Universidad Nacional Mayor de San Marcos
Universidad del Perú. Decana de América
Facultad de Ingeniería Geológica, Minera, Metalúrgica y Geográfica
Escuela Profesional de Ingeniería Geológica

Controles geometalúrgicos relacionados a zonas de baja lixiviabilidad aurífera en la arena, región La Libertad

TESIS

Para optar el Título Profesional de Ingeniero Geólogo

AUTOR

Fernando Alonzo SILVA PORTAL

ASESOR

Pedro GAGLIUFFI

Lima, Perú

2017



Reconocimiento - No Comercial - Compartir Igual - Sin restricciones adicionales

https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/

Usted puede distribuir, remezclar, retocar, y crear a partir del documento original de modo no comercial, siempre y cuando se dé crédito al autor del documento y se licencien las nuevas creaciones bajo las mismas condiciones. No se permite aplicar términos legales o medidas tecnológicas que restrinjan legalmente a otros a hacer cualquier cosa que permita esta licencia.

Referencia bibliográfica

Silva, F. (2017). *Controles geometalúrgicos relacionados a zonas de baja lixiviabilidad aurífera en la arena, región La Libertad*. [Tesis de pregrado, Universidad Nacional Mayor de San Marcos, Facultad de Ingeniería Geológica, Minera, Metalúrgica y Geográfica, Escuela Profesional de Ingeniería Geológica]. Repositorio institucional Cybertesis UNMSM.

438

UNIVERSIDAD NACIONAL MAYOR DE SAN MARCOS

Universidad del Perú, DECANA DE AMÉRICA
FACULTAD DE INGENIERÍA GEOLÓGICA, MINERA, METALÚRGICA Y GEOGRÁFICA
Escuela Profesional de Ingeniería Geológica

ACTA DE SUSTENTACIÓN DE TESIS PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERO GEÓLOGO

148

En el Salón de Grados y Títulos de la Escuela Profesional de Ingeniería Geológica de la Facultad de Ingeniería Geológica, Minera, Metalúrgica y Geográfica, el día lunes 06 del mes de marzo del año 2017, siendo las 12:30 horas, en presencia de los señores docentes designados como miembros del Jurado Calificador:

Dr. TOMÁS EZEQUIEL GALLARDAY BOCANEGRA	(Presidente de Jurado)
Mg. JAIME CÉSAR MAYORGA ROJAS	(Miembro de Jurado)
Mg. CIRO SERGIO BEDIA GUILLEN	(Miembro de Jurado)

Reunidos para el acto académico público de colación de la Tesis del Sr. FERNANDO ALONZO SILVA PORTAL, Bachiller en Ingeniería Geológica quien sustentará la Tesis titulada: «**CONTROLES GEOMETALÚRGICOS RELACIONADOS A ZONAS DE BAJA LIXIVIABILIDAD AURÍFERA EN LA ARENA, REGIÓN LA LIBERTAD**» para la obtención del Título Profesional de Ingeniero Geólogo.

Los miembros del Jurado, escuchada la colación respectiva, plantearon al graduando las observaciones pertinentes, que fueron absueltas a:

A SATISFACCIÓN DEL JURADO.

El Jurado procedió a la calificación, cuyo resultado fue:

POR UNANIMIDAD CON LA NOTA DE Dieciseis (16)

Habiendo sido aprobada la Sustentación de Tesis por el Jurado examinador, el Presidente del Jurado, recomienda que la Facultad de Ingeniería Geológica, Minera, Metalúrgica y Geográfica, proponga se le otorgue el Título Profesional de Ingeniero Geólogo al Sr. FERNANDO ALONZO SILVA PORTAL.

Siendo las 13:30 horas se dio por concluido el acto académico, expidiéndose cinco (05) Actas Originales de la Sustentación de la Tesis.

Ciudad Universitaria, 06 de marzo del 2017

Dr. TOMÁS EZEQUIEL GALLARDAY BOCANEGRA
PRESIDENTE DE JURADO

Mg. JAIME CÉSAR MAYORGA ROJAS
MIEMBRO DE JURADO

Mg. CIRO SERGIO BEDIA GUILLEN
MIEMBRO DE JURADO

Ing. PEDRO MIGUEL GAGLIUFFI ESPINOZA
ASESOR

Dedicatoria

A dios, por haber permitido estar presente en esos momentos.

A mi madre, Margarita, por confiar en mí y por ser el motor de mi vida.

A mi padre, Rodolfo, por su confianza y enseñanza.

A mis hermanas, Janet y Ana, por su incondicional apoyo.

Y a Claudia, mi compañera, por sus ánimos y apoyo.

Agradecimientos

A mis padres, Margarita y Rodolfo, por la confianza brindada y el constante apoyo a lo largo de mi carrera profesional.

A los ingenieros del área de Geología Mina, quienes me brindaron el constante apoyo en la realización del proyecto de tesis en base a sus conocimientos y experiencias.

Un agradecimiento especial al Ing. Cesar Álvarez, por sus enseñanzas, consejos e incondicional apoyo en la elaboración de este proyecto de tesis.

A mi asesor, Ing. Pedro Gagliuffi, por sus correcciones, aportes y apoyo a lo largo del proyecto de tesis.

Y la Ing. Janet Quiñones, por los consejos y tiempo brindado hacia mi persona.

Resumen

Las zonas estudiadas están localizadas en La Arena, provincia de Sánchez Carrión, departamento de La Libertad. Se realizaron diversos procesos y análisis en el mineral de las zonas de estudio con el objetivo de analizar, delimitar y establecer, los principales controles geometalúrgicos relacionados a zonas de baja lixiviabilidad, a fin de determinar el impacto en la productividad y recuperación del oro.

La caracterización de la muestra (grado de liberación) se realizó por medio de la microscopia óptica de luz reflejada y microscopia electrónica de barrido (SEM) permitiendo determinar asociaciones mineralógicas y grado de liberación de la mena y ganga (Laboratorio externo).

El control estructural está influenciado por las fallas Calaorco y Central, portadores de mineralización de sulfuros en mayor cantidad en esta zona (py diss).

El control litológico, respecto a la mineralización de sulfuros en la zona de estudio está relacionado al contacto Arenisca – Pórfido Feldespático Andesítico. Cabe resaltar que la zona de baja lixiviabilidad o relación AuCN/AuT se encuentra y/o hospeda en arenisca cuarzosa con mineralización en diseminado y parches de sulfuros.

El control mineralógico en las zonas de estudio donde surge la baja relación AuCN/AuT de mineral hace referencia a una Arenisca con mayor contenido de sulfuros (pirita, arsenopirita, covelita, etc.), relacionada a pulsos porfiríticos andesíticos en la zona. En el análisis granulométrico, la malla -200 el análisis de oro es de 5.460 g/t Au. El oro de esta zona está

asociado a un material con granulometría fina. Así mismo, se observa que en una granulometría de +1/2''-1'', el material presenta un porcentaje recuperación de 79%. Es posible la existencia que algún mineral cianicida este afectado la recuperación en esta malla. El Au y Cu presentan una alta correlación positiva debido a la posible existencia de enargita?, covelita?, etc.

La caracterización de muestra haciendo uso del microscopio electrónico identifico los siguientes minerales en malla +200: Pirita, Arsenopirita, Zircón, Óxidos de (Fe, Sb, As), covelita, Cuarzo y goethita. Como también presencia de partículas de oro incluidos en la pirita y arsenopirita (solución solida). En malla -200, el orden de predominancia de los minerales analizados es: Cuarzo>Pirita>goethita> óxidos de (Fe, Sb, As)>Arsenopirita>Oro nativo>Calcopirita>Trazas de (rutilo y zircón).

Se identificaron tres unidades geometalúrgicos en las zonas de estudio por medio de dos taladros geometalúrgicos. En donde las zonas de sulfuros y mixtos se presentan de manera no muy relevante a lo largo de los 380m perforados.

En el control geoquímico, la relación de AuCN/AuT es las zonas de estudio presentan una tendencia ascendente, la relación AuCN/AuT aumenta en relación directa con la profundidad. Según la correlación de Pearson, se identificó estos minerales: calcopirita (CuFeS2), calcosita (Cu2S), covelita (CuS), Cobres grises (CuFe12Sb4S13) y arsenopirita (FeAsS).

Tabla de Contenidos

CAPÍTULO I 12
1 INTRODUCCIÓN 12
1.1 Ubicación 13
1.2 Situación problemática 14
1.3 Formulación del problema 14
1.4 Justificación de la investigación 14
1.5 Objetivos de la investigación 15
1.5.1 Objetivo general 15
1.5.2 Objetivo específicos 15
1.6 Limitaciones de la investigación 16
1.7 Viabilidad 16
CAPÍTULO II 18
2 MARCO TEÓRICO 18
2.1 Antecedentes de la investigación 18
2.2 Variables 19
2.3 Bases teóricas 20
2.3.1 Análisis granulométrico por tamizado 20
2.3.2 Caracterización mineralógica (Teoría) 21
2.4 Marco Geológico 29
2.4.1 Estratigrafía Regional 29
2.4.2 Geología Estructural 36
2.4.3 Geología Local 38
2.5 Marco conceptual o Glosario 43
CAPITULO III 50
3 Hipótesis y variables 50
3.1 Hipótesis general 50
3.2 Hipótesis específicas 50
3.3 Variables 51
3.3.1 Variables independientes 51
3.3.2 Variables dependientes 51
CAPITULO IV 52

4 METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN 52
4.1 Alcance y diseño de investigación 52
4.1.1 Alcance de investigación 52
4.1.2 Diseño de investigación 53
4.2 Instrumentos de investigación 54
4.3 Procesos 55
4.4 Desarrollo y/o Procedimiento 57
4.4.1 Análisis granulométrico 57
4.4.2 Caracterización mineralógica 59
4.4.3 Taladro geometalúrgico con perforación diamantina 63
4.4.4 Reanálisis de pulpas de sondajes de aire reverso (RCD) 68
4.4.5 Prueba metalúrgica 73
CAPITULO V 78
5 PRESENTACIÓN DE RESULTADOS 78
5.1 Análisis de la información 78
5.1.1 Área de estudio 78
5.2 Resultados de la investigación 80
5.2.1 Control estructural 80
5.2.2 Control litológico 82
5.2.3 Control Mineralógico 83
5.2.4 Control Geoquímico 105
5.2.5 Control Metalúrgico 130
5.3 Evaluación de resultados técnicos y económicos. 133
5.4 Conclusiones 133
5.5 Recomendaciones 135
5.6 Bibliografía 136
6 ANEXOS 141
6.1 Estudios de Microscopia electrónica 141
6.1.1 Malla +200 141
6.1.2 Malla -200 145

Lista de tablas

Tabla 01. Unidades geológicas identificadas. 68
Tabla 02. Sondajes RCD reanalizaos en la zona de estudio. 72
Tabla 03. Ubicación y descripción de las muestras enviadas a L.M 73
Tabla 04. Grado de liberación porcentual de cada mineral. 91
Tabla 05. Análisis de granos libres y mixtos respecto al peso de muestra total. 93
Tabla 06. Composición química (%) de los minerales identificados en la Muestra Malla +200. 97
Tabla 07. Composición química (%) de los minerales identificados en la Muestra malla -200. 99
Tabla 08. Identificación y cuantificación de minerales de las muestras. 100
Tabla 09. Taladro geometalúrgico CA-M15-001. 102
Tabla 10. Taladro geometalúrgico CA-M15-002. 104
Tabla 11. Análisis químico. Ley de cabeza analizada del mineral en estudio. 130
Tabla 12. Prueba de alcalinidad de mineral en estudio. 130
Tabla 13. Prueba de cianuración por agitación en botellas de mineral en estudio. 131
Tabla 14. Prueba de cianuración por percolación en columnas con mineral en estudio. 132

Lista de figuras

Figura 01. Ubicación de las zonas de estudio, La Arena. 13
Figura 02. Tamices Superpuestos, juego de mallas. (Fuente: http://geotech.uta.edu/lab/Main//sieve/index.htm, 2007) 21
Figura 03. Clasificación de las partículas mixtas según su contenido de mineral en estudio (Petruk, 2000)....23
Figura 04. a) Estructura interna del SEM-EDS b) Fotografía general del SEM (ESEM Quanta 200 FEI, XTE 325/D8395). c) Detalle de la introducción de una lámina delgada en el portamuestras. (Melgarejo et al 2010). 25
Figura 05. Relaciones estratigráficas en los cuadrángulos de Cajamarca – San Marcos – Cajabamba (Reyes, 1980). 30
Figura 06. Columna estratigráfica dela región Olmos-Trujillo-Cajamarca. (Modificado de Ingemmet, 1998) 35
Figura 08. Banco 3350. Limo-areniscas color marrón claro paralela a la arenisca. 39
Figura 09. Contacto intercalaciones lutita y limolita; carbón bituminoso y arenisca de grano medio sin mineralización de Au....39
Figura 10. Vista NW-SE. Contacto SD – FPA buzando hacia el SE (por debajo del Pórfido). 39
Figura 11. Proyecto 017. Contacto Arenisca de grano medio + óxidos moderado en fracturas con FPA argilizado + py diseminada y Carbón bituminoso. 39
Figura 07. Columna estratigrafía de la zona de estudio. (Modificado por Quirita,V.). 40
Figura 12. Estratos inclinados de Arenisca cuarzosa con FeO en los planos de estratificación en el tajo del yacimiento. 41
Figura 13. Arenisca gris parduzca de grano media con presencia de py diseminada y en parches; y óxidos moderados (2) en fracturas. 41
Figura 14. Brecha hidrotermal de fragmentos subangulosos de SD, y una matriz de SD con fuerte carga de óxidos (2)....41
Figura 15. Falla Calaorco al Sureste del Tajo. 42
Figura 17. Flujograma del proyecto en estudio. 56
Figura 18. Laboratorio químico. Material después del secado. 57
Figura 19. Laboratorio químico. Temperatura de secado de material. 58
Figura 20. Laboratorio metalúrgico. Material en el RO-TAP para el tamizado. 58
Figura 21. Muestras granulométricas. Material separado en las mallas trabajadas. 59
Figura 22. Plano de ubicación de muestras enviadas al Laboratorio externo. 60
Figura 23. Plano de Isolineas de relación AuCN/AuT. Toma de muestras en la zona 1 de baja lixiviabilidad. 61
Figura 24. Plano de ubicación de taladros diamantinos realizados. 65
Figura 25. Plano de Isolineas. Puntos de DDH en zona de baja relación AuCN/AuT 66
Figura 26. Perforación diamantina CA-M15-001, lado Sureste del Tajo, zona de baja lixiviabilidad. 67
Figura 27. Medición del taladro geometalúrgico con el CA-M15-001. 67
Figura 28. Plano de lixiviabilidad –Banco 3424. Zonas críticas en color azul. 69
Figura 29. Plano de ubicación de sondajes RCD.. 71
Figura 30. Agitación de botellas para el mineral de alta y baja ley. 75
Figura 31. Equipo para pruebas de cianuración por agitación en botella. 75
Figura 32. Columnas de lixiviación con los cuatro materiales en estudio. (Laboratorio metalúrgico) 77

Figura 33. Zonas de baja relación de AuCN/AuT en La Arena. 79
Figura 34. Control estructural, fallas transversales, de la lixiviabilidad. 81
Figura 35. Frente de minado. Arenisca (SD) con presencia OxFe (fracturas)> Py (diseminado). 82
Figura 36. Zona norte. Se observa el contacto SD/FPA y el distinto tipo de alteración que presenta el FPA en el Tajo. 83
Figura 37. Vista N-S. Talud, proyecto 062 banco 3400. FPA en contacto SD. 83
Figura 38. C153416036. Arenisca de grano medio a fino con presencia de pirita (diseminada y parches). 84
Figura 39. Arenisca gris claro con óx (Goe>Lm)>Hm (2) y sulf (py) (2) 84
Figura 40. C153408054. FPA silicificado con presencia de sulfuros (py) diseminado. 84
Figura 41. Talud al SE del Tajo, banco 3408. Escorodita en arenisca. 85
Figura 42. 153400060. Zona de contacto FPA/SD. 85
Figura 43. Plano de Isovalores de relación AuCN/AuT del banco 3432. 86
Figura 44. Plano de Isovalores de relación AuCN/AuT del banco 3408. 88
Figura 45. Análisis granulométrico del proyecto C153416019. 89
Figura 46. Proyecto C153416019. Malla vs AuCN/AuT 89
Figura 47. Distribución geoquímica de Au y Cu. 90
Figura 48. Representación de los grados de liberación de los minerales presentes en la malla +200. 92
Figura 49. Representación de los grados de liberación de los minerales presentes en la malla -200. 92
Figura 50. Porcentajes en peso de los minerales presentes en la malla + 200. 93
Figura 51. Porcentajes en peso de los minerales presentes en la malla - 200. 94
Figura 52. Muestra de mineral Malla +200. 95
Figura 53. Muestra de mineral de cabeza Malla -200. 96
Figura 54. Microscopia electrónica en la malla +200. 98
Figura 55. Microscopia electrónica en la malla -200 100
Figura 56. Se observa el difractograma de la Malla – 200 con los respectivos minerales identificados. 101
Figura 57. CA-M15-001. Zona con unidades geológicas con contenido mixto bajo sulfuros y altos sulfuros. 103
Figura 58. CA-M15-002. Zona con unidades geológicas con contenido mixto bajo sulfuros y altos sulfuros. 105
Figura 59. CA-R11-007. pH vs profundidad. 106
Figura 60. CA-R11-007. AuCN/AuT vs Profundidad. 107
Figura 61. CA-R11-010. pH vs profundidad. 107
Figura 62. CA-R11-010. Relación AuCN/AuT vs Profundidad. 108
Figura 63. CA-R12-045. Gráfico de correlación geoquímica de Au para la zona de contacto. 109
Figura 64. CA-R12-045. Gráfico de correlación geoquímica de Cu para la identificación de minerales. 109
Figura 65. CA-R12-045. Gráfico de correlación geoquímica de Fe para la identificación de minerales. 109
Figura 66. CA-R12-045. Relación AuCN/AuT vs Profundidad 110
Figura 67. CA-R12-045. Cu vs Profundidad. 110
Figura 68. CA-R12-045. As vs Profundidad 111
Figura 69. CA-R12-045. Fe vs Profundidad 111
Figura 70. CA-R12-045. S vs Profundidad 112
Figura 71. CA-R12-045. Sb vs Profundidad 112

Figura 72. CA-R12-019. Gráfico de correlación geoquímica de Au para la zona de contacto. 113
Figura 73. CA-R12-019. Gráfico de correlación geoquímica de Cu para la identificación de minerales. 113
Figura 74. CA-R12-019. Gráfico de correlación geoquímica de Fe para la identificación de minerales. 114
Figura 75. CA-R12-019. Relación AuCN/AuT vs Profundidad 114
Figura 76. CA-R12-019. Cu vs Profundidad. 114
Figura 77. CA-R12-019. As vs Profundidad 115
Figura 78. CA-R12-019. Fe vs Profundidad 115
Figura 79. CA-R12-019. S vs Profundidad 116
Figura 80. CA-R12-019. Sb vs Profundidad 116
Figura 81. CA-R12-020. Gráfico de correlación geoquímica de Au para la zona de contacto. 117
Figura 82. CA-R12-020. Gráfico de correlación geoquímica de Cu para la identificación de minerales. 117
Figura 83. CA-R12-020. Gráfico de correlación geoquímica de Fe para la identificación de minerales. 118
Figura 84. CA-R12-020. Relación AuCN/AuT vs Profundidad 118
Figura 85. CA-R12-020. Cu vs Profundidad. 118
Figura 86. CA-R12-020. As vs Profundidad 119
Figura 87. CA-R12-020. Fe vs Profundidad 119
Figura 88. CA-R12-20. S vs Profundidad 120
Figura 89. CA-R12-020. Sb vs Profundidad 120
Figura 90. CA-R14-030. Gráfico de correlación geoquímica de Au para la zona de contacto. 121
Figura 91. CA-R14-030. Gráfico de correlación geoquímica de Cu para la identificación de minerales. 121
Figura 92. CA-R14-030. Gráfico de correlación geoquímica de Fe para la identificación de minerales. 122
Figura 93. CA-R14-030. Relación AuCN/AuT vs Profundidad 122
Figura 94. CA-R14-030. Cu vs Profundidad 122
Figura 95. CA-R14-030. As vs Profundidad 123
Figura 96. CA-R14-030. Fe vs Profundidad 123
Figura 97. CA-R14-030. S vs Profundidad 124
Figura 98. CA-R14-030. Sb vs Profundidad 124
Figura 99. CA-R14-030. pH vs profundidad. 125
Figura 100. CA-R14-034. Gráfico de correlación geoquímica de Au para la zona de contacto. 126
Figura 101. CA-R14-034. Gráfico de correlación geoquímica de Cu para la identificación de minerales. 126
Figura 102. CA-R14-034. Gráfico de correlación geoquímica de Fe para la identificación de minerales. 127
Figura 103. CA-R14-034. Relación AuCN/AuT vs Profundidad 127
Figura 104. CA-R14-034. Cu vs Profundidad 127
Figura 105. CA-R14-034. As vs Profundidad 128
Figura 106. CA-R14-034. Fe vs Profundidad 128
Figura 107. CA-R14-034. S vs Profundidad 129
Figura 108. CA-R14-034. Sb vs Profundidad 129
Figura 109. CA-R14-034. pH vs profundidad. 129

Figura 110. Extracción de oro, plata y cobre en la cianuración por agitación en botella del mineral en estudio. 131

CAPÍTULO I

1 INTRODUCCIÓN

La geometalúrgica es una herramienta que integra conceptos geológicos, mineros y metalúrgicos para optimizar los procesos de explotación y beneficio de los minerales. Dicha herramienta ha tomado auge en los últimos años, gracias a la comprensión de que las menas son una asociación de varios minerales y, puesto que todos los procesos tratan con minerales, son las características fisicoquímicas de estos las que determinan las condiciones de un proceso de recuperación (Pérez, 2013).

Este trabajo trata de integrar conceptos geológicos (Logueo, mapeo geológico, identificación microscópica de minerales, análisis geoquímico, análisis mineralógico), mineros (operatividad, costo beneficio, etc.) y metalúrgicos (análisis granulométrico, pruebas de botellas y columnas); a fin de obtener resultados confiables y diversos para la optimización de la productividad.

En el presente trabajo surge el interés de conocer el comportamiento y características del material a minar cuando se esté profundizando, identificar las asociaciones mineralógicas que intervienen en la baja relación AuCN/AuT, confiabilidad en los reportes de corto plazo y el beneficio que obtendrá la empresa con una información más real en la recuperación del oro

1.1 Ubicación

El yacimiento está localizado en La Arena, provincia de Sánchez Carrión, departamento de La Libertad, a 500 kilómetros (línea recta) al NNW de la ciudad de Lima, a una altitud aproximada de 3600 msnm.



Figura 01. Ubicación de las zonas de estudio, La Arena.

1.2 Situación problemática

En la etapa de explotación de la fase de óxidos con valores de oro de las zonas de estudio, La Arena, la relación oro cianurable/oro total (AuCN/AuT) ha presentado valores por encima del 80% de la muestra, valor que indica la lixiviabilidad y/o recuperación de oro total.

En las actuales perforaciones de blastholes (perforaciones de producción), se han encontrado zonas puntuales que presentan una relación oro cianurable/oro total menor al 70 %; observándose una oportunidad para desarrollar técnicas que optimicen este proceso analítico.

1.3 Formulación del problema

- ¿La relación AuCN/AuT es importante para la recuperación metalúrgica de oro aledañas a las zonas de estudio?
- ¿La baja relación de lixiviabilidad en las zonas de estudio (zonas de mineral), afectará la producción de oro en La Arena?
- ¿La relación AuCN/AuT presenta algún control geológico y/o geometalúrgico?
- ¿Es importante determinar cómo se encuentra el oro (tamaño, forma) y asociación mineralógica, litológica y alteración?
- ¿Tendrá alguna relación la presencia de minerales preg - robbing en las zonas de estudio?
- ¿Existe la presencia de elementos cianicidas?

1.4 Justificación de la investigación

- Conocer el comportamiento y características del material por minar en La Arena cuando se esté profundizando.

- Conocer y entender las asociaciones mineralógicas que estén interviniendo en la baja relación AuCN/AuT (recuperación de mineral Au) en La Arena.
- Decisión en la ubicación del material mineral de baja relación AuCN/AuT en zonas adecuadas en el PAD de lixiviación.
- Decisión para el ajuste de planes mensuales en lo que respecta al minado, tomando en cuenta esta desfavorable condición de las zonas de estudio.
- Obtener una mejora en la estimación de la recuperación de oro en la empresa minera, en lo que respecta al corto y largo plazo; así mismo obtener reportes de recursos con mayor confiabilidad.
- El beneficio que obtendrá la empresa minera y la corporación con esta información será reportar reservas más reales en la recuperación de oro.

1.5 Objetivos de la investigación

Mediante la presente investigación se conocerán los factores que generan la baja relación AuCN/AuT o lixiviabilidad en La Arena, así como el efecto que determina en la productividad y recuperación de oro en el proceso.

1.5.1 Objetivo general

Analizar, delimitar y establecer, los principales controles geometalúrgicos relacionados a zonas de baja lixiviabilidad, a fin de determinar el impacto en la productividad y recuperación del oro en La Arena.

1.5.2 Objetivo específicos

- Determinar las características geológicas y geometalúrgicas en las zonas de estudio.
- Determinar el volumen de material con baja relación AuCN/AuT en La Arena.

- Determinar ensambles mineralógicos relacionados a la baja, media y alta relación AuCN/AuT en La Arena.
- Determinar las unidades geometalúrgicas en las zonas de estudio.
- Determinar las especies minerales metálicos y/o no metálicos que generan la baja relación AuCN/AuT en las zonas de estudio.
- Determinar el zoneamiento de la lixiviabilidad del material a profundización en La Arena.

1.6 Limitaciones de la investigación

En general no se ha encontrado limitaciones importantes que afectarían al proyecto, ya que se tratará de abarcar todas las posibilidades en lo que respecta a análisis y procedimientos. En lo que respecta a resultados, el factor tiempo y presupuesto presentará una limitante para la obtención de información que nos permitirá cuantificar el volumen de las zonas de estudio.

1.7 Viabilidad

El proyecto reúne características, condiciones analíticas, técnicas y operativas que aseguran el cumplimiento de sus metas y objetivos. Los procedimientos y sus componentes que lo conforman están enmarcados dentro del contexto de un enfoque multisectorial integrado, que trata de consolidar un proceso ya iniciado con su primera fase en el Tajo de la mina, recogiendo información y las experiencias de profesionales que ayudarán significativamente en su ejecución.

El proyecto de tesis y su estructura responden a una estrategia que busca consolidar los esfuerzos realizados a la fecha, dentro del marco de productividad y proceso, buscando asegurar la confiabilidad de las futuras inversiones económicas a nuestra empresa.

Es por ello que la viabilidad del proyecto dependerá mucho del comportamiento y volumen de las zonas de estudio a profundidad y su relación directa con la explotación y recuperación de mineral. Por consiguiente, se necesitará controles por parte de todas las áreas operativas.

