervasiva (cuarzo-adularia-clorita-calcita-pirita) y la alteración potásica (cuarzo-adularia-pirita). Aunque esta última es más bien una alteración hidrotermal de transición entre la propilítica y la potásica, no existe un control de venillas estricto en la alteración potásica.

Las texturas menores que se presentan dentro de las vetas son las texturas de cuarzo por reemplazamiento: sacaroidal y lattice bladed.

Además de las vetas rellenas de cuarzo existe otras formas de mineralización:

Diques con disseminación de sulfuros como la pirita y argentita tomando formas botroidales.

Vetas rellenas con arcillas y óxidos de fierro o manganeso asociados a altas leyes de oro.

4.1.3. SISTEMA DE VETAS

Existen dos sistemas de vetas principales donde se asocian la mayoría de vetas reconocidas las cuales son el sistema de veta Diana y el sistema de veta Angélica. En el sistema de veta de Diana se han reconocido hasta ahora las vetas Pilar, Roxana, Vanessa, Susana, María y Roció. En el sistema de vetas de Angélica se han reconocido a las vetas Lorena, Sandra, Sheyla, Dalia, Isabel y Lucha Tania. (Ver ilustración 04 y 05)

4.1.4. DESCRIPCIÓN DE MUESTRAS

DESCRIPCIÓN MACROSCÓPICA DE VETA ANGÉLICA Y DIANA

Color: gris, crema grisáceo a verdoso.

Tamaño de grano: fino a grueso.

Texturas reconocibles: brechosa, en los fragmentos volcanoclástica.

Otras características: brecha con cemento silíceo fino, presencia de óxidos de fierro, óxidos de manganeso y pirargirita. En los fragmentos la pirita parece de grano más grueso y disseminación fina en la matriz.

La pirita es el mineral más abundante, que ocurre en cristales pequeños, la mayoría disseminados, los más grandes, en los fragmentos líticos, y los más finos en el cemento. Hay presencia de sustancia carbonosa en granos pequeños redondeados que han sido reemplazados por sílice, de color gris verdoso.

Se observó la presencia de calcopirita en forma disseminada, que acompaña a la pirita, se han encontrado inclusiones en pirita muy diminutas de mineral muy reflectante, podría tratarse de Au-nat.

Se identificó materia oscura en forma masiva, que correspondería a sulfuro de plata conocida como pirargirita y plata en forma arborescente, además se distingue la presencia de patinas de óxido de fierro y manganeso cubriendo cuarzo cristalino.



Foto 4.1: Muestra 01, tomada de Veta Angélica Tj074 SE, presencia de matriz cuarzosa rodeando pirita diseminada, cuarzo gris masivo, pirargirita en forma masiva, óxidos de hierro y manganeso relleno de cavidades .



Foto 4.2: Ampliación 20% de muestra de plata nativa (Muestra 01) Veta Angélica.



Foto N° 4.3: Muestra 02, tomada de Sn074 NW – Veta Angélica, presencia de matriz cuarzosa, cuarzo gris masivo, rodeando pirita diseminada.



Foto N° 4.4: Muestra 03, Sn032 SE - Veta Diana - Matriz cuarzosa gris verdosa, cuarzo gris masivo, presencia de óxidos de hierro y manganeso relleno de cavidades.



Foto N° 4.5: Muestra 04, Ch032-1 - Veta Diana - Matriz cuarzosa gris verdosa, cuarzo gris masivo, presencia de óxidos de hierro y manganeso recubriendo cavidades.

4.1.5. EVALUACIÓN GEOECONÓMICA DE LAS VETAS ANGÉLICA Y DIANA

En ésta evaluación se tuvo en cuenta los canales de muestreo, de los que se hará uso de su longitud, ley promedio y resultados de las muestras de los sondajes diamantinos, además se hizo uso de la densidad de mineral, la cual fue de 2.5gr/cm³.

Al final de esta evaluación se presenta el mineral de reserva, recursos inferidos y mineral potencial del proyecto los Pircos.

