



UNIVERSIDAD ALAS PERUANAS

FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA

ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE INGENIERÍA DE MINAS

TESIS:

**INFLUENCIA DEL ESTUDIO DE EXPLORACIÓN
PARA LA EXPLOTACIÓN MINERA DEL
PROYECTO MINERO CARAVELY, APURÍMAC,
2017**

PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:

INGENIERO DE MINAS

Presentado por el Bachiller:

SUÁREZ SÁNCHEZ, JAIRO NAIN

CAJAMARCA – PERÚ

-2018-

DEDICATORIA

A Dios.

Por haberme permitido llegar hasta este punto y por darme salud para lograr mis objetivos, además de su infinita bondad y amor.

A mi madre Estelita.

Por haberme apoyado en todo momento, por sus consejos, sus valores, por la motivación constante que me han hecho una persona de bien, pero más que nada por su amor.

A mi padre Eleodoro.

Por su ejemplo de perseverancia y constancia que lo caracterizan y que me ha infundado siempre, por el valor mostrado para salir adelante.

AGRADECIMIENTO

Me gustaría que estas líneas sirvieran para expresar mi más profundo y sincero agradecimiento a todas aquellas personas que con su ayuda han colaborado en la realización del presente trabajo, en especial al Ing. Roberto Gonzales Yana, director de esta investigación, por la orientación, el seguimiento y la supervisión continua de la misma, pero sobre todo por la motivación y el apoyo recibido a lo largo de estos años.

Especial reconocimiento merece el interés mostrado por mi trabajo y los ánimos recibidos de mis padres, con los que me encuentro en deuda por la confianza depositada en mí. También me gustaría agradecer a mis hermanos, hacer extensiva mi gratitud hacia ellos, y especialmente a mi novia Alejandrina B.C., por su amistad y colaboración.

Un agradecimiento muy especial a mi familia y amigos por la comprensión, paciencia y el ánimo brindado.

A todos ellos, muchas gracias.

ÍNDICE DE CONTENIDO

| | Pág. |
|--|----------|
| DEDICATORIA..... | ii |
| AGRADECIMIENTO..... | iii |
| ÍNDICE DE CONTENIDO..... | iv |
| LISTA DE TABLAS..... | vii |
| LISTA DE FIGURAS..... | viii |
| RESUMEN..... | ix |
| ABSTRACT..... | x |
| INTRODUCCIÓN..... | xi |
| CAPÍTULO I: PLANTEAMIENTO METODOLÓGICO..... | 1 |
| 1.1. Descripción de la realidad problemática..... | 1 |
| 1.2. Delimitación de la investigación..... | 2 |
| 1.2.1. Delimitación espacial..... | 2 |
| 1.2.2. Delimitación social..... | 3 |
| 1.2.3. Delimitación temporal..... | 3 |
| 1.2.4. Delimitación conceptual..... | 3 |
| 1.3. Problemas de investigación..... | 4 |
| 1.3.1. Problema principal..... | 4 |
| 1.3.2. Problemas secundarios..... | 4 |
| 1.4. Objetivos de la investigación..... | 4 |
| 1.4.1. Objetivo general..... | 4 |
| 1.4.2. Objetivos específicos..... | 5 |
| 1.5. Hipótesis y variables de la investigación..... | 5 |
| 1.5.1. Hipótesis general..... | 5 |
| 1.5.2. Hipótesis secundarias..... | 5 |
| 1.5.3. Variables..... | 6 |
| 1.6. Metodología de la investigación..... | 7 |
| 1.6.1. Tipo y nivel de investigación..... | 7 |
| 1.6.2. Método y diseño de la investigación..... | 8 |
| 1.6.3. Población y muestra de la investigación..... | 9 |

| | | |
|----------------------|--|-----------|
| 1.6.4. | Técnicas e instrumentos de recolección de datos | 9 |
| 1.6.5. | Justificación, importancia y limitaciones de la investigación | 10 |
| CAPÍTULO II: | MARCO TEÓRICO | 12 |
| 2.1. | Antecedentes de la investigación | 12 |
| 2.1.1. | Antecedentes Internacionales | 12 |
| 2.1.2. | Antecedentes Nacionales | 14 |
| 2.1.3. | Antecedentes Locales | 16 |
| 2.2. | Bases Teóricas | 19 |
| 2.2.1. | Exploración minera | 19 |
| 2.2.2. | Explotación minera | 33 |
| 2.3. | Definición de términos básicos | 39 |
| CAPÍTULO III: | PRESENTACIÓN, ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS | 41 |
| 3.1. | Acceso, clima y fisiografía | 41 |
| 3.2. | Geología regional | 42 |
| 3.2.1. | Estratigrafía | 43 |
| 3.2.2. | Geología estructural | 46 |
| 3.2.3. | Tipo de depósito | 48 |
| 3.2.4. | Tectónica y metalogenia | 48 |
| 3.3. | Exploración | 52 |
| 3.3.1. | Geoquímica de superficie | 52 |
| 3.3.2. | Mineralización | 53 |
| 3.3.3. | Perforación diamantina realizada por Meridian | 56 |
| 3.3.4. | Perforación diamantina realizada por consorcio minero horizonte | 57 |
| 3.3.5. | Estudios geofísicos | 65 |
| 3.4. | Control y aseguramiento de la calidad en el muestreo y análisis químico en el programa de exploración con perforación diamantina (qa/qc) | 67 |
| 3.4.1. | Aseguramiento de calidad (QA) | 67 |

| | |
|---|-----------|
| 3.4.2. Control de Calidad (QC) | 69 |
| 3.4.3. Análisis De Laboratorio | 71 |
| 3.4.4. Resultados de análisis | 73 |
| CAPÍTULO IV: PROCESO DE CONTRASTE DE HIPÓTESIS..... | 75 |
| 3.1. Prueba de hipótesis general | 75 |
| 3.2. Prueba de hipótesis específicas | 75 |
| 3.3. EI (QA) Quality assurance (QC) Quality control en La Ingeniería de Minas | 76 |
| CONCLUSIONES | 77 |
| RECOMENDACIONES..... | 78 |
| FUENTES DE INFORMACIÓN..... | 79 |
| ANEXOS | 81 |

LISTA DE TABLAS

| | Pág. |
|---|-------------|
| Tabla 1 Tiempo de Ejecución. | 3 |
| Tabla 2 Operacionalización de las variables..... | 7 |
| Tabla 3 Ruta A para llegar al proyecto Caravely..... | 41 |
| Tabla 4 Ruta B para llegar al proyecto Caravely..... | 41 |
| Tabla 5 Compósitos geoquímicos de las vetas en Caravely. | 53 |
| Tabla 6 Anchos descritos en la base de datos de superficie..... | 54 |
| Tabla 7 Anchos de las vetas del sistema Uchuro-Pintapata | 55 |
| Tabla 8 Programa de perforación DDH ejecutado por Meridian..... | 57 |
| Tabla 9 Interceptos de perforación - promedios de Vetas Sistema Caravely. .. | 59 |
| Tabla 10 Tabla de Coeficientes de Correlación en Muestras de Perforación .. | 60 |
| Tabla 11 Métodos Analíticos empleados por laboratorio CIMM Perú..... | 69 |
| Tabla 12 Relación de estándares utilizados. | 69 |
| Tabla 13 Resultado de ensaye de muestras de la cantera de blancos. | 71 |

LISTA DE FIGURAS

| | Pág. |
|--|-------------|
| Figura 1. Formación de anomalía gravimétrica por contraste | 22 |
| Figura 2: Anomalía gravimétrica de Bouguer en el yacimiento..... | 22 |
| Figura 3: Anomalía gravimétrica de Bouguer negativa por efecto de un descenso en la densidad. | 23 |
| Figura 4: Anomalía magnética en el yacimiento..... | 24 |
| Figura 5: Perfil de resistividad..... | 25 |
| Figura 6: Secciones IP a lo largo del yacimiento de Cu-Au-Mo-Ag Schaft Creek..... | 26 |
| Figura 7. Histograma de una distribución normal y la curva de densidad. | 29 |
| Figura 8: Formación Alpabamba. - Sector Caravelly..... | 45 |
| Figura 9: Sección Longitudinal de Isovalores de Cu de la Veta Española. | 62 |
| Figura 10: Sección típica del modelamiento de las vetas cortadas con los taladros 2017..... | 64 |
| Figura 11: Mapa de Resistividad a 100 m de profundidad, Caravelly Central. . | 66 |
| Figura 12: Mapa de Campo Magnético Total, Caravelly Central. | 67 |
| Figura 13: Protocolos de muestreo en preparación de muestras | 71 |
| Figura 14: Trituradora de Mandíbulas | 72 |
| Figura 15: Separador rotatorio | 72 |
| Figura 16: Trituradora de Mandíbulas | 72 |
| Figura 17: TerraSpec de análisis por absorción atómica | 73 |
| Figura 18: Distribución de muestras-Duplicados | 73 |
| Figura 19: Distribución de muestras Au -Estandar | 74 |
| Figura 20: Diferencia Absoluta y Relativa-Duplicados | 74 |

RESUMEN

La investigación se realizó en el Proyecto Minero Caravelly, Apurímac, en el año 2017, en la cual se trata de determinar la influencia del estudio de exploración para la explotación minera, mediante la determinación e interpretación de las características geológicas, estructurales y alteraciones hidrotermales; con el análisis del comportamiento geoquímico y con el aseguramiento de Calidad (QA) de las muestras obtenidas.

La exploración minera se realizó mediante la identificación de la geología, estratigrafía y metalogenia, también se realizó la geoquímica de superficie, análisis de mineralización, y análisis de las perforaciones diamantinas realizadas, se finalizó con el control y aseguramiento de calidad en muestreo.

Los resultados que se obtuvieron fueron; el conjunto de vetas del yacimiento mineralógico de Uchuro-Pintapata pertenecen a un Sistema de Baja Sulfuración (LS) con un marcado control estructural que afectó a las rocas volcánicas del Grupo Tacaza en este segmento de la Cordillera Andina del Perú. El comportamiento geoquímico de la mineralización de los elementos oro y plata se determinó con los resultados por vetas, promedio ponderado simple y valores mínimos y máximos de los elementos Au – Ag, los valores de los demás elementos son irrelevantes. El análisis QA consistió de 54 muestras en total correspondiendo 49 a pulpas y 4 al control del QAQC para este grupo de las cuales 1 corresponde a un Blanco, 2 a Estándares y 1 a un duplicado de la misma pulpa.

Palabras Claves: Estudio de prospección, explotación minera, geoquímica, control de calidad (QA).

ABSTRACT

The investigation was carried out in the Caravelly Mining Project, Apurímac, in the year 2017, in which it is tried to determine the influence of the exploration study for the possible mining exploitation, by means of the determination and interpretation of the geological, structural and hydrothermal alterations characteristics; with the analysis of the geochemical behavior and with the assurance of Quality (QA) of the obtained samples.

Mining exploration was carried out through the identification of geology, stratigraphy and metallogeny, surface geochemistry, mineralization analysis and analysis of diamond drilling were also carried out, and the control and quality assurance of sampling was finalized.

The results that were obtained were; The set of veins of the mineralogical deposit of Uchuro-Pintapata belong to a Low Sulfurization System (LS) with a marked structural control that affected the volcanic rocks of the Tacaza Group in this segment of the Andean Cordillera of Peru. The geochemical behavior of the mineralization of the gold and silver elements was determined with the results by veins, simple weighted average and minimum and maximum values of the elements Au - Ag, the values of the other elements are irrelevant. The QA analysis consisted of 54 samples in total corresponding 49 to pulps and 4 to QAQC control for this group of which 1 corresponds to a White, 2 to Standards and 1 to a duplicate of the same pulp.

Key words: Prospecting study, mining exploitation, geochemistry, quality control (QA).

INTRODUCCIÓN

La evaluación mineralógica realizada en el “Proyecto Minero Caravelly”, es necesaria para determinar los minerales rentables, sus reservas y mediante ello la viabilidad técnica de su explotación.

El propósito principal de esta investigación, es determinar las posibles áreas anómalas con indicios de mineralización, para lo cual se realizarán trabajos de muestreos de afloramiento de rocas y cuerpos mineralizados en forma sistemática, con aplicación de criterios geológicos y geoquímicos.

En el capítulo I, se describió la realidad problemática que acarrea no contar con una evaluación mineralógica, también se delimitó la investigación, se definieron los problemas principales y secundarios, los objetivos generales y específicos, las hipótesis generales y específicos con sus variables operacionalizadas, este capítulo finaliza con la metodología de la investigación, el tipo, nivel, método, diseño, población, muestra, técnicas, instrumentos, justificación, importancia y limitaciones.

En el capítulo II, presenta el marco teórico, inicia con los antecedentes internacionales, nacionales y locales; las bases teóricas que describen teóricamente las variables independiente y dependiente; este capítulo finaliza con la definición de términos básicos.

En el capítulo III, titulado presentación, análisis e interpretación de resultados; inicia con la descripción del acceso, clima y fisiografía; también se describe la geología, se analiza la etapa de exploración, se realiza el control y aseguramiento de la calidad de las muestras, finalmente se contrastó la hipótesis.

Finalmente se presentan las conclusiones, recomendaciones, fuentes de información y anexos.

CAPÍTULO I: PLANTEAMIENTO METODOLÓGICO

1.1. Descripción de la realidad problemática

En la actividad minera, la exploración implica un riesgo económico, ya que los gastos se recuperan sólo en caso de que la exploración tenga éxito y suponga una explotación minera beneficiosa. Sobre estas bases, es fácil comprender que la exploración supone la base de la industria minera, ya que debe permitir la localización de los recursos mineros explotables, al mínimo coste posible. El éxito o fracaso en la localización de un posible yacimiento dependerá de la efectividad con la que se hayan aprovechado los recursos en la etapa de prospección y exploración minera. Para ello, las empresas mineras se deben apoyar en el avance constante de la tecnología para optimizar su labor y culminar con el mayor éxito posible esta fase de investigación.

En la actualidad, existe un enorme desafío y demanda en la búsqueda de más recursos minerales en países en vía de crecimiento, como el Perú. En efecto, durante el desarrollo de un proyecto de exploración minera lo que abunda es el gasto económico del inversionista, el cual solo se verá recompensado con el hallazgo de un yacimiento mineral que justifique técnica y económicamente el desarrollo en la operación de una mina.

Según el Ministerio de Energía y Minas en el Perú sólo 1 de cada 100 proyectos de exploración minera se convierten en una mina. En esa línea, 1 de cada 30 mineros encontrará una mina durante su vida profesional.

Como vemos, las probabilidades de que un proyecto de exploración minera sea rentable para el inversionista son bajas. Sin embargo, su importancia para el Estado es muy alta, ya que el desarrollo de proyectos de exploración en el país, permite descubrir nuevos yacimientos que permitan la renovación de las minas que se encuentran en operación.

Para lo cual la Empresa plantea una alternativa en realizar una exploración minera, con la finalidad de que esta actividad realizada pueda dar buenos resultados y llegar a encontrar nuevas perspectivas para localizar un nuevo yacimiento. Es necesario conocer la acción de los procesos geológicos que intervienen en el origen del yacimiento del Proyecto Caravelly. En este aspecto analizaremos la incidencia de la actividad ígnea, alteraciones, fracturas, fisuras o fallas, geoformas, estratigrafía y la génesis de las concentraciones minerales. Por otra parte, utilizaremos estudios geológicos, geoquímicos como herramientas importantes que nos permiten esclarecer evidencias geológicas favorables de mineralización y alteraciones de un yacimiento, por lo cual nos permitiremos realizar un mejor estudio para una buena prospección geológica.

1.2. Delimitación de la investigación

1.2.1. Delimitación espacial

La investigación se llevó a cabo en el Yacimiento del Proyecto Minero Caravelly, en la provincia de Antabamba, del departamento de Apurímac.

Coordenadas:

14°34'56.5" S

72°31'12.3" W.

Atitud:4800 m.s.n.m.

1.2.2. Delimitación social

Para la investigación, se contó con los trabajadores del área de Exploraciones del Consorcio Minero Horizonte.

1.2.3. Delimitación temporal

El estudio se llevó a cabo durante el año 2017 entre los meses de agosto a noviembre en la cual se realizó el análisis de los resultados de los informes de exploraciones, incluidas las perforaciones.

Tabla 1
Tiempo de Ejecución.

| Etapas | Inicio | Término | Días |
|---------------------------------------|--------------------------|--------------------------|-----------------|
| Recopilación de Información | 01 de Agosto del 2017 | 31 de Agosto del 2017 | 31 días |
| Etapas de Campo | 01 de Setiembre del 2017 | 30 de Noviembre del 2017 | 91 días |
| Etapas de análisis de gabinete | 01 de Noviembre del 2017 | 15 de Noviembre del 2017 | 15 días |
| Correcciones de plan de tesis y tesis | 01 de Diciembre del 2017 | 30 de Junio del 2018 | 212 |
| | Total | | 349 días |

1.2.4. Delimitación conceptual

La base de toda la investigación fue en torno a la Prospección Minera, y otros aspectos que se hace en base a mapas de distinto tipo, fotografías aéreas, imágenes satelitales, antecedentes mineros, geológicos, geofísicos, geoquímicos, catastrales.

1.3. Problemas de investigación

1.3.1. Problema principal

¿Cuál es la influencia del estudio de exploración para la explotación minera del Proyecto Minero Caravelly, Apurímac, en el año 2017?

1.3.2. Problemas secundarios

¿Cuáles son las características geológicas, estructurales, alteraciones hidrotermales para evaluar la influencia del estudio de exploración para la explotación minera del Proyecto Minero Caravelly, en el departamento de Apurímac, en el año 2017?

¿Cuál es el comportamiento geoquímico de la mineralización de los elementos Oro (Au), plata (Ag), plomo (Pb), zinc (Zn), cobre (Cu) y hierro (Fe) para determinar la influencia del estudio de exploración para la explotación minera del Proyecto Minero Caravelly, en el departamento de Apurímac, en el año 2017?

¿Cómo influye el aseguramiento de Calidad (QA/QC) de las muestras obtenidas, en la evaluación de la influencia del estudio de exploración para la explotación minera del Proyecto Minero Caravelly, en el departamento de Apurímac, en el año 2017?

1.4. Objetivos de la investigación

1.4.1. Objetivo general

Determinar la influencia del estudio de exploración para la explotación minera del Proyecto Minero Caravelly, Apurímac, en el año 2017.

1.4.2. Objetivos específicos

Determinar e interpretar las características geológicas y alteraciones hidrotermales para evaluar la influencia del estudio de exploración para la explotación minera del Proyecto Minero Caravelly, en el departamento de Apurímac, en el año 2017.

Analizar la exploración geoquímica de la mineralización de Oro (Au), plata (Ag), plomo (Pb), zinc (Zn), cobre (Cu) y hierro (Fe) para determinar la influencia del estudio de exploración para la explotación minera del Proyecto Minero Caravelly, en el departamento de Apurímac, en el año 2017.

Realizar el control de calidad (QA/QC) de las muestras obtenidas, para evaluar la influencia del estudio de exploración para la explotación minera del Proyecto Minero Caravelly, en el departamento de Apurímac, en el año 2017.

1.5. Hipótesis y variables de la investigación

1.5.1. Hipótesis general

La influencia del estudio de exploración del yacimiento es alta, de esta manera determina la explotación minera del proyecto minero Caravelly, Apurímac, 2017.

1.5.2. Hipótesis secundarias

- Al determinar e interpretar las características geológicas y alteraciones hidrotermales se logrará evaluar la influencia del estudio de exploración para la explotación minera del Proyecto Minero Caravelly, en la provincia de Antabamba, del departamento de Apurímac, en el año 2017.

- Con el análisis de la exploración geoeconómico de la mineralización de los elementos Oro (Au), plata (Ag), plomo (Pb), zinc (Zn), cobre (Cu) y hierro (Fe) se determinará la influencia del estudio de exploración para la explotación minera del Proyecto Minero Caravelly, en la provincia de Antabamba, del departamento de Apurímac, en el año 2017.
- Realizando el control de calidad (QA/QC) de las muestras obtenidas, se definirá la influencia del estudio de exploración para la explotación minera del Proyecto Minero Caravelly, en la provincia de Antabamba, del departamento de Apurímac, en el año 2017.

1.5.3. Variables

Variable 1: Independiente:

- Exploración Minera.

Variable 2: Dependiente:

- Explotación Minera.

1.5.3.1. Definición conceptual

- **Exploración Minera:** Es la etapa inicial de la actividad minera, consiste en identificar las zonas por donde se ubican los yacimientos de minerales que luego, dependiendo de su dimensión y composición serán explotados. (Chui, 2016).
- **Explotación Minera:** Se considera iniciada la etapa de explotación cuando se da comienzo a las obras de infraestructura para la producción minera. Hay diferentes métodos de explotación y su aplicación depende del estado físico del mineral (sólido coherente o incoherente, líquido, gas, o sólido soluble

o fusible), de su profundidad y de su forma (a cielo abierto o subterráneo)(Ruiz, 2015).