CAPÍTULO II

2 MARCO TEÓRICO

2.1 Antecedentes de la investigación

No existen estudios y/o trabajos de investigación que precede al que se está realizando. Las referencias que tienen relación directa y/o indirecta con el estudio presente en la investigación son las siguientes:

- **Foster, J.R (1998).** Report on Exploration of the Virgen Project. For Gitennes Exploration Inc.
- **Gauthier et al (s.f).** Yacimientos La Arena – Virgen. Sociedad Minera Cambior Peru S.A.
- **Quirita, V. (2000),** Yacimientos de oro en la "Región Huamachuco", norte del Perú. Cuarto Simposium Internacional del ORO. Lima – Perú. Las geoformas dómica-intrusivas, emplazadas en los "trends" estructurales NE y/o en el cruce de los "trends" NW con NE, parecen tener relación genética directa con la ocurrencia de mineralización aurífera y polimetálica de la región Huamachuco.
- **Jacay J., Guadalupe E., Sánchez J**., Estilo estructural de los yacimientos minerales en la franja Huamachuco-Cajabamba: Andes norperuanos.

- **Chirif, H (2007),** Potential Evaluation of the Mineral Deposits in the La Libertad and Ancash Regions, North Peru. La mineralización en las franjas metalogenéticas está controlada por 7 sistemas de fallas regionales: Sistemas de Fallas de Pataz, Punrre-Canchis, Quesquenda, Batolito de Cordillera Blanca, las fallas Cruz Alto-Quiruvilca, Conchao-Cocachacra y Casma. La dirección principal de las estructuras es NO-SE y cambia a E-O cuando se aproximan a la deflexión de Cajamarca.
- **Palomino, A. et al (2008).** Evaluación en la recuperación del oro y plata a partir de minerales sulfurados en una matriz de cuarzo: Minera Koricolqui. Con la finalidad de optimizar la recuperación del oro diseminado de los yacimientos mineros con presencia de cuarzo en el norte de peruano del departamento de La Libertad.
- **Ortega, K. (2009).** Recuperación de oro desde soluciones cianuradas por intercambio iónico en la Compañía Minera Aurífera Santa Rosa S.A, teniendo como finalidad las variables del proceso de extracción.
- **Tremolada, J. (2011),** Caracterización, influencia y tratamiento de arcillas en proceso de cianuración en Pilas. La finalidad del estudio fue el evaluar las posibilidades del efecto preg-robbing de diferentes tipos de arcillas asociadas a minerales de oro en el proceso de lixiviación.
- **Delgado, J (2014),** Caracterización geometalúrgica y modelo geológico del yacimiento Cerro Negro Oeste. Teniendo como finalidad clasificar los dominios geometalúrgicos a partir de una caracterización mineralógica.

2.2 Variables

La definición más sencilla, es referida a la capacidad que tienen los objetos y las cosas de modificar su estado actual, es decir, de variar y asumir valores diferentes. Sabino (1980) establece que: “Entendemos por variable cualquier característica o cualidad de la realidad que

es susceptible de asumir diferentes valores, es decir, que puede variar, aunque para un objeto determinado que se considere puede tener un valor fijo". Briones (1987) define: "Una variable es una propiedad, característica o atributo que puede darse en ciertos sujetos o pueden darse en grados o modalidades diferentes. Son conceptos clasificatorios que permiten ubicar a los individuos en categorías o clases y son susceptibles de identificación y medición". (Pág. 34)

2.3 Bases teóricas

2.3.1 Análisis granulométrico por tamizado

El análisis granulométrico de un agregado se entenderá todo procedimiento manual o mecánico por medio del cual se pueda separar las partículas constructivas del agregado según tamaños, de tal manera que se pueda conocer las cantidades en peso de cada tamaño que aporta el peso total. Para separar por tamaños se utilizan las mallas de diferentes aberturas, las cuales proporcionan el tamaño máximo de agregado en cada una de ellas (UCA, 1996).

El tamizado es un proceso estadístico, esto es, existe un elemento de probabilidad en cuanto a sí una partícula puede pasar o no través de una abertura dada. Únicamente puede conseguirse reproducibilidad normalizando el tiempo y el método de tamizado (Tremolada, 2011).

A fin de eliminar el elemento humano en el tamizado existe dispositivos mecánicos de agitación o vibración para la realización de los análisis de tamizado, soportando un juego de tamices de ensayo clasificados junto con un fondo y una tapa, y vibran durante un tiempo dado en una forma reproducible (Tremolada, 2011).



Figura 02. Tamices Superpuestos, juego de mallas. (Fuente: http://geotech.uta.edu/lab/Main//sieve/index.htm, 2007)

2.3.2 Caracterización mineralógica (Teoría)

El objetivo fundamental de la mineralogía de procesos es proporcionar la información mineralógica necesaria para desarrollar y optimizar los procesos metalúrgicos (Henley, 1983). Según Pérez-Barnuevo, L (2010): En la actualidad está plenamente reconocido la importancia del conocimiento mineralógico de la mena a la hora definir algún proceso de mineral. Sin embargo, la aplicación de los estudios de caracterización mineralógica no debe limitarse a la etapa del diseño del proceso, sino que tal estudio debe ser realizado en cualquier etapa de la operación, permitiendo ejercer cierto control sobre el rendimiento de los procesos. El análisis mineralógico, es una de estas técnicas dedicadas a la identificación de minerales, y al conocimiento detallado de sus propiedades físicas y químicas, necesarios para la evaluación y aprovechamiento de las materias primas (Candiotti, 1980).

La composición mineralógica de la mena puede cambiar a medida que avanza la extracción, estos análisis aportan la información necesaria para realizar ajustes oportunos en el proceso (Cameron, 1961) de chancado, lixiviación, etc.

El **análisis cualitativo** de los minerales permite identificar y/o definir los minerales mena y ganga, ya que influenciaran en el proceso seleccionado. Así mismo, este análisis identificara a aquellos minerales perjudiciales para el proceso El **análisis cuantitativo** o análisis modal permite expresar en datos porcentuales la abundancia relativa de cada uno de los minerales presentes. (Pérez-Barnuevo, 2010).

La mineralogía de procesos debe recoger datos de diferentes aspectos mineralógicos como:

- La identificación y composición de los minerales.
- Su cuantificación o análisis modal; de la caracterización de la liberación mineral y de la textura (Jones, 1987).

El presente proyecto se ha centrado en la caracterización del grado de liberación por microscopia óptica de luz reflejada y microscopia electrónica de barrido.

2.3.2.1 Análisis mineralógico por microscopia

2.3.2.1.1 Análisis de grado de liberación

Las partículas minerales pueden estar constituidas por un único mineral, en cuyo caso son consideradas partículas liberadas, o pueden estar formadas por dos o más minerales, en cuyo caso se denominan partículas mixtas (Pérez-Barnuevo et al 2010).

El análisis detallado del grado de liberación de un determinado mineral suele expresarse en función de la distribución de este en partículas mixtas. Para ello se establecen clases de partículas según la cantidad porcentual que contiene dicho mineral (Figura 03), desde partículas que contienen un 0.01 % hasta las que están formadas en su totalidad por este mineral (100 %, aparentemente liberadas) con incremento del 10 % en cada clase (Petruk, 2000).

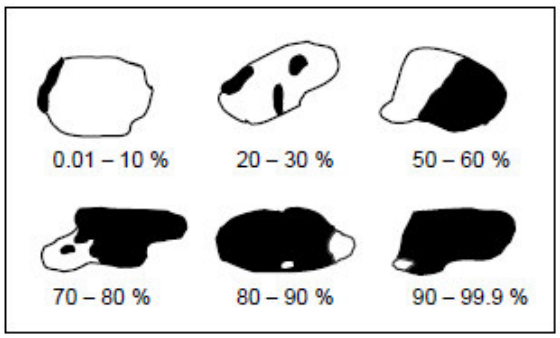


Figura 03. Clasificación de las partículas mixtas según su contenido de mineral en estudio (Petruk, 2000).

Información muy valiosa en la dirección de un circuito de tratamiento de minerales, ya que permite estimar la calidad de la molienda y tratar de explicar la presencia de minerales valorizados dentro de los desechos de flotación, de separación gravimétrica y/o magnética (Pirard, 2003) como también procesos de lixiviación, aglomeración, etc.

El análisis de liberación es clásicamente reducido a una fracción ponderada de minerales. Sin embargo, el análisis de imágenes puede ir más lejos y permite distinguir las diferentes texturas de inclusión (Pirard, 2003).

2.3.2.2 Análisis de microscopia electrónica de Barrido (SEM)

El microscopio electrónico de barrido (scanning electron microscope, SEM), es un instrumento cuya historia es más reciente que el microscopio electrónico de transmisión (TEM). Su necesidad nace de la imposibilidad de cortar cada espécimen tan finamente como lo requiere el TEM. Además, existía un considerable interés en observar la superficie de los especímenes, debido a que no podía obtener con el TEM. (Egas, 1998)

El SEM se basa en la obtención de una imagen de la muestra a partir del barrido de la misma con un haz de electrones, como resultado de las interacciones entre los electrones incidentes y la muestra. (Melgarejo at el 2010). El SEM se compone de los siguientes elementos básicos:

- Cañón de electrones.
- Circuitos electrónicos.
- Detectores.
- Lentes magnéticas.
- Sistema de barrido.
- Portamuestras móvil y con giro universal.
- Sistemas de obtención de la imagen y de análisis.

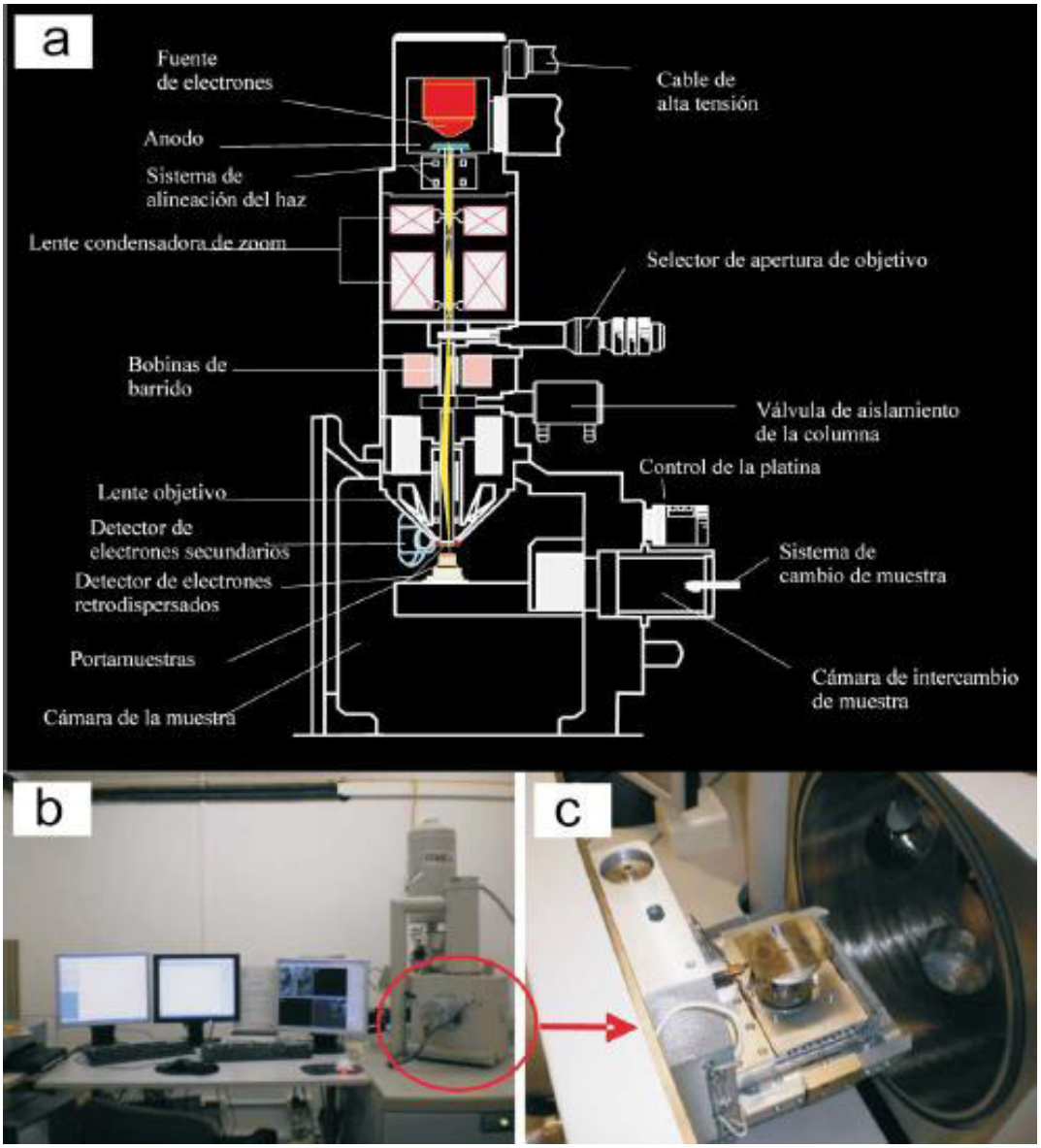


Figura 04. a) Estructura interna del SEM-EDS b) Fotografía general del SEM (ESEM Quanta 200 FEI, XTE 325/D8395). c) Detalle de la introducción de una lámina delgada en el portamuestras. (Melgarejo et al 2010).

El empleo de ondas muchísimo más cortas en este instrumento le capacita resolver partículas hasta de 0.01 micras. Las muestras han de montarse especialmente en una delicada membrana de celulosa, y el campo de visión es muy pequeña, 30 μm^2. (Tremolada, 2011).

En la microscopía electrónica de barrido, el nivel de brillo de la imagen electrónica es supuestamente característico de una especie mineral por cuanto está relacionado con el número atómico promedio de dicha especie y puede ser utilizado para discriminar entre especies minerales; sin embargo, esto no es siempre posible, debido simplemente a que algunos

minerales tienen niveles de brillo casi idénticos o a que la composición química de muchos minerales es bastante variable lo que produce que un mismo mineral presente una gama de valores en sus niveles de brillo (Quintana, 2009).

Mejoras en la técnica de reproducción han hecho actualmente posible el estudio con gran aumento delas características estructurales y particularidades de superficie de los especímenes. (Tremolada, 2011).

2.3.2.3 Análisis mineralógico por difracción de rayos X

La técnica de difracción de rayos X ha sido ampliamente utilizada en la caracterización de minerales, que cumple con la condición de tener una estructura cristalográfica definida, pues la información obtenida de la interacción entre los rayos X y los cristales se basa en la difracción producida por un conjunto de átomos en un arreglo ordenado.

La difracción de los rayos X por materiales cristalinos es, esencialmente, un proceso de dispersión coherente (Kittel, 1996 & Snyder at. 1996). Esta radiación coherente se origina por el choque de los fotones incidentes contra los electrones firmemente ligados a los átomos. Cada átomo irradiado del material dispersa de manera individual en todas las direcciones. Dado que un material está formado por muchos átomos y cada uno de ellos es una fuente de radiación coherente, ocurren fenómenos de interferencia constructiva o destructiva entre los rayos X dispersados. En determinadas direcciones de espacio, los rayos dispersos están en fase y producen interferencia constructiva de ondas (Cullity, 1978), y es en estas direcciones en donde se observan máximos de intensidad en la difracción. Una descripción simple del proceso de difracción de rayos X se logra mediante la ley de Bragg. La coincidencia en la fase requiere que la diferencia del camino recorrido por los haces que interfieren constructivamente, sea un

múltiplo entero de la longitud de onda de la radicación incidente, y esta se conoce como la condición o ley de Bragg, descrita por la expresión:

$$n\lambda=2dSen\theta \qquad (1)$$

En la ec. 1, el factor n es el orden de reflexión y puede tomar cualquier valor entero compatible con el valor Senθ, θ es el ángulo formado entre la superficie de la muestra y la radiación incidente, y λ su longitud de onda d es la distancia interplanar de la familia de planos que producen la interferencia constructiva.

Es así como por medio de análisis de materiales por difracción de rayos X es posible identificar las estructuras cristalográficas presentes en las muestras, y a través de estas, la composición química.

2.3.2.3.1 Aplicaciones

Wolf (1980) afirma: Hoy en día la DRX comprende un campo de aplicaciones muy amplio no solo como método de investigación, sino también como herramienta tecnológica.

- **Identificación de minerales**. - Para determinar o comprobar la identidad de una especie mineral, la DRX se muestra muchas veces superior a cualquier otro método por su rapidez, irrefutabilidad, su carácter no destructivo y la poca cantidad de sustancia necesaria en la determinación.
- **Determinación de parámetros de la celda elemental**. - Aunque los parámetros de la celda elemental de un cristal generalmente y por si no son objeto de estudios geológicos, sino su determinación es una de las tareas fundamentales de la cristalográfica y de investigaciones de estructura, en muchos casos se convierte en un

criterio excelente para determinar la concentración de uno o más componentes químicos en soluciones sólidas.

- **Mineralogía de arcillas**. – Teniendo en cuenta este campo tan grande de uso o de importancia de las arcillas, es fácil de reconocer el invalorable papel de la DRX como herramienta de investigación, de control de calidad y control de procesos. Su aplicación incluye la identificación de los componentes de un material arcilloso, el análisis cuantitativo de mezclas, la determinación de ciertas propiedades como grado de cristalinidad, tamaño de partículas, modificaciones estructurales y otros. Por otra parte, la difractometría de arcillas frecuentemente requiere la combinación con métodos especiales de preparación de muestras y con otros métodos analíticos, convirtiéndose así en una rama con rasgos particulares que necesita generalmente una cierta especialización de los laboratorios correspondientes y de tu infraestructura.
- **Análisis cuantitativo de fases**. - La necesidad de una determinación cuantitativa de los minerales presentes es común para todos los campos de la petrografía, estudios en yacimientos minerales, control de materias primas o de productos de concentración y beneficio de minerales. En eso, a la DRX le corresponden las siguientes tareas específicas:
    - La determinación de componentes de grano muy fino.
    - La situación de métodos analíticos muy costosos y lentos por métodos de DRX que normalmente resultan más rápidos y más económicos.
    - La complementación de análisis químicos cuando estos, por su naturaleza, no pueden esclarecer la presencia de diferentes fases químicamente semejantes, es una mezcla.

2.4 Marco Geológico

2.4.1 Estratigrafía Regional

La columna estratigráfica de la franja sedimentaria mesozoica de la cordillera oriental comprende una secuencia de rocas sedimentarlas y volcánicas que en edad van desde el Jurásico superior hasta el Cuaternario reciente.

Las formaciones más antiguas del área están representadas por sedimentos de edad permo-triásica. Sobreyaciendo a estos depósitos se exponen rocas del Mesozoico, constituida por rocas efusivas que en discordancia angular descansan sobre los sedimentos anteriores. Mayormente, los sedimentos son fluviales y deltaicos, especialmente en la parte oriental donde son más delgados. Las areniscas y cuarcitas en el límite de la plataforma-cuenca se interdigitan con las calizas y lutitas marinas de la formación Santa, la cual presenta algunos niveles con paraglauconias que sugieren un ambiente de corrientes en aguas salobres. Esta característica deposicional continúa con las lutitas, areniscas y cuarcitas de la formación Carhuaz terminando en la parte superior con una predominancia de cuarcitas que conforman la formación Farrat (Reyes, 1980).

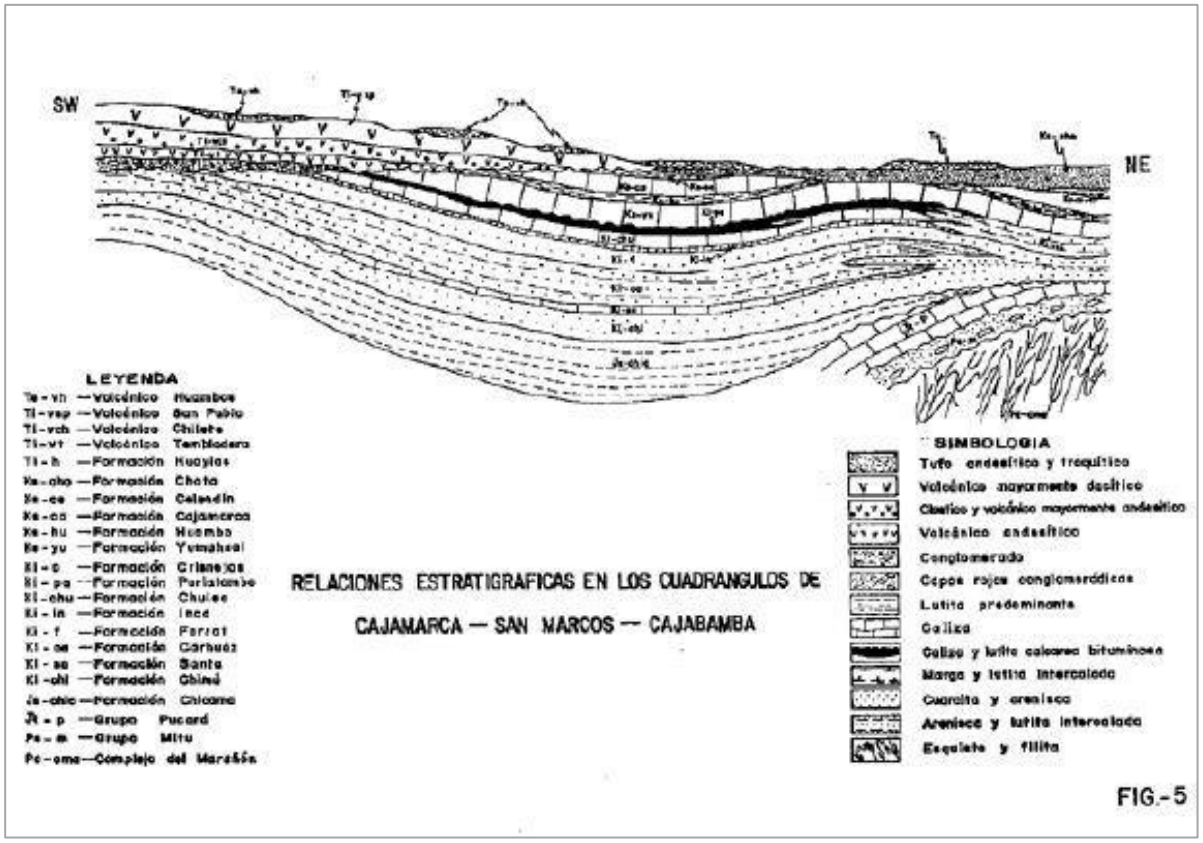


Figura 05. Relaciones estratigráficas en los cuadrángulos de Cajamarca – San Marcos – Cajabamba (Reyes, 1980).

2.4.1.1 Formación Chicama

Bajo esta denominación, asignada por Sttapenbeck (1929), se describe una gruesa serie sedimentaría compuesta principalmente de lutitas pizarrosas, lutitas arenosas y ocasionales horizontes de areniscas.

La formación Chicama está representada por gruesos paquetes de lutitas de color negro, gris negruzco, gris verdoso y rojizo, algunas veces carbonosas y fosilíferas; ocasionalmente son nodulares y fisibles, presentando en algunos lugares marcada laminación. Las lutitas se hallan intercaladas con lechos delgados de cuarcita gris blanquecina, arenisca friable de colores pardo y marrón, de grano grueso a medio subredondeado, y escasos bancos de tufos de naturaleza intermedia hasta de 15 m de grosor. El conjunto se presenta cortado por diques y sills de

andesita y diabasa, así como por pequeños cuerpos de granodiorita y diorita a biotita de grano fino (Cosio, 1967).

El espesor estimado para la formación Chicama es mayor de 500 m (Cosio, 1967).

Edad y correlación. - La fauna fosilífera está constituida en su totalidad por anmonites (Stappenbeck 1929) indica una edad Titoniana.

La formación Chicama tiene una amplia distribución en el área estudiada, y con las mismas características se extiende en los cuadrángulos vecinos de Chepén y Cajamarca por el Norte y a Cajabamba y Santiago de Chuco por el Este (Cosio, 1967). Se le correlaciona con la parte inferior del grupo Yura del área de Arequipa (Jenks, 1948) y con la formación Sarayaquillo del Oriente peruano (Kummel, 1949). Sus horizontes superiores son equivalentes a la parte basal de la formación Puente Piedra de los alrededores de Lima (Rivera, 1951), y a la formación Oyón de los Andes Centrales (Cosio, 1967).

2.4.1.2 Grupo Goyllarisquizga

Este grupo en su facies de plataforma ha sido estudiado bajo la denominación de Grupo Goyllarisquizga y sus facies de cuenca ha sido diferenciado en las formaciones Chimú, Santa, Carhuaz y Farrat. Inicialmente fue determinada como formación MC. LAUGHLIN, 1925 (Reyes, 1980).

Litológicamente consiste en cuarcitas blancas masivas y areniscas generalmente de grano medio y color blanquecino, en la parte inferior, con intercalaciones delgadas de lutitas marrones y grises en la parte superior. Su grosor oscila entre los 200 y 500 m, con tendencia a adelgazarse hacia el oeste (Reyes, 1980).

2.4.1.2.1 Formación Chimú

La formación Chimú, Originalmente fue descrita por Stappenbeck en la región del Alto Chicama bajo la denominación de "Cuarcitas del Wealdiano", posteriormente Benavides (1956) le dio categoría de formación (Cosio, 1967), aflora yaciendo mayormente en forma concordante, sobre la formación Chicama e infrayaciendo con igual carácter a la formación Santa (Reyes, 1980).

Regionalmente la formación Chimú está constituida por paquetes generalmente gruesos de areniscas y cuarcitas blancas, grises hasta pardas, de grano fino a grueso y formas subredondeadas, con intercalaciones de lutitas pizarrosas de estratificación delgada y colores generalmente oscuros. En algunas áreas se aprecia un miembro medio lutáceo; lechos cuarcíticos con estratificación cruzada. (Cosio, 1967).

El grosor de la formación en los afloramientos del área tiene 1500 m., mientras que al sudoeste tiene cerca de 600 m., en la localidad de Baños Chimú tiene 580 m (Cosio, 1967).

Edad y correlación. – Por sus relaciones estratigráficas se ubica a la formación Chimú en el Valanginiano inferior medio, pues yace sobre la formación Chicama del Titoniano e infrayace a la formación Santa del Valanginiano superior. Se correlaciona con las cuarcitas de la formación Hualhuani (parte superior del Grupo Yura) de la región Arequipa y con la parte inferior de la formación Llacanora (TAFUR, 1950).

2.4.1.2.2 Formación Santa

Esta denominación fue dada por BENAVIDES (1956); el área consiste en una intercalación de lutitas margosas, y areniscas gris oscuras, con un grosor que oscila entre los 100 y 150 m.

Sobreyace a la formación Chimú e infrayace a la formación Carhuaz, aparentemente con discordancia paralela en ambos casos (Reyes, 1980).

El cambio de facies es notable según los lugares; así, mientras en la zona de Huamachuco, Cajamarca y Coina la proporción calcárea es predominante; en la zona de Cajamarca, Cascas y San Benito solamente hay lutitas y areniscas grises, fenómeno que se interpreta relacionándolo con la forma de la cuenca (Reyes, 1980).

Se compone de una serie interestratificada de lutitas negras a gris oscuras y calizas arcillosas negras, que pasan hacia la parte superior a lutitas oscuras con intercalaciones de limolitas y ocasionalmente capas de caliza, todo con un espesor promedio de 100 m (Cosio, 1967).

Edad y correlación. - Se le ha denominado como de edad Valanginiano superior (Benavides 1956) en su localidad típica.