El cut-off utilizado para esta estimación es 17 g/t de oro. En esta evaluación se considera al mineral marginal con ley que oscila entre 15 y 17 g/t de oro y al mineral de Mena que tiene un valor mayor igual a 17 g/t de oro.

Para el cálculo del tonelaje de recurso se hizo uso de la formula siguiente:

$$T = AxThxBD$$

Dónde:

T: es la cantidad de recursos (toneladas)

A: es el área de influencia de una sección plana (km2)

Th: es el espesor del depósito en esa área de influencia (m).

BD: es la densidad del material en el macizo. Ésta densidad incluye el espacio ocupado por los poros. Se obtiene en laboratorio, a partir de muestras de campo.

En el cálculo de la ley promedio se hizo uso de la fórmula de suma producto de volúmenes y leyes entre suma total de volúmenes.

$$L_p = \frac{V_1 \cdot L_1 + V_2 \cdot L_2 + V_3 \cdot L_3}{V_1 + V_2 + V_3}$$

Esta información es procesada haciendo uso del programa Access; aquí se inserta la información de la longitud de muestreo, leyes reportadas por el laboratorio para obtener el tonelaje y ley promedio de los blocks necesarios para la sustentación de ésta tesis.

ESTIMACION DE RESERVAS - ENTRADA DE DATOS

MINA	Piricos	BLOQUE N	3	NIVEL	2000
VETA	Diana	AÑO	2014	LABOR	Sn 150
ACCESIBILIDAD	Accesible	COORD. ESTE	712170.49	AREA	220.92
CERTEZA	Probado	COORD. NORTE	9267448.42	DENSIDAD	2.5
RECURSO	Medido	COTA BLOQUE	2050.1	ACCION	Nuevo

DATOS PARA ESTIMAR LA LEY DEL BLOCK

REFERENCIA	LARGO	ANCHO	Oz/t Ag	g/t Au
Tj 193 Ref F/Ch 193 +0 - +12	12	0.79	10.46	19.04
g1978SE Ref F/Ch 193 +0 NW - 12 NW	12	0.51	19.6	33.55
	0	0	0	0
	0	0	0	0
	0	0	0	0

CALCULAR

SIN DILUIR			DILUIDAS				
ANCHO	Oz/t Ag	g/t Au	TONELAJE	Oz/t Ag	g/t Au	ANCHO	VALOR
0.65	14.0	24.73	360	14.0	24.73	0.65	MENA

OBSERVACION

MT MINERA TROY S.A.C.

Figura N° 4.1.: Ventana de entrada de datos para la estimación de reservas minerales.

4.1.6. ANÁLISIS DE RESULTADOS

En la actualidad el mineral de reserva que se tiene para el nivel 1950 es de 6,400 toneladas con 15.60 Oz/t de plata, 24.13 g/t de oro y 0.57 metros de ancho.

VETA DIANA

Cuadro N°4.1: Block de reserva mineral probada y probable para la veta Diana.

Block	Area	Ancho	Tonelaje	oz Ag/t	gr Au/t	Certeza	Acceso	Veta	Valor	Nivel	color
3	220.92	0.65	360	14.05	24.73	Probado	Accesible	Diana	MENA	2000	
9	187.81	0.40	190	11.54	15.15	Probado	Ev. Accesible	Diana	MARGINAL	1950	
109	94.13	0.40	95	11.54	15.15	Probable	Ev. Accesible	Diana	MARGINAL	1950	
11	682.4	0.55	940	10.96	17.48	Probado	Ev. Accesible	Diana	MENA	1950	
111	338.4	0.56	475	10.45	16.85	Probable	Ev. Accesible	Diana	MARGINAL	1950	
17	45.95	0.40	45	11.94	18.04	Probado	Accesible	Diana	MENA	2050	
117	15.36	0.40	15	11.94	18.04	Probable	Accesible	Diana	MENA	2050	
18	69.37	0.53	90	13.36	15.36	Probado	Accesible	Diana	MARGINAL	2000	
118	36.97	0.53	50	13.36	15.36	Probable	Accesible	Diana	MARGINAL	2000	
Reserva		0.54	2260	11.59	18.09						

Reservas de mineral para la Veta Diana, de los niveles 2000 como 1950, en donde se muestra el tonelaje de mineral que está en 2260 toneladas, se ha clasificado por valores ya sea como mena, marginal, según su contenido mineralógico, además se muestra la accesibilidad de los blocks de mineral de acuerdo a su extracción.