1.5.3.2. Operacionalización de las variables

- Realizar el control de calidad (QA) de las muestras obtenidas, para evaluar la influencia del estudio de exploración en la posible explotación

Tabla 2
Operacionalización de las variables.

| VARIABLE | DIMENSIONES | INDICADOR | INSTRUMENTO |
|--------------------|--------------------------------|---|--|
| Exploración Minera | Geología | Características Geológicas | Tipo de yacimiento Geología económica |
| | | Características Estructurales | Diaclasas, fallas pliegues, fisuras |
| | | Análisis de alteraciones hidrotermales | Dureza, tenacidad Análisis térmico Análisis visual |
| | Geoquímica | Anomalías en vetas | Erosión del suelo |
| | | Análisis mineralógico (Au, Ag) en ppm | Composición Trituración |
| | Control de calidad | QA (NI-43 101) | Precisión, exactitud |
| QC (% de error) | | Análisis, estándares | |
| Explotación Minera | Viabilidad económica | Precio del mineral a explotar | \$/Oz de mineral |
| | Viabilidad técnica | Alta ley mineral | Gr/Tn de mineral |
| | | Presencia de minerales rentables | Au, Ag, Pb, Zn |
| | | Reservas mineras | Área de influencia (Has) |
| Viabilidad social | Aceptación del proyecto minero | Permisos sociales y ambientales aprobados | |

1.6. Metodología de la investigación

1.6.1. Tipo y nivel de investigación

a) Tipo de investigación

Se aplicó la investigación cuantitativa. Hernández (2006), afirma: La investigación cuantitativa usa la recolección de datos

para probar hipótesis, con base en la medición numérica y el análisis estadístico, para establecer patrones de comportamiento y probar teorías. (p.4). En esta tesis se determinó la recolección de muestras para analizar en el laboratorio y luego elaborar la estadística de concentración mineralógica.

b) Nivel de investigación

Se utilizó la investigación correlacional. Hernández (2006), afirma: La investigación correlacional tiene como finalidad conocer la relación o grado de asociación que exista entre dos o más conceptos, categorías o variables en un contexto en particular (p.81). En esta tesis se persigue medir el grado de relación e influencia entre la prospección minera y la explotación del proyecto Caravelly.

1.6.2. Método y diseño de la investigación

a) Método de investigación

Se aplicó el método analítico, según Hernández (2006), explica que: El método analítico consiste en observar y analizar causas y naturaleza de las variables de investigación (p. 36). En esta tesis se analizó los depósitos mineros e identificación de las zonas mineralizadas mediante la exploración.

b) Diseño de investigación

El diseño de investigación es descriptivo, ya que se ha descrito características, estructuras, anomalías y mineralizaciones presentes en el proyecto minero Caravelly.

1.6.3. Población y muestra de la investigación

a) Población

Incluye 8 zonas de mineralización en el proyecto minero Caravelly.

b) Muestra

El tamaño de la muestra para la investigación fue de 3 zonas de mineralización representativas:

- Zona Caravelly Central.
- Zona Azúcar.
- Zona Uchuro-Pintapata.

1.6.4. Técnicas e instrumentos de recolección de datos

a) Técnicas

- Observación directa.
Los datos de los estudios de campo y 2 campañas de perforación.
- Recolección de datos en campo.
Se recolectó las muestras representativas, para identificar los minerales rentables.
- Análisis documental.
Se recolectaron datos de fuentes principales. Libros, boletines, revistas, folletos, se utilizan como fuentes para recolectar datos sobre las variables de interés. Para esta técnica se analizarán planos propios de la zona.

b) Instrumentos

Los instrumentos a emplearse para la elaboración del presente trabajo de investigación serán:

- Para la técnica de Observación Directa se utilizará:
Una ficha de toma de datos en campo donde se especifique la toma de muestras.

- Para Recolección de Datos en Campo se utilizará:
Una ficha para evaluación mineralógica, donde se identifique las cantidades de minerales rentables presentes en el proyecto minero Caravelly.

1.6.5. Justificación, importancia y limitaciones de la investigación

a) Justificación

La exploración minera realizada en el Proyecto Minero Caravelly, es necesaria porque se determinará los minerales rentables, sus reservas y mediante ello la viabilidad de su explotación.

El presente proyecto en base a las características litológicas estructurales, alteraciones, estudios mineralógicos, se justifica debido a que los yacimientos hidrotermales de tipo Mesotermal-Orogénico en la actualidad se consideran de gran importancia por sus leyes altas de oro (Au) y también contiene plata (Ag), plomo (Pb), zinc (Zn), cobre (Cu) y óxidos de hierro, además van acompañado por otros elementos como piritita, calcopiritita, arsenopiritita y cuarzo.

Los resultados de la presente investigación permitirán obtener una nueva información teórica y práctica acerca de la exploración geológica, evaluadas in situ de manera práctica, y

proporcionará aportes metodológicos: analítico, aproximado y simplificado que se realizarán para determinar el tipo de yacimiento su paragénesis, y finalmente el otro aporte corresponde al método que se aplicará en la presente investigación la cual puede ser utilizado en otros estudios mineros similares y consultada por los estudiantes y personas interesadas.

b) Importancia

Esta investigación es importante para determinar la explotación del proyecto minero Caravelly mediante los resultados obtenidos en la etapa de exploración.

El estudio de exploración minera del Proyecto Caravelly es una herramienta importante que nos permiten esclarecer evidencias geológicas favorables de mineralización y alteraciones de un yacimiento.

Este proyecto de investigación servirá como base para la realización de la tesis profesional para obtener el título de Ingeniero de Minas.

c) Limitaciones

En el proyecto minero Caravelly:

Los datos de las perforaciones son entregados reservadamente, para ello se debe tener un permiso especial para acceder a estos datos.

Las visitas de estudio al proyecto minero son limitadas, debido a la poca transitividad, es por ello que es necesario agenciarse con data de campo tomada a tiempo completo.

CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO

2.1. Antecedentes de la investigación

2.1.1. Antecedentes Internacionales

Garza (2013), presentó su Tesis para obtener el grado de Doctor en Ciencias de la Tierra, titulada: “Prospección Metalogenética del Pórfido de Cobre de Tiámara, Estado De Michoacán” a la Universidad Nacional Autónoma de México. En esta tesis se encontró la mineralización en forma de vetillas de tamaños variables y un stockwork que en zonas gradúa a brechas hidrotermales; hacia la parte externa del sistema predominan las vetas y cuerpos brechoides. En esta tesis se propuso la existencia de un cinturón con potencial para yacimientos tipo pórfido, de aproximadamente 56 km de ancho por 570 km de largo, que sigue la distribución de las rocas del paleo-arco El Paxtle-Teloloapan y que atraviesa los estados de Guanajuato, México, Michoacán y Guerrero. No obstante, el sector sur de esta franja, en los estados de Guerrero y Michoacán, posee el mayor potencial debido al grado de exposición de las rocas cretácicas. Los resultados que se obtuvieron con las características del yacimiento, se estableció un potencial de 500 Mt con una ley de 0.6 % de Cu con valores interesantes de Au y Pd. Se sugirió el desarrollo de una campaña de barrenación para explorar la extensión de la tonalita y reconocer la zona de alteración potásica. Este antecedente se relaciona con la tesis por la descripción del contexto geológico del yacimiento de Cu-Au que se realiza

y por la descripción mineralogía de los elementos químicos valiosos y no valiosos, principalmente Cu y Au.

Flores (2012), presentó su Tesis para obtener el grado de Maestro en Ciencias de la Tierra, titulada: "Inclusiones Fluidas y Metalogenia del Depósito Epitermal Ag-Au del Distrito San Martín. Colón, QRO" a la Universidad Nacional Autónoma de México. En esta tesis se determinó que la mineralización metálica consta de electrum, naumanita, tetraedrita, pirita y calcopirita como minerales primarios, y oro libre de textura esquelética, partzita, clorargirita, malaquita, hematites, goethita y otros hidróxidos de fierro como minerales secundarios. En esta tesis se propuso que el dique riolítico silicificado presenta una etapa hidrotermal pre-mineralización, con una temperatura máxima de 290 °C (sin corrección de presión) y salinidades entre 0.5 y 1 wt% NaCl eq., se considera que esta etapa sirvió como preparación para la mineralización hidrotermal económica. Los resultados que se obtuvieron en la primera etapa de brechificación-cementación presenta salinidades comprendidas entre 0.5 y 2.0 wt % NaCl eq. La segunda etapa presenta salinidades entre 0.5 y 2.5 wt. % NaCl eq. En la segunda etapa se detectó una zona con Th máxima entre 290 y 300 °C, justo donde se presenta una zona de stockwork que incluso fue minada a cielo abierto. La tercera etapa presenta salinidades entre 0.9 y 2.6 wt% NaCl eq., mostrando un ligero incremento con respecto a las 2 etapas anteriores. Este antecedente se relaciona con la tesis por la descripción del contexto geológico del yacimiento de Cu-Au que se realiza y por la descripción mineralogía de los elementos químicos valiosos y no valiosos, principalmente Cu y Au. Este antecedente se relaciona con la tesis ya que se usa la exploración minera para definir la estructura mineralizada y su distribución a lo largo del cuerpo además se clasifica del tipo de yacimiento mineral.

2.1.2. Antecedentes Nacionales

Chui (2016), presentó su Tesis para obtener el título de Ingeniero Geólogo titulada: “Prospección Geológica del Proyecto Cunuyo 2003, Sina - Puno” presentada a la Universidad Nacional del Altiplano – Puno. En esta tesis se determinó que la mineralización del área de estudio representa a un sistema hidrotermal de tipo mesotermal – orogénico de temperatura intermedia, con valores altos de Oro (Au) y también Plata (Ag), Plomo (Pb), Zinc (Zn) y Cobre (Cu), desarrollando la geología estructural regional – régimen tectónico - podría estar relacionado a un yacimiento de oro orogénico. Se propuso realizar rock chip (canales) en la galería y trincheras en afloramiento de vetas en forma sistemática y perpendicular a la estructura mineralizada a fin de conocer la amplitud de la mineralización en los halos de alteración. El resultado que se obtuvo en esta tesis fue que la estructura principal objeto de explotación, se encuentra flexionada y en falla concordante con la estratificación, por lo que se denominaría mantofalla, cuyo rumbo en superficie varía de N19°W a N45°W y un buzamiento de 26° al NE a 54° al NE. En interior mina su rumbo varía entre N30°W y N12°W y un buzamiento que varía entre 35° a 30° al NE. Este antecedente se relaciona con la tesis ya que se usa la exploración minera para definir la estructura mineralizada y su distribución a lo largo del cuerpo además se clasifica del tipo de yacimiento mineral. Este antecedente se relaciona con la tesis ya que se determina e interpreta las características geológicas, estructurales, geoquímica, alteraciones hidrotermales mediante las técnicas de la prospección y exploración geológica y al igual que en esta tesis se busca analizar el comportamiento de la mineralización de los elementos Oro (Au), plata (Ag), plomo (Pb), zinc (Zn), cobre (Cu) y hierro (Fe), entre otros.

Cubas (2016) presentó su Tesis para obtener el título de Ingeniero Industrial titulada: “Análisis de Riesgos en Exploraciones Mineras para Implementar un Sistema de Seguridad y Salud Ocupacional en el Perú” presentada a la Universidad San Ignacio de Loyola – Lima. En esta tesis

se encontró que los trabajadores de la empresa cumplen con horas de capacitación, exámenes médicos ocupacionales, simulacros; entre otros procedimientos; con lo cual, mantienen una cultura de prevención de riesgos en el trabajo. Se propuso aplicar la Normatividad Nacional vigente a los trabajos de la actividad minera exploratoria, para evitar sanciones a las que está sujeto el titular minero en caso de incumplimiento. El resultado que se obtuvo en esta tesis fue que la exploración minera en el Perú es de alto riesgo, es auditada, supervisada y fiscalizada por los gobiernos locales, regionales y estatales; por eso, las empresas mineras deben implantar manuales, instructivos y procedimientos para alcanzar una cultura de seguridad en sus trabajadores que les permita identificar, evaluar y controlar los riesgos en sus áreas de trabajo. Este antecedente se relaciona con la tesis ya que se describen las etapas principales de la exploración y los riesgos que representa.

Ruiz (2015) presentó su Tesis para obtener el título de Ingeniero de Minas titulada: “Aplicación de Software Libre para la Estimación de Recursos y para la Evaluación Técnica Económica de las Reservas Minerales” presentada a la Universidad Nacional de Piura – Perú. Se determinó que mediante softwares libres se puede visualizar secciones, integrar información, interpretar y dibujar un modelo o cuerpo geológico con las herramientas de RecMin, además generar un modelo de bloques y restringir el modelo a un cuerpo geológico, para posteriormente realizar una interpolación o estimación restringida a ese modelo 3D mejorando la calidad de la estimación. Se propuso realizar la estimación de bloques usando el método de inverso de la distancia introduciendo direcciones de anisotropía en el programa RecMin y con el software SGeMS se puede realizar toda la evaluación Geoestadística y estimación de bloques usando el método del kriging ordinario. Los resultados que se obtuvieron fueron que los softwares libres son muy prácticos y didácticos de usar, no son tan complejos como los softwares comerciales, además los programas funcionan en condiciones mínimas tales como ordenadores Pentium IV, 512 Mb de RAM, 64 Mb tarjeta video, disco de 40 GB. Ello

significa que en hardware actual el desenvolvimiento es mejor. Este antecedente se relaciona con la tesis ya que en ambos estudios se realiza la exploración minera, en el antecedente es mediante softwares y en el segundo mediante la geología y la geoquímica.

2.1.3. Antecedentes Locales

Aguilar e Izquierdo (2016), presentaron su Tesis para obtener el título de Ingenieros de Minas titulada: “Caracterización de la Mineralogía en la Veta Murciélago para Determinar el Método de Explotación en la Mina Paredones, Provincia de San Pablo, Región Cajamarca” presentada a la Universidad Privada del Norte - Sede Cajamarca. Se encontró que la tendencia de la mineralización en la veta murciélago está definida por estructuras de rumbos NW - SE y ENE; con buzamientos son por encima de los 60°. Se propuso que la estructura del socavón que alberga a la veta Murciélago no cuenta con las condiciones adecuadas para una explotación minera segura, ya que el ancho y alto del socavón son sólo apropiados para una minería artesanal. en cuanto a su gradiente se considera que es la adecuada para explotación y acarreo. El resultado del control litológico estructural es definido por soluciones hidrotermales mineralizantes producidas durante la etapa de las intrusiones y depositadas en fracturas tensionales pre-existentes, formaron las vetas de menas las que consisten de un relleno de cuarzo, piritas y rocas encajonantes piritizada, y cantidades variables y en menor proporción de esfalerita, galena y disseminaciones calcopirita constituyendo la mena de rendimientos económicos. Este antecedente se relaciona con la tesis ya que se caracterizan mineralógicamente a los yacimientos para determinar el método de explotación.

Leiva (2015), presentó su Tesis para obtener el grado de Ingeniero de Minas, titulada: “Medición de las Propiedades Geoquímicas y Mecánicas del Pasivo Ambiental Relave Mina Paredones para su Propuesta de Utilización como Relleno en Pasta para Labores Mineras Subterráneas,

Cajamarca, 2015” a la Universidad Privada del Norte, Cajamarca. Se encontró que las propiedades geoquímicas y mecánicas del relave minero ubicado en El teniente cumple las condiciones idóneas para elaborar relleno en pasta. Se propone realizar estudios que analicen el comportamiento del concreto con relave minero en construcciones civiles. Los resultados obtenidos en el análisis geoquímico del relave minero realizado por SGS, indica que no contiene elementos re aprovechables con valor económico. La prueba de Slump con los que se trabaja actualmente está en el rango de 3 - 3.5 pulgadas, obteniendo una resistencia plástica que es el requerido para el relleno en pasta. El control de calidad de la mezcla (granulometría) y la prueba de Slump (consistencia) nos proporcionan una información adecuada para obtener una óptima resistencia a la compresión. La incorporación de relave por el agregado fino hizo posible tener como resultado una resistencia a la compresión mayor a 210 Kg/cm². Este antecedente se relaciona con la tesis ya que se realiza una caracterización geoquímica en la primera para la creación de relleno y en la segunda para exploración minera.

Abanto y Morales (2016), presentaron su Tesis para obtener el título de Ingeniero de Minas titulada: “Influencia de la Caracterización Mineralógica en la Posible Explotación de la Mina Cerro Negro 1, Distrito de Cáceres del Perú-Jimbe, Provincia del Santa, de la Región Ancash – 2016” presentada a la Universidad Privada del Norte - Sede Cajamarca. Se encontró que la Empresa Peruana de Proyectos Electromecánicos S.A.C (EPPEL), en su concesión Cerro Negro 1, ha tenido interés de exploración por los indicios presentes y por la minería informal desarrollada en la zona; es por ello esencial el estudio de factibilidad mineralógica para la posible explotación de la mina Cerro Negro 1. Se propuso realizar un cartografiado a escalas mayores, 1:2500 o 1:1500, para obtener la influencia mineralógica con mayor detalle. Los resultados determinaron que los cuerpos intrusivos mayores son el intrusivo Granodiorítico y Granítico predominan en la extensión del proyecto y junto a estos las intrusiones menores como los diques Dacíticos identificados son los

responsables de la mineralización en diferentes pulsos magmáticos (eventos y/o secuencias de ascensión de fluidos). Las leyes en este sistema mineralizado con respecto a la plata y oro son de mayor incidencia en la zona 6, en cuanto a oro se reporta 7.8 gr/tn y para plata 32.34 gr/tn; por lo que estos valores de presencia es un buen indicio para la prospección realizada en esta etapa. Este antecedente se relaciona con la tesis ya que se describen la caracterización mineralógica con fines de exploración.

Rojas (2014), presentó su Tesis para obtener el título de Ingeniero Geólogo titulada: "Prospección Geológica de la Formación Cajamarca con Fines Industriales, Cumbemayo - Cajamarca" presentada a la Universidad Nacional de Cajamarca. Se encontró que las características geológicas de la Formación Cajamarca, son favorables; la roca caliza es compacta y se muestra inalterada, contiene 56.22 % de CaO, por lo que es considerada como materia prima en la explotación de calizas pertenecientes a esta formación. Se propuso realizar estimación y cálculo de reservas en el área de estudio. Los resultados hallados mediante el análisis químico y físico de las calizas de la Formación Cajamarca, se determina que son óptimas para el proceso productivo de óxido de calcio, presentando la cal resultante un contenido de 95% de CaO, con un índice de hidraulicidad de 3.7%, clasificándose como Cal Aérea. La explotación de las calizas para la posterior industrialización de cal es económicamente rentable, teniendo el yacimiento un volumen total aproximado de las calizas de 20300166.02 m³ del cual obtenemos 11412753.34 m³ para el uso industrial de cal. Este antecedente se relaciona con la tesis, aunque no aplican el mismo método de exploración usan la geología como base de estudio.

2.2. Bases Teóricas

2.2.1. Exploración minera

a. Definición

La exploración minera es la etapa inicial de la actividad minera, consiste en identificar las zonas por donde se ubican los yacimientos de minerales que luego - dependiendo de su dimensión y composición - serán explotados en un proyecto minero. (Chui, 2016)

b. Objetivos de la exploración

El primer objetivo de la exploración es la localización de una anomalía geológica con propiedades de un depósito mineral, un objetivo de la exploración es la reducción del área de investigación. Comúnmente las áreas en consideración se disminuyen de 2500 - 250.000 km² en la primera fase a 2,5 – 125 km² en la segunda fase y la tercera fase a 0,25 – 50 km² en la última fase. Otro objetivo común consta en aumentar las ventajas del área prometedora con respecto a su explotación rentable, como por ejemplo ocuparse de un camino de acceso transitable y de un peritaje del medio ambiente. (Ruiz, 2015)

La exploración se finaliza con el estudio de factibilidad. La norma elemental en todo proceso de exploración minera consiste en aplicar métodos capaces de abarcar grandes zonas, descartando áreas no favorables con métodos rápidos y muy económicos, para llegar gradualmente a sitios concretos con métodos más caros y precisos. “Un programa de exploración puede ser muy exitoso cuando logra un claro aumento de las perspectivas de un sitio estudiado, anticipando la decisión final en una o dos etapas, con el consiguiente ahorro de tiempo y dinero”. (Ruiz, 2015)

c. Consideraciones generales

Dentro del estudio de yacimientos se pueden distinguir dos etapas diferenciadas. Una primera es la exploración en sí, que tiene como meta la localización de anomalías causadas por depósitos minerales. Una segunda etapa es la valuación, cuyo fin es definir y evaluar la anomalía. Dentro de la valuación se determina la geometría, extensión y riqueza del yacimiento. Después de que en una zona se han identificado indicios o anomalías mediante técnicas de exploración se determina la masa mineralizada por diferentes métodos de valuación. A continuación, una vez identificado el mineral se muestrea para estimar la ley y el tonelaje que alberga el depósito. (Ruiz, 2015)

d. Técnicas de exploración

Cuando incursionamos en la etapa de exploración hacemos uso de técnicas, algunas de las cuales han sido usadas en la etapa de exploración regional, solo difieren en la escala. Entre ellas se distinguen: técnicas geológicas, técnicas geofísicas, técnicas geoquímicas y toma de muestras mediante sondeos, calicatas o excavaciones. (Ruiz, 2015)

- Técnicas geológicas

La principal técnica geológica que se emplea en exploración minera es la cartografía geológica. Esta cartografía se realiza a diferentes escalas, en esta etapa las más empleadas 1:10.000, 1:5.000 y 1:2.000 (de menor a mayor detalle). Es esencial la utilización de cortes geológicos, que se basan en los datos de superficie y se extrapolan en profundidad. (Leiva, 2015)

- **Técnicas geofísicas**

Dentro de la exploración minera al emplear las técnicas debe elegir de entre ellas aquellas que tiene mejores posibilidades para resolver un problema concreto, estableciendo, en función de los conocimientos geológico-mineros que se tienen, que tipo de geofísica se aplica, si la correspondiente a una etapa de exploración. (Leiva, 2015)

En la etapa de exploración los fines de los métodos geofísicos son descubrir y cartografiar estructuras o unidades litológicas no aflorantes, confirmar extrapolaciones y precisar la geometría de los objetivos. (Leiva, 2015)

En la etapa de exploración, la geofísica estudia bien la situación y características geométricas del metalotecto litológico o estructural (aplicación indirecta), o bien determina la posición y geometría del propio yacimiento (aplicación directa). Esta última fase, deseable en toda valuación, no es siempre posible. (Leiva, 2015)

Hay técnicas geofísicas que han probado ser particularmente útiles. Estas son:

- **Gravimetría:** La gravimetría consiste (esencialmente) en determinar la diferencia que existe entre el campo de gravedad regional y el valor local. Si existe un cuerpo mineralizado de alta densidad oculto esto se reflejará en una anomalía gravimétrica positiva (expresada en mGal). Esta metodología es especialmente útil para la detección de yacimientos de sulfuros masivos debido al alto peso específico de estos, lo que genera un fuerte contraste gravimétrico con las rocas encajantes. La gravimetría se

puede realizar mediante vuelos o en el campo (Cubas, 2016).