2.4.1.2.3 Formación Carhuaz

Esta formación descrita por BENAVIDES (1956), en el área tiene aproximadamente un grosor de 500m, con incremento hacia el sur y disminución hacia el noreste (Reyes, 1980).
La formación Carhuaz yace con suave discordancia sobre la formación Santa e infrayace concordantemente a la formación Farrat (Reyes, 1980).

La formación Carhuaz está constituida por una gruesa secuencia de lutitas arenosas pardo rojizas, estratificadas en lechos delgados; contienen intercalaciones de limonitas marrón rojizo en capas gruesas y medianas, y lechos de cuarcitas pardo grisáceas con tonos rojizos; los niveles

inferiores se presentan ocasionales capas delgadas de calizas negras de grano fino, los espesores son de 500 metros (Cosio, 1967).

Edad y correlación: Probablemente las edades, Valanginiano superior Hauteriviano y Barremiano corresponden a esta formación, ya que encima se encuentra la formación Farrat que a su vez infrayace a sedimentos del Aptiano-Albiano. Es equivalente con la parte intermedia de la formación Llacanora (Reyes, 1980).

2.4.1.2.4 Formación Farrat

El nombre de la formación Farrat fue empleado por primera vez por Stappenbeck (1929) para describir una secuencia de ortocuarcitas y areniscas de colores claros, con intercalaciones de lutitas oscuras que afloran en la hacienda Farrat, al Oeste del pueblo de Sayapullo (Cossio, 1964).

La formación se compone de areniscas cuarcíticas de color blanco, crema o gris, de grano grueso a medio y formas subredondeadas, limpias y bien estratificadas en bancos grueso, subordinadamente tienen intercalaciones de capas delgadas de lutitas de color gris o negro, areniscas conglomerádicas y conglomerados finos compuestos de cuarzo lechoso (Cosio, 1964).

La formación Farrat suprayace con aparente concordancia a la formación Carhuaz y subyace, con la misma relación a la formación Inca, dando la impresión en muchos lugares, de tratarse de un paso gradual (Reyes, 1980).

Edad y correlación. - Esta formación es de edad Aptiana (posiblemente Aptiana superior) (Cossio, 1964).

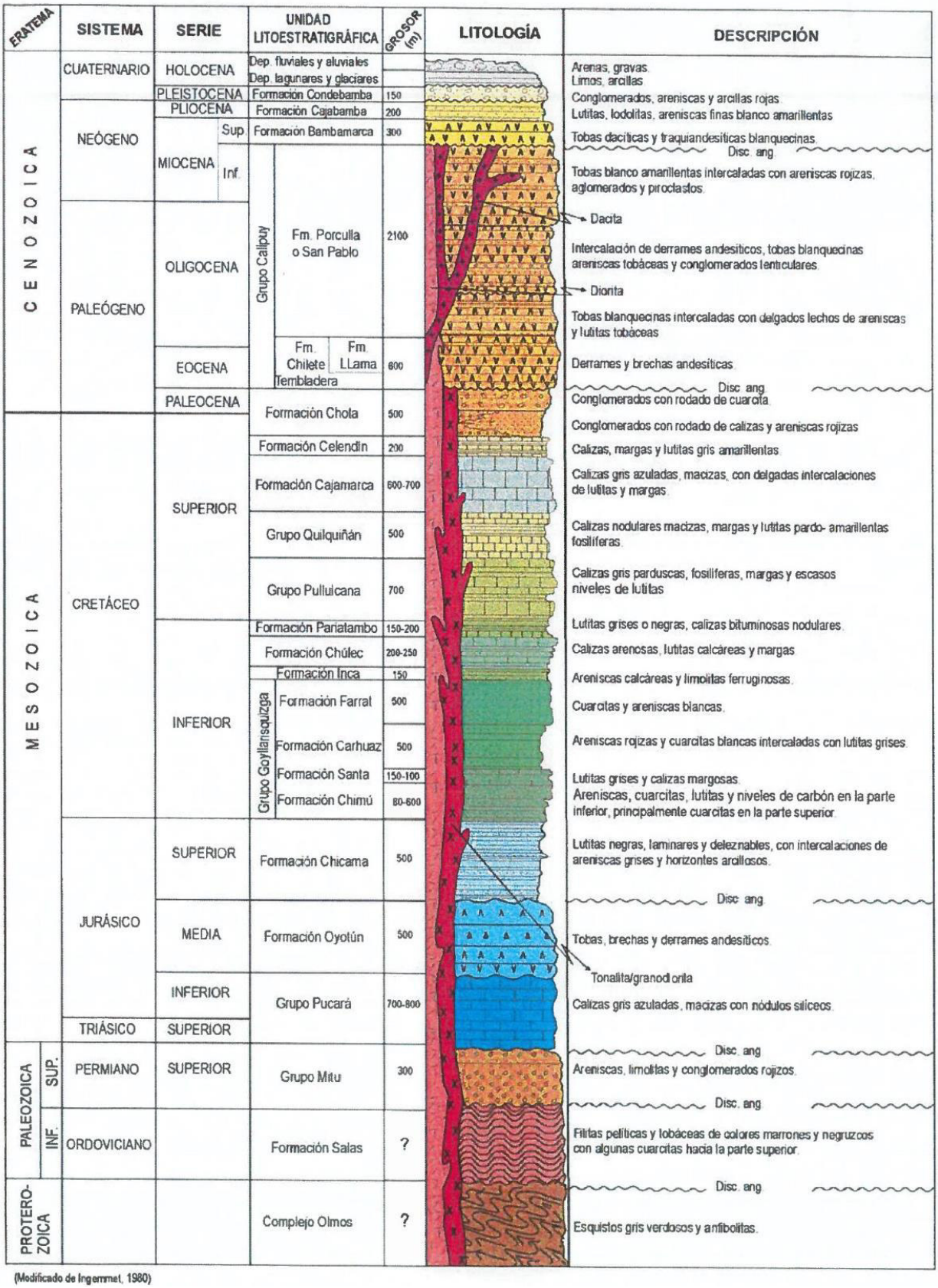


Figura 06. Columna estratigráfica dela región Olmos-Trujillo-Cajamarca. (Modificado de Ingemmet, 1998)

2.4.2 Geología Estructural

Las estructuras de la sierra de La Libertad, están relacionadas directamente con el segundo movimiento del Clico Andino, que definió nítidamente dos provincias estructurales, a saber: La provincia de pliegues y sobreescurrimiento y la provincia imbricada, desarrolladas dentro de la cuenca y en el frente oriental, respectivamente. Secundariamente, existe una tercera estructura superpuesta, constituida por fallas de alto ángulo que cortan la cobertura mesozoica y por las ondulaciones de las rocas volcánicas ligadas al tercer movimiento tectónico (Reyes, 1980).

Se ha observado también plegamientos tardíos, así como falimientos gravitacionales y en menor escala una serie de pequeñas fallas de desgarre, de poco desplazamiento horizontal, aproximadamente normales a las estructuras plegadas (Reyes, 1980). Se describen separadamente las estructuras de acuerdo a los tipos de rocas de la zona:

2.4.2.1 Estructuras en rocas sedimentarias y volcánico-sedimentaria

En los afloramientos en la zona de estudio (Formaciones del Jurásico Superior y Cretáceo inferior), existen estructuras plegadas consistentes de una serie de anticlinales y sinclinales bien desarrollados y con numerosos pliegues secundarios, con estructuras de rumbo promedio SE-NW y gradualmente se inflexionan hasta tomar una dirección Este-Oeste. Estas anomalías se pudieron haber originado según Cossio (1967) por:

a) Proximidad al límite septentrional del límite de la cuenca de deposición de los sedimentos mesozoicos en esta región.
b) Diferente comportamiento de las rocas que componen el substratum (Formaciones Mesozoicas).

c) Fallas de basamento con dirección E –W (Controlando toda la zona estudiada y sirviendo para la generación de joins estructurales con las estructuras andinas).

2.4.2.2 Estructuras en rocas volcánicas

Las estructuras en el Grupo Calipuy consisten en anticlinales y sinclinales amplios, de flancos muy suaves, generalmente echados (10° a 20°). Estos rasgos estructurales sugieren que la orogenia andina del eoterciario afectó en forma moderada al Volcánico Calipuy (Cossio, 1967).

2.4.2.3 Estructuras en las rocas intrusivas

Las rocas intrusivas presentan diversos sistemas de diaclasamiento; los principales sistemas son: NW – SE (Andino), NE – SW (Trasandino) y E – W (Chimú Andes Trend). También los plutones están afectados por fallas, principalmente de tipo normal (Cossio, 1967).

2.4.2.4 Corredor Estructural Santa-Huamachuco

Es un cambio de orientación Andina de NNW a casi EW con una zona estructural transandina NNE, originadas por rotación de bloques como domino – en echelón (Tankard, 2002); este corredor estructural al igual que el corredor Chicama – Yanacocha posee alineamientos interpretados por imágenes satelitales (Quiroz, 1997). En este corredor se presentan fallas transversales al rumbo andino con eventos magmáticos alineados en la misma dirección y mineralización metálica (Sáez, 2005).

2.4.3 Geología Local

2.4.3.1 Estratigrafía

2.4.3.1.1 Formación Chimú

Conformada por una secuencia de areniscas, cuarcitas y lutitas ocasionales en la parte inferior; la parte superior consta de una potente secuencia de areniscas cuarzosas blancas.

La formación Chimú es la roca principal para la mineralización epitermal aurífera en la zona de estudio, y ha sido subdividida en tres miembros descritos a continuación:

- **Miembro de Transición (130m):** consiste de areniscas laminadas de grano fino a medio intercaladas con limolitas y lodolitas y en una facie transicional entre la Formación Oyón mas lutácea y el Miembro Inferior de la Formación Chimú más areniscosa.

- **Miembro Inferior (125 m)**: Consiste de areniscas compactas con estratificación gruesa y granulometría media a gruesa la que, debido a su naturaleza quebradiza, se encuentra fracturada y frecuentemente brechada y constituye la principal roca huésped sedimentaria en la zona de estudio. Además de albergar mineralización de Au de alta sulfuración en gran parte de la sierra de La Libertad, en minas como: Lagunas Norte, El Toro, La Virgen, La Arena y Santa Rosa.

- **Miembro Superior (150m)**: consiste de una secuencia mixta de areniscas de grano grueso, limolitas laminadas y lodolitas carbonáceas.



Figura 08. Banco 3350. Limo-areniscas color marrón claro paralela a la arenisca.



Figura 09. Contacto intercalaciones lutita y limolita; carbón bituminoso y arenisca de grano medio sin mineralización de Au



Figura 10. Vista NW-SE. Contacto SD – FPA buzando hacia el SE (por debajo del Pórfido).



Figura 11. Proyecto 017. Contacto Arenisca de grano medio + óxidos moderado en fracturas con FPA argilizado + py diseminada y Carbón bituminoso.

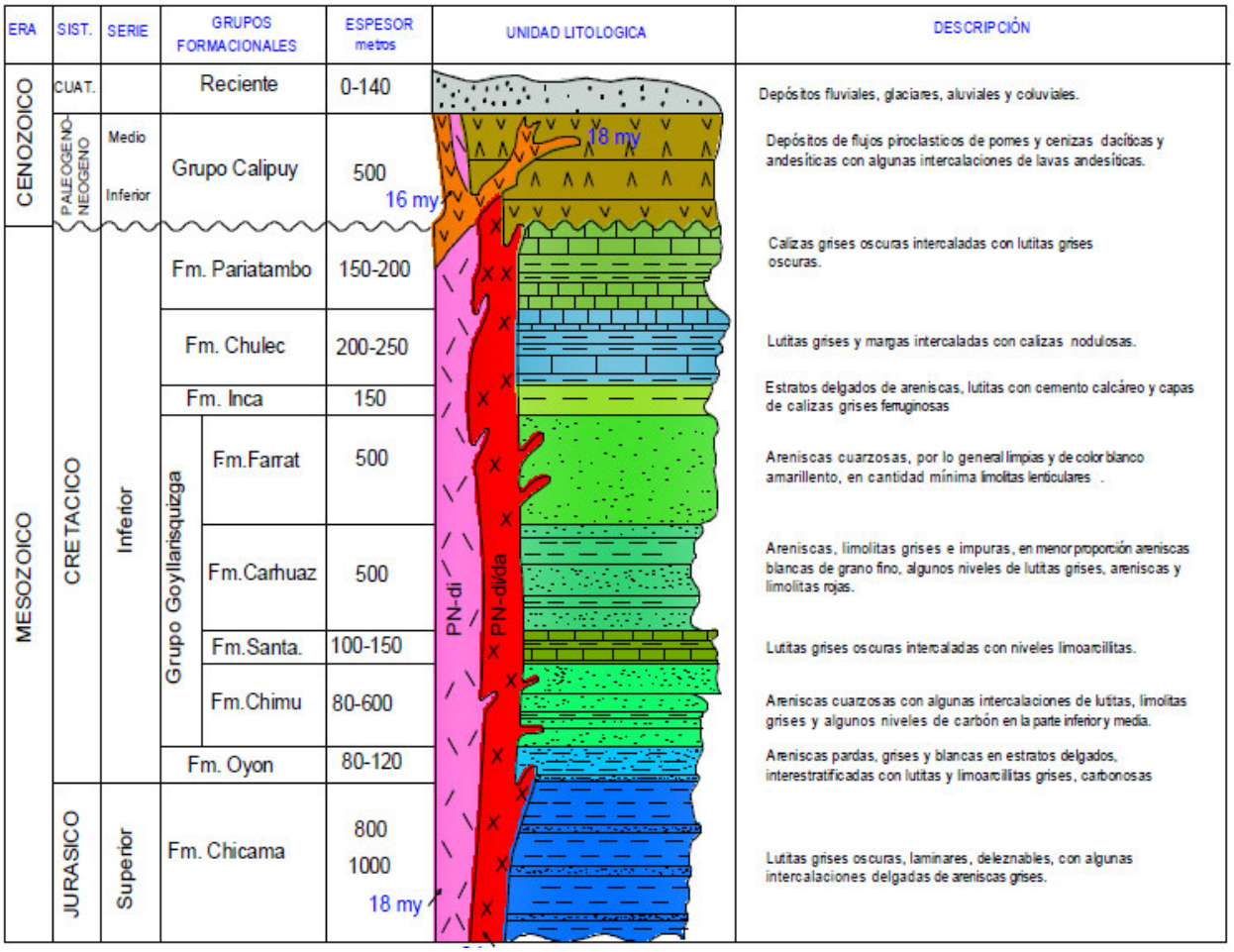


Figura 07. Columna estratigrafía de la zona de estudio. (Modificado por Quirita,V.).

2.4.3.2 Mineralización

En la zona de estudio se tiene un sistema hidrotermal con dos tipos de mineralización: un pórfido y una brecha de contacto. Ambos, provenientes de una misma fuente relacionada directamente a la actividad magmática residual del cuerpo intrusivo de mediana acidez, emplazado a lo largo de una estructura principal profunda NW-SE.

La mineralización aurífera está contenida principalmente en las fracturas y brechas de los sedimentos clásticos, como areniscas y cuarcitas. La pirita primaria ha sido transformada esencialmente a limonita, goethita y en menor proporción, a jarosita y hematita.



Figura 12. Estratos inclinados de Arenisca cuarzosa con FeO en los planos de estratificación en el tajo del yacimiento.



Figura 13. Arenisca gris parduzca de grano media con presencia de py diseminada y en parches; y óxidos moderados (2) en fracturas.



Figura 14. Brecha hidrotermal de fragmentos subangulosos de SD, y una matriz de SD con fuerte carga de óxidos (2).

2.4.3.3 Geología Estructural

La zona de estudio yace dentro de una flexión regional, la que se caracteriza por el cambio de dirección de los ejes del pliegue los que en general tienen una orientación NW-SE, sin embargo, localmente la dirección cambia a N-S. Estos cruces de fallas forman un join estructural donde se emplazó el pórfido hacia la parte oeste del depósito Epitermal de Alta Sulfuración de Au alojado en areniscas de la Formación Chimú. La ubicación de este depósito está controlada por la intersección de las fallas NW-SE y NE-SW.

Se han identificado cuatro sistemas de falla: los primeros dos sistemas tuvieron movimientos compresivos (sistema NW-SE) y dextrales a lo largo del rumbo (sistema N-S), el tercero representa movimientos extensionales (sistema NE-SW) con fallas normales y de rumbo, mientras que el cuarto sistema ha sido reactivado por movimientos compresionales.

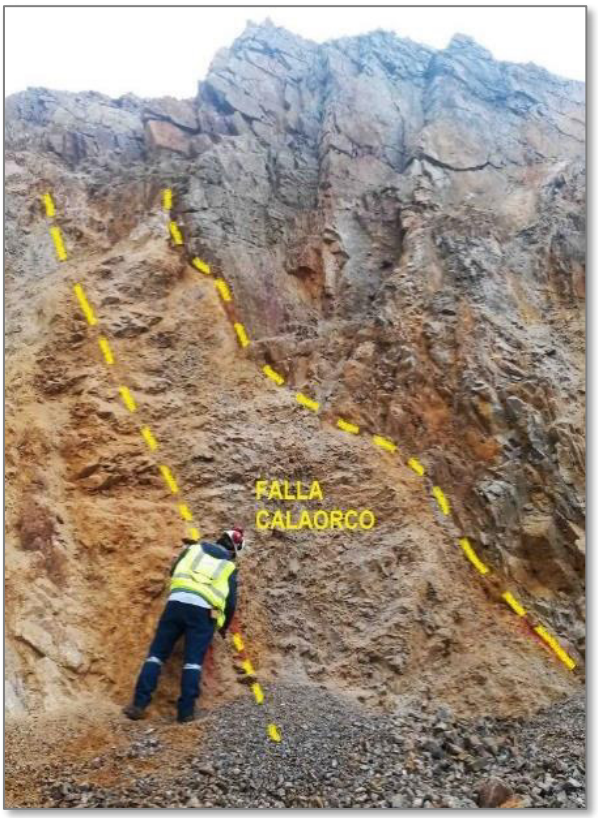


Figura 15. Falla Calaorco al Sureste del Tajo.

2.5 Marco conceptual o Glosario

- **Análisis modal:** El análisis moda o moda es un método para conocer la composición volumétrica de los compuestos que se aglutinan formando las rocas.
- **Anticlinal:** Plegamiento en el cual las rocas estratificadas buzan en sentido contrario (divergen) a partir de un plano denominado axial.
- **Arcillas:** Las arcillas son cualquier sedimento o depósito mineral que es plástico cuando se humedece y que consiste de un material granuloso muy fino, formado por partículas muy pequeñas cuyo tamaño es inferior a 4 micras, y que se componen principalmente de silicatos de aluminio hidratados
- **Arenisca:** Roca sedimentaria constituida por clastos de tamaño de arena (2 – 0.2mm) y una matriz (o cemento) que los engloba.
- **Asociación mineralógica:** Grupo de minerales que se encuentran juntos en una roca, por afinidad mineralógica o por pertenecer a una misma facies.
- **AuCN:** Oro cianurable.
- **AuT:** Oro total.
- **Correlación de Pearson:** El coeficiente de correlación de Pearson es una medida de la relación lineal entre dos variables aleatorias cuantitativas. A diferencia de la covarianza, la correlación de Pearson es independiente de la escala de medida de las variables.
- **Cut off:** Ley mínima de oro económicamente rentable.
- **Deposito epitermal:** El termino epitermal deriva de la clasificación de Lindgren (1933) y se refiere a aquellos depósitos minerales formados a niveles corticales someros (epizona) usualmente a menos de 1 km de profundidad. Los estudios de campos geotermales modernos indican que los depósitos epitermales se forman, en general, a temperaturas entre 160°a 270ǀC y presiones equivalentes a profundidad de 50 a 1000 m.

- **Falla:** Desplazamiento de un bloque rocoso con respecto a otro colindante a éste o de ambos bloques, a través de un plano denominado "plano de falla". Las fallas son producto de esfuerzos tectónicos, producto de la epirogénesis, orogenia, diastrofismo, tectónica de placas o cualquier otro tipo de desplazamiento de parte de la corteza. Una falla ocasiona discontinuidad de las estructuras geológicas.

  Los esfuerzos pueden ser: tensionales, compresionales, verticales (en ambos sentidos) o inclinados, dando lugar a diversos tipos de fallas. Los elementos de una falla son: plano de falla, bloque superior o techo, bloque inferior o piso, desplazamiento de la falla o rechazo, espejo de falla, etc. El reconocimiento de las fallas se hace más fácilmente en las rocas sedimentarias y en las metamórficas de origen sedimentario debido a la discontinuidad de las capas o estratos. En las rocas ígneas la identificación es más difícil y solo es posible su reconocimiento observando detenidamente los espejos de falla o planos de fricción, o cuando existen diques o filones que señalan su desplazamiento a través del plano de falla.

  El estudio de las fallas es de suma importancia para la definición de la geología estructural o de la tectónica de la región. Del punto de vista práctico es de suma utilidad en geología minera para definir la posición o desplazamiento de las vetas mineralizadas o de los cuerpos mineralizados. También es de suma importancia para el estudio de los yacimientos petrolíferos. Tipos de fallas: Oblicua, cruzada, longitudinal, transversal, paralela al plano de estratificación, etc.

- **FPA:** Pórfido feldespático andesítico.

- **Ganga:** Es el conjunto de rocas y/o minerales sin rendimiento económico que contiene minerales de buen valor económico o útiles.

- **Geometalurgia:** La Geometalurgia se define como la clasificación de los minerales de acuerdo con su comportamiento frente a un proceso metalúrgico definido. Los estudios

geometalúrgicos (determinación de características petrográficos y mineralógicas de rocas y minerales, que tienen incidencia en el tratamiento metalúrgico de menas), favorecen la optimización de los procesos metalúrgicos, pudiendo llegar a ser un factor importante a considerar en la evaluación de yacimientos. Además, son de gran utilidad como apoyo a pruebas metalúrgicas y en la interpretación de sus resultados, para el control de calidad mineralógica de una planta en operación y para la planificación futura de operaciones mineras.

- **Lixiviación:** La lixiviación es el proceso metalúrgico que permite extraer un sólido de otro sólido en un medio líquido (imaginemos por un momento que tenemos un dado con puntos negros sumergido en un vaso de agua, si se pudiera extraer los puntos negros del dado en medio del agua diríamos que estamos lixiviándolo). El concepto es simple ya que el dado con puntos es como el mineral con oro donde los puntos negros son como el oro y el medio líquido que permite la operación es en realidad una solución cianurada obtenida como combinación de cianuro, agua y cal. El cianuro es normalmente cianuro de sodio comercial, el agua es agua fresca neutra y la cal se utiliza para elevar el pH de la solución evitando así que se forme el peligroso ácido cianhídrico el cual no podrá formarse puesto que la cal va a proporcionar a la solución un medio básico donde los ácidos no pueden formarse.

  Para lograr el proceso de lixiviación de oro debe acondicionarse una pila de mineral con todas las medidas de estabilidad y seguridad que las buenas prácticas de diseño de ingeniería de minas recomiendan dentro de lo que la legislación permite. Esta pila se denominará Pad de lixiviación y deberá estar dotada de una base impermeable de geomembrana doble con tubo de control diseñada en forma aislada del suelo original del terreno que lo sustenta. De esta manera el mineral dispuesto en la pila podrá ser bañado con la solución cianurada para la extracción del oro

- **Mineragrafía:** Estudio de los minerales opacos por medio del microscopio utilizando la luz reflejada.
- **Mineral:** Sustancia inorgánica u orgánica de propiedades físicas y químicas definidas, que permiten su diferenciación y reconocimiento.

  Propiedades ópticas: brillo, color, comportamiento ante la luz (reflexión, refracción, absorción, etc.)

  Propiedades químicas: comportamiento ante ácidos y el agua.

  Propiedades organolépticas: sabor, olor, aspereza, untuosidad, etc.

  Propiedades térmicas y eléctricas: conductor o mal conductor del calor y la electricidad. Ductibilidad y maleabilidad.

  Propiedades físicas:

  - Dureza. - Resistencia a ser rayado, un mineral es más duro que otro cuando éste raya al segundo. La escala de Mohs sirve para reconocer la dureza de manera práctica: 1. Talco; 2. Yeso; 3. Calcita; 4. Fluorita; 5. Apatita; 6. Ortosa; 7. Cuarzo; 8. Topacio; 9. Corindón; y 10. Diamante.
  - Cristalización. - Forma geométrica definida de presentarse un mineral en la naturaleza. Los minerales cristalizan siguiendo ciertas reglas y leyes enmarcadas dentro de los sistemas de cristalización. Estos son: Cúbico, Tetragonal, Rómbico, Hexagonal, Trigonal o Romboédrico (variante del hexagonal), Monoclínico y Triclínico. Ver sistemas cristalinos. Ver Bravais. Clivaje. - Forma de separarse de los minerales siguiendo planos definidos. Ejm. las micas presentan clivaje basal perfecto, el asbesto presenta clivaje prismático perfecto.
  - Fractura. - Forma de romperse de los minerales siguiendo formas definidas. Ejm. el cuarzo tiene fractura concoidal.

- Forma. - Los minerales pueden presentar formas: cristalinas, masivas, amorfas, pseudomorfas, etc.
- Densidad o peso específico. - Es la relación de peso de un mineral con respecto al peso del agua en igualdad de volúmenes. Los minerales componentes de las rocas ígneas se clasifican en:
- De acuerdo a la composición mineralógica de la roca: Acidas, intermedias y básicas. También se les denomina félsicas (ácidas) y máficas o ferromagnesianas (básicas).
- De acuerdo al color: leucócratas, mesócratas y melanócratas.
- De acuerdo a uso: Energéticas, piedras preciosas, metales preciosos, refractarios, etc.

- **Minerales metálicos:** Ferrosos y no ferrosos. Minerales que contienen elementos metálicos. Ejm. Calcopirita, blenda, galena, etc.
- **Minerales no metálicos:** Son los minerales que no contienen metales. Ejm. Las arcillas, los carbones, las rocas calcáreas, etc.
- **Mineralogía:** Ciencia que estudia la naturaleza y formación de los minerales.
- **Mineralización:** Proceso mediante el cual los minerales son introducidos en la roca, dando como resultado la formación de yacimientos minerales de rendimiento económico.
- **Oro cianurable:** Cantidad de oro recuperable en una muestra.
- **Oro total:** Cantidad de oro determinada en una muestra. Se mide en ppm.
- **Oxidación:** Proceso de meteorización química mediante el cual los elementos metálicos o un mineral adicionan a su constitución molecular elementos de oxigeno o del ion oxidrilo (-OH).
- **Óxido**: Son minerales en cuya constitución molecular contienen el elemento oxígeno.

- **Pórfido:** Roca ígnea hipabisal de textura porfiroide, es decir, minerales desarrollados (fenocristales) sobresalientes dentro de una masa fina microgranular (matriz). Ejm. Pórfido labradorítico, pórfido cuarcífero. Término también usado para referirse a los yacimientos minerales diseminados dentro de una masa rocosa. En este caso los minerales metálicos se hallan a manera de puntos u ojos dentro de la masa rocosa. Ejm. Los pórfidos de cobre de Quellaveco, Cuajone, Toquepala, Cerro Verde, Michiquillay, etc.
- **Preg-robbing:** Es el nombre del proceso en el que el material carbonoso en una lixiviación absorbe los complejos de oro y cianuro, por lo que se elimina la solución. A pesar que el pre robbing puede ser un problema para ciertas minas de oro, el proceso se utiliza con ventaja en el método de Carbon in pulp (CIP) que se caracteriza por extraer oro en bajas concentraciones.
- **Plegamiento:** Deformación de las rocas estratificadas, debido a los esfuerzos de compresión, a las propiedades plásticas de éstas y a las condiciones de elevada presión reinantes, tomando formas onduladas. Los plegamientos pueden clasificarse en estructuras arqueadas o convexas y cóncavas o en cubetas.