Cuadro N°4.2: Block de reserva marginal y submarginal para la veta Diana.

Block	Area	Ancho	Tonelaje	oz Ag/t	gr Au/t	Certeza	Acceso	Veta	Valor	Nivel	color
6	343.77	0.53	455	2.00	11.18	Probado	Accesible	Diana	SUBMARGINAL	2050	
106	250.04	0.53	330	2.00	11.18	Probable	Accesible	Diana	SUBMARGINAL	2050	
7	542.81	0.68	920	3.44	7.45	Probado	Accesible	Diana	BAJA LEY	2000	
8	195.91	0.51	250	16.36	12.32	Probado	Ev. Accesible	Diana	SUBMARGINAL	1950	
108	97.92	0.51	125	16.36	12.32	Probable	Ev. Accesible	Diana	SUBMARGINAL	1950	
10	194.64	0.48	230	10.73	11.74	Probado	Ev. Accesible	Diana	SUBMARGINAL	1950	
16	172.41	0.93	400	15.02	14.82	Probado	Accesible	Diana	SUBMARGINAL	2050	
116	286.42	0.93	665	15.02	14.82	Probable	Ev. Accesible	Diana	SUBMARGINAL	2050	
19	165.52	0.40	165	1.09	6.045	Probado	Accesible	Diana	BAJA LEY	2000	
119	77.05	0.40	75	1.09	6.045	Probable	Ev. Accesible	Diana	BAJA LEY	2000	
Otros Minerales		0.67	3615	8.19	11.12						

Reservas de mineral para la Veta Diana, de los niveles 2000 como 1950, en donde se muestra el tonelaje de mineral que está en 3615 toneladas, se ha clasificado por valores ya sea como submarginal y baja ley, según su contenido mineralógico, además se muestra la accesibilidad de los blocks de mineral de acuerdo a su extracción.

VETA ANGÉLICA

Cuadro N°4.3: Block de reserva mineral probada y probable para la veta Angélica.

Block	Area	Ancho	Tonelaje	oz Ag/t	gr Au/t	Certeza	Acceso	Veta	Valor	Nivel	color
22	122.8	0.40	125	10.19	21.57	Probado	Accesible	Angélica	MENA	2000	
44	548.79	0.67	920	16.10	31.67	Probado	Accesible	Angélica	MENA	1950	
45	60.68	0.48	70	14.37	18.1	Probado	Accesible	Angélica	MENA	2000	
145	19.62	0.48	27.35	14.37	18.1	Probable	Accesible	Angélica	MENA	2000	
59	425.5	0.77	815	22.90	29.1	Probado	Ev. Accesible	Angélica	MENA	1950	
159	209.8	0.70	365	22.80	29.26	Probable	Ev. Accesible	Angélica	MENA	1950	
47	70.24	0.40	70	10.08	16.24	Probado	Accesible	Angélica	MARGINAL	2000	
25	52.8	0.50	65	30.89	31.39	Probado	Accesible	Angélica	MENA	2000	
64	66.92	0.40	65	7.10	19.76	Probado	Accesible	Angélica	MENA	2000	
71	990.51	0.42	1035	16.80	22.3	Probado	Ev. Accesible	Angélica	MENA	1950	
171	885.03	0.48	1065	17.70	26.42	Probable	Ev. Accesible	Angélica	MENA	1950	
78	141.09	0.40	140	7.10	19.76	Probado	Accesible	Angélica	MENA	2000	
Reserva		0.56	4762.35	17.82	26.55						

Reservas de mineral para la Veta Angélica, de los niveles 2000 como 1950, en donde se muestra el tonelaje de mineral que está en 4762.35 toneladas, se ha clasificado por valores ya sea como mena, marginal, según su contenido mineralógico, además se muestra la accesibilidad de los blocks de mineral de acuerdo a su extracción.