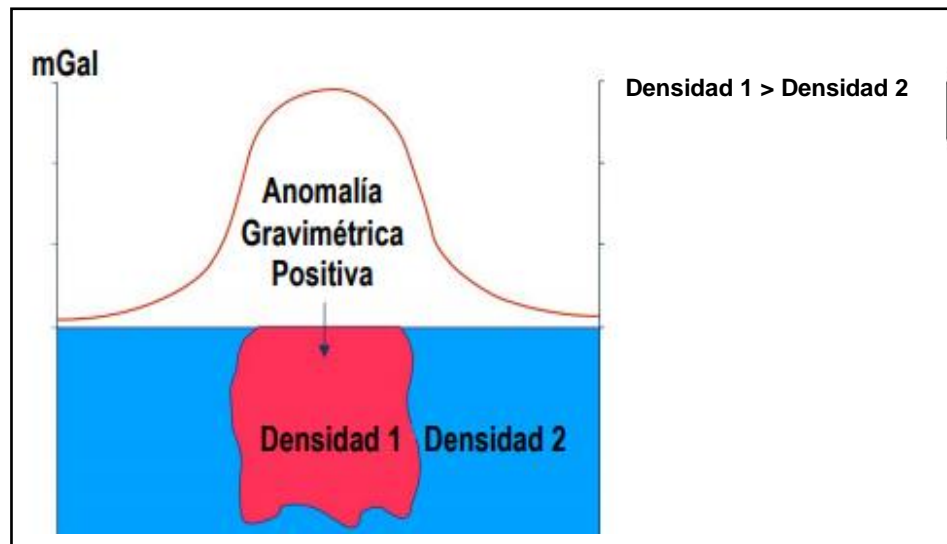


Figura 1. Formación de anomalía gravimétrica por contraste de densidades.

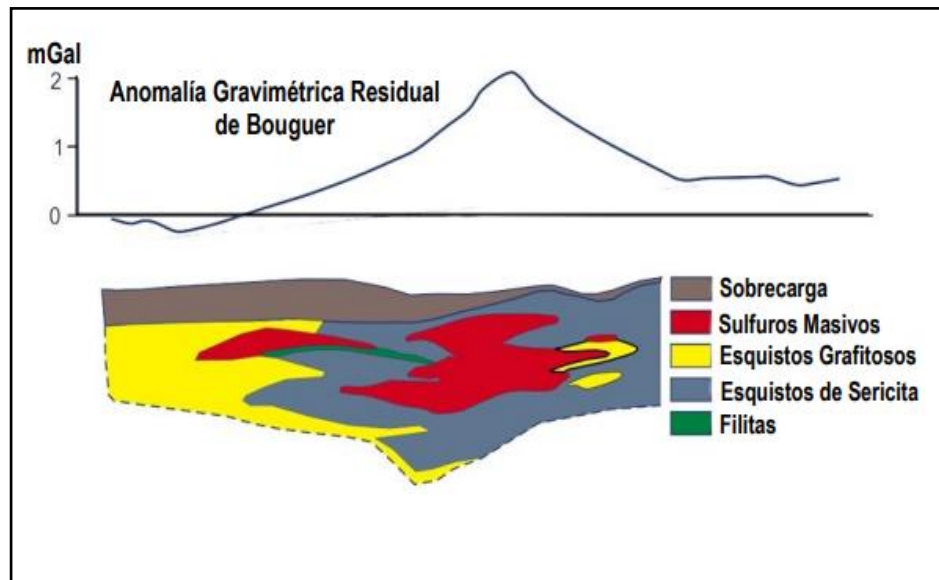


Figura 2: Anomalia gravimétrica de Bouguer en el yacimiento de sulfuros masivos.

Pero la gravimetría no solo se puede utilizar para detectar cuerpos mineralizados de alta densidad sino también para aquellos de densidad “disminuida”, por ejemplo, debido a procesos de alteración hidrotermal (Cubas, 2016).

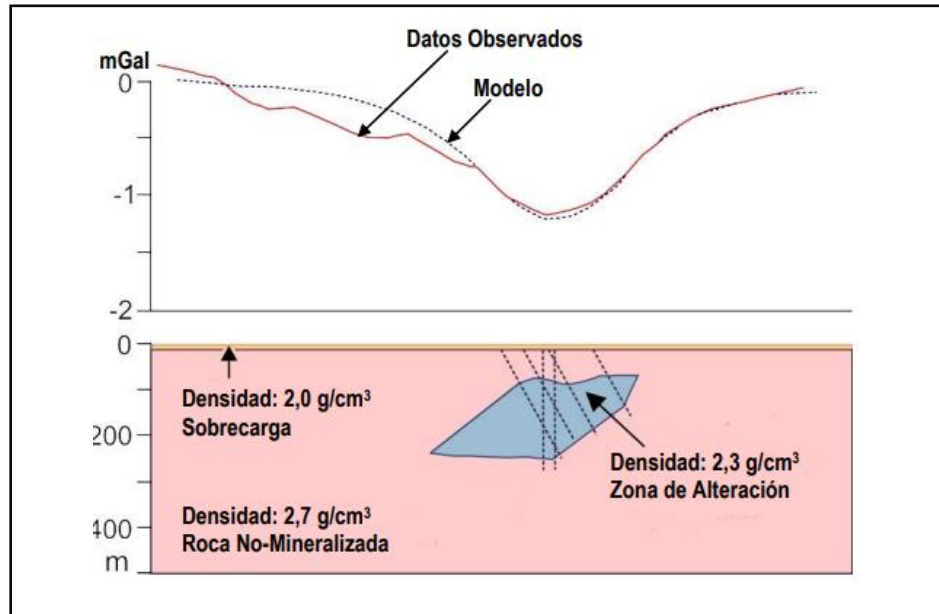


Figura 3: Anomalía gravimétrica de Bouguer negativa por efecto de un descenso en la densidad.

- **Magnetometría:** Esta técnica se basa en la detección de la presencia significativa de minerales magnéticos, tales como magnetita o pirrotina en cuerpos mineralizados. Se mide la intensidad del campo magnético total, esto es la suma de los inducidos por el núcleo de la Tierra y la corteza. La técnica más común es sustraer el campo magnético generado por el núcleo al de la corteza, con lo cual se obtiene lo que se denomina campo magnético residual (expresado en mT). El campo magnético terrestre induce un campo secundario en cuerpos geológicos magnéticos. La magnetometría se puede realizar en tierra o aerotransportada, lo que permite cubrir grandes extensiones de terreno (Garza, 2013).

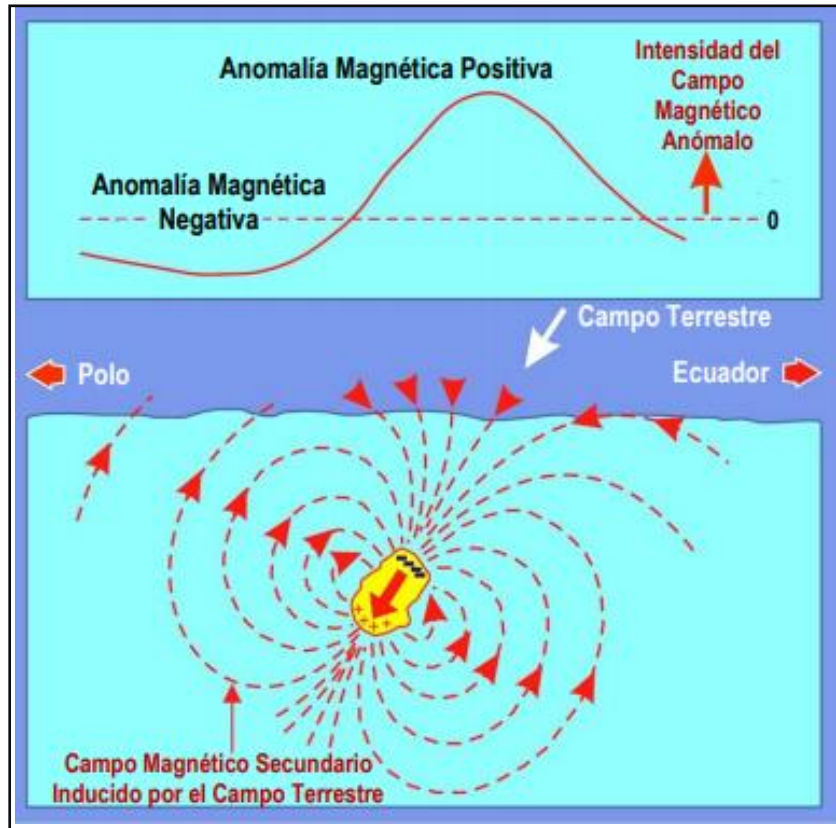


Figura 4: Anomalía magnética en el yacimiento.

- **Resistividad:** Este método se basa en la resistencia que ofrece el terreno al paso de la corriente eléctrica. Esta corriente puede ser continua o alterna de baja frecuencia. Se mide en $\Omega\text{-m}$. La resistividad está controlada principalmente por el agua en poros en la roca y las especies iónicas presentes en éste agua. Muchos cuerpos mineralizados con sulfuros son discontinuos (por ejemplo, diseminación de sulfuros en un pórfido) y así no muestran una buena respuesta al paso de la corriente. Sin embargo, la resistividad marca bien las zonas permeables (por ejemplo, roca fallada) y los halos de alteración argílica por la presencia de arcillas (Garza, 2013).

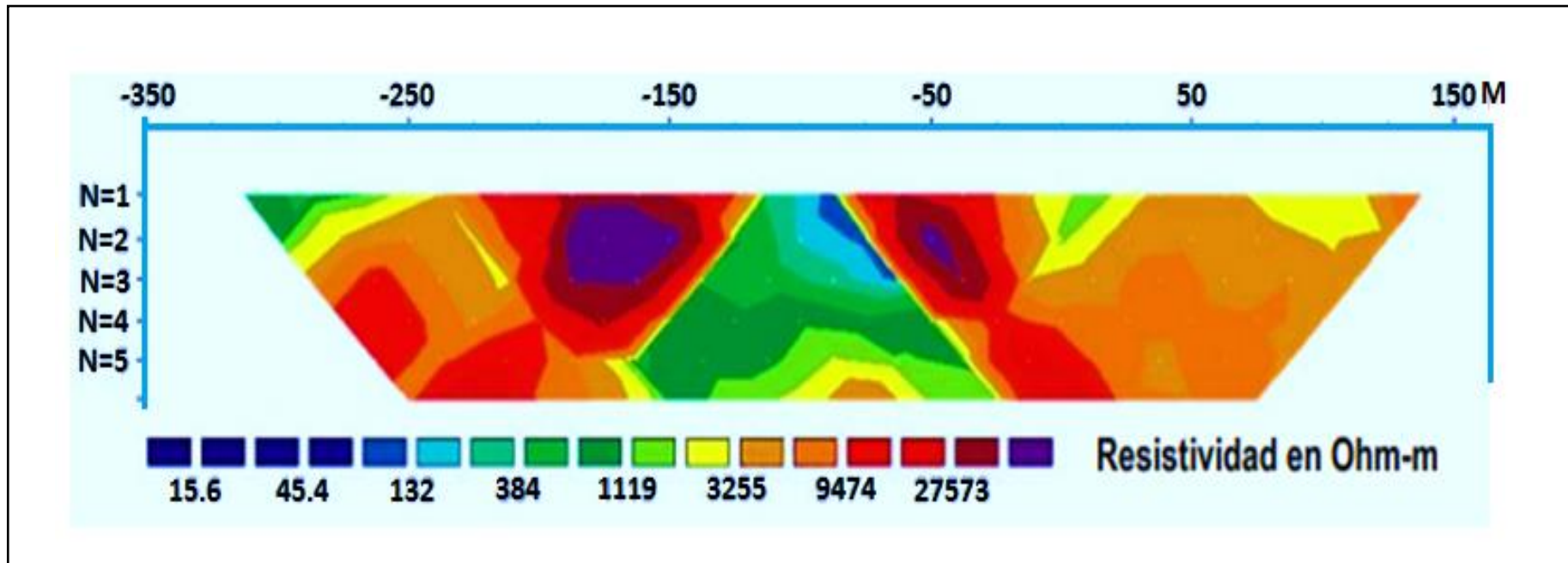


Figura 5: Perfil de resistividad.

- **Polarización Inducida (IP):** Si se aplica un voltaje entre dos electrodos y este se interrumpe abruptamente, el monitor muestra una rápida caída seguida de una lenta. Si se da paso a la electricidad de nuevo, esta muestra un súbito ascenso seguido de uno lento. A este fenómeno se le llama polarización inducida. Todo está basado en el principio de cargabilidad del terreno, es decir, mantienen la carga eléctrica los materiales estudiados. Esta técnica es particularmente útil para yacimientos sulfurados diseminados (Garza, 2013).

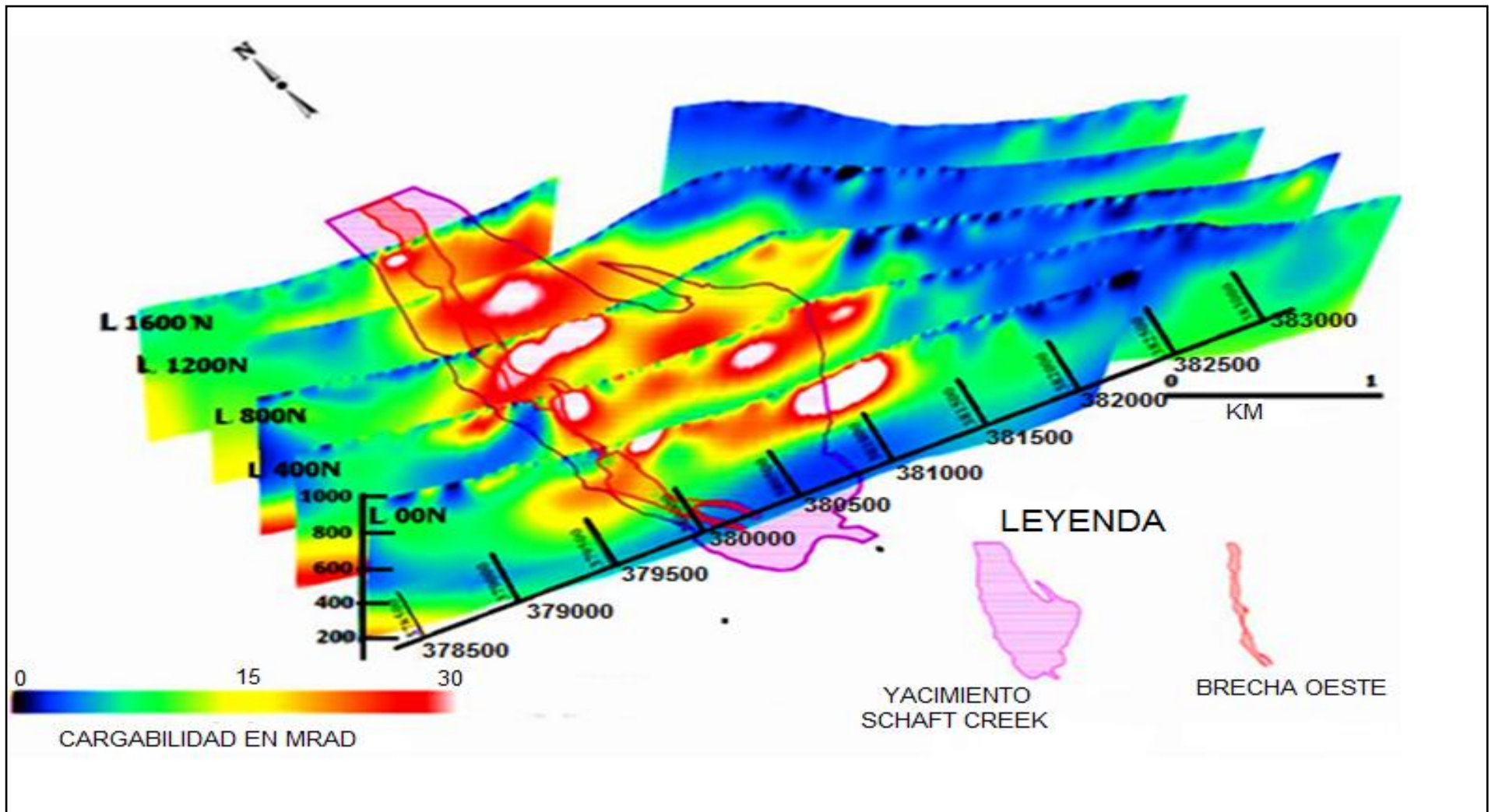


Figura 6: Secciones IP a lo largo del yacimiento de Cu-Au-Mo-Ag Schaft Creek.

- **Técnicas geoquímicas**

La utilización de la exploración geoquímica en la búsqueda de yacimientos se basa en la premisa fundamental de que la composición de los materiales próximos a un yacimiento es diferente de cuando el yacimiento no existe. Las acciones físicas y químicas, externas y posteriores a la formación del yacimiento originan removilizaciones de los elementos que componen el yacimiento. La fijación posterior de éstos da lugar a contenidos anómalos, cuya detección puede contribuir a localizar su origen, es decir, el propio yacimiento. (Chui, 2016)

Los principales tipos de exploración geoquímica son:

- Muestreo en rocas: Este tipo de muestreo incluye las rocas superficiales, materiales de filones y capas y trabajos subterráneos.
- Muestreo en redes de drenaje: Incluye muestreos de sedimentos de corrientes de agua, lagos y aguas subterráneas.
- Muestreo de suelos: En este tipo de investigaciones se incluyen el muestreo superficial y profundo de suelos, de suelos transportados y de suelos residuales.
- Muestreos biogeoquímicos: Incluyen el muestreo de hojas y tallos de la vegetación.
- Muestreos geobotánicas: Consiste en la interpretación de la relación entre la litología y los diferentes tipos de vegetación. (Chui, 2016)

Con los resultados obtenidos mediante estas técnicas se confeccionan mapas de isovalores (isoconcentraciones), que permiten discriminar entre zonas de anomalías geoquímicas y zonas de background. (Chui,2016)

En geoquímica podemos hablar de los viejos y nuevos tiempos (exploración geoquímica o geoquímica ambiental) al fin de cuentas, la geoquímica, se diga cómo se diga, consiste básicamente en el hallazgo de anomalías. También llegados a este punto deberíamos comentar que, bajo el punto de vista del enfoque metodológico, no existe ninguna diferencia relevante entre la geoquímica de exploración y la ambiental. De hecho, podríamos decir que una y otra son solo el camino de ida y vuelta (respectivamente) desde un yacimiento que en origen se detectó por geoquímica, se explotó y del que ahora se estudia su huella geoquímica ambiental, expresada como una contaminación. Nihil novum sub sole: nada nuevo bajo el sol (Rojas, 2014).

De regreso a la idea de anomalía debemos plantearnos como punto de partida a qué llamamos anomalía geoquímica. Sobre el tema hay tratados de estadística, geoestadística, geoquímica estadística. La mayor parte de las veces, cuando uno se adentra en libros o publicaciones sobre esta temática, acaba reconociendo que a menudo, la utilización de complejas herramientas estadísticas (plasmadas en un software especializado), equivale tan solo a la vieja expresión de matar moscas a cañonazos. Las anomalías existen o no existen. Si existen, cualquier alumno aventajado de geología debería ser capaz de verlas en una tabla de análisis químicos (Rojas, 2014).