  También pueden clasificarse en anticlinales, sinclinales, domos, cuencas, homoclinales, monoclinales, pliegues recostados o tumbados, estructuras imbricadas, cabalgamientos, etc. Los plegamientos pueden ser simétricos o asimétricos, dependiendo si el plano axial divide o no en partes iguales a la estructura plegada.
- **Perforación blasthole:** Son perforaciones de aire reverso de extensión corta (6 a 20m) en una malla de voladura. Así mismo, se utiliza como punto extracción de muestras para el respectivo análisis químico.
- **ROM:** Run of mine, Material transportado del Tajo al Pad de manera directa, sin pasar ningún subproceso intermedio.

- **Relación AuCN/AuT:** Es la división del oro cianurable entre el oro total, resultado que indica la recuperación de mineral (oro) en porcentaje.
- **Solución sólida:** Una solución sólida es una solución en estado sólido de uno o más solutos en un disolvente. El soluto puede incorporarse dentro de la estructura cristalina del disolvente bien mediante sustitución, reemplazando cada átomo del disolvente por un átomo del soluto (y formará una solución sólida sustitucional), o bien de forma intersticial, encajándose los átomos de soluto dentro del espacio que hay entre los átomos del disolvente. Ambos tipos de solución sólida afectan a las propiedades del material ya que distorsionan, aunque sea poco, la estructura cristalina y porque perturban la homogeneidad física y eléctrica del material disolvente.
- **Sondajes:** Son perforaciones diamantinas que sirven para extraer testigos de los materiales que se encuentran en el subsuelo. Los sondajes también pueden ser geofísicos tales como: sísmicos, gravimétricos, eléctricos, etc. que nos proporciona datos o información de los comportamientos de los materiales del subsuelo ante los diversos tipos de onda y con ello realizar los estudios correspondientes, para determinar el tipo de roca, estructura geológica, determinación de reservas minerales o petrolíferas.

CAPITULO III

3 Hipótesis y variables

3.1 Hipótesis general

La baja relación AuCN/AuTotal que ocurre específicamente en zonas aledañas al pórfido feldespático andesítico (FPA) de La Arena, sería la principal causa de la generación de nuevos ensambles mineralógicos, solución sólida y/u otros minerales preg-robbing.

3.2 Hipótesis específicas

- El control estructural del área en estudio generará una zona tipo trampa por los fluidos mineralizantes. Así mismo, el Pórfido Feldespático Andesítico (FPA) afectará a las areniscas, produciendo una baja lixiviabilidad o relación AuCN/AuT en ellas.
- La mineralización de sulfuros en las areniscas de La Arena pudo haber sido dado por aporte de los pórfidos tardíos.

3.3 Variables

3.3.1 Variables independientes

Las variables independientes del proyecto son las siguientes:

- Controles geometalúrgicos, relación AuT/AuCN, % pH, Asociaciones mineralógicas, tipo de Roca y mineralización (óxidos y sulfuros)

3.3.2 Variables dependientes

La variable dependiente del proyecto es:

- Yacimiento de alta sulfuración, La Arena.

CAPITULO IV

4 METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN

En este capítulo se presenta la metodología que permitirá desarrollar el presente proyecto de investigación. Se muestra aspectos como el tipo de investigación, las técnicas y procedimientos que fueron utilizados para llevar a cabo dicha investigación.

4.1 Alcance y diseño de investigación

4.1.1 Alcance de investigación

Existen varios alcances de investigación científica dependiendo del método y de los fines que se persiguen. La investigación, de acuerdo con Cervo y Bervian (1989) la define como "una actividad encaminada a la solución de problemas. Su objetivo consiste en hallar respuesta a preguntas mediante el empleo de procesos científicos". (pág. 41). "Una misma investigación puede abarcar fines exploratorios, en su inicio, y terminar siendo descriptiva, correlacional y hasta explicativa, todo depende de los objetivos del investigador" (Hernández et al. 2010).

De acuerdo con el presente estudio referido a la baja lixiviabilidad o relación AuCN/AuT en la zona de estudio de la empresa minera, la investigación abarca un alcance exploratorio, en su inicio, y termina siendo explicativo. "Este alcance de investigación exploratoria tiene como

objetivo familiarizarnos con un tópico desconocido o poco estudiado o novedoso; así mismo el explicativo, busca encontrar las razones o causas que provocan ciertos fenómenos" (Hernández et al. 2010).

4.1.2 Diseño de investigación

"El diseño de investigación constituye el plan general del investigador para obtener respuestas a sus interrogantes o comprobar la hipótesis de investigación. El diseño de investigación desglosa las estrategias básicas que el investigador adopta para generar información exacta e interpretable". (Martínez, s.f). El estudio propuesto se adecuo a los propósitos de la investigación no experimental (Transeccional - correlaciónales-causales) en función a los objetivos definidos en el proyecto.

La investigación no experimental es la que se realiza sin manipular deliberadamente las variables independientes; se basa en categorías, conceptos, variables, sucesos, comunidades o contextos que ya ocurrieron o se dieron sin la intervención directa del investigador. La investigación no experimental también se conoce como investigación ex pos-facto (los hechos y variables ya ocurrieron), y observa variables y relaciones entre estas en su contexto natural (Hernández, 2010, p, 165).

Los diseños transeccionales realizan observaciones en un momento único en el tiempo. Cuando recolectan datos sobre una nueva área sin ideas prefijadas y con apertura son más bien exploratorios; cuando recolectan datos sobre cada una de las categorías, conceptos, variables, contextos, comunidades o fenómenos, y reportan lo que arrojan esos datos son descriptivos; cuando además describen vinculaciones y asociaciones entre categorías, conceptos, variables,

sucesos, contextos o comunidades son correlaciónales, y si establecen procesos de causalidad entre tales términos se consideran correlaciónales-causales (Hernández, 2010, p, 165).

Como todo proyecto geológico, la modalidad del mismo está regido por la probabilidad e incertidumbre. Empleándose así una serie de instrumentos y técnicas de recolección de información de los resultados y demás. Para ello hubo que cumplir tres etapas, la primera está referida con la delimitación del objeto de estudio y la elaboración del marco de estudio, la segunda etapa implica la obtención de resultados y realización de la evaluación del volumen con baja relación AuCN/AuT (lixiviabilidad) en la zona de estudio; y la tercera corresponde a proponer mejoras administrativas y de ingeniería para la factibilidad en la recuperación.

4.2 Instrumentos de investigación

Para el desarrollo de esta investigación es necesario utilizar materiales y herramientas que permitan realizar un óptimo trabajo, con el fin de obtener más conocimientos de la realidad del problema.

Para la realización de los procedimientos será necesario utilizar de manera directa y/o indirecta las siguientes herramientas y materiales:

- Perforadora diamantina.
- Pruebas metalúrgicas.
- Análisis químico.
- Mapeo geológico
- Gabinete (Interpretación)
- Software minero.

Como también:

- Equipo de campo: 01 picota, 01 brújula, 01 GPS, plano geológico escala 1: 1 000, 01 lupa de 14X y lupa de 20X, 01 lápiz rayador imán, 01 libreta de campo, 01 protactor de diferentes escalas, lápices de colores, 01 wincha de 50m, 01 tablero, etc.

- Equipo de gabinete: Plano geológico a escala 1: 1 000, plano geoquímico a escala 1: 1000, 01 computadora, Base de datos de campañas de infill drilling (RC), Software: Vulcan 9.1, ArcGis, Target for ArcGis, Autocad 2013, Photoshop CC.

4.3 Procesos

La necesidad de procesos y/o actividades eficientes serán variables importantes para la credibilidad y veracidad del proyecto. Los procesos a realizar son:

- Pruebas metalúrgicas (columna y botella).
- Análisis mineralógico de grado de liberación por microscopia óptica de luz reflejada, difracción de rayos X y microscopia electrónica de barrido.
- Análisis granulométrico.
- Perforación diamantina (DDH).
- Reanálisis de taladros de perforación aire reverso (RC) (AuTotal, AuCN, PH, %Cu, Ag).

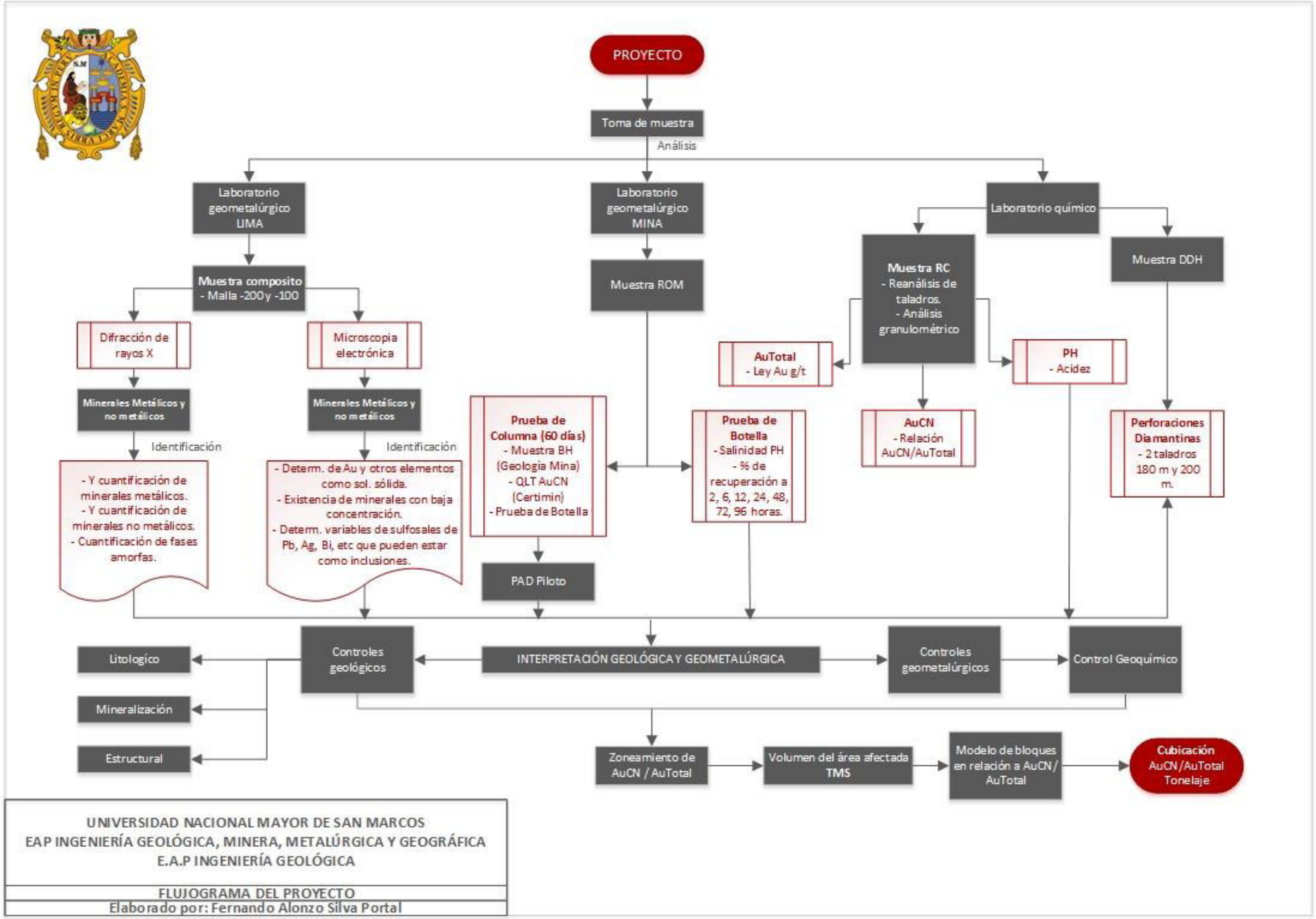


Figura 17. Flujograma del proyecto en estudio.

4.4 Desarrollo y/o Procedimiento

El desarrollo de los procesos mencionados anteriormente se basó de acuerdo a la información disponible en el transcurso de la realización del proyecto.

4.4.1 Análisis granulométrico

Como inicio del análisis, se muestreo el polígono 153416019 de grade control para la realización del análisis granulométrico del cual se hizo el tamizado con las siguientes mallas: +1'', +1/2'', -1/2'', +10, -10, +65, -65, +200 y -200.

FECHA	ORIGEN	BANCO	PROYECTO	ESTE	NORTE
26/02/2015	TAJO	3416	19	715961	8126546

Con la toma de muestra del polígono mencionado, se prosiguió con el secado y pesaje de la muestra en el laboratorio químico de la arena, obteniendo: **38.18 kg.**



Figura 18. Laboratorio químico. Material después del secado.

Secado a una temperatura promedio de 64 ºC. Como se observa en la siguiente figura:



Figura 19. Laboratorio químico. Temperatura de secado de material.

Siguiendo con el proceso, se separó visualmente los clastos mayores a 1” para luego realizar el tamizado granulométrico con el RO-TAP para las mallas +1’’, +1/2’’, -1/2’’, +10, -10, +65, -65, +200 y -200.



Figura 20. Laboratorio metalúrgico. Material en el RO-TAP para el tamizado.

Luego de finalizar el tamizado en el RO-TAP, se obtuvieron las siguientes muestras separadas granulométricamente:



Figura 21. Muestras granulométricas. Material separado en las mallas trabajadas.

Los resultados obtenidos en este proceso se apreciarán en el capítulo V.

4.4.2 Caracterización mineralógica

Como parte del análisis y recopilación de datos en la zona de baja lixiviabilidad, se realizó siguientes estudios en un laboratorio externo: Análisis mineralógico de grado de liberación, difracción de rayos x y microscopia electrónica.

Las muestras los análisis en mención, se obtuvieron del banco 3416, piso del proyecto 019 de la zona de contacto arenisca – pórfido feldespático andesítico (SD – FPA). Se recolecto 03 muestras compositadas de la zona para el respectivo análisis.

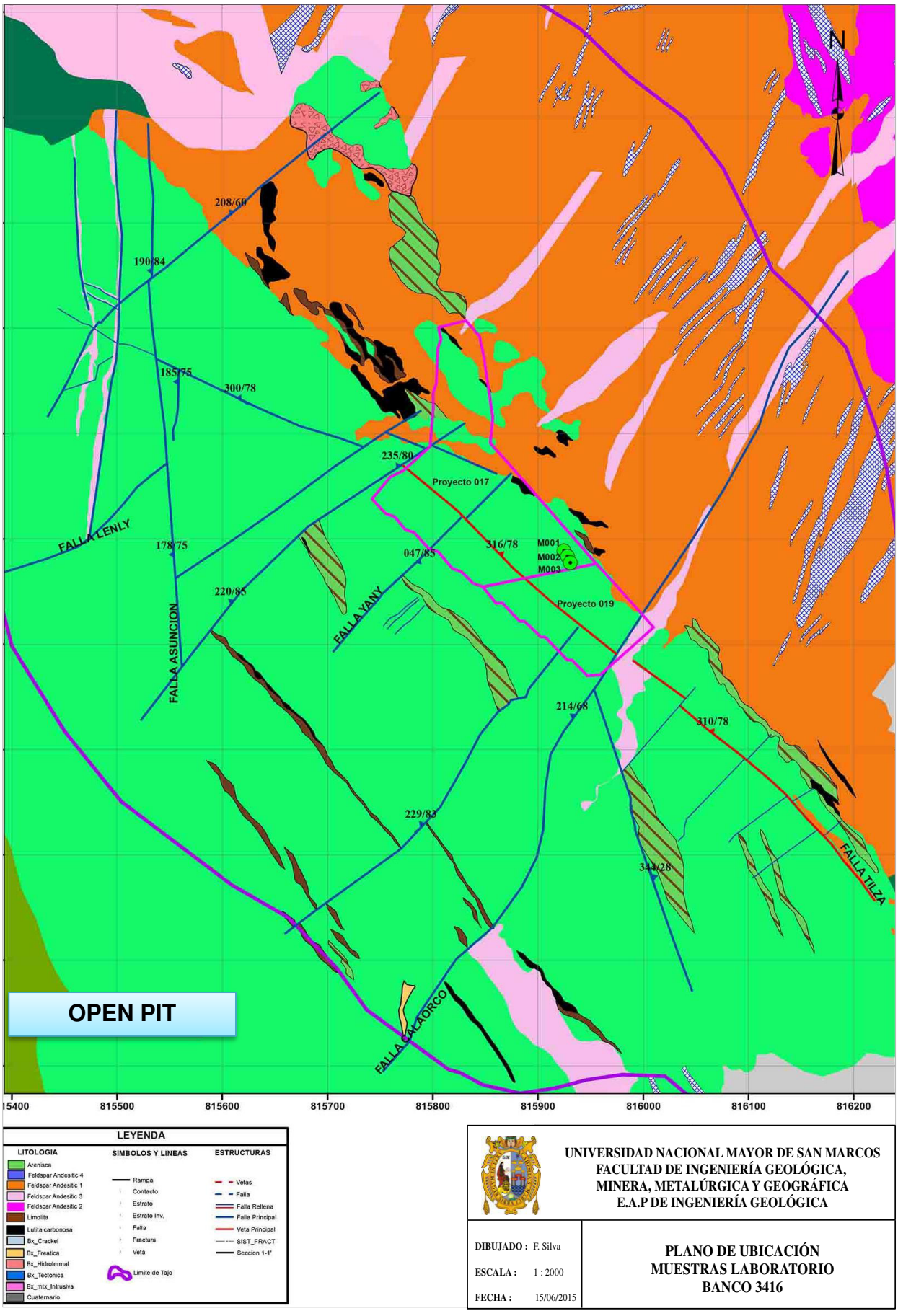


Figura 22. Plano de ubicación de muestras enviadas al Laboratorio externo.

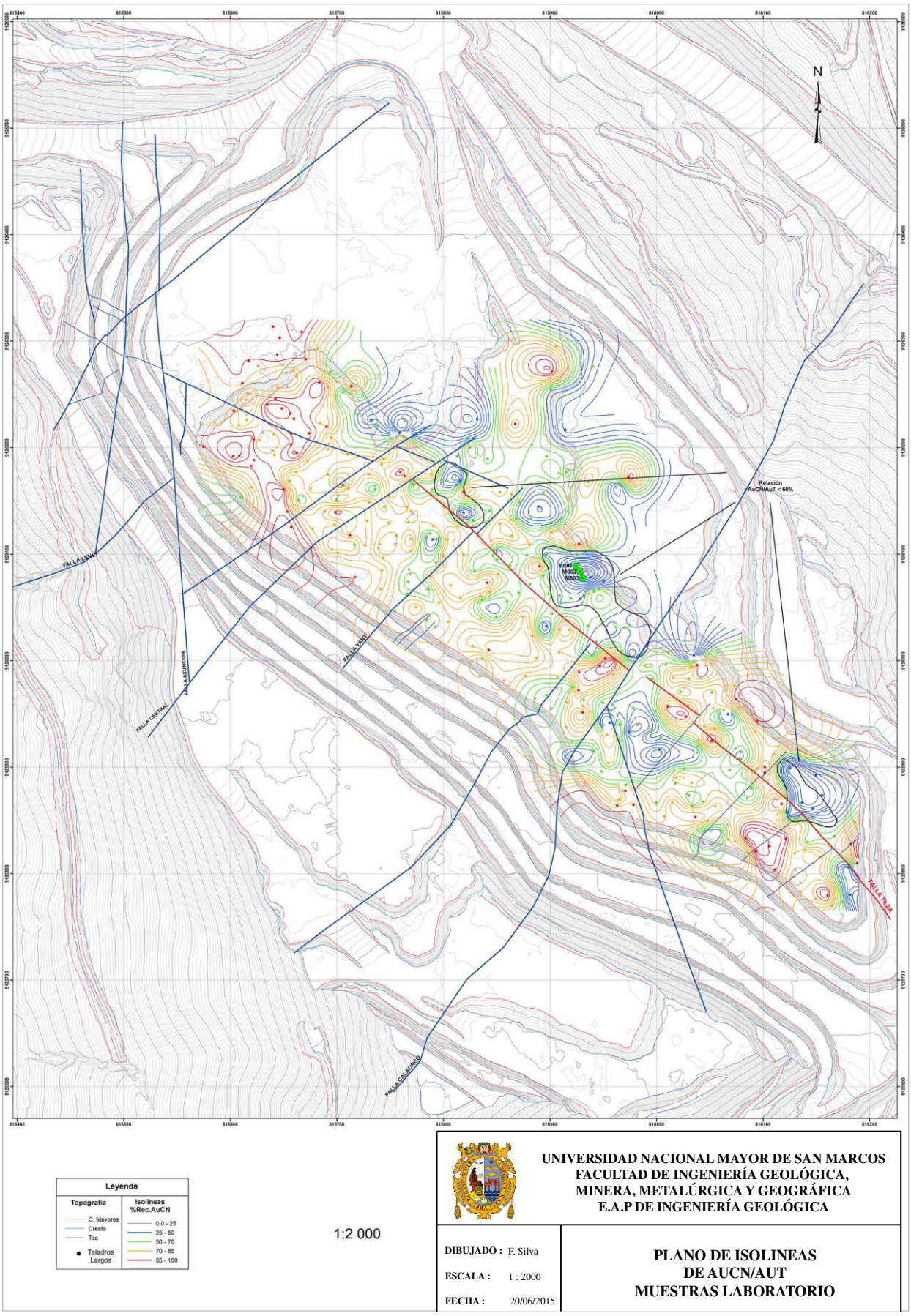


Figura 23. Plano de Isolineas de relación AuCN/AuT. Toma de muestras en la zona 1 de baja lixiviabilidad.

A continuación, se observa los puntos de muestreo al detalle:

a) Muestra 01





Descripción de Muestra 01:
L: Arenisca cuarzosa, color gris claro de grano medio a grueso. // A: Silicificación moderada a fuerte. // M: Jarosita (1.5%) + Goethita (1%) en fracturas + Turgita (0.5%) + Pirita (1%) en diseminado.

b) Muestra 02





Descripción de Muestra 02:
L: Arenisca cuarzosa, color gris claro de grano medio a grueso, por partes presencia de brechamiento (crackel breccia). // A: Silicificación moderada (venilleo y rellenos de Qz). // M: Limonita (1.5%) + Goethita (1%) en fracturas y diseminado en la mtz roca + Hematita (<0.5%) + Pirita (1–1.5%) en fracturas y diseminado + cp, cal y en trazas.

c) Muestra 03





Descripción de Muestra 03:
L: Arenisca cuarzosa – Arenisca (Brecha Crackel) color gris claro de grano medio a grueso. // A: Silicificación moderada. // M: Goethita (1.5%) + Limonita (0.5%) + Jarosita (0.5% - Tz) + Pirita fina diseminada (1%), calcosita (<0.5%).

4.4.3 Taladro geometalúrgico con perforación diamantina

La ubicación de los taladros geometalúrgicos fueron realizados en base a los drillholes ejecutados en campañas anteriores por AuCN, como también el plano de lixiviabilidad basado en los talaros Blastholes.

Se propusieron dos taladros geometalúrgicos en las zonas críticas de baja relación de AuCN/AuT, CA-M15-001 y CA-M15-002, los cuales alcanzaron profundidades de 180 m y 200 m respectivamente.

Las coordenadas de ubicación, ángulos de inclinación de los dos taladros diamantinos, se presenta a continuación:

SECTION	HOLE ID	EASTING (WGS84)	NORTHING (WGS84)	ELEVATION (m)	DEPTH	AZIMUTH	DIP
6025	**CA-M15-001**	755873.903	8227025.111	3416.520	180.00	270°53'16"	-64°09'59"
6075	**CA-M15-002**	755710.892	8227064.368	3416.200	200.05	268°12'41"	-76°52'22"

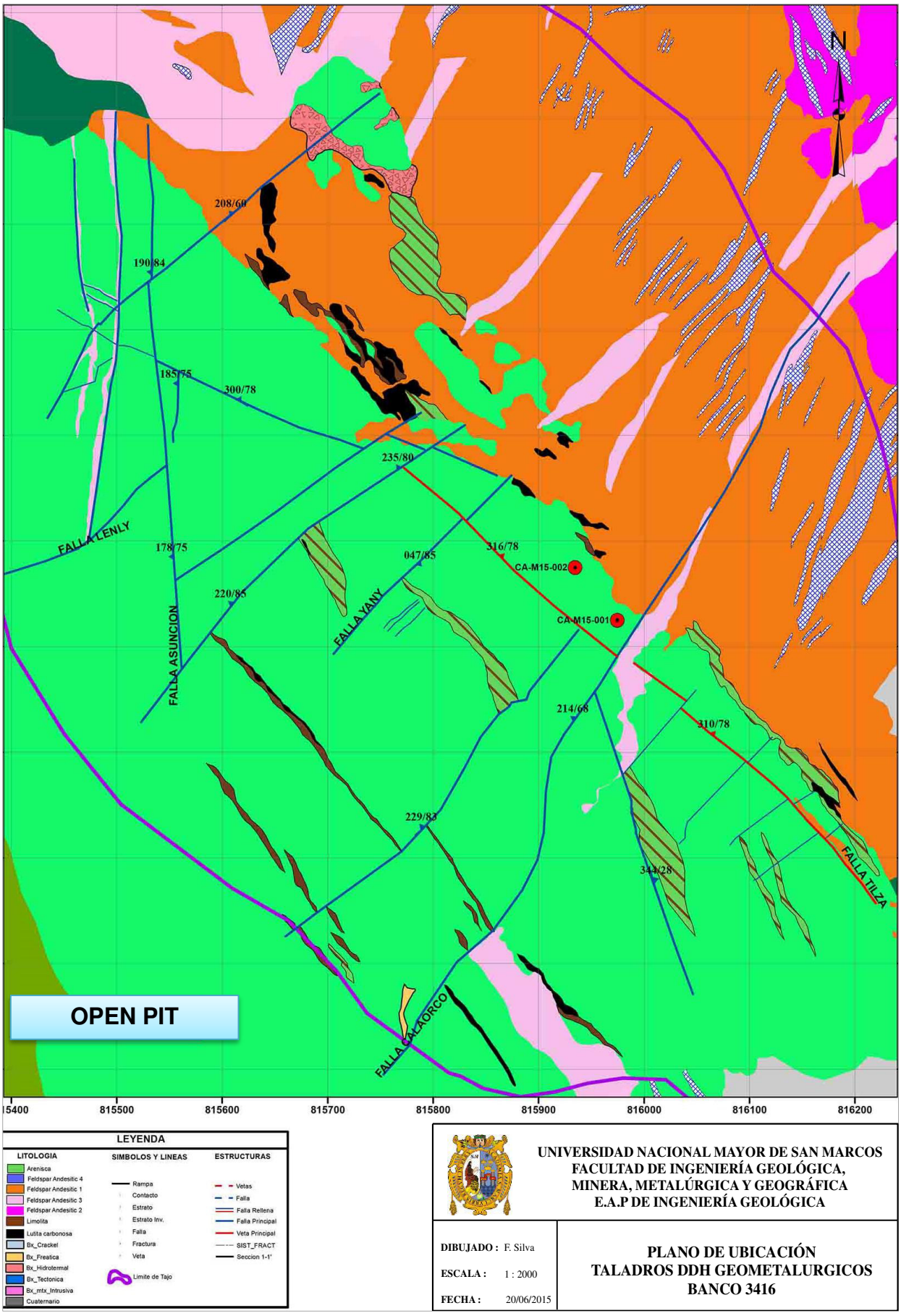


Figura 24. Plano de ubicación de taladros diamantinos realizados.