Cuadro N°4.4: Block de reserva marginal y submarginal para la veta Diana.

Block	Area	Ancho	Tonelaje	oz Ag/t	gr Au/t	Certeza	Acceso	Veta	Valor	Nivel	color
43	151.66	0.48	180	6.00	9.00	Probado	Accesible	Angelica	BAJA LEY	2000	
27	89.05	1.16	260	3.67	13.38	Probado	Accesible	Angelica	SUBMARGINAL	2000	
28	126.54	0.40	125	4.06	7.74	Probado	Accesible	Angelica	BAJA LEY	2050	
128	57.73	0.40	60	4.06	7.74	Probable	Ev. Accesible	Angelica	BAJA LEY	2050	
46	560.49	0.40	560	9.94	13.27	Probado	Accesible	Angelica	SUBMARGINAL	2000	
146	229.76	0.40	230	9.90	13.27	Probable	Ev. Accesible	Angelica	SUBMARGINAL	2000	
Otros Minerales		0.55	1415	7.51	12.02						

Reservas de mineral para la Veta Angélica, de los niveles 2000 como 1950, en donde se muestra el tonelaje de mineral que está en 1415 toneladas, se ha clasificado por valores ya sea como submarginal y baja ley, según su contenido mineralógico, además se muestra la accesibilidad de los blocks de mineral de acuerdo a su extracción.

4.1.7. MINERAL EN EL NIVEL 1950

Sobre el mineral inferido y potencial que fueron estimados para el nivel 1950 son según los cuadros siguientes:

Cuadro N°4.5: Block de reserva mineral inferido para el nivel 1950.

Block	Ancho	Tonelaje	Oz Ag/t	gr Au/t	Certeza	Acceso	Veta	Valor	Nivel	PCT
I1	0.77	4,753	22.90	29.10	Inferido	Ev. Accesible	Angelica	Mena	1950	80.0%
I2	0.67	1,563	16.10	31.67	Inferido	Ev. Accesible	Angelica	Mena	1950	80.0%
I1	0.69	3,018	10.91	17.99	Inferido	Ev. Accesible	Diana	Mena	1950	80.0%
Inferido	0.73	9,334	17.88	25.94						

Cuadro N°4.6: Block de reserva mineral potencial para el nivel 1950.

Block	Ancho	Tonelaje	Oz Ag/t	gr Au/t	Certeza	Acceso	Veta	Valor	Nivel	PCT
P1	0.77	4,753	22.90	29.10	Potencial	Ev. Accesible	Angelica	Mena	1950	60.0%
P3	0.42	4,387	16.88	22.30	Potencial	Ev. Accesible	Angelica	Mena	1950	60.0%
P4	0.58	3,894	16.71	29.51	Potencial	Ev. Accesible	Angelica	Mena	1950	60.0%
P5	0.58	3,331	16.71	29.51	Potencial	Ev. Accesible	Angelica	Mena	1950	60.0%
P1	0.40	2,062	11.54	15.15	Potencial	Ev. Accesible	Diana	Mena	1950	60.0%
P2	0.63	4,124	11.63	18.51	Potencial	Ev. Accesible	Diana	Mena	1950	60.0%
P3	0.63	3,875	11.63	18.51	Potencial	Ev. Accesible	Diana	Mena	1950	60.0%
P4	0.63	2,988	11.63	18.51	Potencial	Ev. Accesible	Diana	Mena	1950	60.0%
P5	0.63	4,360	11.63	18.51	Potencial	Ev. Accesible	Diana	Mena	1950	60.0%
P9	0.63	2,547	11.63	18.51	Potencial	Ev. Accesible	Diana	Mena	1950	60.0%
Potencial	0.60	36,320	14.74	22.35						

En total en el nivel 1950 se tiene entre reservas, inferido y potencial es de 52,054 toneladas con 15.27 Oz/t de plata y 23.58 gr de oro y 0.61 metros de ancho. De este total la reserva proyectada para este nivel es de 6,400 toneladas.