Pero regresamos al punto esencial, la definición de anomalía. Según el Diccionario de la Real Academia Española, anomalía es una discrepancia de una regla o de un uso. Empecemos por lo de regla, y digamos que por regla general las concentraciones de metales en los suelos,

sedimentos, aguas y plantas se ajustan a valores más bien bajos, esto es, lo que llamaríamos valores normales. Esto tiene sentido, ya que los yacimientos minerales son rarezas de la naturaleza y, por lo tanto, solo donde existe uno, podrá haber anomalías geoquímicas en su entorno. Una primera definición de anomalía, bajo la perspectiva estadística, nos dice que podemos llamar anómalos a aquellos valores que sean mayores a la media más dos desviaciones estándar (Rojas, 2014):

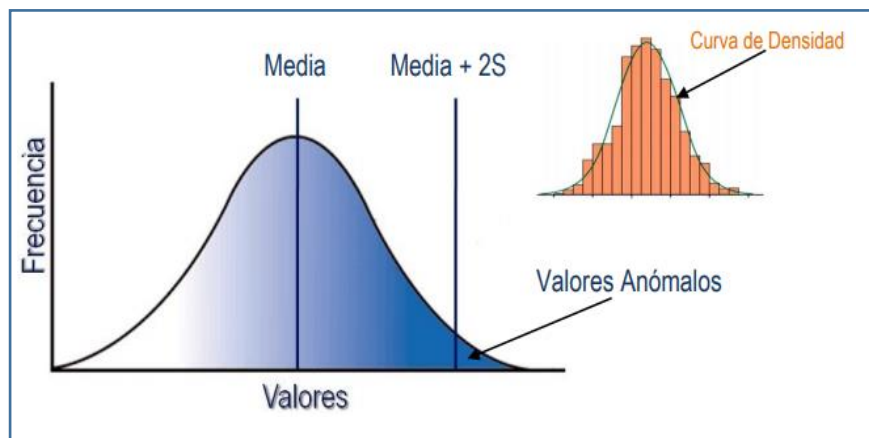


Figura 7. Histograma de una distribución normal y la curva de densidad.

Por otra parte, la figura superior nos muestra una clásica población normal, la famosa campana de Gauss. Es decir, nos referimos a una distribución continua de frecuencia definida por una función denominada curva de densidad que se aproxima al histograma (observaciones reales). El área bajo la curva es = 1, esto es, bajo esta se encuentra el 100% de los datos observados. Aquí está el quid de la cuestión, porque lo que de verdad nos interesa no son las poblaciones normales, sino que los casos raros, a ser posible, poblaciones raras (Rojas, 2014).

- **Otras técnicas de exploración**

Otras técnicas de exploración de yacimientos son los sondeos, las calicatas y las labores mineras. (Chui, 2016)

Las calicatas se emplean cuando el yacimiento está cerca de la superficie y cubierto con otros materiales que lo ocultan. Las calicatas son trincheras que se abren con una excavadora o pala mecánica hasta llegar a la roca mineralizada. (Chui, 2016)

Cuando el yacimiento está a profundidades mayores de 3 m se realizan sondeos, pozos o túneles. En este tipo de excavaciones se necesita maquinaria de tipo minero. (Chui, 2016)

Un sondeo es un taladro de sección circular que se realiza desde la superficie hasta el yacimiento. Existen tres métodos fundamentales de perforación de sondeos. Un primer método consiste en la perforación mediante corona de diamantes. En este sistema se recupera el núcleo del sondeo (testigo) casi intacto. La perforación se realiza girando la corona cilíndrica de acero con trozos de diamante o pastillas de carburo con la roca. (Chui, 2016)

El segundo método es el de perforación ciega con triconos. Se basa en hacer girar una pieza especial con dientes o botones que arrancan y trituran la roca. En este método no se obtiene un testigo continuo, sino ripios o detritus. Los detritus se recuperan a partir de la circulación del lodo o aire que se emplea en el sondeo. (Chui, 2016)

El tercer método de perforación es el de percusión, que se aplica en rocas duras. La penetración en la roca se realiza golpeando la misma con un cuerpo de acero con botones de carburo de tungsteno, mediante un martillo hidráulico o neumático que genera los golpes o impactos. Al igual que en el caso anterior, con este método no se recupera un testigo continuo sino el detritus que se produce durante el avance. (Chui, 2016)

Las labores mineras de valuación (galerías, piques) pueden ser muy interesantes cuando se quiere conocer con bastante precisión las características de la mineralización "in situ", y permiten extraer muestras para su procesamiento en el laboratorio y en planta piloto. (Chui, 2016)

e. Sobre el cuándo, el qué y el dónde explorar

La minería es como un navío a vela, su velocidad y dirección de navegación dependen en gran medida de la fuerza y dirección del viento, y claro está, de las habilidades de su capitán. Sin viento no hay navegación, y con viento en contra solo se puede navegar dando grandes bandadas ciñendo al viento (y haciendo la navegación entre un punto A y uno B más lenta) (Chui, 2016).

En esta metáfora los vientos corresponden a las fuerzas económicas del momento. A diferencia de otras industrias, la minería difícilmente puede crear demanda. Por ejemplo, Nokia puede "convencer" a la gente que compre sus teléfonos, pero una empresa minera no puede hacer lo mismo con sus metales. Estos están sujetos de manera estricta a la ley de la oferta y la demanda. Sobre esto hay que ser muy claros, una campaña de marketing bien estructurada puede convencer a la

gente de que compre cualquier cosa, sin embargo, los metales, estando al comienzo de la línea de producción, no pueden ser publicitados (Chui, 2016).

A fecha actual las empresas mineras y los profesionales de la minería (geólogos, ingenieros de mina, metalurgistas), viven un momento dorado. ¿Pero que estimula dicho momento dorado? ¿Se trata de algo pasajero o por el contrario puede durar aún mucho tiempo? En la última década las grandes economías emergentes como Brasil, Rusia, India y China (países BRIC), con grandes tasas de crecimiento de su producto interior bruto, han generado una gran demanda de materias primas, lo cual ha tenido como consecuencia excelentes precios para productos como el cobre, el aluminio y otros metales. Por ejemplo, solo China es responsable en la actualidad de una demanda de mineral de hierro del orden del 56%, del 33% para el cobre, y el 42% del aluminio. Nada hace prever una caída en la demanda a corto o mediano plazo, aunque, por otra parte, nadie predijo tampoco la profunda crisis económica que se iba a centrar en Europa y los Estados Unidos a partir de 2008. Si la economía mundial no se paralizó del todo, fue gracias a la presencia y pujanza de las economías de los países BRIC (Abanto y Morales, 2016).

En exploración está siempre la gran pregunta sobre el cuándo y el qué explorar. La respuesta fácil a esta interrogante se encuentra en los precios de mercado de los metales y minerales. Pero claro, lo que la gente ignora es la brecha temporal que existe entre la toma de decisiones sobre exploración, el hallazgo de un yacimiento mineral rentable y la transformación de este en un complejo minero-metalúrgico listo para vender sus productos. En algunos casos esta distancia

temporal puede estar en el orden de 5 a 10 años (e incluso más) (Abanto y Morales, 2016).

Una máxima dice que hay que explorar cuando los precios de un metal son bajos. En absoluto, ya que la práctica indica que cuando una empresa comienza a explorar con precios altos de un metal, para cuando puede por fin poner en marcha una mina, los precios de este metal pueden haber caído sensiblemente (debido a una cierta ciclicidad en la economía mundial: recesión-expansión) y hacer ruinoso la operación. Esto que parece tener sentido, rara vez se aplica y es debido a que la financiación que necesitan las empresas mineras para la exploración y desarrollo, rara vez llega en los momentos duros. Al respecto dos comentarios (Ruiz, 2015):

- Si los precios de mercado son bajos es porque:
 - A) el metal ha dejado de ser importante por un tema de índole tecnológico o ambiental.
 - B) porque la economía mundial está en crisis.
- Los bajos precios de mercado de un metal hacen difícil que los inversores se motiven lo necesario como para arriesgar dinero en exploración.

2.2.2. Explotación minera

a. Definición

Son las actividades socioeconómicas que se llevan a cabo para obtener recursos de una mina (un yacimiento de minerales). (Flores, 2012)

b. Características de la explotación minera

- Todos los recursos mineros son de propiedad del Estado Peruano, siendo el único facultado para explotarlos, salvo que los dé en concesión a empresas privadas.
- El Perú es un país polimetálico, pues posee una gran diversidad de minerales (24 de los más explotados), el único problema es que no existen grandes cantidades, salvo algunos que son sometidos a explotación masiva (cobre, carbón, zinc, plomo, hierro, oro y plata).
- Desde el punto de vista de la minería, las siguientes características de la explotación minera son de suma importancia en la selección de un método de explotación.
 - El tamaño y la morfología del cuerpo mineral.
 - El espesor y el tipo del escarpe superficial.
 - La localización, rumbo y buzamiento del depósito.
 - Las características físicas y resistencia del mineral.
 - Las características físicas y resistencia de la roca encajonante.
 - La presencia o ausencia de aguas subterráneas y sus condiciones hidráulicas relacionadas con el drenaje de las obras.
 - Factores económicos involucrados con la operación, incluyendo la ley y tipo de mineral, costos comparativos de minado y ritmos de producción deseados.
 - Factores ecológicos y ambientales tales como conservación del contorno topográfico original en el área de minado y prevención de sustancias nocivas que contaminen las aguas o la atmósfera.

- Es la principal fuente de ingreso de divisas, pues generan el 49% del total; siendo el cobre el mineral que representa el mayor volumen de exportación y el oro, el de mayor generación de divisas.
- Los principales yacimientos mineros (metálicos) los ubicamos en los andes.
- Seis son los minerales más explotados, siendo este el caso del cobre, plomo, hierro, zinc, plata y oro.
- Es la actividad que capta mayores inversiones extranjeras, sobre todo por la tecnología a emplearse para la extracción de los minerales. (Flores, 2012)

c. Inicio de la explotación minera

Encontrar un yacimiento mineral económicamente explotable para convertirlo en mina no se da por casualidad, antes de eso, los geólogos realizan una serie de actividades en el campo utilizando, además de una cartografía a detalle de las áreas de interés, una serie de técnicas analíticas en las áreas de geoquímica y geofísica que respaldan y robustecen las observaciones hechas en el campo (Cubas, 2016).

Esta parte inicial que lleva la intención de reconocer un área que tenga la posibilidad de contener un yacimiento mineral se le llama prospección o exploración. Esta etapa se inicia por detectar zonas “anómalas” o diferentes al resto de las áreas en las que, por sus características geológicas podría presentar algunas particularidades que pudieran definir un yacimiento mineral económicamente extraíble. Para definir estos blancos de exploración, los geólogos deben de revisar mapas, fotografías aéreas, imágenes de satélite y radar, entre otros y recopilar toda esta información para para comenzar el trabajo de campo de prospección (Cubas, 2016).

Una vez establecidas las posibilidades de que en una zona exista mineral, se pasa al análisis sobre el terreno, es decir, en el campo. El objetivo es definir y detallar el tamaño y forma de la zona anómala para corroborar o descartar la hipótesis inicial de existencia de algún yacimiento mineral. Los geólogos exploran la superficie de la zona elegida, estudian y toman muestras de roca para analizarlas, ya sea bajo el microscopio o por análisis químico en laboratorios especiales, realizan mediciones, y elaboran mapas con las distribuciones de los tipos de rocas, estructuras y otras características que ayuden a identificar y conocer el yacimiento mineral. Con esto se puede tener mejor información de la calidad, cantidad y distribución de los minerales de interés económico, así como también del origen de los minerales (Cubas, 2016).

Es importante mencionar, que los trabajos de toma de muestras no afectan en ningún aspecto al medio ambiente, ya que la cantidad de muestra levantada es pequeña y son tomadas en la superficie del terreno. Después de encontrar y estudiar un yacimiento mineral de interés es indispensable que la empresa proteja el área de estudio llevando a cabo el correspondiente denuncia minero (registro antes las autoridades competentes) antes de invertir en trabajos de exploración (Cubas, 2016).

d. Explotación del subsuelo

Durante la explotación, después que el geólogo define si la zona puede ser de interés económico para contener un yacimiento mineral, se continúa con el estudio del yacimiento mediante la perforación de pozos o barrenos en el subsuelo. La máquina utilizada para la barrenación, como si fuera un taladro, perfora extrayendo un cilindro de roca llamado núcleo, y con

esto se puede conocer que rocas y minerales existen y a que profundidad (Ruiz, 2015).

Según las características geológicas definidas por el geólogo en las primeras etapas de explotación en el área de interés, se define en dónde y a qué profundidad se barrenará el terreno para conocer el yacimiento con mayor detalle. Una forma de definir la extensión y profundidad del yacimiento, es llevar a cabo un programa de barrenación utilizando una cuadrícula o serie de pozos o barrenos distribuidos por toda el área del yacimiento mineral, diseñados para precisar con mayor exactitud el yacimiento. Con la información obtenida del programa de barrenación, se definen las dimensiones exactas del yacimiento y las áreas con mayor ley y volumen de mineral. Se realizan sondeos y mediciones geológicas y geofísicas en los barrenos y se vuelven a tomar muestras, esta vez del subsuelo, para ser analizadas (Flores, 2012).

Estos trabajos generan un impacto moderado sobre el ambiente, por lo que requieren de autorización escrita de los propietarios de los terrenos; y trabajar de acuerdo a las normas ambientales vigentes para cuidar nuestro ambiente (Flores, 2012).

e. Modelos en explotación

Un modelo es un conjunto de información que describe los atributos esenciales de un tipo de yacimiento mineral. En los modelos podemos distinguir dos tipos (Abanto y Morales, 2016).:

- **Modelo empírico (descriptivo):** Es aquel que describe los atributos esenciales de un tipo de yacimiento, aunque las

relaciones entre estos se desconozcan. Por ejemplo, en un modelo empírico no se entra a discutir porqué la zona de alteración potásica y las leyes primarias más altas en un yacimiento tipo pórfido cuprífero coinciden en el espacio, nos contentaremos con saber que es así. O interesará saber que existe una distribución zonal de la alteración en torno a un yacimiento de este tipo, y que las rocas típicas que lo albergan en un margen activo son granodioritas o tonalitas, mientras que en un arco isla típico, son más bien de tipo diorítico (Abanto y Morales, 2016).

- **Modelo teórico (genético):** Es aquel en que los atributos esenciales se encuentran interrelacionados a través de conceptos fundamentales. Por ejemplo, magmas más evolucionados, generados en zonas de potente corteza continental dan lugar a rocas calco-alcalinas típicamente granodioríticas, mientras que, en los arcos de isla, con cortezas más delgadas, el tipo es menos evolucionado, generándose rocas dioríticas de la misma serie. En un modelo teórico también tendremos que entender cómo se relacionan fisicoquímica y espacialmente las fases silicatadas y sulfuradas en un pórfido cuprífero, y además comprender adecuadamente la secuencia temporal de éstas. Esta percepción dual de los yacimientos lleva a una absurda polémica entre teóricos y empíricos, ambos con su propia escuela de pensamiento. Dada la importancia del tema, intentaremos comprender el enfoque de unos y otros (Abanto y Morales, 2016).

2.3. Definición de términos básicos

- **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. (Chui, 2016)
- **Cateo y Prospección:** Consiste en realizar búsquedas visuales de anomalías geológicas en la superficie, lo que puede dar indicios de presencia de minerales. Ya en la prospección, la observación se realiza con el apoyo de herramientas tecnológicas para realizar un trabajo más eficiente y rápido, como las fotos aéreas, datos satelitales, técnicas geofísicas (para observar propiedades físicas de las rocas analizadas) o geoquímicas (para obtener resultados químicos de los materiales observados). Los geólogos hacen uso de alta tecnología para realizar las exploraciones. Para ello, se estudia el terreno, las rocas, su composición química y su abundancia, de forma que se pueda saber si es que se puede construir una mina (Chui, 2016).
- **Exploración Minera:** Es la etapa inicial de la actividad minera, consiste en identificar las zonas por donde se ubican los yacimientos de minerales que luego - dependiendo de su dimensión y composición serán explotados en un proyecto minero (Cubas, 2016).
- **Ganga:** Es el material que se descarta al extraer la mena de un yacimiento de mineral, por carecer de valor económico o ser demasiado costoso su aprovechamiento. Es posible que un mineral que se considere ganga en un yacimiento sea de interés en otro, o que la mejora en las técnicas extractivas o los usos industriales haga rentable el procesamiento de materiales anteriormente considerados ganga (Flores, 2012).

- **Geología:** Es la ciencia que estudia la composición y estructura interna de la Tierra, y los procesos por los cuales ha ido evolucionando a lo largo del tiempo geológico (Leiva, 2015).
- **Mena:** Es un mineral del que se puede extraer aquel elemento porque lo contiene en cantidad suficiente para poderlo aprovechar. Así, se dice que un mineral es mena de un elemento químico, o más concretamente de un metal, cuando mediante un proceso de minería se puede extraer ese mineral de un yacimiento y luego, mediante metalurgia, obtener el metal (Cubas, 2016).
- **Mina:** Conjunto de labores necesarios para explotar un yacimiento y, en algunos casos, las plantas anexas para el tratamiento del mineral extraído. Las minas también reciben el nombre de explotaciones mineras, o, simplemente, explotaciones (Ruiz, 2015).
- **Minerales:** Es una sustancia natural, de composición química definida, normalmente sólido e inorgánico, y que tiene una cierta estructura cristalina. Es diferente de una roca, que puede ser un agregado de minerales o no minerales y que no tiene una composición química específica. La definición exacta de un mineral es objeto de debate, especialmente con respecto a la exigencia de ser abiogénico, y en menor medida, a que deba tener una estructura atómica ordenada. El estudio de los minerales se llama mineralogía (Rojas, 2014).
- **Yacimiento:** Es la acumulación geográfica de un material que puede ser de utilidad para el hombre, dicho material puede ser sólido (minerales, roca o fósil) o fluido (petróleo o gas natural) (Ruiz, 2015).

CAPÍTULO III: PRESENTACIÓN, ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS

3.1. Acceso, clima y fisiografía

Se puede acceder al área del proyecto desde la ciudad de Lima de dos formas, ambas se detallan en los siguientes cuadros:

Tabla 3
Ruta A para llegar al proyecto Caravelly.

| ITINERARIO | TIPO DE ACCESO | DISTANCIA (Km.) | TIEMPO (Horas) |
|------------------------------|---------------------|--------------------|-------------------|
| Lima – Cusco | Vía aérea | 800 | 1 |
| Cusco – Abancay | Carretera asfaltada | 198 | 4 |
| Abancay - Iscahuaca | Carretera asfaltada | 190 | 4 |
| Iscahuaca–Proyecto Caravelly | Trocha carrozable | 190 | 5 |
| Total | | 1378 | 14 |

Tabla 4
Ruta B para llegar al proyecto Caravelly.

| ITINERARIO | TIPO DE ACCESO | DISTANCIA (Km.) | TIEMPO (Horas) |
|------------------------------|---------------------|--------------------|-------------------|
| Lima – Nazca | Carretera asfaltada | 460 | 6 |
| Nazca – Puquio | Carretera asfaltada | 150 | 3 |
| Puquio – Iscahuaca | Carretera asfaltada | 150 | 3 |
| Iscahuaca–Proyecto Caravelly | Trocha carrozable | 190 | 6 |
| Total | | 950 | 18 |

El clima es frío y seco, está caracterizado por una estación seca entre los meses de Abril y Agosto, otra con precipitaciones de lluvia y nieve moderada entre Septiembre – Diciembre, y finalmente tres meses de precipitaciones intensas con nieve entre Enero a Marzo.

En la estación seca la temperatura en el día llega a los 10°C y en la noche desciende por debajo de los 0°C. En este período las precipitaciones pluviales son esporádicas con ocasionales tempestades de nieve entre los meses de Junio a Agosto. Entre los meses de Septiembre a Diciembre es la época de transición entre el temporal seco y las intensas precipitaciones, el frío es más intenso con respecto a los meses de Abril a Agosto.

En la estación lluviosa la temperatura del día sobrepasa los 12°C y en las noches desciende bajo los 0°C, esta época está caracterizada por intensas precipitaciones de lluvia y nieve.

3.2. Geología regional

El proyecto Caravelly está ubicado entre el cinturón de Andahuaylas – Yauri (Eoceno Superior – Oligoceno Inferior) y el cinturón de Puquio - Caylloma. Este metalotecto regional tiene rumbo andino y un ancho aproximado que va desde los 50Km hasta los 100Km, en este se hospedan yacimientos tipo epitermales (HS, IS, LS) como Liam, Azuca, San Martín, Santo domingo, Poracota, etc., y del tipo pórfido como Chancas, Trapiche, Antilla.

La propiedad se encuentra específicamente dentro de la subprovincia metalogénica de yacimientos de Ag – Au Puquio – Caylloma y dentro del corredor estructural Condorama – Mollebamba. Las unidades estratigráficas identificadas corresponden al tiempo entre el Paleógeno hasta el Cuaternario, siendo su mayoría secuencias volcánicas y volcanoclásticas.

3.2.1. Estratigrafía

La secuencia volcánica en los sectores de Uchuro-Pintapata, Caravelly y Azúcar, está compuesta por las unidades: Grupo Tacaza, formaciones Alfabamba, Sencca, Grupo Barroso y unidades cuaternarias. Estas unidades están comprendidas entre el Mioceno y Pleistoceno y se componen mayormente de andesitas, riocitas y dacitas. Las secuencias de brechas lapilli y tobas del Grupo Tacaza se presentan discordantes sobre la gruesa secuencia de la Formación Soraya del Grupo Yura, e infrayace a la Formación Alfabamba, y esta a su vez es soterrada en aparente discordancia por el Grupo Barroso.

a. Formación Sencca

Esta unidad aflora marginalmente en el extremo NE del sector Uchuro, sobre las secuencias de lavas grises del Grupo Barroso. Está compuesta de tobas color blanco rosadas muy soldadas y de textura afanítica, presenta cristales de cuarzo, piroxenos y feldspatos de grano medio a fino. Sus afloramientos se inclinan al NE concordante sobre las secuencias de lavas del Grupo Barroso. Esta unidad no está asociada a mineralización alguna en la región, siendo producto del colapso de calderas volcánicas a lo largo de la cordillera occidental. Su edad comprendida en la Joya-Arequipa está entre 3.05 a \pm 3.4 ma.

b. Grupo Barroso

Esta unidad aflora en el extremo NE del sector Uchuro, sobre las secuencias de tobas riocíticas de la Formación Alfabamba. Está compuesta de lavas de composición andesítica con textura porfirítica y coloraciones grises en roca fresca y gris pardo cuando está alterada. Los estratos son medios a gruesos y se encuentran depositados sobre tobas

asignadas a la unidad Tacaza superior, formando paleorelieves con inclinaciones de sus capas de acuerdo a la morfología de la erosión pre-barroso. Los afloramientos de lavas son posiblemente originados de un aparato tipo estrato-volcán ubicado al NE de la zona de Uchuro.