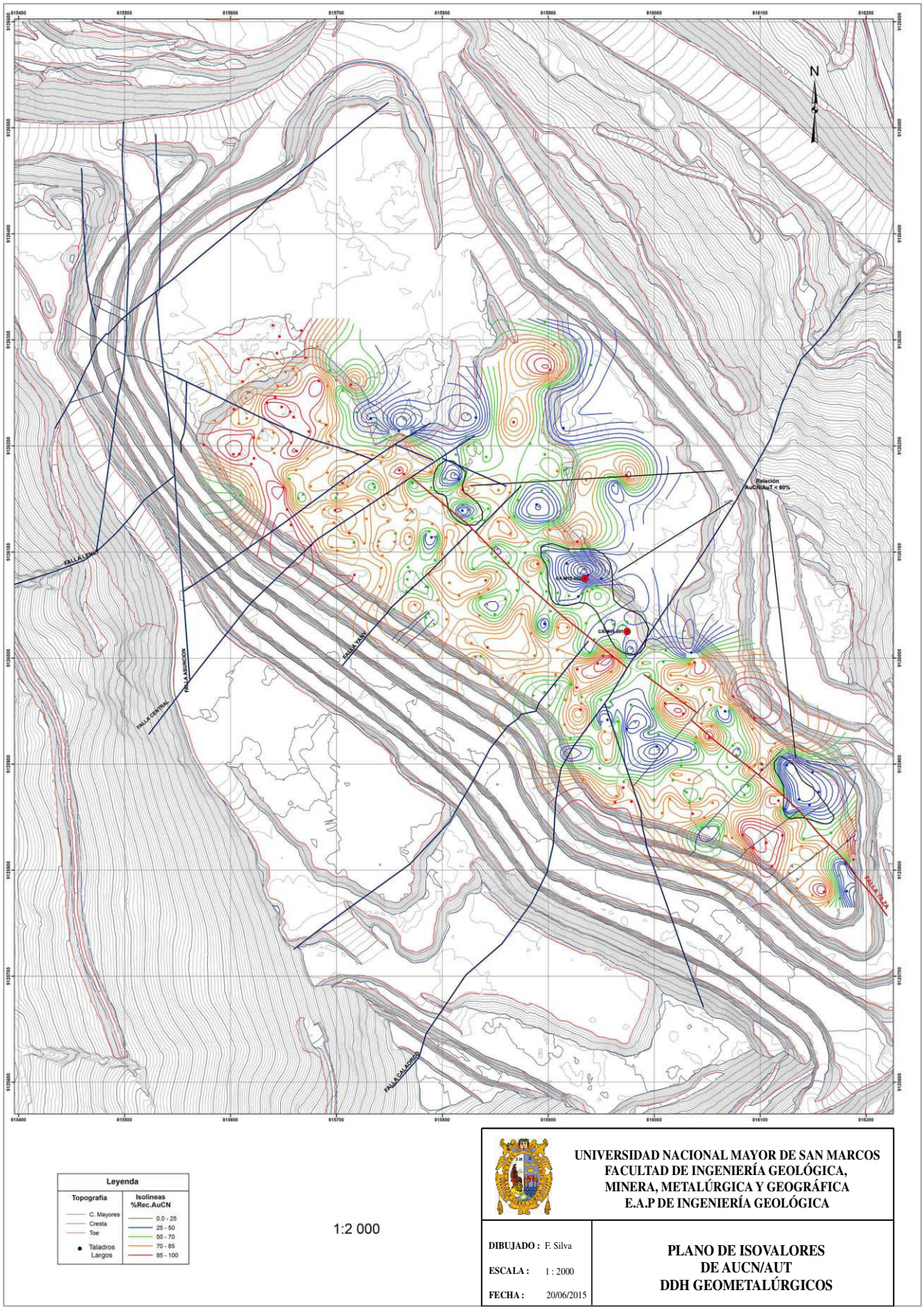


Figura 25. Plano de Isolineas. Puntos de DDH en zona de baja relación AuCN/AuT



Figura 26. Perforación diamantina CA-M15-001, lado Sureste del Tajo, zona de baja lixiviabilidad.



Figura 27. Medición del taladro geometalúrgico con el CA-M15-001.

La finalidad de estos taladros geometalúrgicos fue la obtención de información a profundidad de la caracterización mineralógica (ensamble mineralógico, etc.) de las zonas crítica.

Además, se realizó un logueo geometalúrgico clasificándolo en tres unidades geológicas, las cuales fueron muestreadas de acuerdo a este patrón y enviadas para la realización de pruebas metalúrgicas (por columnas) (procedimiento en proceso por parte de Laboratorio Metalúrgico).

UG	
UG 1	Óxidos
UG 2	Sulfuros bajo contenido (mixto)
UG 3	Sulfuros alto contenido

Tabla 01. Unidades geológicas identificadas.

Según el logueo geometalúrgico, la UG 1 es la que prevalece seguida por la UG2 y subsiguiéndole la UG 3.

4.4.4 Reanálisis de pulpas de sondajes de aire reverso (RCD)

Según el plano de lixiviabilidad (relación AuT / AuCN) realizado respecto a los taladros Blastholes para el banco 3424 del Open Pit, se identificaron zonas de baja lixiviabilidad (baja relación AuCN/AuT).

Estas zonas en evaluación como se mencionó anteriormente, se localizan a lo largo del contacto Arenisca (SD) – Pórfido Feldespático Andesítico (FPA) del Open Pit. Cabe mencionar que existen dos zonas críticas según el plano de lixiviabilidad.

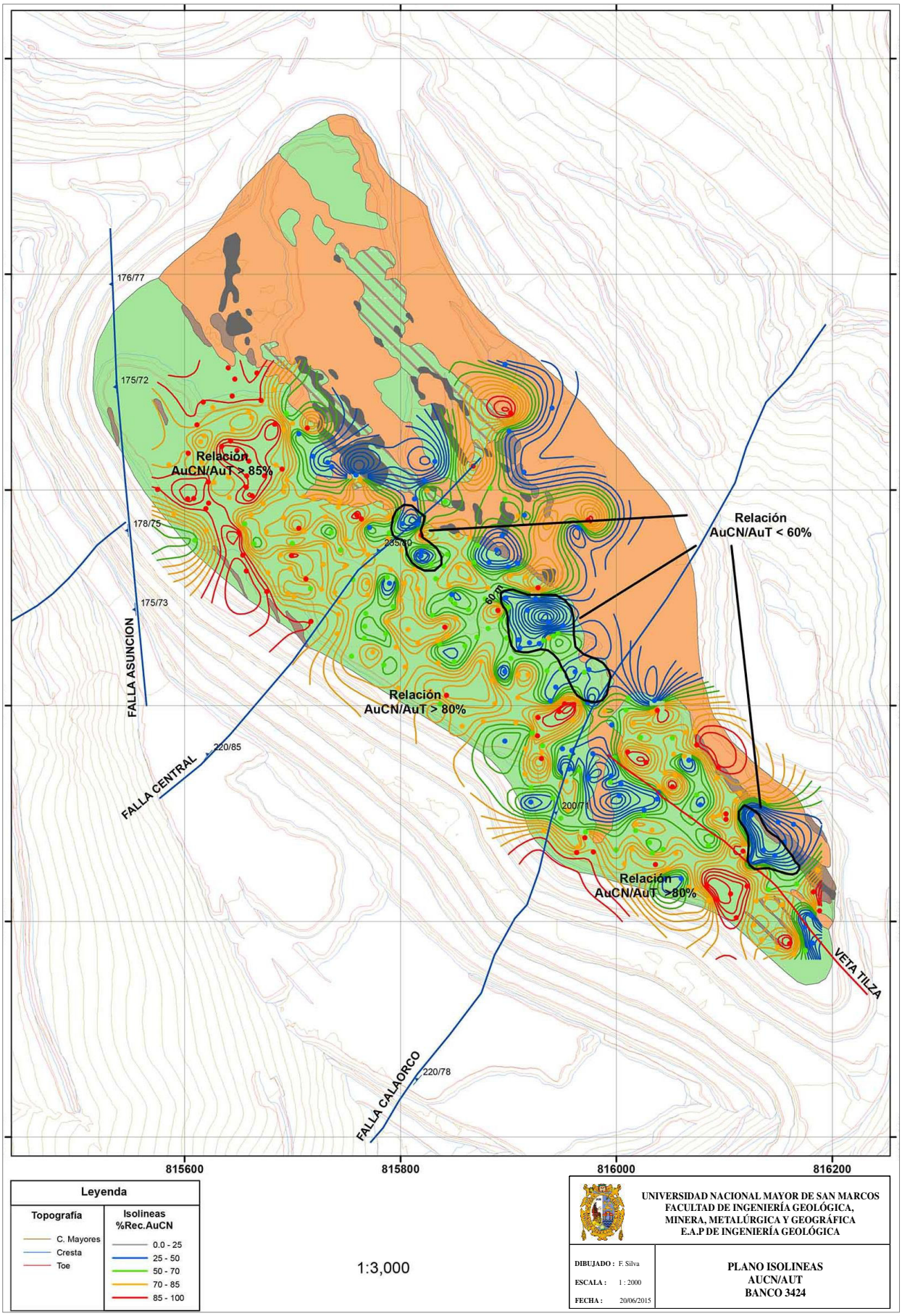


Figura 28. Plano de lixiviabilidad –Banco 3424. Zonas críticas en color azul.

Los parámetros usados en la identificación de los taladros RCD a utilizar en el reanálisis de pulpas fueron: plano de Lixiviabilidad y zonas de baja relación de AuCN/AuT (25-50 % y 50-70 %).

La identificación de estos taladros se basó en la cercanía a las zonas críticas del plano de lixiviabilidad. La longitud de reanálisis de pulpas de los sondajes RCD, presento ciertos parámetros como:

- Nivel actual del Tajo de La Arena.
- Tramos tomados desde el contacto areniscas (SD) – Pórfido feldespático andesítico FPA (Solo se reanalizo la arenisca).
- Dirección del taladro RC, **paralelo** y perpendicular al intrusivo (FPA).

Se identificó 11 sondajes RCD según los parámetros mencionados anteriormente (Ver tabla 02) de los cuales se encontraron solo 7 sondajes RCD.

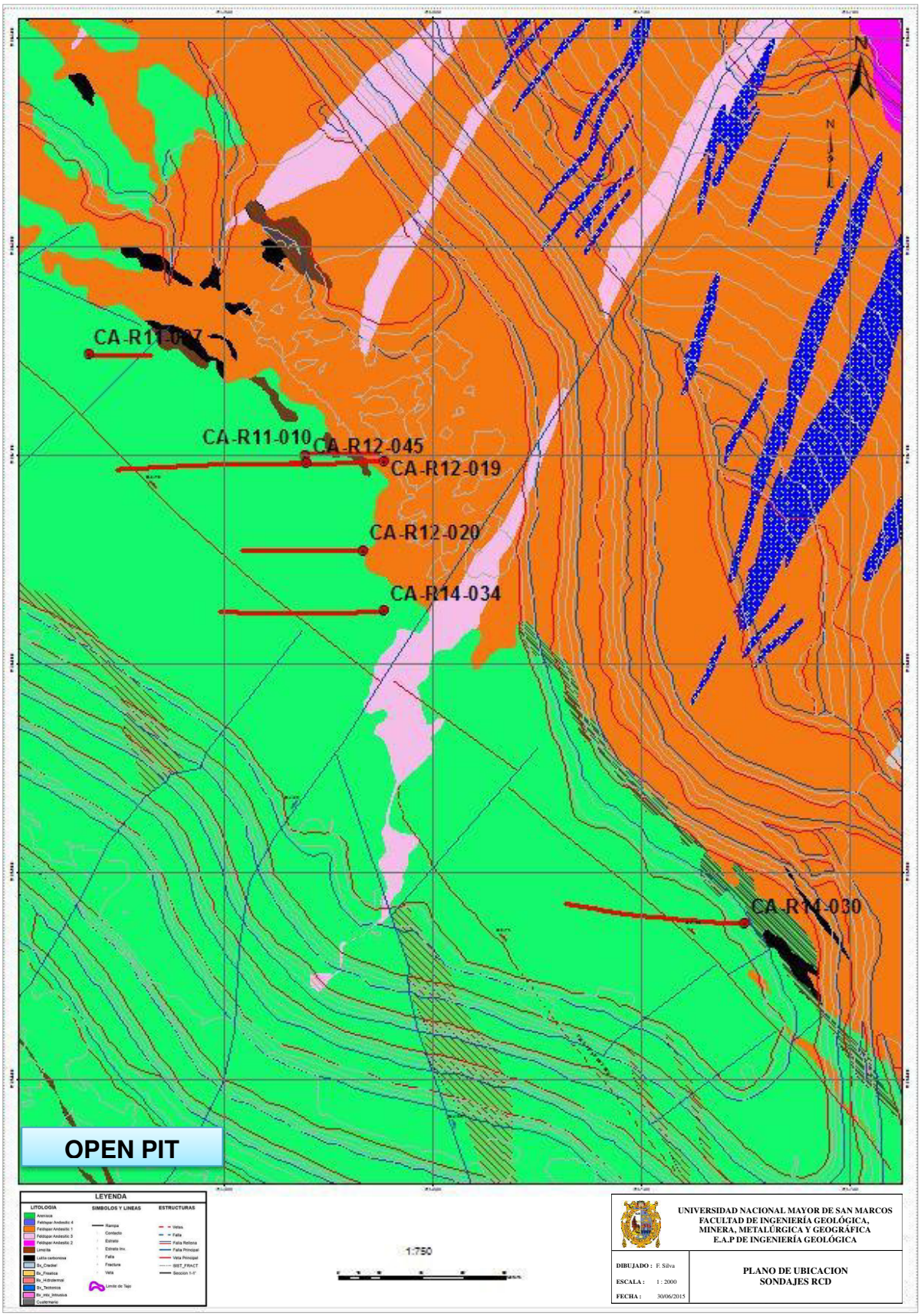


Figura 29. Plano de ubicación de sondajes RCD..

SONDAJES REANALIZADOS							
SECCIÓN	ID	ESTE	NORTE	COTA	FROM	CONDICION	CARACTERISTICAS
5875	CA-R14-030	716251.0	8169875	3416	36	Ejecutado	Dirección E-W perpendicular al contacto FPA/SD
5900	CA-R12-014	716836.5	8168900	3416	73	No encontrado	Dirección E-W perpendicular al contacto FPA/SD
600	CA-R11-020	716977	8126800	3416	117	No encontrado	Corta Falla Calaorco W-E paralelo al contacto FPA/SD
6000	CA-R12-009	716841	8126089	3416	98	No encontrado	Corta Falla Calaorco E-W perpendicular al contacto FPA/SD
6025	CA-R14-034	716977	8126325	3416	37	Ejecutado	Dirección E-W perpendicular al contacto FPA/SD
6050	CA-R12-020	719967	8128554	3416	62	Ejecutado	Dirección E-W perpendicular al contacto FPA/SD
6100	CA-R12-019	716977	8196897	3416	76	Ejecutado	Dirección W-E paralelo al contacto FPA/SD
6100	CA-R11-010	715839	8196100	3416	106	Ejecutado	Dirección W-E paralelo al contacto FPA/SD
6100	CA-R12-045	715540	8128996	3416	52	Ejecutado	Dirección E-W perpendicular al contacto FPA/SD
6100	CA-R12-016	716633	8125900	3416	3416	No encontrado	Dirección W-E paralelo al contacto FPA/SD
6100	CA-R11-007	715935	8126548	3416	76	Ejecutado	Dirección W-E paralelo al contacto FPA/SD

Tabla 02. Sondajes RCD reanalizaos en la zona de estudio.

En el capítulo V se presentarán los resultados e interpretación del proceso descrito anteriormente.

4.4.5 Prueba metalúrgica

Debido a la obtención de una baja relación AuCN/AuT en el Proyecto C153416017, se procedió al envío de muestras de mineral del proyecto mencionado para las subsiguientes pruebas metalúrgicas.

Se muestreo mineral de baja y alta ley de la zona de estudio para el análisis del mismo en la prueba de cianuración en el Laboratorio metalúrgico, los resultados se comentarán líneas abajo, Control Metalúrgico.

Tabla 03. Ubicación y descripción de las muestras enviadas a L.M

COLUMNA	TIPO DE ROCA	COORDENADAS			PROYECTO	DESCRIPCION
		ESTE	NORTE	ELEV.		
5	ARENISCA (alta ley)	718355	8126960	3416	17	Arenisca con silicificación moderada a fuerte, oxidación (Goe y Lim), presencia de arcillas y trazas de mineral de Cu (Ox, Sulf)
6	ARENISCA (baja ley)	715895	8126396	3424	13	Arenisca Gris clara, oxidación moderada(Lim) y fracturamiento moderado, minerales de Cu débil
7	ARENISCA (alta ley)	719936	8126785	3416	17	Arenisca con silicificación débil, oxidación débil (Goe y Lim), presencia de arcillas y Sulfuros de Cu
8	ARENISCA: 50% alta ley (1er envio) + 50% baja ley	Blending al 50% de la muestra de las columna 5 y 50% muestra columna 6			17 Y 13	Blending

A continuación, se describirá el procedimiento realizado en el laboratorio metalúrgico para la obtención de resultados de % de recuperación del oro respecto al material muestreado.

4.4.5.1 Prueba de alcalinidad

La prueba de alcalinidad consistió en determinar el pH natural del mineral y el consumo de cal para llegar a un pH mínimo de 10.5, estando a estas condiciones, no se tendrá perdidas de cianuro en forma de gas cianhídrico, el cual sería muy dañino para la salud y también distorsionaría el balance del consumo de este reactivo.

La prueba se realizó en bidones de plástico de 20 Lt de capacidad, con 2 Kg de mineral y 4 Lt de agua, se agitó durante 24 hr. Al inicio se dejó agitando las botellas durante 6 horas para determinar el pH natural del mineral; los controles de pH y consumo de cal se realizaron a las 2, 6, 12, 18 y 24 hr, en estos controles se adicionaba cal para mantener un pH mínimo de 10.5.

4.4.5.2 Prueba de cianuración por agitación en botella

La prueba se realizó en bidón de plástico de 20 Lt de capacidad, con 2 kg de mineral y 4 Lt de agua y se agitó durante 96 horas. Estabilizando el pH constantemente; se inició la prueba con la adición de Cianuro de Sodio, luego los controles se realizaron a las 2, 6, 12, 24, 48, 72 y 96 horas, en estos controles se tomó 20 ml de alícuota para analizar el CN-, pH y análisis químico por Au, Ag y Cu.

Terminada la prueba, se realizó un lavado a los ripios antes de ser analizados (para eliminar los metales disueltos acomplejados con cianuro que están presentes en la solución en forma iónica). Los resultados promedios se presentan en Control Metalúrgico.



Figura 30. Agitación de botellas para el mineral de alta y baja ley.



Figura 31. Equipo para pruebas de cianuración por agitación en botella.

4.4.5.3 Prueba de cianuración por percolación en columnas

4.4.5.3.1 Carguío de columnas

Se procedió a pesar la cantidad de mineral calculado que va ingresar a dichas columnas, se adicionó cal en una dosis determinada en la prueba de alcalinidad.

Se empezó el llenado de las columnas paralelo a la dosificación de cal y a la toma de muestra para ensayo por humedad y análisis químico. Una vez terminado el llenado de las columnas,

se niveló la parte superior del mineral, se colocó una referencial plana que sirvió para medir el asentamiento del mineral.

4.4.5.3.2 Operación de lixiviación en columnas

Se verificó las bombas peristálticas, equipos de pesado e instrumentos de medición que se encuentren en perfectas condiciones, debidamente calibrados. Después de llenar la columna, se regó con solución cianurada a una concentración de CN^- de 100 ppm a las columnas 5, 6, 7 y 8 y con un flow rate de 10 Lt/hr-m^2.

Se tomó el tiempo de inicio del riego hasta que la solución cayera por primera vez del fondo de la columna; este dato nos permite calcular la velocidad de percolación de la solución lixiviante. Se pesó el volumen de solución colectada durante 24 horas y se determinó su densidad, esta solución pregnant de pasa por unas columnas pequeñas de carbón activado, obteniéndose la solución barren que luego se repone el cianuro consumido y nuevamente es usada esta solución como solución lixiviante (circuito cerrado). A la hora del control de la columna, se tomaron los siguientes parámetros: peso de la solución pregnant y lixiviación, altura vacía de columna, toma de muestras líquidas para análisis químico, CN^-, pH.

Se hizo un control diario de análisis químico de soluciones, control minucioso de los flujos de riego y caída de solución pregnant.

Terminado el riego del mineral, se dejó escurrir por un tiempo aproximado de 3 días. Durante el escurrimiento, también se pesó la solución, se tomó muestra y se hicieron todos los controles (pH, CN^- y análisis químico por Au, Ag y Cu). El riego de las columnas se inició el 21/2/2015 con las columnas Nº 5, 6, 7 y 8.



Figura 32. Columnas de lixiviación con los cuatro materiales en estudio. (Laboratorio metalúrgico)

CAPITULO V

5 PRESENTACIÓN DE RESULTADOS

5.1 Análisis de la información

5.1.1 Área de estudio

El área de estudio se localiza al lado Noroeste y Suroeste del Tajo de la mina principalmente (zona de contacto). Estas áreas comprenden los siguientes vértices en coordenadas UTM, con una extensión de 270.059 m y 89.155 m superficial respectivamente:

	NORTE	ESTE	COTA
ZONA 1	765797.300	8186187.715	3420
	725991.523	8185999.663	3420
ZONA 2	786117.992	8165905.481	3416
	776171.441	8175839.002	3416

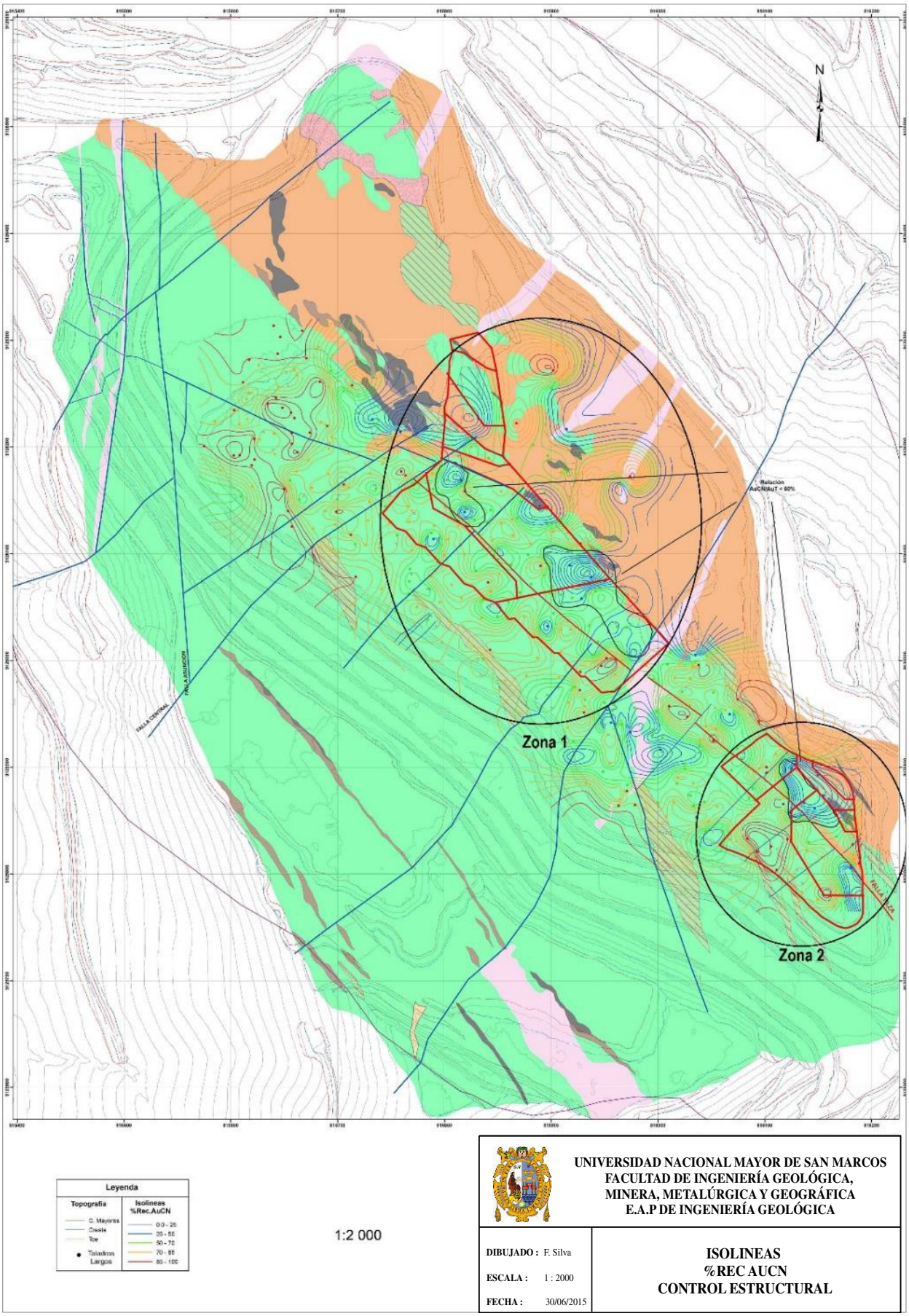


Figura 33. Zonas de baja relación de AuCN/AuT en La Arena.

Para el análisis de estas zonas de estudio con baja relación de AuCN/AuT a profundidad, en primera instancia nos basamos en el resultado de las líneas isovalóricas en función al AuCN g/t de todo el banco 3424. En base al resultado anterior, se detectó dos zonas de baja relación AuCN/AuT ubicadas al Noreste y Sureste del Tajo de la mina como se mencionó líneas arriba.

En la **Figura 33.** se muestra las zonas de estudio relacionados a la baja relación AuCN/AuT (Líneas isovalóricas, color azul, 25-50% %Rec. AuCN). Estas zonas se identificaron por medio de los siguientes proyectos grade control: Proyecto 017, 019 y 027 del 2015, de Noroeste a Sureste respectivamente.

En base a esta información, se efectuó el proyecto de tesis y los subsiguientes subprocesos (ver Desarrollo y/o Procedimiento) para la obtención de información y resultados.

5.2 Resultados de la investigación

5.2.1 Control estructural

La distribución de la mineralización de sulfuros en la zona de estudio está influenciada por la Falla Calaorco y Central, debido a que estas sirvieron como trampas estructurales para la mineralización de sulfuros y la no oxidación por aguas meteóricas de esta zona.

