

FACULTAD DE INGENIERÍA

Escuela Académico Profesional de Ingeniería de Minas

Tesis

**Caracterización mineralógica del yacimiento Goyllar
2008 (ex Negra Huanusha) aplicando microscopía
óptica de luz transmitida y luz reflejada**

Kelvin Mario Perez Orihuela
Jhording Edison Pumacarhua De La Cruz

Para optar el Título Profesional de
Ingeniero de Minas

Huancayo, 2021

ÍNDICE

AGRADECIMIENTOS	ii
DEDICATORIA	iii
ÍNDICE	iv
RESUMEN	xiii
INTRODUCCIÓN	xv
CAPÍTULO I:	16
PLANTEAMIENTO DEL ESTUDIO	16
1.1. Planteamiento y formulación del problema	16
1.1.1. Problema General	17
1.1.2. Problemas Específicos	17
1.2. Objetivos	17
1.2.1. Objetivo general	17
1.2.2. Objetivos específicos	17
1.3. Justificación e importancia	18
1.4. Hipótesis	18
1.4.1. Hipótesis General	18
1.4.2. Hipótesis Específicas.....	18
1.5. Operacionalización de variables	18
CAPÍTULO II:	20
MARCO TEÓRICO	20
2.1. Antecedentes de la investigación	20
2.1.1. Antecedentes Nacionales	20
2.1.2. Antecedentes Regionales y Locales	22
2.2. Bases teóricas.....	22
2.2.1. Microscopia Óptica.....	22
2.2.2. Microscopio de Polarización	22
2.2.2.1. Microscopio de polarización de luz reflejada	24
2.2.2.2. Microscopio de polarización de luz transmitida	25
2.2.3. Elaboración de muestras	26
2.2.4. Luz linealmente polarizada reflejada en minerales opacos	27
2.2.5. Luz linealmente polarizada transmitida en minerales transparentes	27
2.2.6. Análisis con Luz Ortoscópica transmitida.....	28
2.2.6.1. Estudio con Nícoles Paralelos.....	28
2.2.6.2. Estudio con Nícoles Cruzados	32

2.2.7.	Propiedades Ópticas Analizadas por Luz Reflejada.....	33
2.2.8.	Propiedades Físicas y Morfológicas que se estudian con Luz Reflejada .	34
2.3.	Generalidades.....	35
2.3.1.	Ubicación y acceso.....	35
2.3.2.	Reseña histórica.....	36
2.3.3.	Clima y vegetación.....	36
2.3.4.	Accesibilidad.....	36
2.3.5.	Geología.....	36
2.3.6.	Geología regional.....	37
2.3.7.	Geología del yacimiento.....	37
2.3.8.	Estructuras mineralizadas.....	37
2.3.9.	Génesis del yacimiento.....	38
2.3.10.	Definición de términos básicos.....	38
CAPÍTULO III:	40
METODOLOGÍA	40
3.1.	Método y alcance de la investigación.....	40
3.1.1.	Tipo de investigación.....	40
3.1.2.	Nivel de investigación.....	40
3.2.	Diseño de la investigación.....	40
3.3.	Población y muestra.....	40
3.4.	Técnicas e instrumentos de recolección de datos.....	41
3.4.2.	Identificación de características físicas.....	41
3.4.3.	Preparación de muestras.....	41
3.4.4.	Materiales.....	41
CAPÍTULO IV:	43
ANÁLISIS DE RESULTADOS	43
4.1.	Análisis a través de microscopia óptica en luz transmitida y reflejada.	43
4.1.1.	Muestra CX1-1.....	43
4.1.1.1.	Mineralogía.....	43
4.1.1.2.	Descripción Microscópica.....	43
4.1.1.3.	Distribución volumétrica porcentual.....	43
4.1.1.4.	Textura.....	44
4.1.1.5.	Paragénesis.....	44
4.1.1.6.	Observaciones.....	44
4.1.1.7.	Fotomicrografías.....	44