Sus secuencias se encuentran relativamente frescas y esta unidad fosiliza discontinuamente a las secuencias de la Formación Alfabamba, en la zona está compuesta completamente de lavas andesíticas. La edad del Grupo Barroso en el arco volcánico cerca de la zona de estudio comprende edades; Orcopampa 1.36 ± 0.03 , Caylloma; 1.02 ± 0.03 .

c. Formación Alfabamba

Esta unidad aflora compuesta de tobas soldadas de colores blancos a rosados, de composición riodacíticas a riolitas. Esta unidad sella al Grupo Tacaza tanto en Uchuro, Pintapata, Azúcar y Caravelly. Aflora en la parte media del sector Uchuro y la base se compone de toba –brecha con clastos extraídos de la misma unidad y del Grupo Tacaza. Alfabamba tiene un grosor en Uchuro de 250 m, Pintapata 50 m, Azúcar; 150m y Caravelly promedio de 200m. Sus afloramientos en Uchuro tienen un rumbo NW-SE e inclinados al NE 20°. En Caravelly son subhorizontales y afloran en el sector SE.

En Uchuro, Azúcar y Caravelly la Formación Alfabamba es una unidad monótona de tobas blancas en estratos gruesos con clastos exóticos extraídos del Grupo Tacaza, asimismo en Caravelly se presentan secuencias con textura eutaxítica conformando típicas ignimbritas con inclinaciones hacia NW y N, ello indica que los flujos piroclásticos provienen del arco volcánico central entre Cotahuasi, Chuquibamba y Coracora,

donde esta misma unidad aflora como plataformas inclinadas al SW. Las edades radiométricas en el sur cerca de la zona de estudio comprenden; Cayarani; 13.8 +/-0.3ma, 14.8 y 16.8 ma.

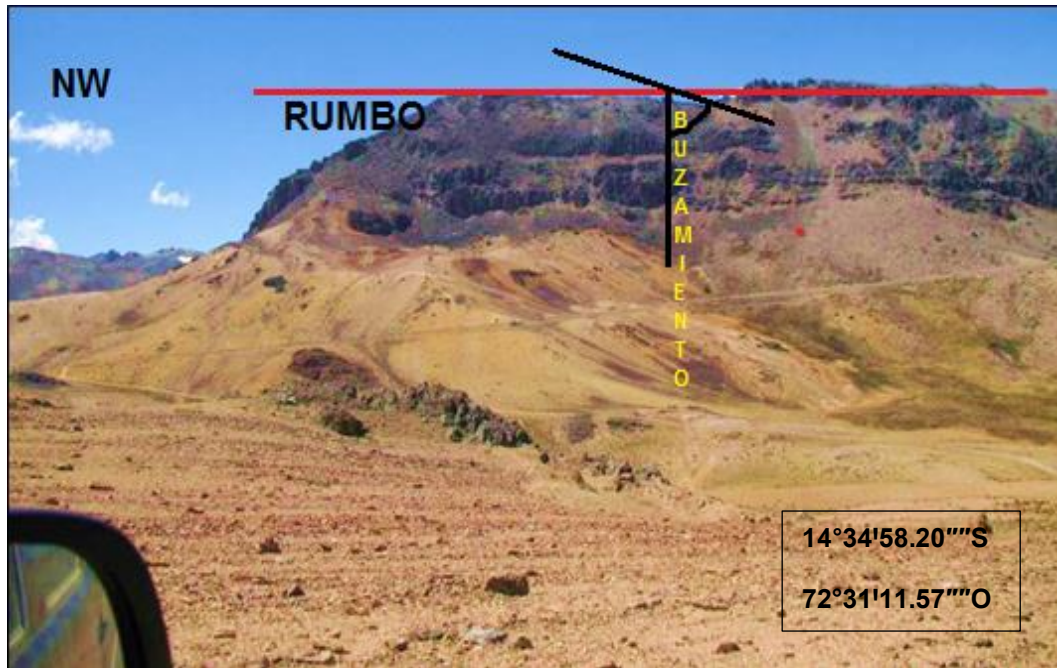


Figura 8: Formación Alpbamba. - Sector Caravelly.

d. Grupo Tacaza

Conocido también como Formación Para, esta unidad se compone mayormente de dacitas grises a verdosas competentes con estratificaciones moderadas. En Uchuro la base está compuesta de tobas-brechas grises con clastos subangulosos de la misma composición del cuerpo principal, su matriz es volcánica que en muchos casos se presenta silicificada sus estratos son gruesos y afectados por la tectónica post-peruana. La secuencia inferior está compuesta de flujos piroclásticos gris blancos subhorizontales cuyos afloramientos se pueden observar en el corte de la Qa. Chichahuayco sector de Yumire, aquí se encuentra sobre cuarcitas gruesas deformadas del Grupo Yura conformando una típica discordancia de la Fase Peruana. Las secuencias

medias y superiores son mayormente compuestas de lavas y flujos piroclásticos intercalados como se puede observar en el sector de Pintapata superior, consta de tobas de composición dacítica y son atravesadas por sistemas de vetas de dirección NNW-SSE, comportándose las secuencias de tobas soldadas y competentes como las más apropiadas para albergar sistemas de vetas continuas.

Las edades radiométricas de esta unidad cerca de la zona de estudio comprende; Caylloma y Velille; 23.6 ± 1 , 28.3 ± 1 ma, Caylloma; Sibayo 24.3 ± 0.8 .

e. Rocas Intrusivas

Rocas intrusivas no afloran en los sectores de Caravelly, Uchuro-Pintapata y Azúcar, pero es probable que debajo de las secuencias volcánicas observadas se presenten cuerpos asociados al Batolito de Andahuaylas – Yauri.

En los alrededores del proyecto si se presentan manifestaciones de domos, como el que se observa al Este del proyecto Azuca (Hochschild) y se postula que se encuentren vinculados a la mineralización del Grupo Tacaza en la zona.

3.2.2. Geología estructural

Las estructuras mayores del proyecto (Caravelly, Uchuro-Pintapata y Azúcar) están compuestas por fallas profundas litosféricas de rumbo andino, estas fallas mayores de rumbo NW-SE están asociadas a la megaestructura Falla Mollebamba que ha jugado un papel importante es los fallamientos secundarios como Azúcar.

Las Fallas principales Española, Chicha-Raquel, Azúcar y Lila, son fallas de tendencias sinestrales y dextrales y están asociadas a la falla mayor Mollebamba que cruza en dirección NW-SE entre Huancapi y Chalhuanca.

f. Fallas Distritales Sector Uchuro-Pintapata (NW-SE)

Falla Española

Esta falla de dirección N 30° W y subvertical atraviesa los sectores de Uchuro y Pintapata teniendo sus nacientes en la Falla Azúcar, provocando un sistema de fallas cabalgantes en la intersección de estas fallas. Esta falla es importante desde el punto de vista metalogénico ya que controla la mineralización de las vetas en el yacimiento, comportándose como estructuras anastomosadas y paralelas a las vetas principales del proyecto.

Esta falla es dextral y genera estructuras tensionales secundarias como las vetas Teresita y Colonial, asimismo cerca de la falla mayor Azúcar genera una deformación importante produciendo fallas secundarias que en muchos casos son tensionales y rellenadas por fluidos hidrotermales.

Falla Azúcar

Esta falla es de carácter regional y tiene una dirección mayormente N 45° W a E-W y subvertical. Es una falla tensional dextral producto de la gran falla translitosférica sinistral Mollebamba. La Falla Azúcar ha generado un sistema de fallas laminares en el sector Pintapata, desplazando dextralmente la veta Azúcar y parte de las vetas llamadas Pintapatas Norte, Centro y Sur.

Falla Lila

Esta falla es de rumbo E-W y subvertical, se encuentra al sur de la Falla Azúcar y paralela a esta, generando a lo largo de su traza la veta tensional Milagros. Al parecer esta veta es anastomosada ya que se ha generado grosores mayores a los 3 m en la veta Lila, igualmente pone en contacto a las facies de

tobas-brecha con facies de tobas lapilli al sur de la Falla Azúcar siendo estas unidades de las secuencias inferiores a medias del Grupo Tacaza.

g. Fallas Distritales Sector Uchuro-Pintapata (NE-SW)

Falla Chichas-Raquel

Es una falla importante de dirección NE-SW y de movimiento sinistral. Esta falla genera el arrastre de la veta Española hacia el NW, provocando fallas vetas tensionales y que se proyectan en dirección NW. Esta falla al parecer es generada por el movimiento de la Falla Azúcar y se prolonga en dirección Este hacia el sector de Orkontaki, donde ha generado vetas paralelas a esta estructura.

3.2.3. Tipo de depósito

Por las características geológicas antes definidas y ubicándonos dentro del Modelo Geológico-Estructural de los Yacimientos Epitermales de Caravelly (propuesto por Greg Corbett), podemos concluir que el conjunto de vetas del yacimiento mineralógico de Uchuro-Pintapata pertenecen a un Sistema de Baja Sulfuración (LS) con un marcado control estructural que afectó a las rocas volcánicas del Grupo Tacaza en este segmento de la Cordillera Andina del Perú. Los estudios petrográficos realizados indican una alteración dominante de cuarzo-sericita (Low Sulphydation) que afecta parcialmente las rocas volcánicas andesíticas.

3.2.4. Tectónica y metalogenia

a. Modelo estructural

Para el sector de Uchuro-Pintapata entre las intersecciones de la Falla Azúcar de dirección E-W y el sistema de falla-vetas de

La Española de dirección NNW-SSE, se produjo al inicio unos complicados sistemas de fallas compresivas que generaron fallas de cabalgamiento de dirección NW-SE que luego fueron rellenados por soluciones mineralizantes. Estas fallas echadas tienen inclinaciones entre 30° a 45° al NE. La veta Española y sus conjugadas Pintapatas posteriormente han sido desplazadas en bloques extensionales gravitatorios con vergencia al Este, originando el desplazamiento de las vetas en dirección SE.

b. Evolución tectónica regional

Los sistemas de fallas en el proyecto Caravelly son consecuencia de la tectónica regional del sistema de Falla Mollebamba de dirección N 50° W y sinextral que recorre en el extremo NE y NW de los cuadrángulos de Chulca y Cayarani respectivamente. Una imagen de satélite Landsat 7,4,2 (RGB), muestra la tendencia de lineamientos regionales de dirección NW-SE, diferenciándose los corredores Incapuquio – Cincha Lluta y Poracota – Orcopampa, entre estos corredores se generaron los arcos volcánicos mio-pliocenos de ignimbritas y facies de lavas asignados mayormente al Grupo Tacaza, y unidades Alpbamba, Barroso y Sencca.

La falla Mollebamba genera en su movimiento un rombo de extensión y una de sus movimientos sería la Falla Regional Azúcar de tendencia dextral. Este sigmoide de extensión es responsable posiblemente de la generación de los sistemas de vetas NNW-SSE de Caravelly y genera la veta mayor de Azúcar que genera las vetas secundarias de La Española y Pintapata.

El mapa magnetométrico regional muestra que el proyecto Caravelly se encuentra en una zona de alta respuesta

magnética, y que el yacimiento tanto de Caravelly, Azúcar y Azuca (Hochschild Mining) se encuentran cerca al borde de alta y baja respuesta magnética, siendo esta área la más propicia para el entrapamiento de estructuras extensionales y propicias para el entrapamiento de magmas y eventos hidrotermales posteriores.

c. Magnetometría Regional Asociada a las Estructuras Regionales

El mapa magnetométrico de campo total reducido al polo sur (INGEMMET 1974), demuestra la correlación muy buena entre las estructuras regionales de dirección NW-SE y E-W, con el lineamiento magnético entre las zonas de baja y alta respuesta magnética. Justamente las áreas entre la alta y baja respuesta magnética se interpreta como zonas de cizalla, baja presión, extensión o fallas regionales, por donde se emplazaron magmas que pudieron en muchos casos originar yacimientos minerales, especialmente en áreas de mayor deformación estructural, intersecciones o plegamientos.

Los yacimientos de Caravelly, Azúcar y Azuca (Hochschild Mining) se encuentran entre la alta y baja respuesta magnética, similares interpretaciones regionales se encuentran los yacimientos de Selene, Arcata, Huayllura o San Juan de Lucanas.

d. Franjas Metalogénicas Asociadas a las Estructuras Regionales

El Proyecto Caravelly se encuentra dentro de una subfranja de Oro que comprende el yacimiento de Arcata y Orcopampa conocidos por su filiación con plata y oro (Figura 13). Esta subfranja por el NW se proyecta hacia Antabamba y por el SE hacia Orcopampa y Arcata. La franja metalogénica está asociada al metalotecto Grupo Tacaza, de filiación con

yacimientos de plata y oro alojados mayormente en sus secuencias de lavas andesíticas y tobas dacíticos de rumbo andino.

Al parecer en muchas regiones las secuencias superiores de tobas riodacíticas de gran extensión conocido como Formación Alpbamba ha fosilizado en muchos sectores los yacimientos vetiformes asociados al Grupo Tacaza, esto demuestra que después del magmatismo de Tacaza hubo un evento de fuerte magmatismo que genero la depositación masiva y extensiva de tobas gruesas desde Nazca hasta Arequipa siendo conocidos como formaciones Nazca y Alpbamba.

e. Sistemas Vetiformes asociados al Grupo Tacaza y Fosilización con Ignimbritas de la Fm. Alpbamba

Los sistemas de las vetas Española, Pintapatatas, Colonial etc., según las relaciones de campo encontradas en Uchuro, Azúcar y Caravelly son fosilizadas por las facies de lavas andesíticas del Grupo Barroso cuyos afloramientos inferiores en Uchuro bordean los 5000 msnm.

En Uchuro la Formación Alpbamba depositada entre los 10 y 15 Ma, se encuentra mineralizada con vetas de dirección NNW-SSE y grosores entre 0.5m y 1m, aquí se puede observar que la prolongación de la veta Española continúa y atraviesa la facies de tobas de la Formación Alpbamba cuyos niveles son erosionados al final del levantamiento tectónico conjuntamente con sus sistemas vetiformes; similares relaciones se observan en Azúcar y Caravelly. Esta peniplanización post Alpbamba y fosilización con el Grupo Barroso indicaría que el sistema de veta Española en su prolongación Norte (Uchuro) tendría desarrollo vertical desde los 4850m (Qda. Uchuro) hasta los

5000m (150m), la cual fue sellada por las facies de lavas inferiores del Grupo Barroso.

3.3. Exploración

3.3.1. Geoquímica de superficie

Se realizó el muestreo geoquímico superficial del sector de Uchuro-Pintapata, enfatizando el trabajo de muestreo selectivo sobre estructura, utilizando para ello cortadoras eléctricas diamantinas. El tipo de muestreo fue el de corte en canales transversales a la estructura mineralizada, con distanciamiento promedio de 10m en las zonas aflorantes.

a. Geoquímica Sector Uchuro-Pintapata

En total fueron 197 las muestras tomadas en Uchuro-Pintapata (incluyen 17 muestras de control) distribuidas en las vetas Española, Peruanita, Criolla, Colonial, Teresita, Pintapata, Azuca, entre otras; el muestreo se ha realizado siguiendo las buenas prácticas que recomienda el Código JORC de Australia; en cada lote de 40 muestras se incluyeron 3 muestras de control: un estándar, un duplicado y un blanco. Cada muestra tomada tenía un peso que variaba entre 3 a 5 kilos.

En la Tabla 5. Se aprecian el resumen de los resultados por vetas, promedio ponderado simple y valores mínimos y máximos de los elementos Au – Ag, los valores de los demás elementos son irrelevantes:

Tabla 5
Compósitos geoquímicos de las vetas en Caravelly.

| Vetas | Muestras | Potencia (m) | Au prom. | Ag prom. | Au Mín. | Au Máx. | Ag Mín. | Ag Máx. |
|-----------|----------|--------------|----------|----------|---------|---------|---------|---------|
| | | | (ppm) | (ppm) | (ppm) | (ppm) | (ppm) | (ppm) |
| Española | 108 | 1.30 | 0.91 | 57.20 | 0.01 | 22.55 | 0.30 | 585.00 |
| Peruanita | 15 | 1.20 | 0.35 | 62.80 | 0.01 | 0.81 | 35.70 | 164.00 |
| Criolla | 17 | 0.90 | 0.97 | 134.40 | 0.06 | 4.60 | 0.60 | 437.00 |
| Lila | 3 | 0.73 | 0.73 | 24.00 | 0.05 | 1.09 | 3.70 | 34.60 |
| Colonial | 1 | 0.30 | 24.34 | 893.00 | 24.34 | 24.34 | 893.00 | 893.00 |
| Teresita | 3 | 0.73 | 1.87 | 90.40 | 0.11 | 5.81 | 16.10 | 176.00 |
| Michell | 3 | 0.33 | 0.93 | 37.10 | 0.01 | 1.18 | 2.00 | 129.00 |
| Pintapata | 27 | 0.83 | 0.43 | 16.60 | 0.02 | 9.98 | 1.10 | 81.50 |
| Azuca | 3 | 1.63 | 0.09 | 13.80 | 0.05 | 0.13 | 10.90 | 16.00 |

3.3.2. Mineralización

De acuerdo a tipo de yacimiento en Caravelly, en la zona de Uchuro - Pintapata, tenemos los principales rasgos que caracterizan a un modelo de baja sulfuración.

Para efectos de este reporte solo se describirá la mineralización de la zona explorada a la que se ha llegado a indicar recursos.

a. Mineralización Sector Uchuro-Pintapata

Las estructuras mineralizadas aflorantes son del tipo epitermal de baja sulfuración y se presentan agrupadas en tres sistemas estructurales, las estructuras principales son las Vetas Española, Peruanita y Criolla con una orientación NNW-SSE y un afloramiento casi continuo de aproximadamente 1.8km. Las vetas Pintapata, Azúcar y Lila son de orientación transversal E-W con continuidad de afloramiento entre 0.5km a 1.5 km, y las vetas tensionales Colonial, Teresita y Michel que son de menor extensión y potencia tienen una orientación NE-SW y una continuidad aflorante menor a 0.2km.

Las estructuras principales se presentan como bandas cuarzosas paralelas con potencias promedio entre 0.30m a

8.00m, y algunas de ellas como veta Española y veta Pintapata presentan en partes hasta tres ramales paralelos. De acuerdo a los trabajos de campo, se tienen las siguientes potencias para las vetas principales:

Tabla 6
Anchos descritos en la base de datos de superficie

| Vetas | Ancho mín. | Ancho máx. |
|--------------|-------------------|-------------------|
| Española | 0.80 | 8.00 |
| Peruanita | 0.30 | 1.50 |
| Criolla | 0.40 | 1.60 |
| Colonial | 0.30 | 0.90 |
| Teresita | 0.30 | 0.90 |

Las vetas presentan un zoneamiento mineral en bloques, afectadas por fallamientos ENE-WSW, los bloques central y Norte de la veta Española son los que tendrían mayor potencial mineral por presentar características mineralógicas de la parte media-alta del sistema epitermal, mientras que el bloque del extremo Sur presenta características media-baja del sistema.

En los bloques, central y Norte, los afloramientos de las bandas cuarzosas presentan tramos con sílice calcedónica, oxidación limonítica moderada con trazas de sulfuros piritosos, relleno de boxworks en las vetas de cuarzo y bandas de reemplazamiento de carbonatos con presencia de pátinas de óxidos de manganeso.

El cuarzo calcedónico nos sugiere que estamos en los niveles altos del sistema, poca erosión y un probable potencial en profundidad. Informes de Meridian reportan estudios de

inclusiones fluidas que señalan que los fluidos estuvieron entre los 200°C y 250°C, esto confirmaría lo anteriormente afirmado.

En el bloque Sur, las bandas cuarzosas de veta Española van con sulfuros piritosos y presencia de metales base, acompañada de bandas paralelas de reemplazamiento de sílice por carbonatos y con presencia de manganeso. Las vetas Pintapata y Azuca también se muestran en bandas cuarzosas más desarrolladas, con presencia de calcita laminar, textura con reemplazamiento de carbonatos y óxidos de manganeso que evidencian la ocurrencia de rodocrosita.

Asimismo, es notoria la presencia de pirita y el incremento de metales base como la galena, esfalerita, calcopirita y trazas de ferrimolibdenita, esto indicaría que se está en los niveles intermedios del sistema. En el sector Pintapata se tienen los siguientes rangos de potencia para las vetas:

Tabla 7
Anchos de las vetas del sistema Uchuro-Pintapata

| Vetas | Ancho mín. | Ancho máx. |
|--------------|-------------------|-------------------|
| Pintapata | 1.00 | 2.50 |
| Azuca | 1.00 | 5.00 |

b. Alteración Hidrotermal Sector Uchuro-Pintapata y Azúcar

Tobas lapilli de composición dacíticas del Grupo Tacaza actúan como rocas huésped de los diferentes sistemas de vetas en el sector de Uchuro-Pintapata así como en el sector de Azúcar, y la alteración hidrotermal producida por la presencia de estas estructuras se reduce a pequeños halos de alteración en el contacto con las cajas de las vetas.