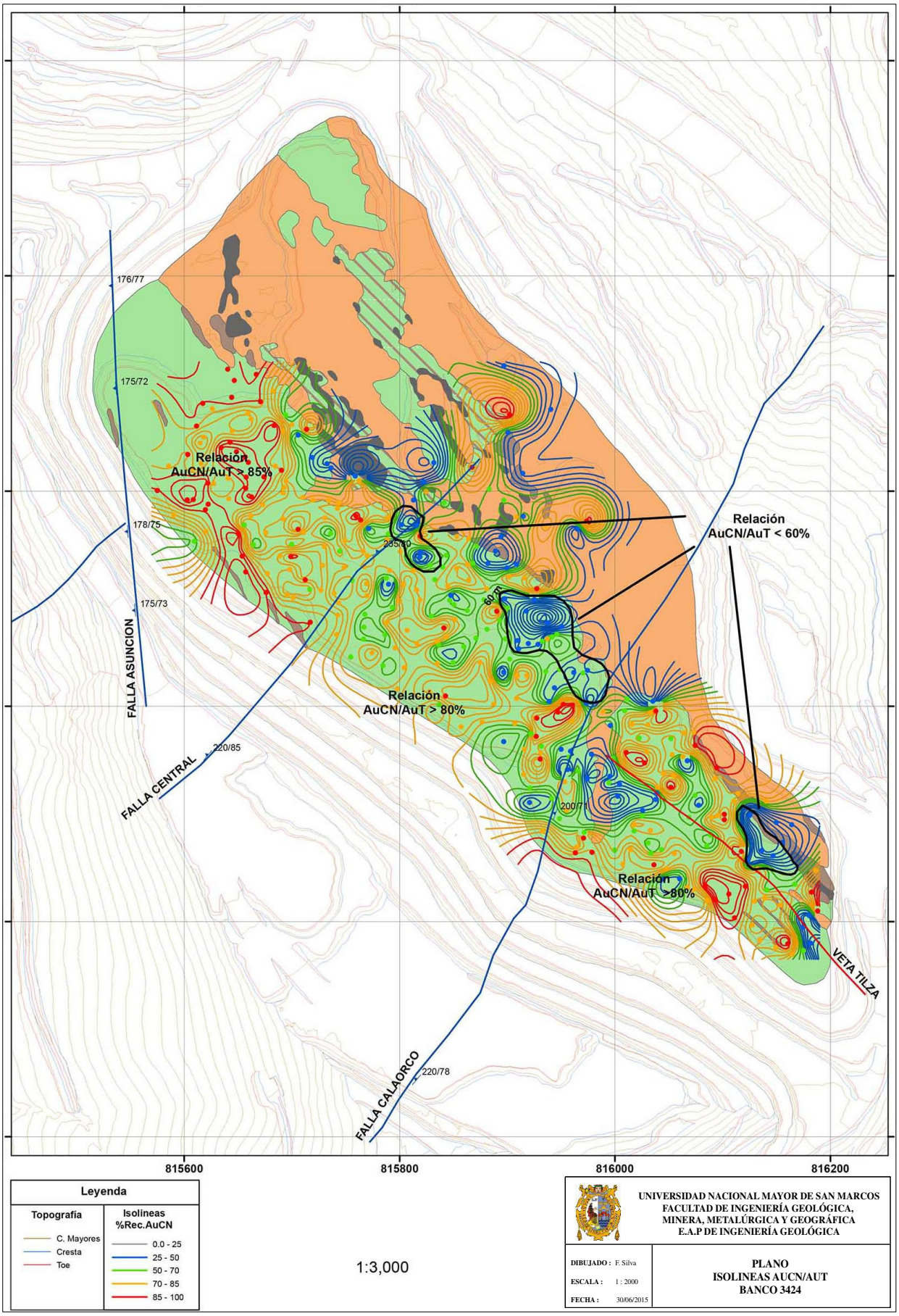


Figura 34. Control estructural, fallas transversales, de la lixiviabilidad.

Como se aprecia en la **Figura 34**, las zonas de estudio entre las Fallas Calaorco y Central ha generado una limitante de mineralización de sulfuros.

5.2.2 Control litológico

El control litológico, respecto a la mineralización de sulfuros en la zona de estudio está relacionado al contacto Arenisca – Pórfido Feldespático Andesítico. Cabe resaltar que la zona de baja lixiviabilidad o relación AuCN/AuT se encuentra y/o hospeda en arenisca cuarzosa con mineralización en diseminado y parches de sulfuros. Mineralización no oxidada completamente (mixta) por las aguas meteóricas generadoras de los óxidos con alta relación AuCN/AuT presentes en el Tajo de la mina.

5.2.2.1 Arenisca (SD)

La arenisca en esta zona, de acuerdo a lo observado en campo y logueo, presenta una textura soldada (silicificada) de grano medio a grueso con mineralización de óxidos (Goethita, jarosita y limolita) y sulfuros (Pirita mayormente) en fracturas y diseminado respectivamente.



Figura 35. Frente de minado. Arenisca (SD) con presencia OxFe (fracturas)> Py (diseminado).

5.2.2.2 Pórfido Feldespático Andesítico (FPA)

El pórfido feldespático andesítico en la zona de contacto con la arenisca presenta mineralización de sulfuros en forma de diseminado y/o parches. Este contacto al norte del Tajo varía en alteración de oeste a este, el FPA presenta una alteración silicificada color gris cambiando a una alteración argílica y finalizando con una alteración propilítica. Si seguimos hacia el Sur del Tajo, la alteración propilítica desaparece.



Figura 36. Zona norte. Se observa el contacto SD/FPA y el distinto tipo de alteración que presenta el FPA en el Tajo.



Figura 37. Vista N-S. Talud, proyecto 062 banco 3400. FPA en contacto SD.

5.2.3 Control Mineralógico

En las zonas de estudio donde surge la baja relación AuCN/AuT de mineral hace referencia a una Arenisca con mayor contenido de sulfuros (pirita, arsenopirita, covelita, etc.), relacionada a pulsos porfiríticos andesíticos en la zona.

Así mismo, la mineralización de sulfuros aún presente en las areniscas es debido a la poca o leve oxidación de las aguas meteóricas superficiales, las cuales están presentes como grandes parches con sulfuros dentro de la zona de oxidación.

Se ha reconocido 500 m aproximadamente como zona de oxidación en el Tajo, de los cuales unos 120 m ya han sido minados.



Figura 38. C153416036. Arenisca de grano medio a fino con presencia de pirita (diseminada y parches).

En la **figura 38**. Se observa una arenisca color gris claro con mineralización de óxidos (2) (Goe>Jr>Hm) y; sulfuros como parches de hierro, arsénico y cobre (diseminada fina>cristalizada).



Figura 39. Arenisca gris claro con óx (Goe>Lm)>Hm (2) y sulf (py) (2)



Figura 40. C153408054. FPA silicificado con presencia de sulfuros (py) diseminado.

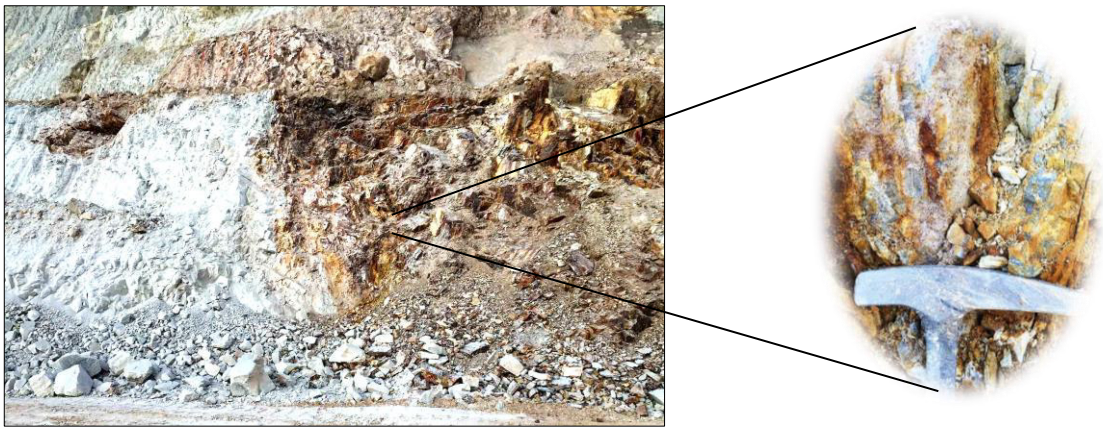


Figura 41. Talud al SE del Tajo, banco 3408. Escorodita en arenisca.

En la **figura 41**. Se observa una arenisca color gris claro de grano fino a medio con mineralización de óxidos (2) (Escorodita? mayormente) en contacto con FPA argilizado con presencia de sulfuros (1-2) (py) a lo largo del intrusivo y en el contacto, silicificado con mineralización de sulfuros (py).

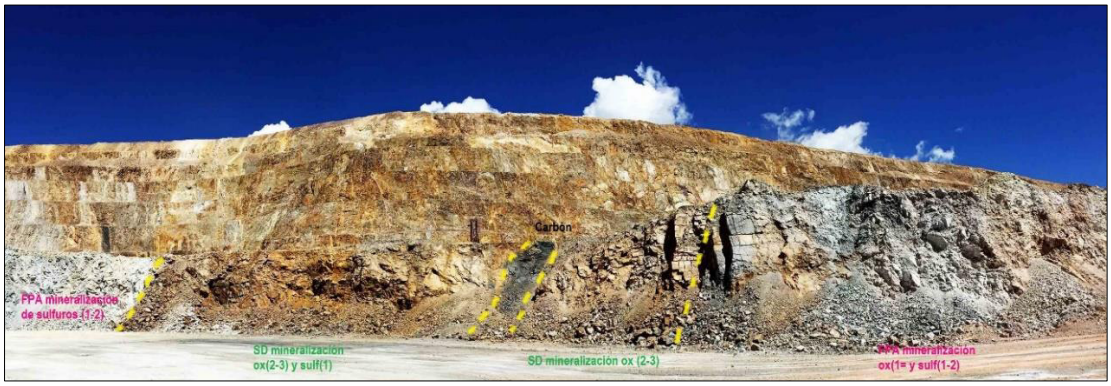


Figura 42. 153400060. Zona de contacto FPA/SD.

En la **figura 42.** Se observa el contacto FPA/SD, presentado una arenisca con mineralización de óxidos (2-3) (Goe>Jr>Lim) y sulfuros (1) (diseminado>parches>cristalizado).

En base a los taladros Blasthole (producción) se realizó planos isovalóricos con el método Kriging y utilizando la variable Au g/t, generando una apreciación visual de cómo esta fluctuando la relación AuCN/AuT a lo largo de Tajo.

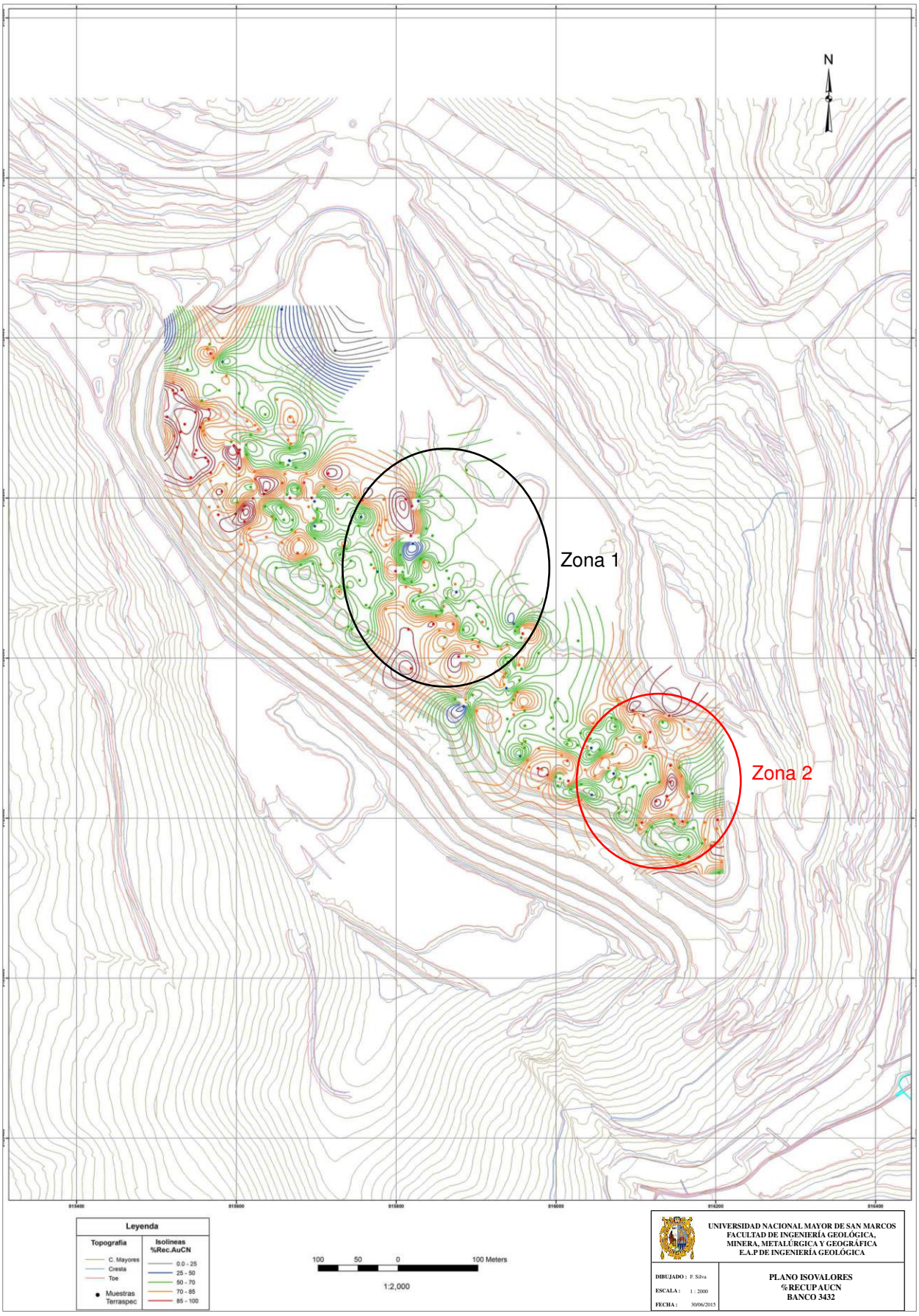


Figura 43. Plano de Isovalores de relación AuCN/AuT del banco 3432.

En la **figura 43** se aprecia la variación de lixiviabilidad con respecto a la profundidad. Niveles arriba se aprecia zonas de alta relación AuCN/AuT (>80%) en el Norte y Sur del Tajo; mientras disminuimos en cota, la lixiviabilidad en la zona Sur presenta una relación de AuCN/AuT de 25 a 75%.

La relación de AuCN/AuT en las zonas de interés, Zona 1 y 2, no presenta fluctuación considerable desde el nivel 3432 al 3804; siguiendo así en el rango de 25-70% (baja relación AuCN/AuT) en el Este y Suertes de Tajo respectivamente.

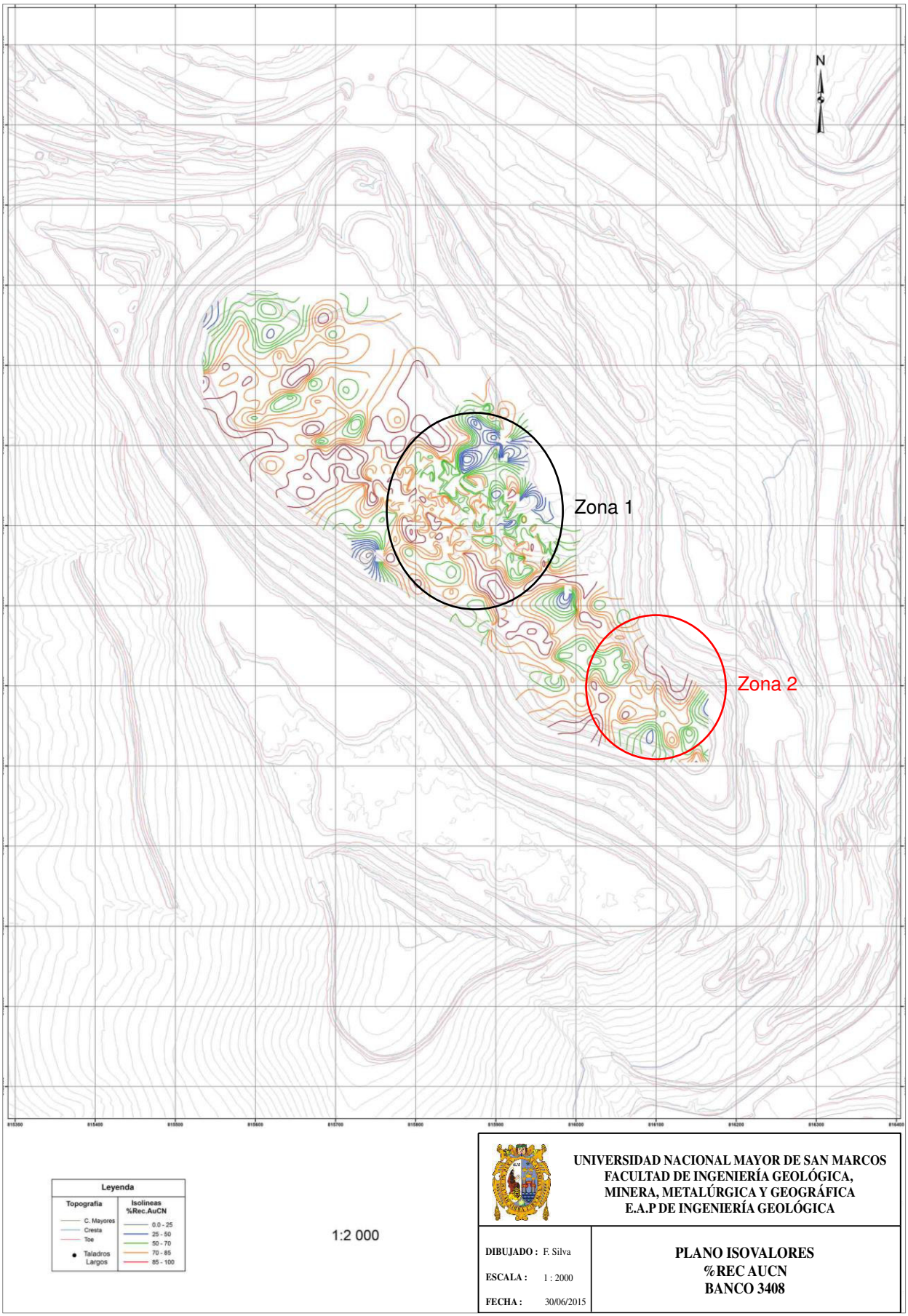


Figura 44. Plano de Isovalores de relación AuCN/AuT del banco 3408.

En la **figura 44**. Al Noroeste del Tajo, la alta relación AuCN/AuT (>80%) disminuye levemente respecto al nivel 3432. A mismo en la zona oeste del Tajo del nivel 3408, se aprecia una disminución de la relación AuCN/AuT.

5.2.3.1 Análisis granulométrico

Por otro lado, se realizó un análisis de granulometría en las mallas mencionadas en Análisis granulométrico para identificar la ley de Au y AuCN en las mallas trabajadas.

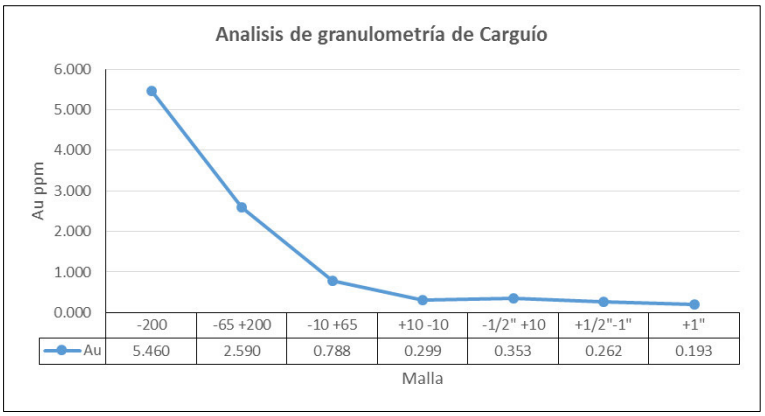


Figura 45. Análisis granulométrico del proyecto C153416019.

En la **figura 45** se observa que en malla -200 el análisis de Au g/t es de 5.460 g/t Au. El oro de esta zona está asociado al material fino.

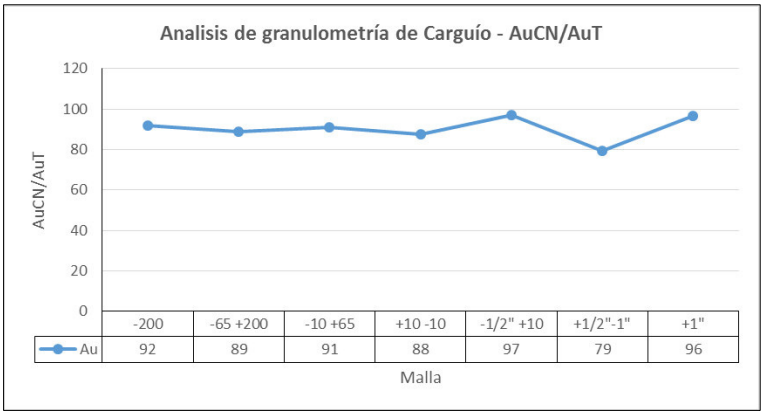


Figura 46. Proyecto C153416019. Malla vs AuCN/AuT

En la **figura 46** se observa que en una granulometría de +1/2''-1'', el material presenta un porcentaje recuperación de 79%. Es posible la existencia que algún mineral cianicida este afectado la recuperación en esta malla.

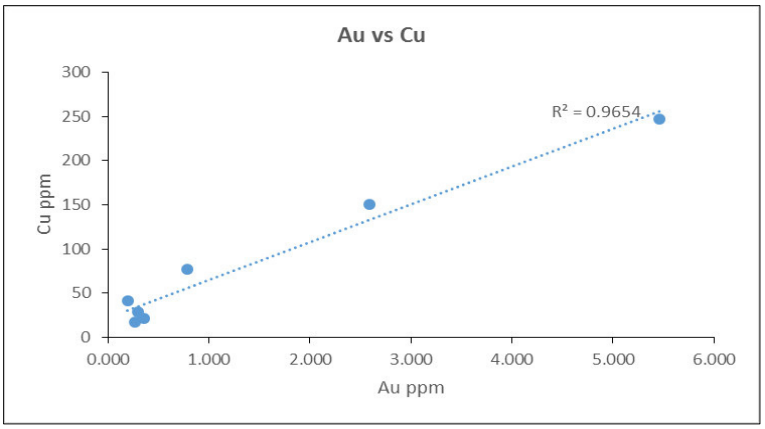


Figura 47. Distribución geoquímica de Au y Cu.

En la **figura 47** se observa una alta correlación positiva de Au y Cu de 0.98, presentando una relación directamente proporcional de estos elementos. Es posible que el elemento Au esté presente en ensambles mineralógicos de Cu (enargita?, covelita?, etc.)

5.2.3.2 Caracterización mineralógica

La determinación del grado de liberación no solo es indispensable como investigación previa al diseño de cualquier tipo de proceso de tratamiento, sino que también resulta muy valiosa para evaluar el rendimiento de los equipos de molienda o de clasificación y para incrementar la eficiencia de plantas en operación.

En base a las muestras obtenidas de la zona de estudio en el Tajo de la mina (Ver Caracterización mineralógica (Teoría)), se realizó el análisis de grado de liberación y de microscopia electrónica en las siguientes mallas +200 y – 200.

5.2.3.2.1 Análisis mineralógico por microscopia

El análisis mineralógico por microscopia no permite obtener los siguientes resultados:

- ❖ Grado de liberación
- ❖ Conteo de granos, tanto libres como intercrecidos.
- ❖ Porcentaje de granos intercrecidos y de cada fracción que compone el grano mixto.
- ❖ Fotomicrografías (secciones en estudio, etc.)

De cada malla, se aprecia, los resultados del análisis de los grados de liberación obtenidos, los cuales se manifiestan en forma porcentual, para cada uno de los minerales que han intervenido; a continuación, se resume mediante un cuadro dichos resultados:

Tabla 04. Grado de liberación porcentual de cada mineral.

Minerales	**Grado de liberación**	
	+200	**-200**
Gangas	98.05	99.11
Pirita	62.5	99.55
Calcopirita	-	99.01
Arsenopirita	90.91	100.00
Oro Nativo	-	97.90
Esfalerita	-	100.00
Hematita	86.16	92.36
Rutilo	-	48.78

En la **tabla 04.** se observa que a una malla +200 el oro nativo no presenta grado de liberación, distinto en una malla -200 en donde el oro nativo tiene un grado de liberación de 97.90 %. Entonces podemos decir que, .reduciendo la granulometría del material, el grado de liberación de los minerales será mayor (directamente proporcional). La reducción de granulometría del material en evaluación a gran escala generaría un aumento excesivo en el costo de operación.

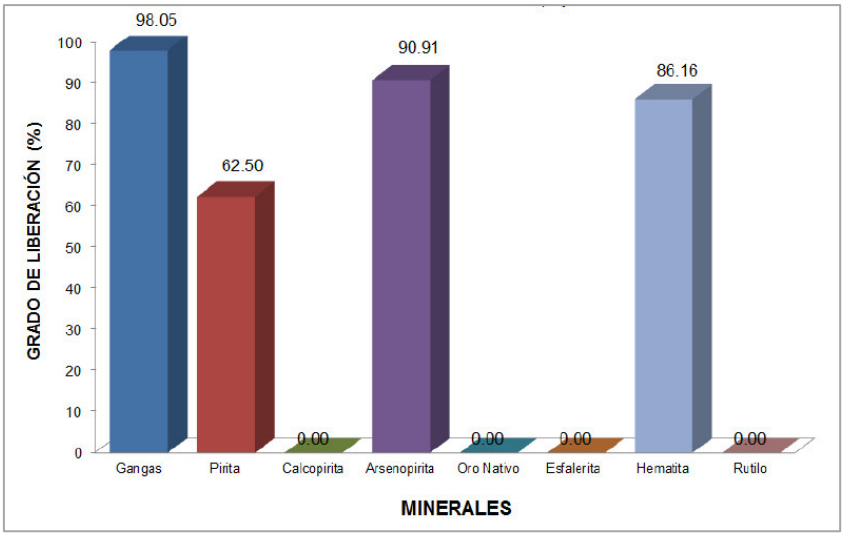


Figura 48. Representación de los grados de liberación de los minerales presentes en la malla +200.

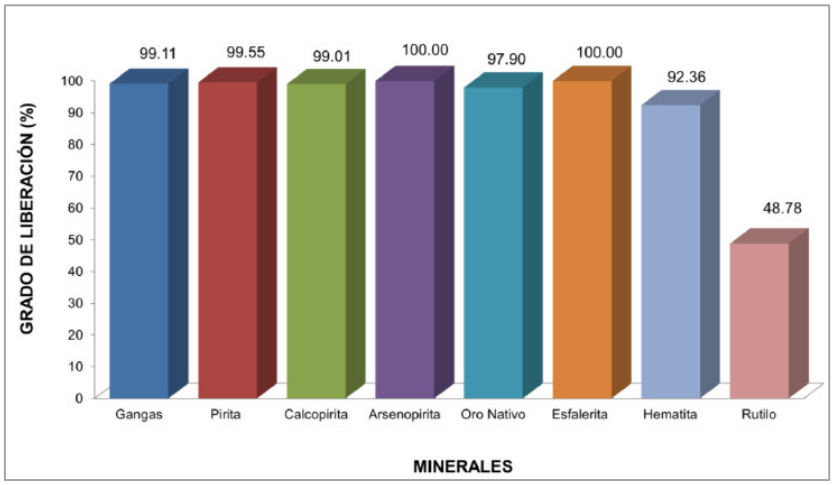


Figura 49. Representación de los grados de liberación de los minerales presentes en la malla -200.