Cuadro N°4.7: Tonelaje de mineral inferido y potencial para el nivel 1950.

Mineral	Ancho (m)	Tonelaje (t)	Oz/t Ag	g/t Au
Reserva	0.57	6,400	15.60	24.13
Inferido	0.73	9,334	17.88	25.94
Potencial	0.59	36,320	14.63	22.96
Total	0.61	52,054	15.33	23.64

4.1.8. PREPARACIÓN DE BLOCKS

Resultados de mineral probado y probable, los cuales se encuentran eventualmente accesible, por lo que en la actualidad no se encuentran preparados, además los blocks de mena pertenecen a las vetas Angélica y Diana (Ver ilustraciones 27 y 28)

Cuadro N°4.8: Blocks de mineral probado y probable eventualmente accesible para el nivel 1950.

Block	Labor	Area	Ancho	Tonelaje	oz Ag/t	gr Au/t	Certeza	Preparación	Valor	VETA	Accion	Nivel	FECHA
9	GI900SE	187.81	0.40	190	11.54	15.15	Probado	No	MARGINAL	Diana	Reinterpretado	1950	01-Abr-15
109	GI900SE	94.13	0.40	95	11.54	15.15	Probable	No	MARGINAL	Diana	Reinterpretado	1950	01-Abr-15
11	GI900SE	682.4	0.55	940	10.96	17.48	Probado	No	MENA	Diana	Reinterpretado	1950	01-Feb-16
111	GI900SE	338.4	0.56	475	10.45	16.85	Probable	No	MARGINAL	Diana	Reinterpretado	1950	01-Feb-16
59	GI543 SE	573.03	0.67	960	22.79	28.54	Probado	No	MENA	Angelica	Nuevo	1950	01-Dic-14
159	GI543 SE	219	0.67	365	16.47	25.53	Probable	No	MENA	Angelica	Nuevo	1950	01-Dic-14
71	Sn074SE	715.82	0.40	715	15.29	23.21	Probado	No	MENA	Angelica	Reinterpretado	1950	01-Ago-16
171	Block 71	570.02	0.50	705	17.93	27.07	Probable	No	MENA	Angelica	Reinterpretado	1950	01-Ago-16
Reserva			0.54	4445	15.75	22.76							

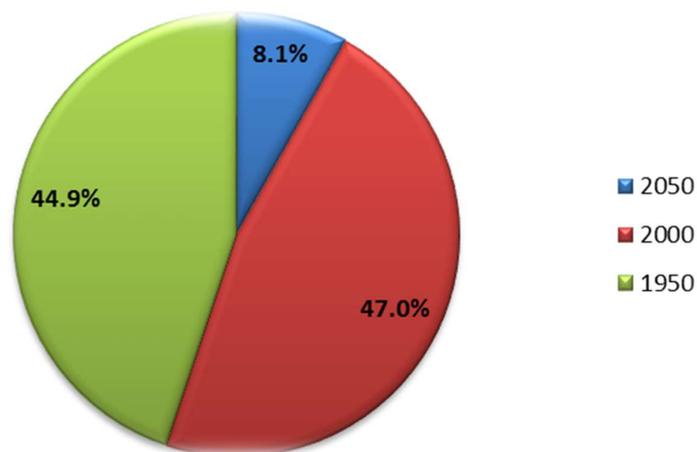
4.1.9. DISTRIBUCIÓN DE RESERVAS POR NIVELES

Cuadro N°4.9: Reservas por nivel explotado.

Nivel	Ancho	Tonelaje	oz Ag/t	gr Au/t
2050	0.69	1,160	12.15	18.32
2000	0.80	6,697	12.60	22.39
1950	0.57	6,400	15.60	24.13
Total	0.69	14,257	13.91	22.84

Reservas de mineral por nivel explotado tanto en los niveles 2050, 2000 y 1950, en donde se muestra el tonelaje de mineral total de reserva en 14257 toneladas, con contenido mineral alrededor de 22.84 grAu/tn y 13.91 ozAg/tn.

Figura N° 4.2: Diagrama de distribución de reservas de mineral por nivel explotado.