4.1.2.	Muestra CX1-2.....	46
4.1.2.1.	Mineralogía.....	46
4.1.2.2.	Descripción Microscópica	46
4.1.2.3.	Distribución volumétrica porcentual	48
4.1.2.4.	Textura.....	48
4.1.2.5.	Paragénesis	48
4.1.2.6.	Observaciones.....	48
4.1.2.7.	Fotomicrografías.....	48
4.1.3.	Muestra CX1-3.....	53
4.1.3.1.	Mineralogía.....	53
4.1.3.2.	Descripción Microscópica	53
4.1.3.3.	Distribución volumétrica porcentual	54
4.1.3.4.	Textura.....	54
4.1.3.5.	Paragénesis	54
4.1.3.6.	Observaciones.....	55
4.1.3.7.	Fotomicrografías.....	55
4.1.4.	Muestra CX2-1	57
4.1.4.1.	Mineralogía.....	57
4.1.4.2.	Descripción Microscópica	57
4.1.4.3.	Distribución volumétrica porcentual	59
4.1.4.4.	Textura.....	59
4.1.4.5.	Paragénesis	59
4.1.4.6.	Observaciones.....	59
4.1.4.7.	Fotomicrografías.....	60
4.1.5.	Muestra CX2-2.....	63
4.1.5.1.	Mineralogía.....	63
4.1.5.2.	Descripción Microscópica	63
4.1.5.3.	Distribución volumétrica porcentual	64
4.1.5.4.	Textura.....	64
4.1.5.5.	Paragénesis	64
4.1.5.6.	Observaciones.....	64
4.1.5.7.	Fotomicrografías.....	64
4.1.6.	Muestra CX2-3	68
4.1.6.1.	Mineralogía.....	68
4.1.6.2.	Descripción Microscópica	68

4.1.6.3.	Distribución volumétrica porcentual	69
4.1.6.4.	Textura.....	69
4.1.6.5.	Paragénesis	69
4.1.6.6.	Observaciones.....	69
4.1.6.7.	Fotomicrografía	70
4.1.7.	Muestra CX2-4.....	72
4.1.7.1.	Mineralogía.....	72
4.1.7.2.	Descripción Microscópica	72
4.1.7.3.	Distribución volumétrica porcentual	73
4.1.7.4.	Textura.....	73
4.1.7.5.	Paragénesis	73
4.1.7.6.	Observaciones.....	73
4.1.7.7.	Fotomicrografías.....	73
CONCLUSIONES		77
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS		81
ANEXOS		83

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1.	Operacionalización de Variables.....	19
Tabla 2.	Ubicación	36
Tabla 3.	Distribucion volumétrica porcentual	44
Tabla 4.	Distribucion volumétrica porcentual	48
Tabla 5.	Distribución volumétrica porcentual	54
Tabla 6.	Distribución volumétrica porcentual	59
Tabla 7.	Distribución volumétrica porcentual	64
Tabla 8.	Distribución volumétrica porcentual	69
Tabla 9.	Distribución volumétrica porcentual	73

ÍNDICE DE GRÁFICOS

Figura 1. Esquema de microscopio de polarización.....	23
Figura 2. Microscopio de polarización de luz reflejada	24
Figura 3. Microscopio de Polarización de luz transmitida.....	25
Figura 4. Preparación de secciones delgadas y secciones pulidas.....	26
Figura 5. Diferencia entre luz Ortoscópica y luz Conoscópica	28
Figura 6. Métodos para la estimación del índice de refracción relieve (arriba), línea de Becke (centro) y método de la sombra (abajo).	29
Figura 7. Formación de la línea de Becke. Al aumentar la distancia entre el objetivo y el objeto, se observa que se desenfoca el borde.....	30
Figura 8. Medición del tamaño del grano.....	31
Figura 9. Formas bidimensionales propias de los sistemas cristalinos	32
Figura 10. Diferentes grados de alteración de una roca granítica	33
Figura 11. Birreflectancia y pleocroísmo de algunos minerales observados en aire y con aceite de inmersión	34
Figura 12. Cristal de hematita (hm) dentro de la roca con microfracturas, gangas (GGs). 500X.....	44
Figura 13. La misma vista de la anterior, observada en nicoles cruzados, donde se puede apreciar los reflejos internos de tonalidad rojiza de la hematita (hm). 500X.	45
Figura 14. Cristal anhedral de hematita (hm) como relleno de la microfractura de la ganga (GGs), es decir de la roca hospedante. 500X.....	45
Figura 15. Cristales de hematita (hm) como pseudomorfos de las piritas preexistentes (posiblemente framboides), están diseminados; adyacente se observa a la goethita (gt) como relleno de los intersticios; dentro de los pseudomorfos hay un cristal de hematita alterada a goethita (hm+gt). 200X.....	46
Figura 16. Cristal euhedral de pirita (py) donde se aprecia las dos etapas de cristalización, la pirita de la parte central corresponde a la de la primera generación, mientras que la que está rodeando es la de la segunda generación, cada una presenta una forma propia, y con crecimiento zonado. 500X.....	49
Figura 17. Cristales euhedrales y subhedrales de pirita (py), están diseminados en las gangas (GGs). 200X.....	49
Figura 18. Cristales anhedrales de tennantita (tn) rodeados y parcialmente reemplazados por la calcopirita (cp), de ese modo están diseminados; hacia el lado casi	