La intensidad de la silicificación es débil, restringiéndose a algunos centímetros, la alteración predominante es la propilitización débil a moderada, llegando en algunos tramos a decímetros, con presencia de pirita diseminada y puntual presencia de cajas argilizadas.

En el bloque Norte y Centro de Uchuro-Pintapata como ensamble de alteración se observa cuarzo-carbonatos-pirita-manganeso, en el bloque Sur el ensamble además va acompañado de calcopirita-esfalerita-rodocrosita.

3.3.3. Perforación diamantina realizada por Meridian

Entre los años 2015 - 2017, la empresa Meridian llevó a cabo un programa de perforación diamantina en los sectores de Uchuro-Pintapata (5244.75m distribuidos en 26 sondajes), Caravelly Central (1879.85m distribuidos en 06 sondajes) y finalmente en el sector de Azúcar (802.50m en 03 sondajes).

Con estas campañas de perforación, Meridian logra definir un probable potencial mineral sobre la estructura Española en el sector de Uchuro-Pintapata con valores expectantes de Ag-Au; en el sector de Azúcar se define la continuidad de las estructuras mineralizadas en profundidad con valores moderados de Au-Ag.

En el sector de Caravelly Central los resultados de la perforación no fueron los esperados pues en general todos los valores reportados de Au y Ag están cercanos al límite mínimo de detección.

Tabla 8
Programa de perforación DDH ejecutado por Meridian en Sector Uchuro-Pintapata.

| PERFORACIÓN DDH EJECUTADA POR MERIDIAM | | | | | | | |
|--|------------|--------------|----------|--------|-----|----------------|------------|
| SONDAJE | ESTE | NORTE | COTA | AZIMUT | DIP | LONGITUD (m) | AÑO |
| PTT001 | 770,069.31 | 8,387,362.49 | 4,840.55 | 288 | -60 | 135.50 | 04/11/2015 |
| PTT002 | 770,089.34 | 8,387,509.66 | 4,809.81 | 227 | -51 | 101.40 | 11/11/2015 |
| PTT003 | 770,039.99 | 8,387,294.04 | 4,838.36 | 298 | -45 | 140.70 | 17/11/2015 |
| PTT004 | 770,040.78 | 8,387,293.64 | 4,838.36 | 118 | -40 | 245.05 | 15/08/2016 |
| PTT005 | 770,069.55 | 8,387,362.43 | 4,840.54 | 108 | -75 | 99.85 | 25/11/2015 |
| PTT006 | 770,270.70 | 8,386,250.71 | 4,798.90 | 152 | -58 | 81.00 | 25/11/2015 |
| PTT007 | 770,028.30 | 8,387,175.93 | 4,836.03 | 105 | -50 | 139.75 | 30/11/2015 |
| PTT008 | 770,572.70 | 8,386,233.42 | 4,892.79 | 0 | -62 | 98.00 | 01/04/2017 |
| PTT009 | 770,395.50 | 8,386,305.08 | 4,861.64 | 148 | -57 | 108.85 | 05/12/2015 |
| PTT010 | 770,199.09 | 8,385,158.51 | 4,875.22 | 150 | -55 | 122.30 | 09/12/2015 |
| PTT011 | 770,395.34 | 8,386,305.27 | 4,861.65 | 148 | -80 | 190.40 | 10/12/2015 |
| PTT012 | 770,020.16 | 8,385,179.25 | 4,875.45 | 180 | -50 | 96.15 | 14/01/2016 |
| PTT013 | 770,150.92 | 8,387,487.87 | 4,818.77 | 327 | -47 | 162.30 | 02/08/2016 |
| PTT014 | 770,025.78 | 8,387,176.21 | 4,835.79 | 325 | -60 | 249.10 | 31/08/2016 |
| PTT015 | 770,027.80 | 8,387,176.44 | 4,835.96 | 80 | -40 | 216.50 | 17/09/2016 |
| PTT016 | 770,151.13 | 8,387,487.22 | 4,818.68 | 327 | -80 | 189.20 | 05/10/2016 |
| PTT017 | 769,987.92 | 8,387,311.61 | 4,834.09 | 118 | -65 | 250.10 | 08/10/2016 |
| PTT018 | 769,958.91 | 8,387,125.81 | 4,823.58 | 330 | -70 | 258.30 | 27/10/2016 |
| PTT019 | 770,570.88 | 8,386,230.97 | 4,892.91 | 295 | -75 | 212.55 | 17/11/2016 |
| PTT020 | 770,571.71 | 8,386,229.81 | 4,892.96 | 225 | -85 | 151.35 | 24/11/2016 |
| PTT021 | 770,152.18 | 8,387,484.86 | 4,818.78 | 257 | -47 | 332.75 | 23/09/2017 |
| PTT022 | 770,421.38 | 8,386,599.80 | 4,878.47 | 230 | -75 | 326.35 | 13/09/2017 |
| PTT023 | 770,578.10 | 8,386,424.64 | 4,889.27 | 230 | -40 | 250.00 | 12/09/2017 |
| PTT024 | 770,331.48 | 8,386,799.40 | 4,956.69 | 248 | -65 | 492.15 | 27/10/2017 |
| PTT025 | 770,340.31 | 8,387,019.03 | 5,011.42 | 253 | -42 | 411.20 | 13/11/2017 |
| PTT027 | 770,418.76 | 8,387,318.42 | 4,865.82 | 262 | -50 | 183.95 | 11/11/2017 |
| Total | | | | | | 5244.75 | |

3.3.4. Perforación diamantina realizada por consorcio minero horizonte

El programa de perforación diamantina se inició el mes de Enero del 2017, completando el mismo a finales de Diciembre-2017 con la ejecución total de 26,217 m ddh, distribuidos en 94 sondajes con profundidades que van desde 100 m hasta 500 m en el sector Uchuro-Pintapata del Sistema Caravelly. Todos los sondeos fueron prácticamente realizados en la parte central del sistema de la Veta Española entre las fallas Uchuro-Ninajassa-Azúca (Orientación E-W).

a. Programa de perforación DDHs:

Se realizaron las debidas testificaciones de los sondeos (log-sheets) con la descripción detallada de litologías, alteración y mineralizaciones, vetas del sistema y fallas reconocidas, datos del RQD, etc.; de entre otros datos de interés registrados.

La perforación se ha realizado esencialmente para evaluar la Veta Española que presenta una orientación promedio N350°, la cual, presenta en tres ramales cimoides, siendo los ramales centrales (B) y el ramal Oeste (A) los de mayor continuidad. Se trató de aplicar una malla más sistemática de perforación (mínima 50 x 50 m) para tener una distribución más regular de resultados para evaluar el yacimiento en veta Española como modelo principal del sistema.

Los sondajes están ubicados con una orientación transversal al afloramiento de Veta Española interceptándola en 1450 m de longitud; la separación horizontal-vertical es de 50 m entre cada sondaje, y la profundidad promedio alcanzada con el programa de perforación llega hasta el nivel 4,600 msnm; es decir, desde la superficie tenemos una extensión vertical entre 250 a 350 m. El control de las posibles desviaciones fue realizado con equipo Réflex sobre 75 sondeos de forma regular; 68 sondeos tuvieron mínimas desviaciones y menores al 4% (aceptable), mientras que solamente 7 tuvieron desviaciones entre 5-12%.

Paralelas a la veta Española se presentan otras estructuras mineralizadas como Veta Mestiza, Criolla, Peruanita, etc., con separaciones horizontales de 150 a 200 m entre ellas, todas pertenecientes al sistema NNW-SSE. Además, se observan estructuras tensionales de orientación NE-SW como las vetas

Orsola, Colonial, Cholita, Sorpresa, etc., con mejor mineralización económica pero más cortas.

Promedios Au/Ag: A continuación, se describen los valores del promedio ponderados de Au y Ag en los principales interceptos obtenidos de la Veta Española junto a las demás vetas adyacentes del Sistema Caravelly:

Tabla 9
Interceptos de perforación con promedios ponderados de Vetas Sistema Caravelly.

| Vetas | Potencia (m) | Au Prom. (ppm) | Ag Prom. (ppm) | Au Mín. (ppm) | Au Máx. (ppm) | Ag Mín. (ppm) | Ag Máx. (ppm) |
|-----------|-----------------|-------------------|-------------------|------------------|------------------|------------------|------------------|
| Española | 1,61 | 1,75 | 174,17 | 0,20 | 14,71 | 17,30 | 1025 |
| Mestiza | 1,66 | 2.76 | 279.54 | 0.01 | 16.68 | 1.8 | 1589 |
| Peruanita | 1.04 | 0.79 | 92.09 | 0.01 | 13.15 | 0.8 | 975 |
| Orsola | 2.33 | 1.57 | 203.54 | 0.1 | 5.92 | 22.3 | 670 |
| Colonial | 0.58 | 1.39 | 182.75 | 0.09 | 5.54 | 10.27 | 544 |
| Cholita | 1.15 | 1.53 | 157.92 | 0.6 | 4.9 | 22.1 | 503 |
| Sorpresa | 1.59 | 6.66 | 518.42 | 0.33 | 38.41 | 31.5 | 2808 |

El análisis de los coeficientes de correlación de elementos nos muestra que existe una buena correlación del Au con la Ag (0.8), indicando que pueden ser de un mismo flujo mineral, mientras que con los demás elementos la correlación es baja (Cu-Pb-Zn), como característica común en los yacimientos epitermales. La Ag también exhibe baja correlación con Sb-Pb-Zn, quizás proveniente de un segundo flujo de sulfosales. Sin embargo, en el campo se observó la presencia puntual diseminada de esfalerita blanca en la estructura de cuarzo y hacia la roca caja, trazas de galena y calcopirita. El valor de la tabla adjunta corroboran también la correlación alta entre el Pb y Zn, mientras el Cu presenta una baja correlación con Pb y Zn como es de esperar en el zoneamiento del sistema.

Tabla 10
Tabla de Coeficientes de Correlación en Muestras de Perforación

| | Au_ppm | Ag_ppm | As_ppm | Cu_ppm | Mn_ppm | Mo_ppm | Pb_ppm | Sb_ppm | Zn_ppm |
|--------|-------------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
| Au_ppm | 1.00 | | | | | | | | |
| Ag_ppm | 0.82 | 1.00 | | | | | | | |
| As_ppm | 0.02 | 0.06 | 1.00 | | | | | | |
| Cu_ppm | 0.07 | 0.10 | 0.01 | 1.00 | | | | | |
| Mn_ppm | 0.09 | 0.13 | 0.05 | 0.02 | 1.00 | | | | |
| Mo_ppm | 0.03 | 0.02 | 0.03 | 0.03 | -0.02 | 1.00 | | | |
| Pb_ppm | 0.10 | 0.16 | -0.02 | 0.28 | 0.07 | 0.02 | 1.00 | | |
| Sb_ppm | 0.08 | 0.18 | 0.12 | 0.03 | 0.15 | 0.04 | 0.08 | 1.00 | |
| Zn_ppm | 0.11 | 0.18 | 0.01 | 0.23 | 0.09 | 0.02 | 0.81 | 0.11 | 1.00 |

Por otro lado, y a solicitud de Consorcio Minero Horizonte, se tuvo la visita del geólogo consultor en yacimientos epitermales de Au/Ag Greg Corbett (Mayo-2017) para tener una opinión calificada del proyecto sobre las recomendaciones a seguir antes de iniciar el programa de perforación, determinando la prioridad de iniciar la perforación en la Veta Española como la de mayor potencial del Sistema de Baja Sulfuración de Caravelly. (Low Sulphydation). Finalmente, cabe mencionar que este sector de Uchuro fue explorado previamente por Meridian mediante un programa de sondeos (26 ddh) con un total de 5,245 ms perforados, datos que serán considerados en la estimación de recursos.

Mapas de Isovalores: Con el programa de perforación-2017, se obtuvieron sobre la Veta Española las 45-Secciones Transversales (45-Quick-Log Sections), se realizaron las Secciones Longitudinales con Isovalores de Ag, Au, Cu y Au-Equivalente (Ver Secciones siguientes de la Veta Española) y

otras que ayudaron interpretar mejor la ubicación de “Clavos-Mineralizados” y zoneamiento-metálico del Sistema Caravelly.

En la Sección Longitudinal de Isovalores de Au-eq. Veta Española se observa la ubicación y los tamaños de diversos clavos auro-argentíferos (100 ms con > 10 g Au/t) así como sus dos proyecciones de mineral (flujos abiertos en profundidad) que podrán explorarse por debajo de la cota 4600 m.

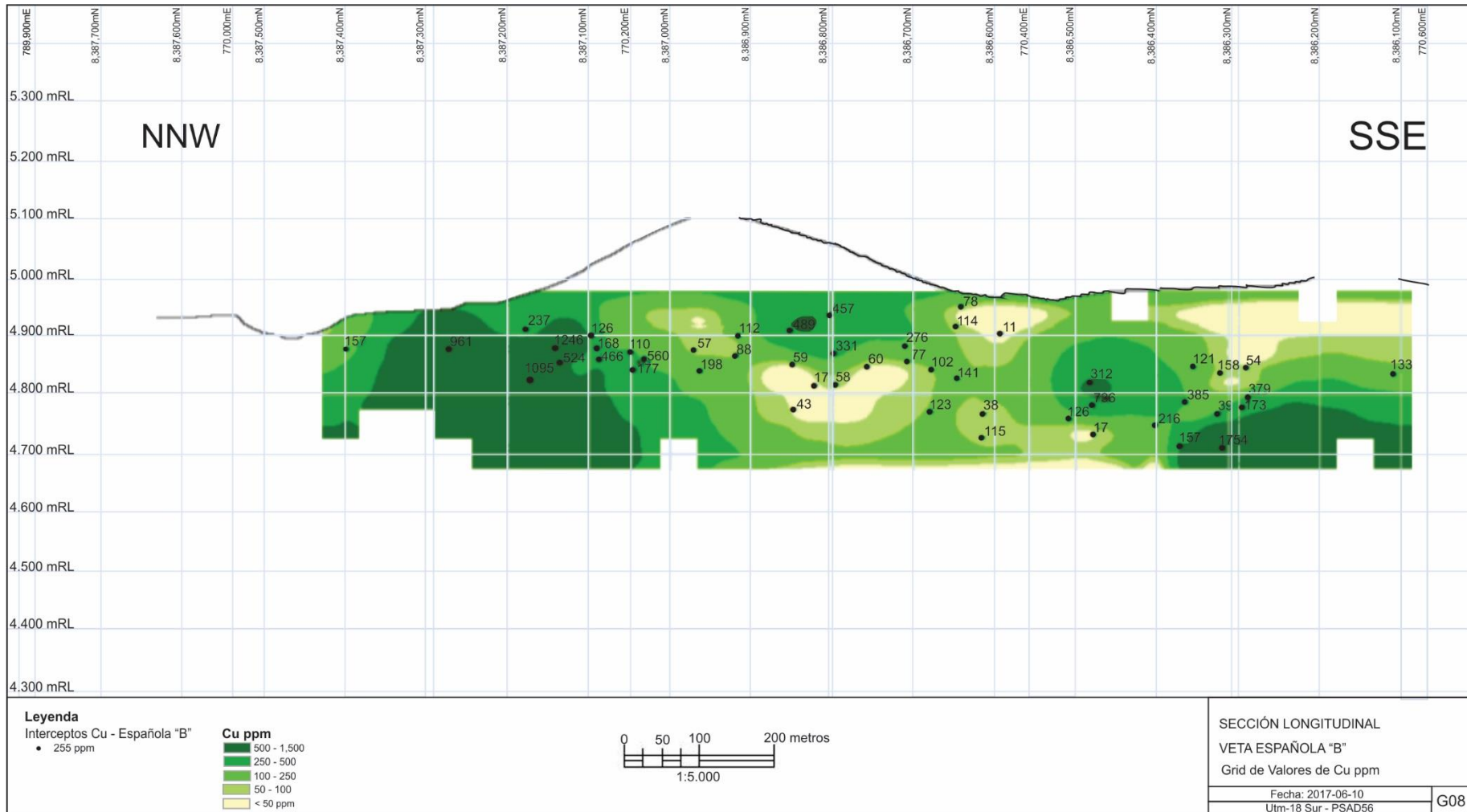


Figura 9: Sección Longitudinal de Isovalores de Cu de la Veta Española.

Como se puede ver en la Sección Longitudinal de Isovalores de Cu, los clavos-cupríferos (con $< 0.15\%$ de calcopirita) aparecen en las zonas de flujos (más calientes) situados en extremos respecto de los clavos auro-argentíferos del sistema, justamente en donde decrecen los valores de oro y plata. En todo caso, el zoneamiento vertical sitúa los clavos de Au/Ag entre cotas 4,700-4,950.

En la figura 10, ponemos un ejemplo del trabajo de modelamiento por secciones con la geología e interceptos realizados con el Logueo de los taladros y muestreo de las estructuras.

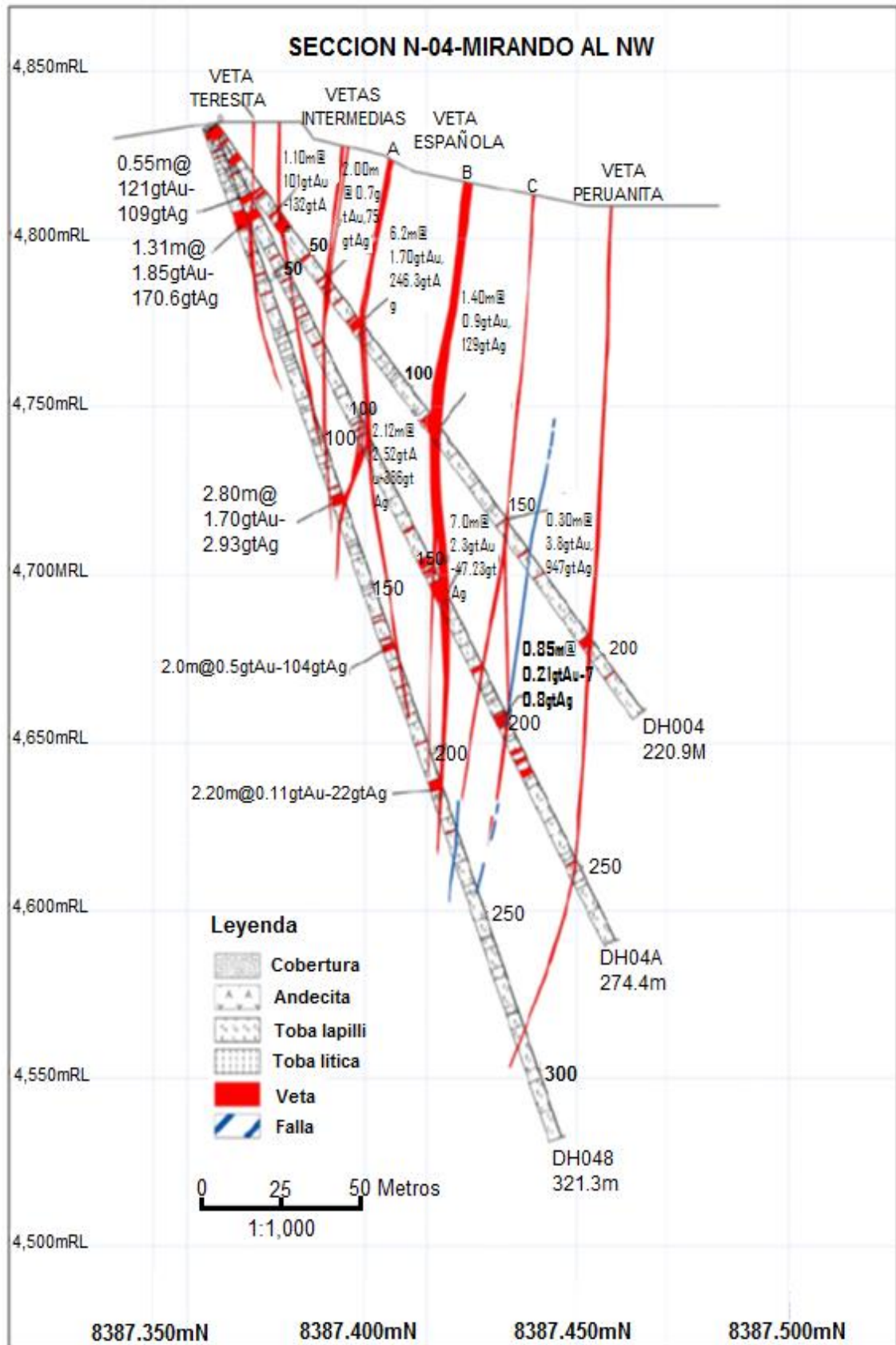


Figura 10: Sección típica del modelamiento de las vetas cortadas con los taladros 2017.

3.3.5. Estudios geofísicos

Cabe mencionar que estos trabajos fueron realizados en la zona de Caravelly Central (target de alta sulfuración) y no en la zona que se centralizo la exploración 2016-2017 que es Uchuro-Pintapata.

Pero para referencia presentamos los trabajos realizados en esta zona aledaña que sería blanco de exploración de posteriores campañas:

a. Magnetometría y Resistividad realizada por Meridian

Arce Geofísicos por encargo de Meridian, realiza estudios geofísicos de magnetometría y de Polarización Inducida (IP) en el sector de Caravelly Central. Con estos trabajos se define un cuerpo de alta resistividad de 0.8 km x 0.4 km con orientación ENE-WSW y que alcanza una profundidad de 150 m, coincidiendo con los afloramientos silíceos de los cerros Crespo y Caravelly.