Tener en cuenta que ha una malla +200, la pirita muestra 0.27 % de granos libres y el 0.16 % como granos mixtos. Así mismo la hematita muestra 3.54 % de granos libres y los 0.57 % de granos mixtos.

En la malla -200, la pirita muestra 1.64 % de granos libres y 0.01 % de granos mixtos. Así mismo, el oro nativo muestra 1.83 % de grano libre y 0.04 % de granos mixtos; y la hematita muestra 4.55 % de grano libre % y 0.37 % de granos mixtos.

Tabla 05. Análisis de granos libres y mixtos respecto al peso de muestra total.

	Granos libres	**Granos mixtos**	**Peso de muestra**
+200			
Pirita	0.27	0.16	0.43
Hematita y óxidos de (Fe, As)	3.54	0.57	4.11
-200			
Pirita	1.64	0.01	1.65
Oro Nativo	1.83	0.04	1.87
Hematita y óxidos de (Fe, As)	4.55	0.37	4.92

En la **tabla 05**. se observa que, a una menor malla trabajada, los granos libres existentes en dichos minerales tendrán mayor peso de muestra con respectos a los granos mixtos.

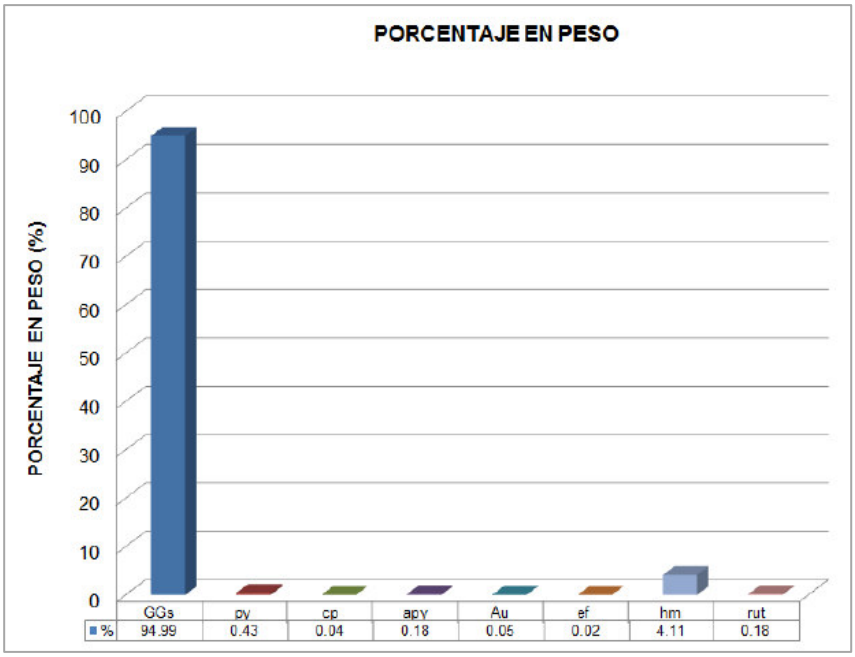


Figura 50. Porcentajes en peso de los minerales presentes en la malla + 200.

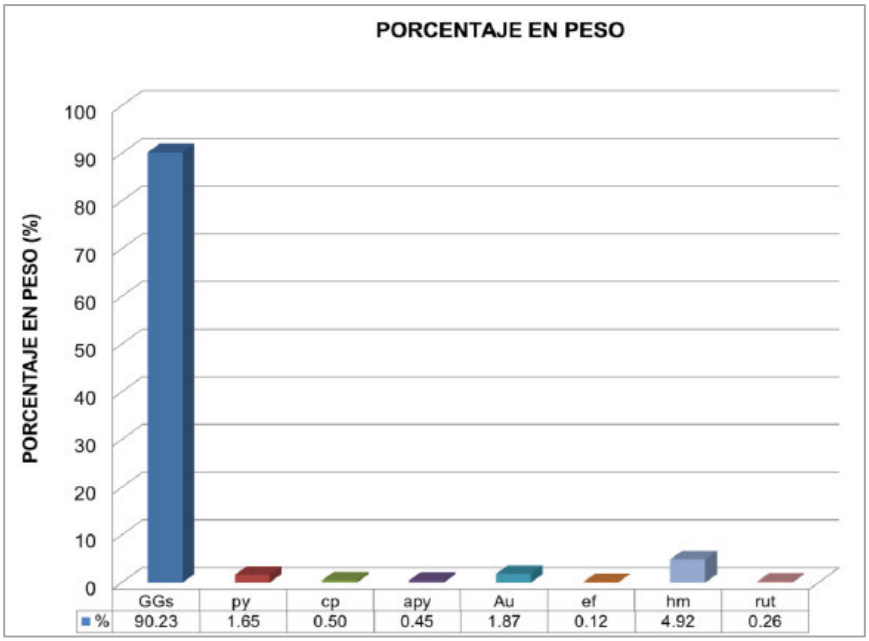


Figura 51. Porcentajes en peso de los minerales presentes en la malla - 200.

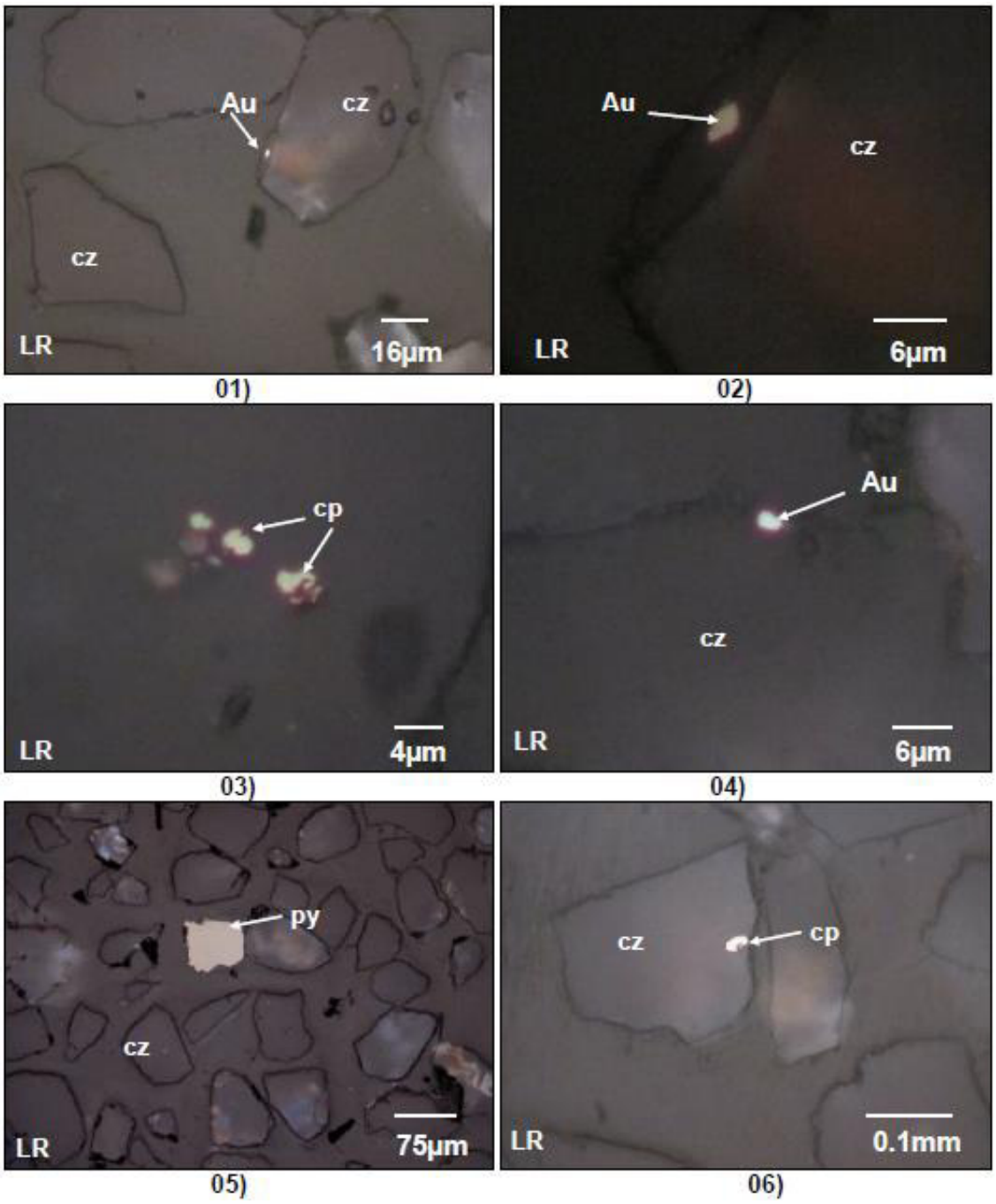


Figura 52. Muestra de mineral Malla +200.

01) y 02) Grano de oro nativo (Au) de 4µm como inclusiones en el cuarzo (cz); 03) Granos de calcopirita (cp) como inclusiones en la ganga de cuarzo (GGs); 04) Presencia de grano libre de oro nativo (Au) con tamaño menor de 3µm dispersa en la muestra; 05) Grano libres de pirita (py) y gangas no metálicas de cuarzo (GGs); 06) Grano de cuarzo (cz) como inclusiones de calcopirita con tamaños menores a 4µm. LR: Luz Reflejada.

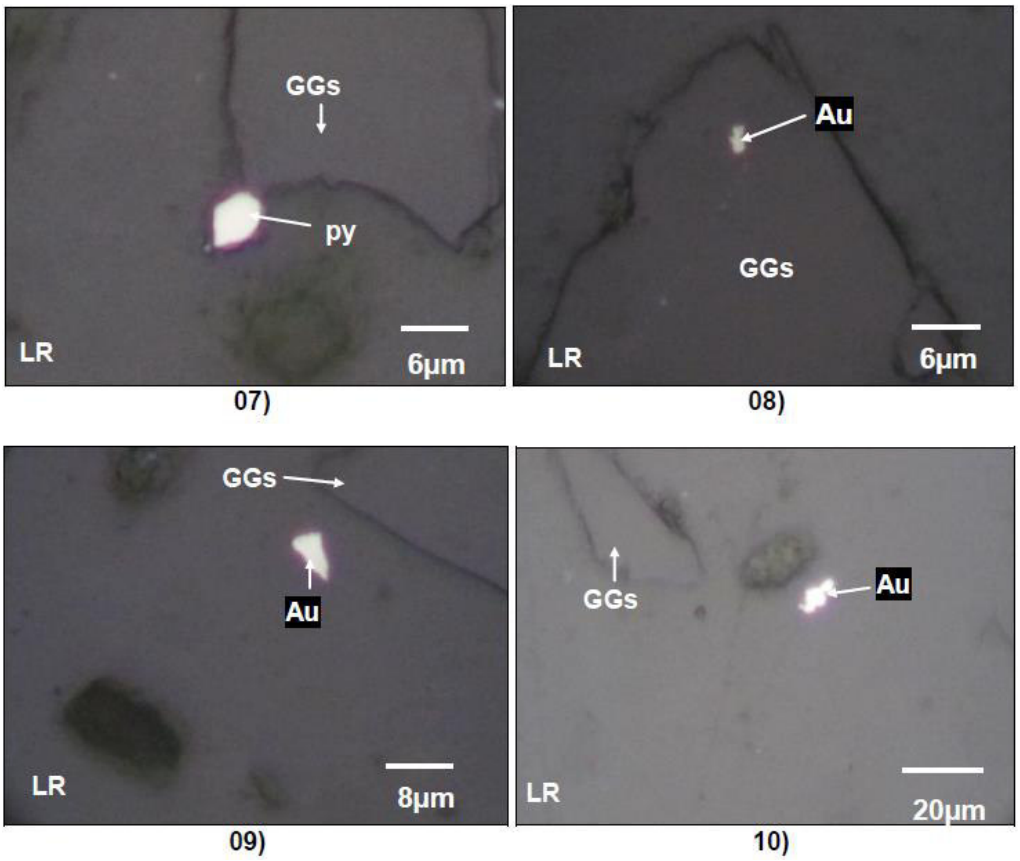


Figura 53. Muestra de mineral de cabeza Malla -200.

***07)** Granos libre de pirita (py) dispersa en la muestra, **08)** Grano mixto de minerales de ganga/oro nativo, (GGs/Au) con tamaños menores a 1.5µm; **09)** y **10)** Presencia de granos libres de oro nativo (Au) entre 4 y 10 µm y acompañando de granos de gangas (GGs); dispersas por toda la muestra. LR: Luz Reflejada.*

5.2.3.2.2 Análisis por microscopia electrónica de barrido (SEM)

Haciendo uso del microscopio electrónico, se ha podido realizar el respectivo análisis químico, dicho análisis se ha efectuado sobre las muestras obtenidas.

Como resultado de dicho análisis se tiene los siguientes comentarios:

Malla +200

- Mediante la microscopia electrónica en esta malla, fueron identificados los siguientes minerales: Pirita, Arsenopirita, Zircón, Óxidos de (Fe, Sb, As), covelita, Cuarzo y goethita.

- Mediante la microscopia electrónica se ha observado la presencia de partículas de oro incluidos en la pirita y la arsenopirita (solución sólida), dichas partículas presenta tamaños entre 10 - 70µm y <50 µm. (Ver Anexo: Malla +200)
- Presencia de dos familias de pirita, la cual se encuentran como inclusiones en el Cuarzo (10µm) y como granos libres (70µm) por toda la muestra.
- Presencia de escasos granos con tamaños menores a 25µm de covelita (cv), la cual se muestra como inclusiones de cuarzo.
- Presencia de escasos granos con tamaños aproximados de 20 µm de calcopirita (cp) asociado con mineral no metálicos.
- El orden de predominancia de los minerales analizados es: Cuarzo>goethita>Pirita>Arsenopirita>Trazas de (covelita y Zircón).

En la **tabla 06** muestra el promedio en porcentaje, de la composición química elemental de los minerales identificados en la muestra.

Tabla 06. Composición química (%) de los minerales identificados en la Muestra Malla +200.

Minerales	Composición Química (%)														Total
	Ag	Au	Mo	In	Cu	Fe	Pb	O	Si	S	As	Zr	Sb	Zn	
Cuarzo								46.85	53.15						100
Pirita 1		1.24				43.63				55.13					100
Pirita 2		1.95				43.08				54.97					100
Calcopirita															0
Arsenopirita		0.77				57.80		38.64			2.79				100
Oro Nativo 1															0
Oro Nativo 2															0
Oro Nativo 3															0
Zircón								36.81	23.65			39.54			100
Oxido de (Fe, Sb, As)						39.99		36.01	9.33		4.39		10.28		100
Covelita					62.44					37.56					100
Goethita 1															0
Goethita 2															0

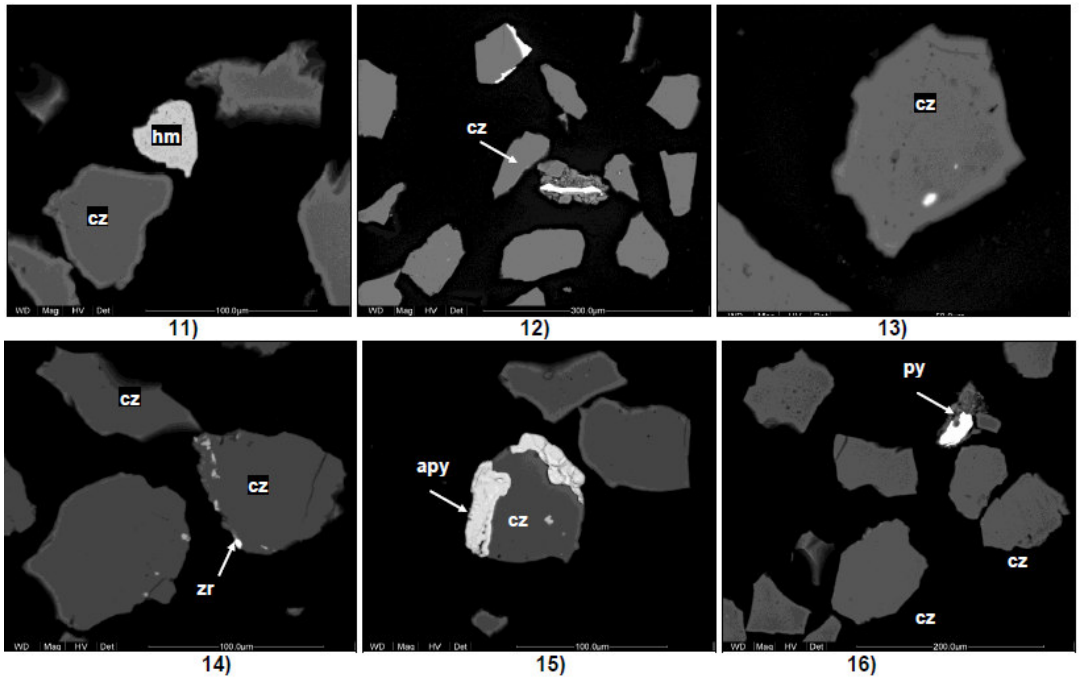


Figura 54. Microscopia electrónica en la malla +200.

11) Granos libres de Hematita (hm) en forma irregular y cuarzo (cz) dispersos por toda la muestra; 12 y 13) Granos libres de cuarzo (cz) dispersos por toda la muestra; 14) Granos libres de cuarzo (cz) y zircón (zr) en la muestra; 15 y 16) Granos mixtos de arsenopirita (apy) y cuarzo (cz) en la muestra. LR: Luz reflejada.

Malla -200

- Mediante la microscopia electrónica en esta malla, fueron identificados los siguientes minerales: Pirita, Cuarzo, Carbonato de Calcio, Calcopirita, Arsenopirita, Oro nativo, goethita, óxidos de (Fe, Sb, As) y zircón.
- Mediante la microscopia electrónica se ha observado la presencia de tres posibles generaciones de granos libres con tamaños entre 20 y 25µm de **oro nativo** la cual varían por el contenido del elemento plata (Ag), mostrándose como diseminado o como solución sólida en la **pirita, hematita y Arsenopirita.** (Ver anexo Malla -200).
- Presencia de dos familias de pirita, la cual se encuentran como inclusiones en el Cuarzo y como granos libres por toda la muestra (<70µm), generando posible existencia de solución sólida con el **oro**. Esta reemplazada por goethita.

- Presencia de escasos granos con tamaños menores a 50µm de arsenopirita, la cual se muestra como grano libre y posiblemente formando solución sólida con el oro. Reemplazada intensamente por los óxidos de hierro.
- Presencia de escasos granos con tamaños aproximados de 20 µm de calcopirita (cp) y como granos libres dispersas en toda la muestra.
- Presencia de dos posibles familias de goethita la cual se diferencia por el contenido del elemento Oro y mostrándose como diseminaciones o solución sólida.
- El orden de predominancia de los minerales analizados es: Cuarzo>Pirita>goethita> óxidos de (Fe, Sb, As)>Arsenopirita>Oro nativo>Calcopirita>Trazas de (rutilo y zircón).

En la **tabla 07** muestra el promedio en porcentaje, de la composición química elemental de los minerales identificados en la muestra.

Tabla 07. Composición química (%) de los minerales identificados en la Muestra malla -200.

Minerales	Composición Química (%)														Total
	Ag	Au	Mo	In	Cu	Fe	Pb	O	Si	S	As	Zr	Sb	Zn	
Cuarzo								56.04	43.96						100
Pirita 1		0.86				43.48				55.65					100
Pirita 2		1.67				42.63				55.70					100
Calcopirita					32.79	29.09				38.12					100
Arsenopirita		1.94				33.54				23.88	40.65				100
Oro Nativo 1	0.88	99.12													100
Oro Nativo 2	1.99	98.01													100
Oro Nativo 3	6.30	93.70													100
Zircón								36.66	22.27			41.06			100
Oxido de (Fe, Sb, As)						36.39		32.16			2.90		28.55		100
Goethita 1		2.76				63.91		33.33							100
Goethita 2		0.89				57.81		41.30							100

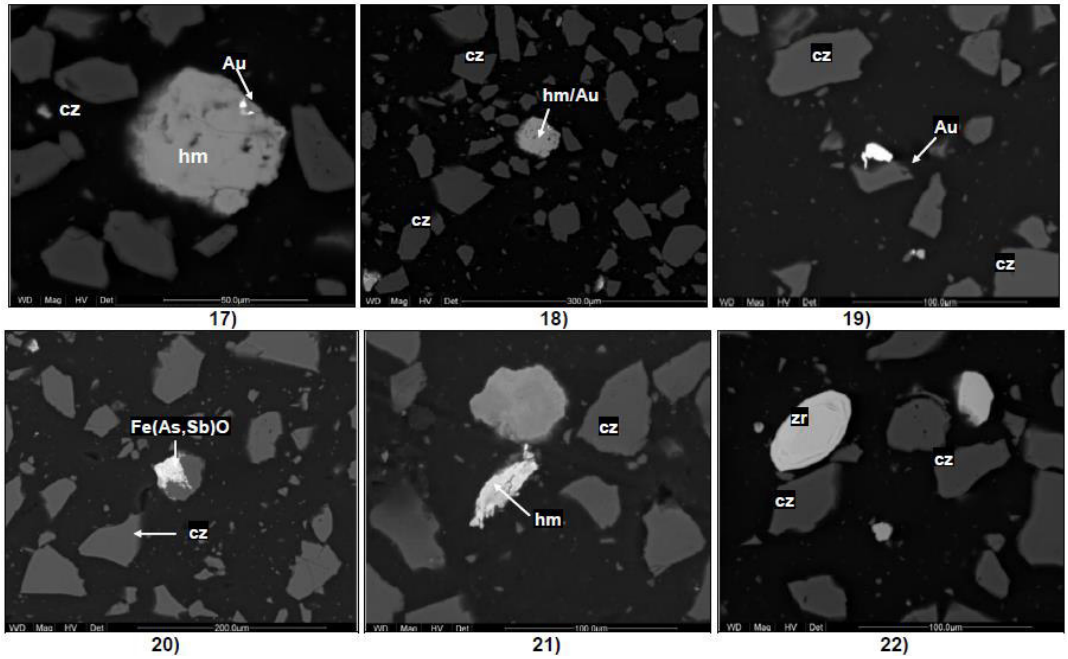


Figura 55. Microscopia electrónica en la malla -200

***17)** Granos libres de Hematita (hm) con presencia de oro (Au) y cuarzo (cz) dispersos por toda la muestra; **18)** Granos mixtos de hematita y oro y abundantes granos libres de cuarzo (cz) por toda la muestra. **19)** Presencia de granos de oro (Au) y granos libres de cuarzo (cz) en la muestra. **20)** Presencia de granos libres de cuarzo (cz) y zircón (zr) en la muestra **21)** Granos libres de Hematita (hm) con presencia de cuarzo (cz) dispersos por toda la muestra; **22)** Presencia de granos libres de cuarzo (cz) y zircón (zr) en la muestra. LR: Luz Reflejada.*

5.2.3.2.3 Análisis mineralógico por Difracción de rayos X (DRX)

El análisis mineralógico por difracción de rayos X nos permite determinar lo siguiente:

- Identificación y cuantificación de minerales metálicos y no metálicos, especificando el tipo de mineral de la familia. Así mismo, cuantificación de fases amorfas.

En base a lo comentado líneas arriba y al análisis de nuestra muestra tenemos:

Malla -200

Tabla 08. Identificación y cuantificación de minerales de las muestras.

Nombre del mineral	Formula general	Resultado Aproximado (%)
Cuarzo	SiO_2	99
Goethita	FeO.OH	<L.D
Pirita	FeS_2	<L.D

L.D = Limite de detección

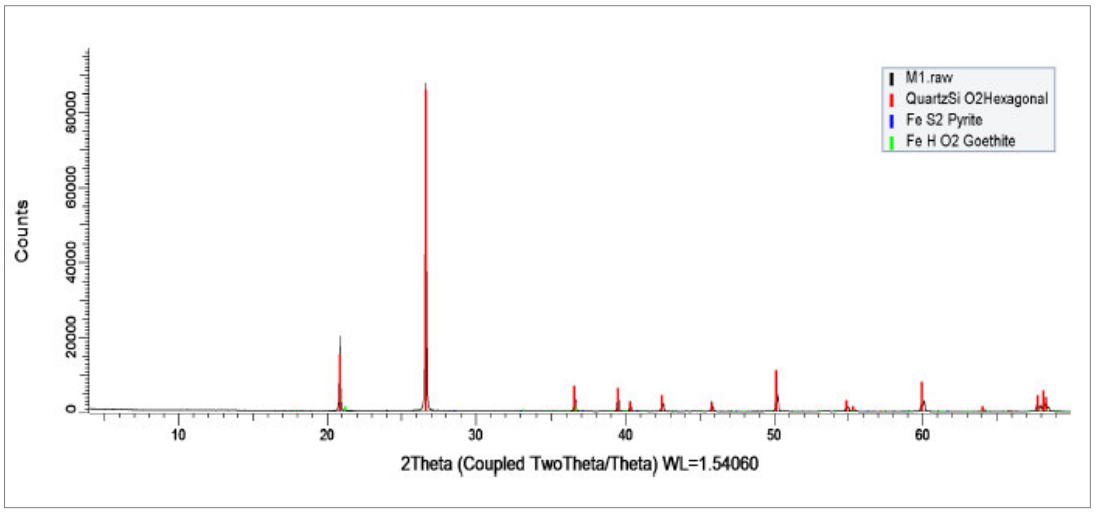


Figura 56. Se observa el difractograma de la Malla – 200 con los respectivos minerales identificados.

5.2.3.3 Logueo geológico – Descripción mineralógica

Según la mineralización observada en los taladros geometalúrgicos realizados, estas zonas de sulfuros y mixtos se presentan de manera no muy relevante a lo largo de los 380m perforados.

La caracterización geometalúrgica se basó con las siguientes unidades geológicas:

UG1	OXIDOS
UG2	MIXTOS BAJO SULFUROS
UG3	MIXTOS ALTOS SULFUROS

En la **tabla 09.** Se observa las unidades geológicas determinadas con el logueo en el sondaje CA-M15-001. Los resultados hacen referencia a un material oxidado (UG1) con presencia de parches ocasionales de sulfuros (UG2 y UG3; 9 y 3m respectivamente).

Tabla 09. Taladro geometalúrgico CA-M15-001.