superior izquierdo se observan a las calcopiritas reemplazando a las bornitas (cp+bn), están en los bordes de la microfractura. También se aprecian a las piritas (py) con formas euedrales a anhedrales, las que se hallan diseminadas. 100X..... 50

Figura 19. Sombras de las piritas framboidales (py-fr) adicionadas por la pirita (py) de generación posterior, de ese modo han sido reemplazados por la tennantita (tn); hacia la parte superior derecha se observa a la esfalerita (ef) como relleno del intersticio de la ganga (GGs). 100X. 50

Figura 20. Cristales anhedrales de tennantita (tn) rodeados y reemplazados por las calcopiritas (cp), están dentro de los intersticios de las gangas (GGs). 100X..... 51

Figura 21. Cristales anhedrales de tennantita (tn) fuertemente reemplazados por las calcopiritas (cp), consecuencia de ello son observados como remanentes; están diseminados en las gangas (GGs). 100X. 51

Figura 22. Calcopirita (cp) anhedral mostrando reemplazamiento hacia la bornita (bn) y a la tennantita (tn), esto ocurre dentro de la microfractura de la ganga (GGs). 400X..... 52

Figura 23. Cristales anhedrales de tennantita (tn) y de bornita (bn) fuertemente reemplazados por la calcopirita (cp), dando la apariencia de textura de tipo cariado. 500X. 52

Figura 24. Diminutos cristales subhedrales de pirita (py), uno de ellos englobado por la calcopirita (cp), notándose que este mineral se halla parcialmente reemplazada y atravesada por las venillas de tennantita (tn). 500X. 55

Figura 25. Sombras de las piritas framboidales (py-fr) englobados y reemplazados por la tennantita (tn), de ese modo están diseminados en las gangas (GGs). 500X. 56

Figura 26. Cristal anhedral de tennantita (tn) parcialmente envuelta y reemplazada por la calcopirita (cp). 500X. 56

Figura 27. Pirita (py) framboidal con sus gránulos fuertemente dispersos, está dentro de una microfractura. 200X. 57

Figura 28. Remanentes de enargita (en) transformada o alterada a tennantita (tn) y con alteración a calcocita (cc), está dentro de la microfractura de la ganga (GGs). 500X..... 60

Figura 29. Pirita framboidal (py-fr) y piritas framboidales recristalizados están diseminados en las gangas (GGs); en la parte superior derecha está el cristal anhedral de covelita (cv). 500X.	61
Figura 30. Pirita framboidal (py-fr) y pirita framboidal recristalizada (py-rc) con crecimiento zonificado; crista anhedral de covelita (cv) están diseminados en la ganga (GGs). 500X.	61
Figura 31. Pirita framboidal parcialmente recristalizada (py-fr-rc) y piritas subhedrales parcialmente englobados y reemplazados por la calcocita alterada a covelita (cc+cv), se hallan diseminados en las gangas (Gs). 200X.	62
Figura 32. Piritas euhedrales diseminados en las gangas (GGs). 500X.	62
Figura 33. Cristales de calcopirita alteradas a bornita y a calcocita (cp+bn+cc) están dentro de las microfracturas de las gangas (GGs), ganga brechada. 500X.	65
Figura 34. Agregados de calcopirita alterada a bornita y a calcocita (cp+bn+cc), se encuentran dentro de las microfracturas de las gangas (GGs), ganga microbrechada. Nótese algunos microclastos de brecha que están flotando en la playa de la asociación de calcopirita, bornita y calcocita (cp+bn+cc). 200X.	65
Figura 35. Diminutos cristales de calcopirita (cp) ubicados en los intersticios de las gangas (GGs), de ese modo su distribución espacial es muy dispersa. 200X.	66
Figura 36. Playa ensanchada de la calcocita (cc), ubicada en la intersección de las microfracturas, área microbrechada, nótese los microclastos de brecha que están flotando en la playa de la calcocita (cc). 200X.	66
Figura 37. Agregados granulares de calcocita (cc) ubicados en las microfracturas de las gangas (GGs) y de ese modo da lugar a las microvenillas. 200X.	67
Figura 38. Cristales anhedrales de bornita alterada a covelita (bn+cv) y de calcocita alterada a covelita (cc+cv). Se hallan ubicados en los intersticios de las gangas (GGs). 500X.	67
Figura 39. Pirita framboidal recristalizado (py-fr-rc) y piritas recristalizadas (py-rc) se hallan dispersos en las gangas (GGs). 200X.	70
Figura 40. Microfractura en la ganga (GGs) rellena por la calcopirita alterada a bornita (cp+bn) y de bornita alterada a calcocita (bn+cc). 200X.	70
Figura 41. Calcopirita alterada a calcocita (cp+cc) y calcocitas (cc) están en los intersticios y microfracturas de las gangas (GGs). 500X.	71