Para estos estudios se completaron 20 líneas geofísicas comprendiendo un total aproximado de 34 km para Magnetometría y 9 Km para Polarización Inducida.

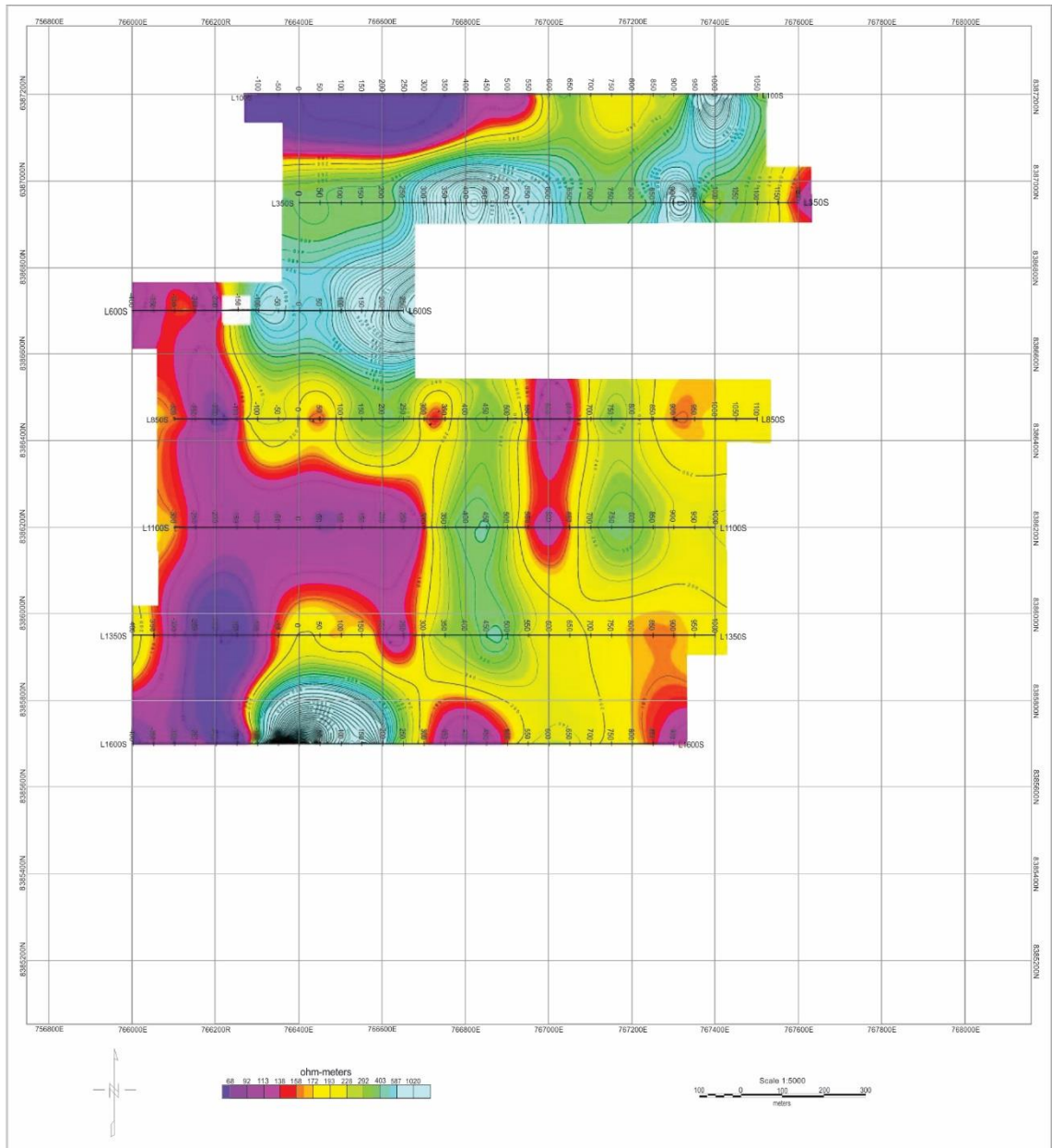


Figura 11: Mapa de Resistividad a 100 m de profundidad, Caravelly Central.

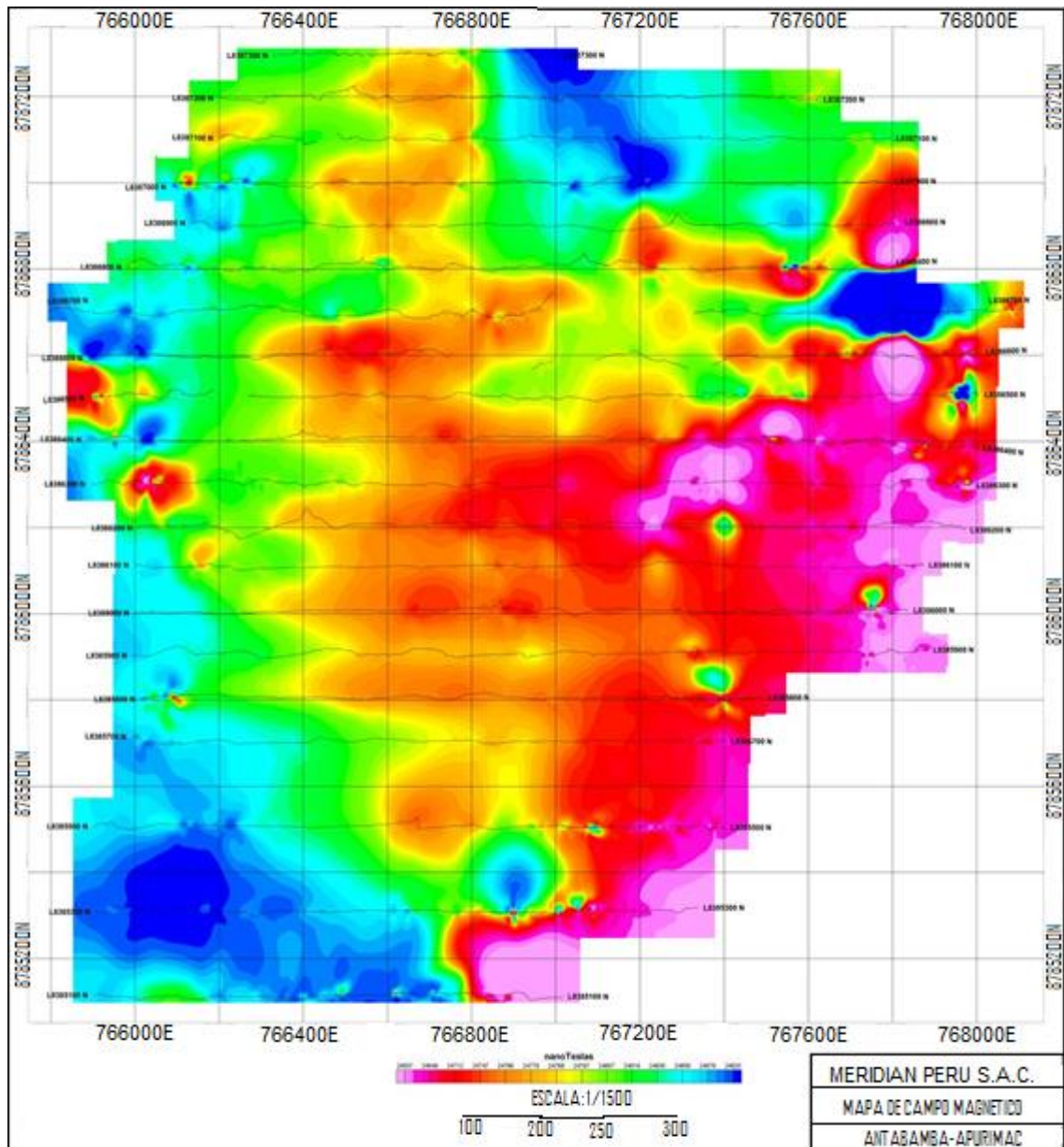


Figura 12: Mapa de Campo Magnético Total, Caravelly Central.

3.4. Control y aseguramiento de la calidad en el muestreo y análisis químico en el programa de exploración con perforación diamantina (qa/qc)

3.4.1. Aseguramiento de calidad (QA)

Siguiendo las recomendaciones que proponen las normas internacionales (NI-43 101), se ha creído por conveniente organizar las muestras de perforación diamantina en lotes (batchs) de 40,

pero incluyendo las muestras de control. Para el corte de muestra se emplearon dos cortadoras eléctricas con discos diamantinos; los trabajos de control en sus diferentes etapas fueron supervisados por el geólogo jefe del proyecto y contando con la ayuda de 4 obreros debidamente entrenados. Así mismo, el personal contaba con los equipos de seguridad necesarios para el buen desarrollo del trabajo: mamelucos, botas, lentes protectores, orejeras, guantes, respiradores, de entre otros.

Las muestras de superficie y las recibidas de los testigos de perforación (previamente cortadas) fueron colocadas directamente a las bolsas de plástico (ya codificada con plumón indeleble) debidamente etiquetas. Los saquillos con las muestras eran puestos en la camioneta de la compañía y trasladados con un personal de confianza desde el proyecto hacia la ciudad de Abancay, finalmente, las muestras son transportadas vía terrestre hacia la ciudad de Lima por la empresa Cruz del Sur, en donde eran recogidas por una movilidad del laboratorio CIMM.

En la siguiente tabla se puede apreciar los métodos empleados por el laboratorio CIMM para el análisis químico de las muestras. Durante la campaña de exploración 2017, nuestra empresa CMH ha utilizado los servicios analíticos del CIMM Perú SAC, empleando el método analítico G0108, y eventualmente, para valores arriba de límites de detección del oro, se empleó el G0014 (gravimétrico).

Tabla 11
Métodos Analíticos empleados por laboratorio CIMM Perú.

| N° | ELEMENTOS | METODO | DESCRIPCIÓN |
|----|-----------|--------|--|
| 1 | Au | G0108 | Análisis de Muestras Geoquímicas Oro por EEFF-AAS (30g) malla # 200 |
| 2 | Au | G0014 | Análisis de Oro por Gravimetría (EEFF) Método de Ensayo para la determinación de Ag en Menas por AAS |
| 3 | Ag | G0146 | Disgregación ácida con HCl y HNO ₃ 3:1 Agua Regia. |
| 4 | Varios | G0146 | Digestión Agua Regia (35 Elementos) - ICP |

3.4.2. Control de Calidad (QC)

Para el control de calidad, por lote de 40 muestras, se fueron insertando 3 muestras control: 1 estándar, 1 duplicado y 1 blanco.

Muestras Estándares: Han sido adquiridas al laboratorio Rocklabs Ltd., y presentan las siguientes características:

Tabla 12
Relación de estándares utilizados.

| MATERIAL | LEY DE ORO | INTERVALO | LEY DE PLATA | INTERVALO | TIPO |
|----------|------------|---------------|--------------|---------------|----------|
| OxC72 | 0.205 g/t | +/- 0.003 g/t | | | Baja Ley |
| SK52 | 4.107 g/t | +/- 0.029 g/t | | | Alta Ley |
| Sn26 | 8.543 g/t | +/- 0.072 g/t | 19.63 g/t | +/- 0.037 g/t | Alta Ley |
| SP49 | 18.34 g/t | +/- 0.120 g/t | 60.20 g/t | +/- 1.000 g/t | Alta Ley |

En el análisis de los 04 grupos de muestras estándar que suman un total de 414. Se observan muestras fallidas entre 1 a 8 muestras para cada grupo, tanto para los valores de oro como la plata, lo que nos da porcentajes de error entre 0.9 a 6.11 %. Considerando que el criterio de aceptación está entre el 5 y 10%, tendríamos valores aceptables dentro del reporte de valores para las muestras estándar.

Duplicados: Para tal verificación de análisis por duplicados se han tomado de las pulpas por ser lo más representativo para este fin, se escogieron 49 muestras de los respectivos ensayos reportados por el laboratorio CIMM PERU SA; las cuales fueron enviadas al laboratorio INSPECTORATE PERU SAC para verificar los ensayos correspondientes, utilizando similar metodología y proceso analíticos.

El análisis consistió de 54 muestras en total correspondiendo 49 a pulpas y 4 al control del QAQC para este grupo de las cuales 1 corresponde a un Blanco, 2 a Estándares y 1 a un duplicado de la misma pulpa.

Un primer criterio de comparación fue realizar una división entre ambos resultados obtenidos por ambos laboratorios y encontrar un valor que nos permitiera obtener un valor comparativo. Este valor multiplicado por 100 representaría un porcentaje.

El valor del porcentaje de aceptabilidad se determinó que el valor aceptable sería un valor que no sobrepasara del 10% del cálculo efectuado.

En la tabla de resultados se observa que solo existen 7 muestras de 49 que sobrepasan este valor del 10% y que representan el 14% del total de muestras comparadas que difieren del valor aceptable; lo que indicaría una variabilidad lo que hay que tomar en cuenta.

Blancos: Para el caso de las muestras blanco, en el área de trabajo se identificó una cantera de blancos que visualmente presenta características similares a las muestras de interés; previo a su uso, se extrajeron 5 muestras que se enviaron a analizar al laboratorio CIMM para certificar que no contengan a los elementos de interés contaminantes. Los resultados fueron:

Tabla 13
Resultado de ensaye de muestras de la cantera de blancos.

| CODIGO | Au ppm | Ag ppm |
|--------|--------|--------|
| 72695 | <0.005 | <0.2 |
| 72696 | <0.005 | <0.2 |
| 72697 | <0.005 | <0.2 |
| 72698 | <0.005 | <0.2 |
| 72699 | <0.005 | <0.2 |

De un total de 422 muestras analizadas, se tiene 03 y 05 muestras con problemas de contaminación para el caso de oro y plata respectivamente, pero son aceptables porque están dentro del rango permitido.

3.4.3. Análisis De Laboratorio

a). -Estrategia de QAQC Laboratorio (Físico)

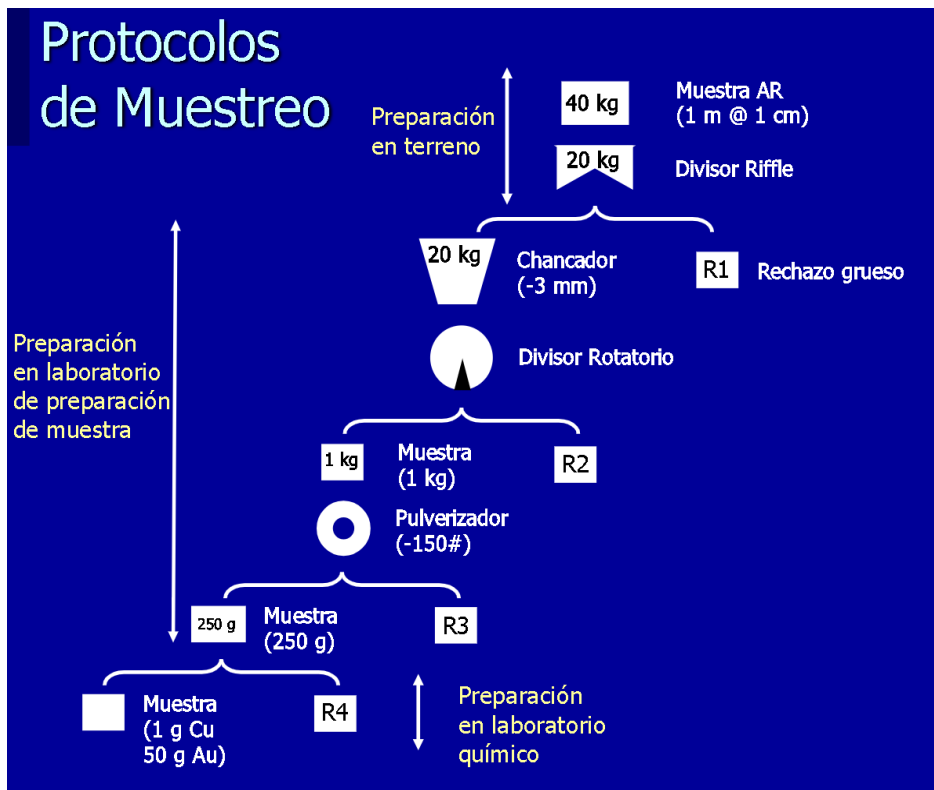


Figura 13: Protocolos de muestreo en preparación de muestras

b). -Primer proceso de trituración de la muestra



Figura 14: Trituradora de Mandíbulas

En laboratorio: Rocklabs

En el chancador primario se redujo el tamaño de las muestras de 7" a 3", para luego separa las 114 muestras estándar 54 muestras de duplicados; y para blancos se tomó 5 muestras in situ.

c). -Separación de la muestra en el divisor rotatorio



Figura 15: Separador rotatorio

Se dividieron las muestras de manera precisa y rápida en fracciones, minimizando la manipulación y el riesgo de pérdida de muestras.

d). -Pulverizador de muestras y submuestras



Figura 16: Trituradora de Mandíbulas

Se logro pulverizar las muestras sin ningún riesgo de pérdida en un tiempo de 3 a 5 minutos, para luego hacer su análisis químico.

e). -Análisis de espectrometría con TerraSpec



En las muestras individuales se analizó minerales de Au, Ag, Zn, Pb entre otros, dando como resultados característicos de una alta ley de minerales. (ABSORCION ATOMICA).