4.2 CONTRASTACIÓN DE LA HIPÓTESIS

La presente investigación centrada en las Vetas Angélica y Diana, de las cuales mediante cartografiado geológico, interpretaciones geológicas, estudio geoeconómico, muestreos sistemáticos y análisis de muestras; se ha podido determinar que el proyecto Los Pircos necesita la apertura del nivel 1950 ya que se ha comprobado que la mineralización de las vetas continua a profundidad, y por lo tanto es imperativo abrir éste nivel para continuar con la explotación del yacimiento y extender la vida útil, Así mismo se han registrado estructuras que presentan leyes por encima de 17 grAu/Tn, por lo que es necesario seguir con su exploración, y con la ayuda de la apertura del nuevo nivel seguir con su extracción.

CAPÍTULO V.

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1 CONCLUSIONES

- Se demostró que el emplazamiento de las Vetas Angélica y Diana ocurrió post fallamiento debido a movimientos de compresión y distensión ocurridos en el Paleógeno superior.

- Se demostró que es factible la apertura del nivel 1950, ya que se demostró que las vetas Angélica y Diana muestran contenido mineral en éste nivel el cual debe seguir siendo extraído y del mismo modo permitir la exploración de nuevas estructuras.

- Las reservas de las vetas Angélica y Diana se encuentran en 52054 toneladas de mineral tanto inferido y potencial, con 23.64 grAu/tn y 15.33 ozAg/tn; mineral que necesita ser extraído para incrementar la vida útil del proyecto Los Pircos.

- Los sondajes diamantinos y mapeos geológicos demostraron la existencia de otras estructuras que en el futuro podrían ser explotadas por la empresa.

5.2 RECOMENDACIONES

- Profundizar y ampliar el pique 074 y el Sn074, con la finalidad de incrementar las reservas de mineral extraído.
- Continuar con la exploración de las vetas Angélica y Diana con el lanzamiento de sondajes diamantinos, para interceptar posibles ramales u otras estructuras de interés para su explotación.
- Realizar campañas de exploración para identificar estructuras que se han registrado en algunos de los taladros realizados y que presentan contenido mineral importante

BIBLIOGRAFÍA

- **ALFARO, M.A. 2007.** Estimación de recursos mineros. Métodos tradicionales de estimación de reservas. Los métodos tradicionales de estimación de recursos.
- **ENRIQUEZ, J., GUTIERREZ, A, y GIRALDO, L. (2004)** Informe Final– Proyecto Los Pircos Campaña 2003 Informe de Minera Meridian para Cía. de Minas Buenaventura.
- **OYARZUN, J., OYARZUN, R. (1991).** Prospección geoquímica: Geoquímica de suelos, sedimentos fluviales, aguas, biogeoquímica y geobotánica. En: Yacimientos Minerales, Lunar, R. & Oyarzun, R. 1991. Editorial Centro de Estudios Ramón Areces, Madrid, 837-856.
- **GUILBERT Y PARK. (1986).** Yacimientos epitermales de metales preciosos. En: The Geology of ore deposits. Cap8.
- **SILLITOE, R. (1993):** Epithermal Models: Genetic Types, Geometrical Controls and Shallow Features; in Mineral Deposit Modeling, Kirkham, R.V., Sinclair, W.D., Thorpe, R.I., and duke, J.M., Editors, Geological Society of Canada, Special Paper 40, pp. 403-417.
- **TERÁN, J., (2007)** Exploración Geológica del Proyecto los Pircos, su Impacto Ambiental y Social, en el Contexto Local.
- **VENEGAS, P. 2009.** Ampliación de producción de Mina Condestable. Tesis Ing. Min. Lima, Perú. UNI. 138 p.
- **WILSON J., (1984)** Geología de los cuadrángulos de Jayanca (13-d), Incahuasi(13-e), Cutervo (13-f), Chiclayo (14-d), Chongoyape (14-e), Chota (14-f), Celendín (14-g), Pacasmayo (15-d), Chepén (15-e). Boletín38. Serie A. Carta Geológica Nacional. INGEMMET.