Figura 42. Calcopirita (cp) alterada a bornita (bn) y a calcocita (cc), se encuentran ubicadas en los intersticios de las gangas (GGs). 500X.	71
Figura 43. Diminutos cristales de calcopirita (cp) están en los intersticios de las gangas (GGs); en la parte inferior se aprecia a la calcopirita alterada a calcocita (cp+cc). 500X	72
Figura 44. Cristales anhedrales de covelita (cv), algunos de ellos con pleocroismo de reflexión, están dentro de las microfracturas e intersticios de las gangas (GGs). 200X.....	74
Figura 45. Agregados granulares de calcocita (cc) conforman microvenillas y también están diseminados en las gangas (GGs). 100X.	74
Figura 46. Microvenilla de calcocita (cc) como relleno de la microfractura (estilolito?) en la ganga (GGs). 100X.	75
Figura 47. Cristales anhedrales de calcocita (cc) se encuentran diseminados en las gangas (GGs), donde se han ubicado en sus intersticios. 100X.....	75
Figura 48. Cristales anhedrales de calcocita (cc) están diseminados en los intersticios de las gangas (GGs). 100X.	76

RESUMEN

La presente investigación, tiene por objetivo identificar las características petromineralógicas de la concesión minera Goyllar 2008, mediante el uso de la microscopia óptica para determina la mineralogía de la concesión, así mismo dicha herramienta permitirá identificar sus posibles alteraciones y paragénesis a través de muestras recolectadas del interior de las cortadas existentes en la concesión que presenta formaciones de calizas del Grupo Excelsior, capas rojas pérmicas del Grupo Mítu y calizas del Grupo Pucará; donde se destacan minerales de bornita, calcopirita y covelina.

De acuerdo a la secuencia de la presente investigación, en primera instancia se estudiaron las antiguas investigaciones de la concesión que permitieron comprender mejor la concesión; posteriormente se recolectaron 7 muestras de mano de manera aleatoria que se codificaron y protegieron a través de bolsas herméticas, dichas muestras se obtuvieron en dos cortadas existentes con una longitud aproximada de 100 m. lineales. Posteriormente las muestras se derivaron al laboratorio geológico Geo Exploración Ingenieros Perú S. A. C.; donde se realizó el análisis microscópico y macroscópico, el cual permitió obtener resultados y conclusiones de cada muestra a través de fotomicrografías tomadas del microscopio de luz transmitida y reflejada.

Palabras claves: *Paragénesis, microscopia óptica, fotomicrografías.*

ABSTRACT

The objective of this research is to identify the petromineralogical characteristics of the Goyllar 2008 mining concession, through the use of optical microscopy to determine the mineralogy of the concession, likewise this tool will allow identifying its possible alterations and paragenesis through samples collected from the interior of the existing cuts in the concession that presents limestone formations from the Excelsior Group, Permian red layers from the Mitu Group and limestone from the Pucará Group; where bornite, chalcopyrite and covelin minerals stand out.

According to the sequence of the present investigation, in the first instance the old investigations of the concession were studied, which allowed a better understanding of the concession; Subsequently, 7 hand samples were collected at random that were coded and protected through hermetic bags, these samples were obtained in two existing cuts with an approximate length of 100 m. linear. Subsequently, the samples were sent to the geological laboratory Geo Exploración Ingenieros Perú S. A. C.; where the microscopic and macroscopic analysis was carried out, which allowed obtaining results and conclusions of each sample through photomicrographs taken from the transmitted and reflected light microscope.

Keywords: *Paragenesis, optical microscopy, photomicrographs.*