Figura 17: TerraSpec de análisis por absorción atómica

3.4.4. Resultados de análisis

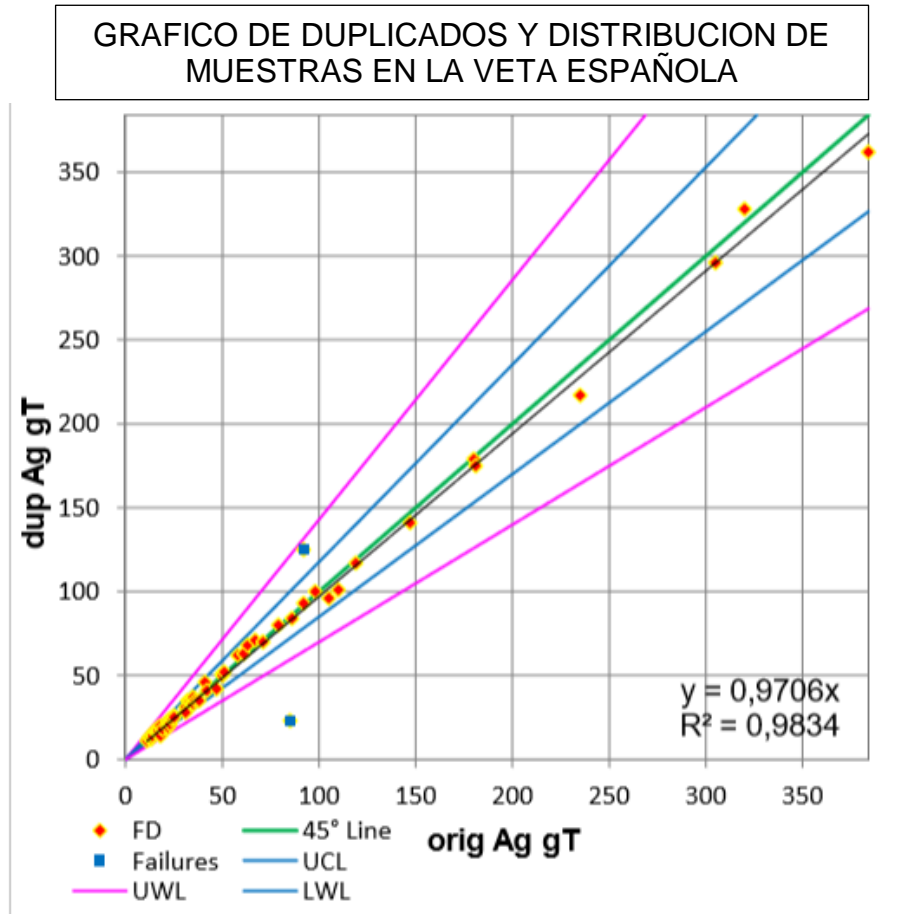


Figura 18: Distribución de muestras-Duplicados

GRAFICO Y DETALLES ESTANDAR DEL Au EN LA VETA ESPAÑOLA

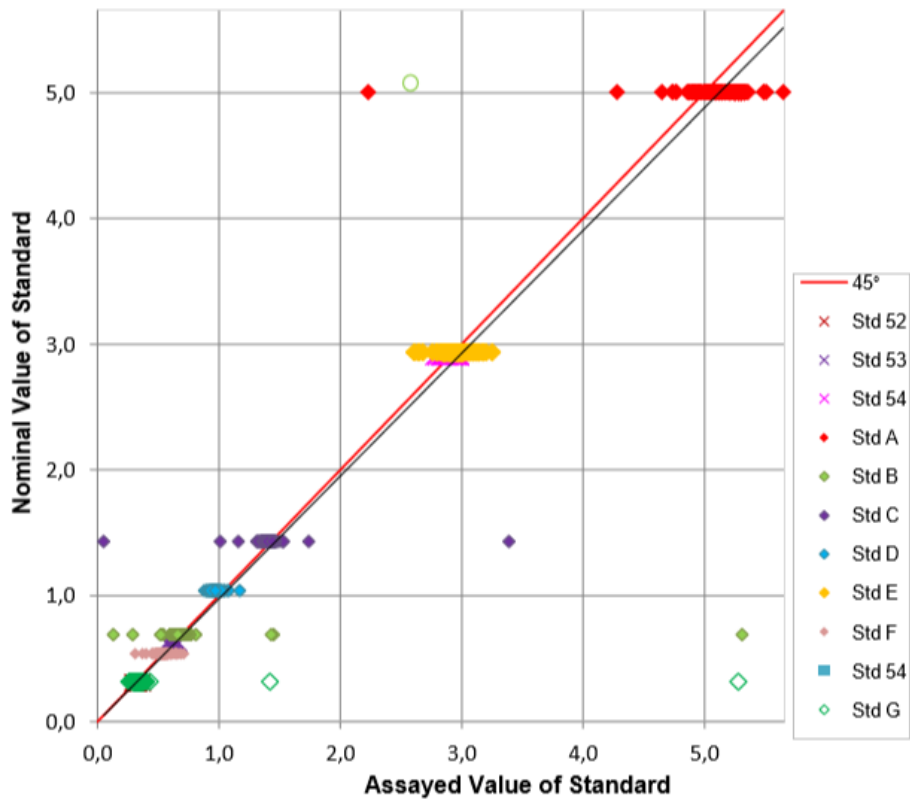


Figura 19: Distribución de muestras Au -Estándar

GRAFICO DE DIFERENCIA ABSOLUTA Y DIFERENCIA RELATIVA DE DUPLICADOS PARA Ag

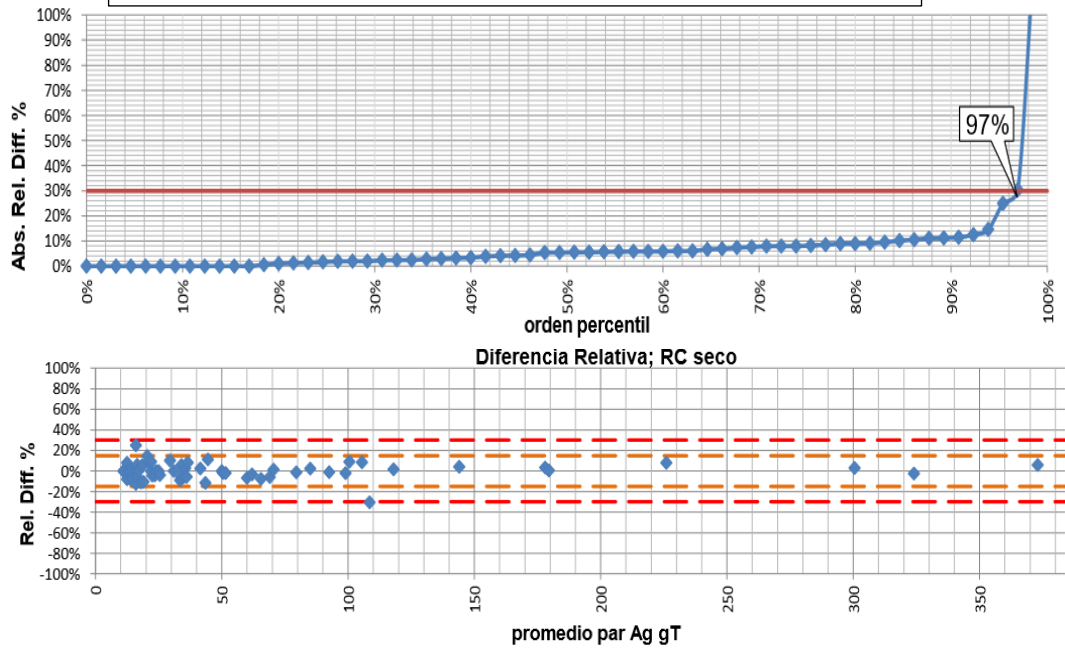


Figura 20: Diferencia Absoluta y Relativa-Duplicados

CAPÍTULO IV: PROCESO DE CONTRASTE DE HIPÓTESIS

3.1. Prueba de hipótesis general

Mediante el estudio de prospección minera se ha determinado el inicio de la explotación del Proyecto Minero Caravelly, provincia de Antabamba, departamento de Apurímac, en el año 2017, por tanto, la hipótesis queda aprobada.

3.2. Prueba de hipótesis específicas

Se realizó la determinación e interpretación de las características geológicas, estructurales, alteraciones hidrotermales mediante ello se evaluó que la explotación minera del Proyecto Minero Caravelly, es viable, por tanto, se aprueba esta hipótesis.

Con el análisis del comportamiento geoquímico de la mineralización de los elementos Oro (Au), plata (Ag), plomo (Pb), zinc (Zn), cobre (Cu) y hierro (Fe), entre otros, se determinó la viabilidad de la explotación del Proyecto Minero Caravelly, se aprueba esta hipótesis.

Con el aseguramiento de Calidad (QA) de las muestras obtenidas, se definió la influencia del estudio de prospección para la explotación minera del Proyecto Minero Caravelly, se aprueba esta hipótesis.

3.3. El (QA) Quality assurance (QC) Quality control en La Ingeniería de Minas

Profesionales ligados a la evaluación de reservas mineras; los cuales tienen que programar, dirigir, monitorear, supervisar y evaluar procesos de mejoramiento de la calidad de mineral.

En áreas de planeamiento: Elaborar y proponer proyectos de mejora para optimizar los procesos de la operación minera en base al análisis de la información del área, indicadores de desempeño, aseguramiento de la calidad y control de calidad (QA/QC) y estimación de costos.

Para la estimación de auditorías y reportes de reservas y recursos minerales mediante uso de softwares como el minesight evitando errores sistemáticos con controles al proceso analítico reduciéndolo a parámetros de bueno a aceptable de acuerdo al control de calidad.

CONCLUSIONES

Con el estudio de prospección se determinó que la explotación minera es viable técnicamente, ya que presenta un potencial mineralógico alto en el Proyecto Minero Caravelly.

El Proyecto Minero Caravelly alberga la formación Sencca, el grupo barroso, la formación Altabamba, el grupo Tacaza y el Batolito de Andahuaylas – Yauri. Asimismo, se determinó la presencia de dos fallas distritales la del Sector Uchuro – Pintapata (NW-SE) y la del Sector Uchuro – Pintapata (NE-SW). Podemos concluir que el conjunto de vetas del yacimiento mineralógico de Uchuro-Pintapata pertenecen a un Sistema de Baja Sulfuración (LS) con un marcado control estructural que afectó a las rocas volcánicas del Grupo Tacaza en este segmento de la Cordillera Andina del Perú.

El comportamiento geoquímico de la mineralización de los elementos oro y plata se determinó con los resultados por vetas, promedio ponderado simple y valores mínimos y máximos de los elementos Au – Ag, los valores de los demás elementos son irrelevantes.

El análisis QA consistió de 54 muestras en total correspondiendo 49 a pulpas y 4 al control del QAQC para este grupo de las cuales 1 corresponde a un Blanco, 2 a Estándares y 1 a un duplicado de la misma pulpa. En el análisis de los 04 grupos de muestras estándar que suman un total de 414. Se observan muestras fallidas entre 1 a 8 muestras para cada grupo, tanto para los valores de oro como la plata, lo que nos da porcentajes de error entre 0.9 a 6.11 %. Considerando que el criterio de aceptación está entre el 5 y 10%, tendríamos valores aceptables dentro del reporte de valores para las muestras estándar.

RECOMENDACIONES

Cumplir con el programa de exploraciones, desarrollos y las preparaciones de bloques para tajeo, para evitar paralizaciones o bajas de producción de minerales.

El incremento de la productividad se lograría yendo a la vanguardia con la tecnología, considerando la mecanización, instrumentación y automatización de los procesos como factor importante en la disminución de costos. (Automatización en el área de ingeniería, mecanización de las minas, automatización de plantas concentradoras, etc.). También es necesario implementar software de última generación (Datamine). Otro aspecto a tomar en cuenta es el factor humano por lo que no se debe descuidar su capacitación constante.

FUENTES DE INFORMACIÓN

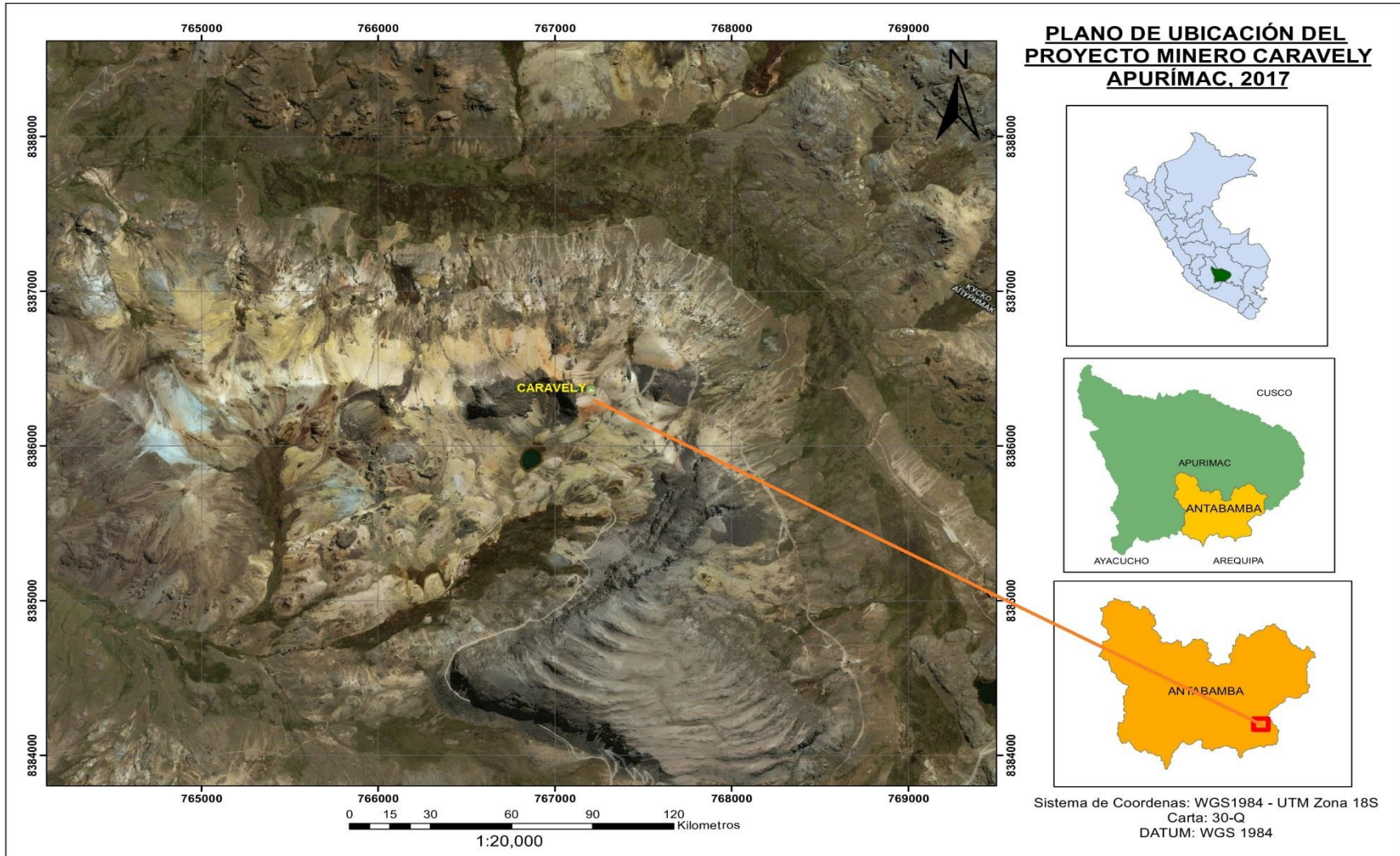
- Aguilar, J., y Izquierdo, E. (2016). Caracterización de la Mineralogía en la Veta Murciélago para Determinar el Método de Explotación en la Mina Paredones, Provincia de San Pablo, Región Cajamarca. *Tesis Profesional*. Cajamarca, Perú: Universidad Privada del Norte. Obtenido de <http://repositorio.upn.pe/>.
- Chui, D. (2016). Prospección Geológica del Proyecto Cunuyo 2003, Sina - Puno. *Tesis Profesional*. Puno, Perú: Universidad Nacional del Altiplano.
- Cubas, A. (2016). Análisis de Riesgos en Exploraciones Mineras para Implementar un Sistema de Seguridad y Salud Ocupacional en el Perú. *Tesis Profesional*. Lima, Perú: Universidad San ignacio de Loyola.
- Flores, E. (2012). Inclusiones Fluidas y Metalogenia del Depósito Epitermal Ag-Au del Distrito San Martín Mpio. Colón, QRO. *Tesis Magistral*. México: Universidad Autónoma de México.
- Garza, C. (2013). Prospección Metalogenética del Pórfido de Cobre de Tiámara, Estado De Michoacán. *Tesis Doctoral*. México: Universidad Nacional Autónoma de México.
- Hernández, R. (2006). Metodología de la Investigación. 5, 257-300. México : Interamericana Editores. Recuperado el 15 de Mayo de 2017.
- Leiva, J. (2015). Medición de las Propiedades Geoquímicas y Mecánicas del Pasivo Ambiental Relave Mina Paredones para su Propuesta de Utilización como Relleno en Pasta para Labores Mineras Subterráneas – El Teniente –2015. *Tesis Profesional*. Valparaiso, Chile: Universidad Nacional de Chile.

Morales, F. y Abanto, A. (2016). Influencia de la Caracterización Mineralógica en la Posible Explotación de la Mina Cerro Negro 1, Distrito de Cáceres del Perú-Jimbe, Provincia del Santa, de la Región Ancash – 2016. *Tesis Profesional*. Cajamarca, Perú: Universidad Privada del Norte.

Rojas, L. (2014). Prospección Geológica de la Formación Cajamarca con Fines Industriales, Cumbemayo - Cajamarca. *Tesis Profesional*. Cajamarca, Perú: Universidad Nacional de Cajamarca.

Ruiz, A. (2015). Aplicación de Software Libre para la Estimación de Recursos y para la Evaluación Técnica Económica de las Reservas Minerales. *Tesis Profesional*. Piura, Perú: Universidad Nacional de Piura.

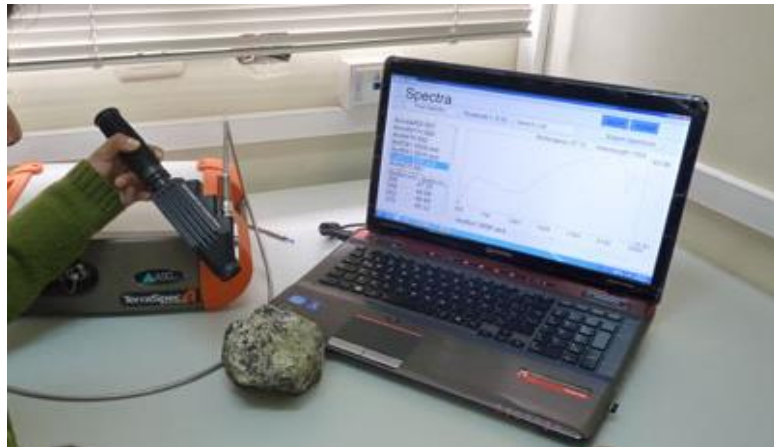
ANEXOS



EQUIPOS UTILIZADOS EN LABORATORIO



ANALISIS MICROSCOPICO



ANALISIS CON TERRASPEC 4-HI

CHANCADORES DE MANDIBULA



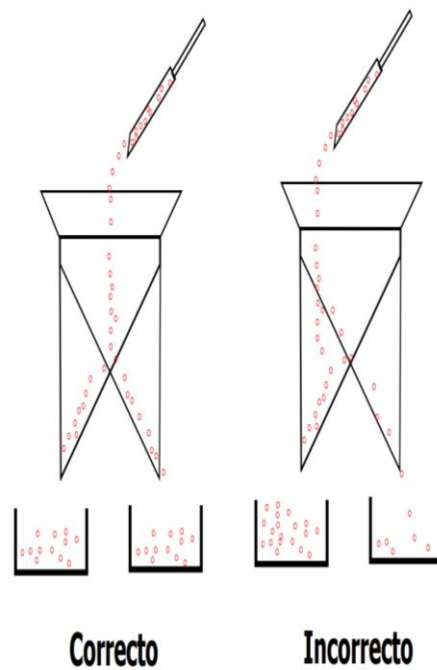
DIVISOR ROTATORIO



PULVERIZADORA NEUMÁTICA "TM ANDINA"

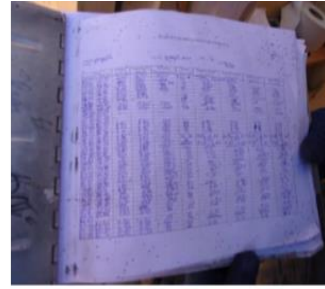


EQUIPOS UTILIZADOS EN CAMPO



DISTRIBUCION DE MUESTRAS EN CUARTEADOR-CM. HORIZONTE

MEDICION DE RECUPERACION-C.M-HORIZONTE



Mala
Recuperación



Buena
Recuperación



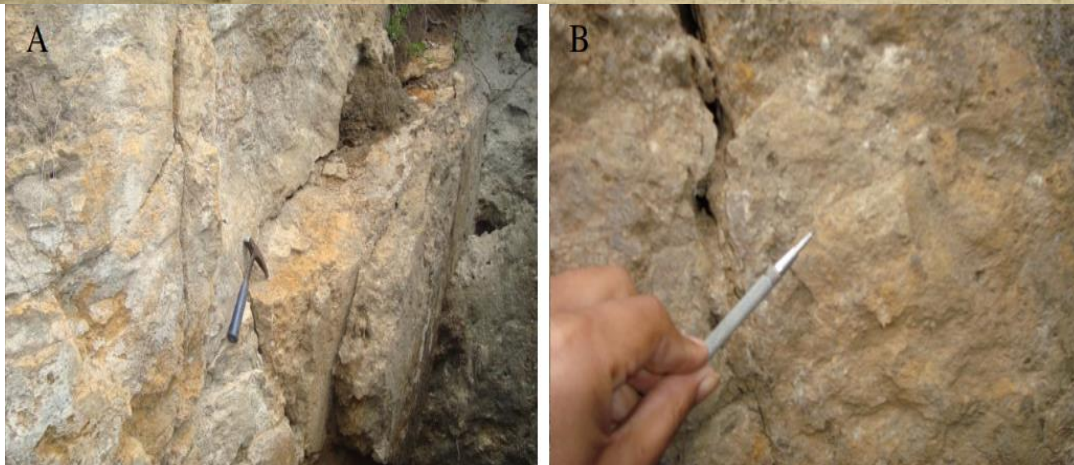
TESTIGOS DE PERFORACION

QA/QC CLASIFICACION GEOLOGICA



TESTIGOS EN CLASIFICACION

MUESTREO



(A) ESTRUCTURA CON ÓXIDOS DE HIERRO CON HEMATITA-GOETHITA-LIMONITAS DE RUMBO N55O CORTANDO CALIZAS. LABOR MINERA INFORMAL. (B) ZONA DE CONTACTO ENTRE DIORITA Y CALIZAS CON PIRITA Y CALCOPIRITA



SAQUILLOS DE FINO OBTENIDOS DEL CUARTEADOR DE MUESTRAS




(B Y C) CALIZA MARMOLIZADA CON VETILLAS DE CALCITA Y ÓXIDOS DE HIERRO



CAMPAÑA DDH C.M. HORIZONTE



HOJA DE VALIDACION DE EQUIPOS DE LABORATORIO ROCKLAPS

 **ROCKLABS**

HOJA DE VALIDACION DE FUNCIONAMIENTO DE EQUIPOS ROCKL M001-MA-ES
GUIA Nº LXI

IDENTIFICACIÓN DEL CLIENTE:

Cliente: Nombre Empresa
SUAREZSANCHEZ
JAIRO NAIN
Dirección: CAJAMARCA

Persona de contacto:
Referencia: Pedido LXI
Fecha de pedido: 20/12/18

IDENTIFICACIÓN

Descripción: Manómetro tipo Bourdon con conexión directa radial centrada. Elementos sensibles en latón. Modelo M001. Manómetro polyweld. Pulverizadora para spray. 1 litro. Talla inox1.26 maille. Pulverizador 102pl.

Rango de presión: 0-4 bar
Valor de una división: 0,05 bar

Construcción: Caja de acero inoxidable Ø100mm
Conexión rosca en latón 1/2" GAS según UNE-EN 10226-1
Reserva de glicerina. Cadena de acero, malla acerada.
Clase de precisión nominal: 1,6 según UNE-EN 837-1
Grado de protección: IP65 según EN 60529 / IEC 529
Dimensiones y tolerancias de acuerdo con UNE-EN 22768-1

Referencia: S75b

Patrón 1: Manómetro digital con conexión directa radial. Clase de precisión nominal: 0,05 según UNE-EN 837-1

Nº Certificado EMC: 11465-11467-11585-11435

Incertidumbre: 9 mbar. Incertidumbre expandida (para un factor de cobertura k=2) según CEA-ENAC-LC/02 Rev.1 Enero 98

Referencia interna: ROCKLABS-22

Trazabilidad: La trazabilidad de las medidas se garantiza por la calibración periódica de los patrones en laboratorios referidos al Centro Español de Metrología (C.E.M.) Madrid.

MÉTODO

Procedimiento: Presión aplicada con bomba manual. La presión es fijada en cada caso por la lectura en el mesurando (calibración inversa) mediante dos series, una ascendente y otra descendente. Procedimiento interno ROCKLAPS PC/XX/XXXX. Fluido: Agua a temperatura ambiente.

Página 1