IDSONDAJE	DESDE	HASTA	Py_min %	UG
CA-M15-001	0	16.7		
CA-M15-001	16.7	27		**UG1**
CA-M15-001	27	32.6		
CA-M15-001	32.6	51		
CA-M15-001	51	60	1	**UG2**
CA-M15-001	60	63	2	**UG3**
CA-M15-001	63	75.2		
CA-M15-001	75.2	85.7		
CA-M15-001	85.7	86.4		
CA-M15-001	86.4	95.3		
CA-M15-001	95.3	95.8		
CA-M15-001	95.8	98		
CA-M15-001	98	113		
CA-M15-001	113	115.2		
CA-M15-001	115.2	115.9		
CA-M15-001	115.9	116.1		
CA-M15-001	116.1	117.5		
CA-M15-001	117.5	130.4		**UG1**
CA-M15-001	130.4	134.4		
CA-M15-001	134.4	134.8		
CA-M15-001	134.8	137		
CA-M15-001	137	137.3		
CA-M15-001	137.3	138.5		
CA-M15-001	138.5	138.75		
CA-M15-001	138.75	143		
CA-M15-001	143	144.8		
CA-M15-001	144.8	162.85		
CA-M15-001	162.85	177.4		
CA-M15-001	177.4	179.1		
CA-M15-001	179.1	180		



Figura 57. CA-M15-001. Zona con unidades geológicas con contenido mixto bajo sulfuros y altos sulfuros.

En la **figura 57**. Se observa parches de sulfuros (Fe y Cu) en intervalos del sondaje CA-M15-001 (51 – 60m y 60 - 63 m) (UG2 y UG3 respectivamente), representando el 6.6 % del taladro.

En la **tabla 10**. Se observa dos unidades geológicas determinadas con el logueo en el sondaje CA-M15-002. Los resultados hacen referencia a un material oxidado (UG1) de los 0m a 38m y 69m a 200m, con presencia de parches ocasionales de sulfuros (mixtos) (UG2).

Tabla 10. Taladro geometalúrgico CA-M15-002.

IDSONDAJE	DESDE	HASTA	Py_min %	UG
CA-M15-002	0	9		
CA-M15-002	9	12.4		
CA-M15-002	12.4	22.3		**UG1**
CA-M15-002	22.3	29.3		
CA-M15-002	29.3	38.2		
CA-M15-002	38.2	43.05	0.25	
CA-M15-002	43.05	58.6		
CA-M15-002	58.6	62.2	0.5	
CA-M15-002	62.2	63.4		**UG2**
CA-M15-002	63.4	63.8	1	
CA-M15-002	63.8	67.35		
CA-M15-002	67.35	69.05	1	
CA-M15-002	69.05	87.8		
CA-M15-002	87.8	100.6		
CA-M15-002	100.6	102.05		
CA-M15-002	102.05	102.4		
CA-M15-002	102.4	104.85		
CA-M15-002	104.85	117.5		
CA-M15-002	117.5	137.8		
CA-M15-002	137.8	143.1		
CA-M15-002	143.1	144.7		
CA-M15-002	144.7	149		**UG1**
CA-M15-002	149	155.1		
CA-M15-002	155.1	158		
CA-M15-002	158	161.45		
CA-M15-002	161.45	167.4		
CA-M15-002	167.4	177.3		
CA-M15-002	177.3	177.9		
CA-M15-002	177.9	178.6		
CA-M15-002	178.6	181.1		
CA-M15-002	181.1	200.05		



Figura 58. CA-M15-002. Zona con unidades geológicas con contenido mixto bajo sulfuros y altos sulfuros.

En la **figura 58**. Se observa parches de sulfuros de UG2 a lo largo de taladro geometalúrgico CA-M15-002, representando el 5.275 % del taladro.

5.2.4 Control Geoquímico

Se muestra al oro y demás elementos seleccionados en afinidad con diversos elementos químicos, asociados principalmente a la zona epitermal y cercano al pórfido. Así mismo, se asoció dichos elementos con los siguientes parámetros: pH (acidez), variación de AuCN a profundidad, comportamiento del AuCN a profundidad, etc. (Ver Anexo: Reanálisis de pulpas de sondajes de aire reverso (RCD))

Para el análisis químico e interpretación de estos elementos a profundidad, se hizo las correlaciones con los subsiguientes elementos: Cu, As, Fe, S, Sb.

Se realizó la correlación según Pearson y gráficos de correlación de elementos a profundidad.

A continuación se presenta los resultados obtenidos según los taladros RC analizados:

5.2.4.1 Taladro CA-R11-007

Taladro CA-R11-007 con inclinación al este y paralelo al contacto FPA/SD, se evaluó por pH y relación AuCN/AuT con respecto a la profundidad.

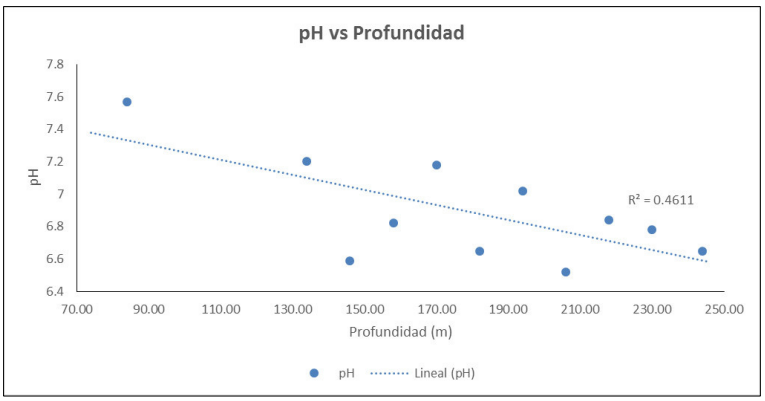


Figura 59. CA-R11-007. pH vs profundidad.

En la **figura 59** se muestra la distribución del pH a profundidad con una correlación negativa moderada de -0.67, observando una disminución del pH (> acidez), a medida que profundicemos hacia la zona este del Tajo debido al tipo de roca (FPA). La variación de pH en 200 m está oscilando entre 7.8 a 6.4 indicando un pH de básico a neutro y ácido a profundidad?.

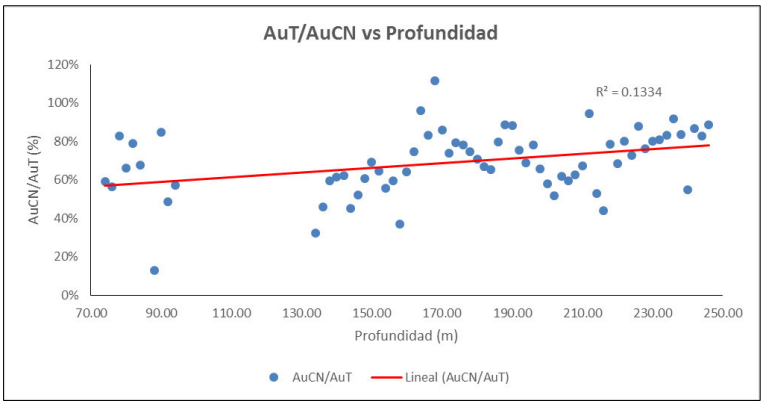


Figura 60. CA-R11-007. AuCN/AuT vs Profundidad.

El porcentaje de relación AuCN/AuT presenta una tendencia ascendente con respecto a la profundidad.

5.2.4.2 Taladro CA-R11-010

Taladro CA-R11-010 con inclinación al oeste y perpendicular al contacto FPA-SD, se evaluó por pH y relación AuCN/AuT con respecto a la profundidad.

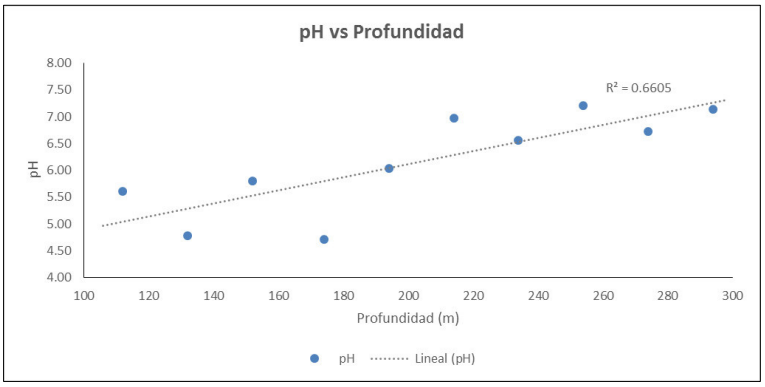


Figura 61. CA-R11-010. pH vs profundidad.

En la **figura 61** se muestra la distribución del pH a profundidad con una correlación positiva alta de 0.81, observando un aumento del pH (> basicidad), a medida que profundicemos hacia la zona oeste del Tajo debido al tipo de roca (SD). La variación de pH en 300 m está oscilando entre 8 a 4.5 indicando un pH de ácido a básico.

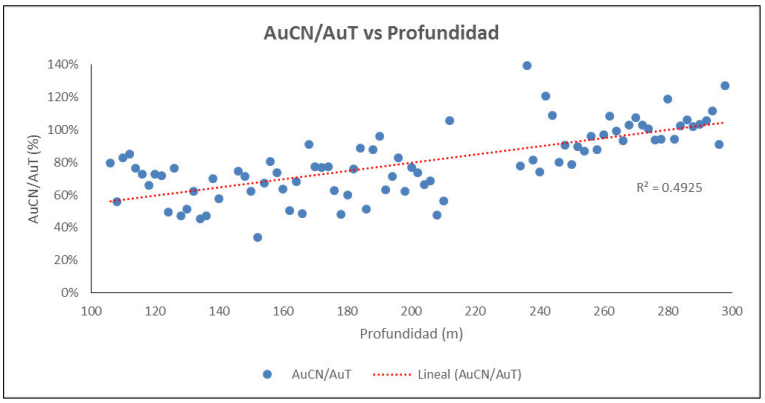


Figura 62. CA-R11-010. Relación AuCN/AuT vs Profundidad.

Se observa que los datos de distribución de relación AuCN/AuT con la profundidad presentarán una correlación (0.52) directamente proporcional según descendamos a profundidad. El porcentaje de relación AuCN/AuT presenta una tendencia ascendente con respecto a la profundidad.

5.2.4.3 Taladro CA-R12-045

En el Taladro CA-R12-045 con inclinación al este y paralelo al contacto FPA-SD, la gráfica de correlaciones tanto para Au, Fe y Cu, refleja una asociación significativa con elementos cianicidas.

Para el Au, presenta una moderada asociación con el As (0.50), Sb (0.62) (asociado a sulfuros y óxidos; cobres grises? y escorodita), y débiles asociaciones positivas en Fe(0.04), S(0.01), Ti (0.00), Zr (0.10) y negativas en Cu(-0.04).

Para el Cu, presenta una fuerte asociación con el S (0.94) (asociado a sulfuros, Covelita? y calcosita?), y moderadas asociaciones positivas con As (0.44) (Asociado a sulfuros, enargita?), y débiles asociaciones negativas con Sb(-0.01).

Para el Fe, presenta una moderada asociación con el As (0.65) (asociado a sulfuros, arsenopirita?), y débiles asociaciones positivas con S (0.32), Cu (0.32) y Sb (0.16) (asociado a sulfuros, calcopirita?, bornita? y cobres grises).

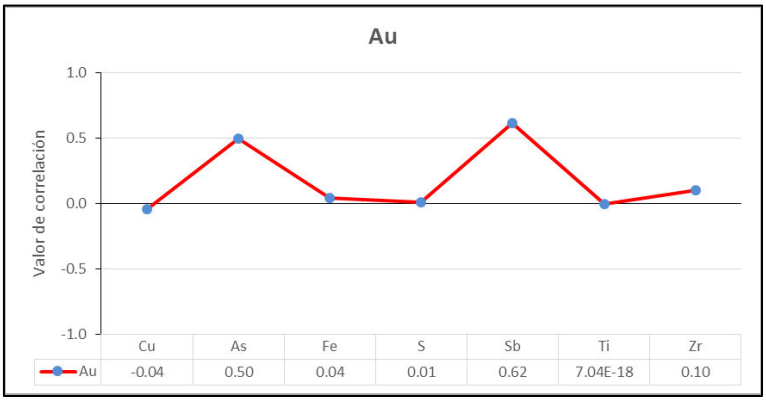


Figura 63. CA-R12-045. Gráfico de correlación geoquímica de Au para la zona de contacto.

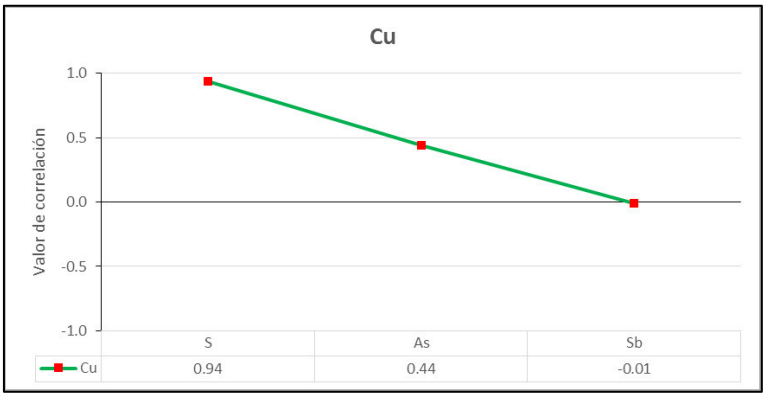


Figura 64. CA-R12-045. Gráfico de correlación geoquímica de Cu para la identificación de minerales.

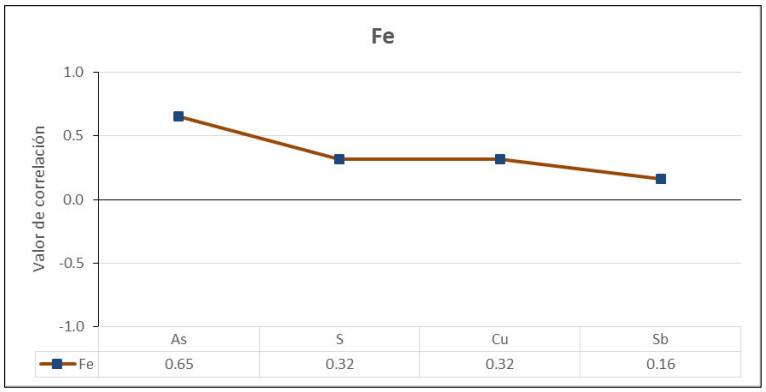


Figura 65. CA-R12-045. Gráfico de correlación geoquímica de Fe para la identificación de minerales.

Elementos asociados al Au, Cu, Fe a profundidad:

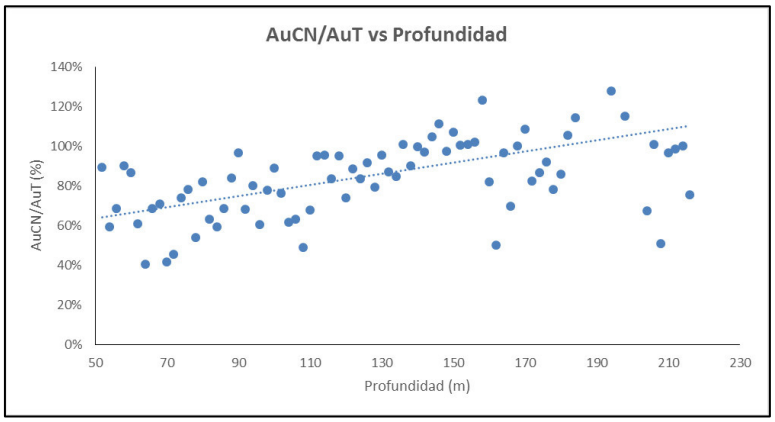


Figura 66. CA-R12-045. Relación AuCN/AuT vs Profundidad

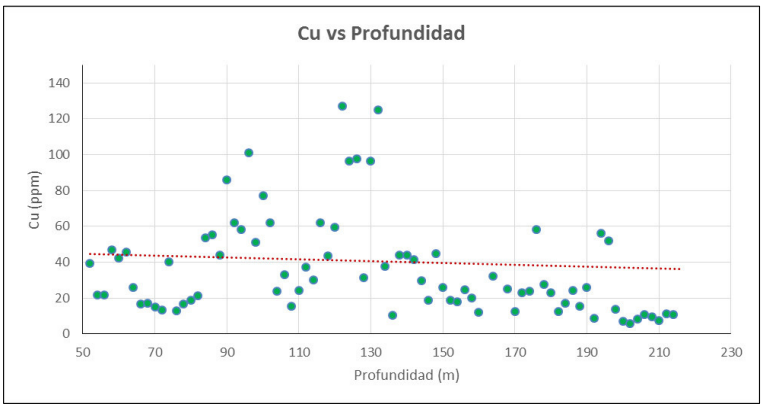


Figura 67. CA-R12-045. Cu vs Profundidad.

En la **figura 66.** Se aprecia que la tendencia de relación AuCN/AuT aumenta con respecto a la profundidad. En la **figura 67** se observa que la concentración de Cu a profundidad desciende y/o disminuye. Mayor concentración de Cu de 90 a 130m debido a la presencia de enargita?, covelita?, calcosita?, etc.

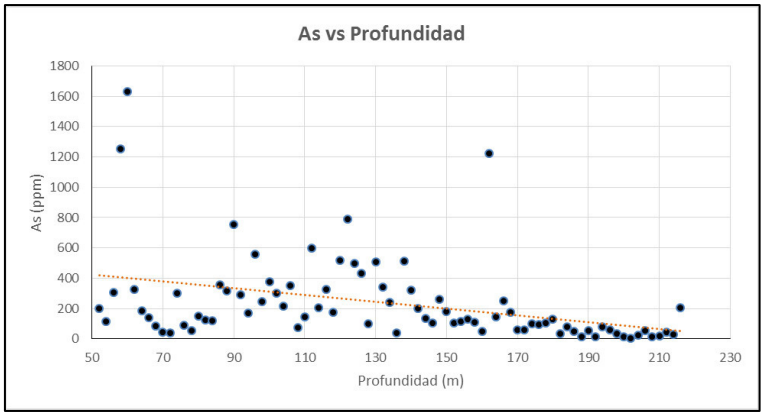


Figura 68. CA-R12-045. As vs Profundidad

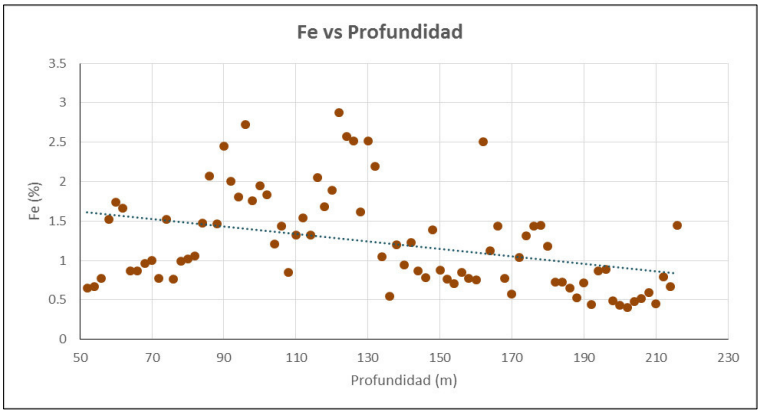


Figura 69. CA-R12-045. Fe vs Profundidad

En la **figura 68** se observa que la concentración de As disminuye respecto a la profundidad, presentando una moderada concentración (0-600 ppm) de 90 a 150m y de 150 a 218m, desciende debido a la poca presencia de arsenopirita. En la **figura 69,** se observa que la concentración de Fe disminuye a profundidad, presentando concentración elevada de 130 a 218m.

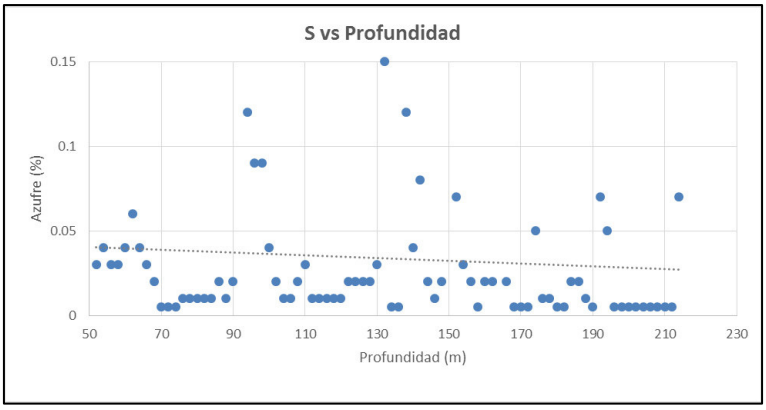


Figura 70. CA-R12-045. S vs Profundidad

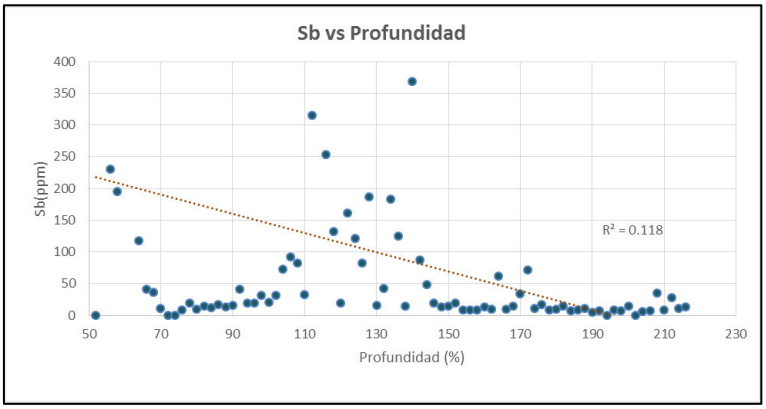


Figura 71. CA-R12-045. Sb vs Profundidad

En la **figura 70** se aprecia una disminución de S a profundidad, pudiendo decir que la cantidad de minerales con S disminuyen a profundidad en esta zona. En la **figura 71**, se aprecia que la concentración de Sb disminuye a profundidad debido a la poca presencia de sulfuros y óxidos con Sb.

5.2.4.4 Taladro CA-R12-019

En el Taladro CA-R12-019 con inclinación al oeste y perpendicular al contacto FPA-SD, la gráfica de correlaciones tanto para Au, Fe y Cu, refleja una asociación significativa con elementos cianicidas.

Para el Au, presenta una moderada asociación con el Zr (0.46), Cu (0.40) (asociado a sulfuros; pirita, etc.), y débiles asociaciones con Fe (0.38), Sb (0.32), Ti (0.00) (asociado a sulfuros, pirita, enargita? y cobres grises?), y débiles negativas con S (-0.007).

Para el Cu, presenta una moderada asociación con el S (0.64) (asociado a sulfuros, Covelita? y calcosita?), y débiles asociaciones positivas con As (0.37) y Sb (0.28) (Asociado a sulfuros, enargita? Y cobres grises?).

Para el Fe, presenta una moderada asociación con el As (0.60), Cu (0.64), Sb (0.45) y S (0.43) (asociado a sulfuros, arsenopirita?, bornita?, calcopirita? y cobre grises?).

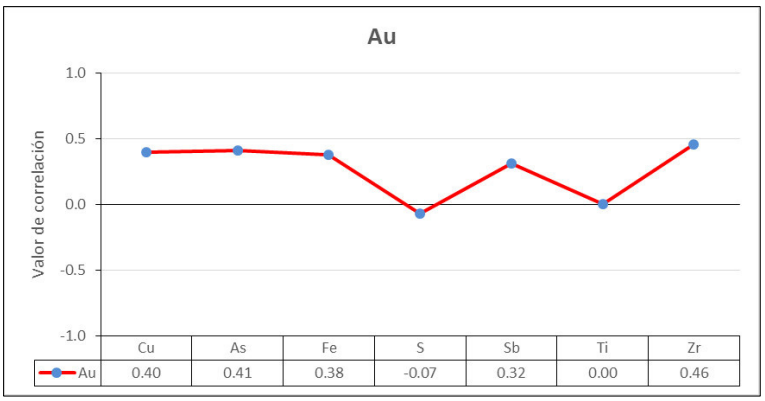


Figura 72. CA-R12-019. Gráfico de correlación geoquímica de Au para la zona de contacto.

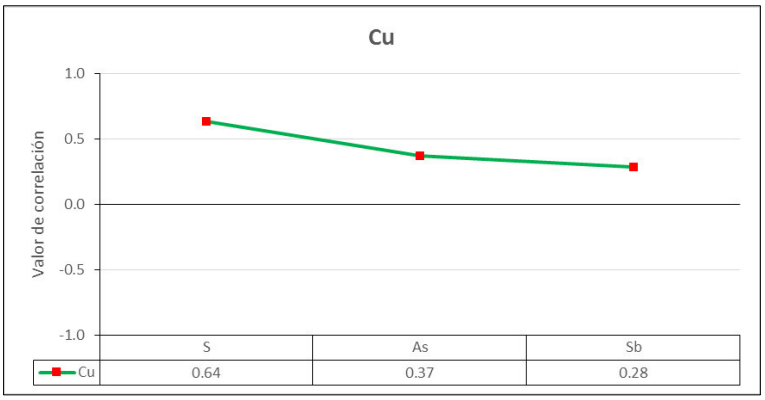


Figura 73. CA-R12-019. Gráfico de correlación geoquímica de Cu para la identificación de minerales.

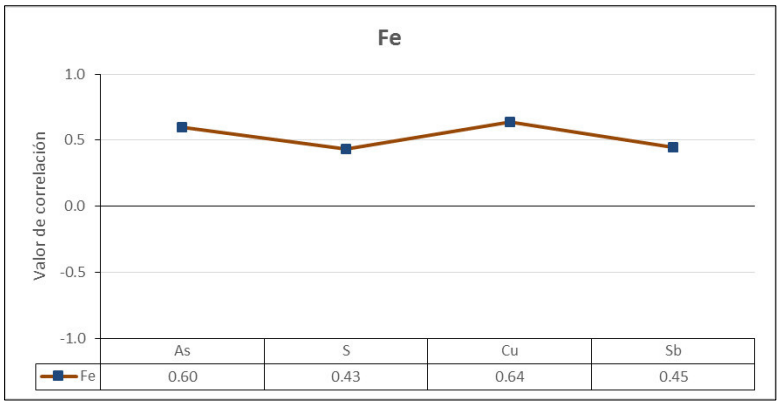


Figura 74. CA-R12-019. Gráfico de correlación geoquímica de Fe para la identificación de minerales.

Elementos asociados al Au, Cu, Fe a profundidad:

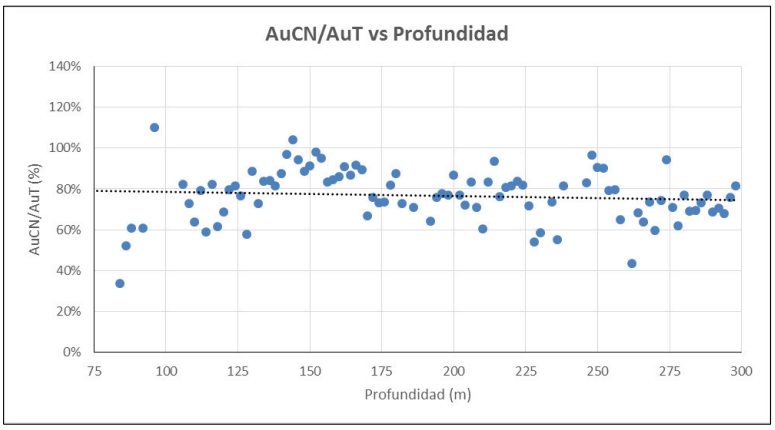


Figura 75. CA-R12-019. Relación AuCN/AuT vs Profundidad

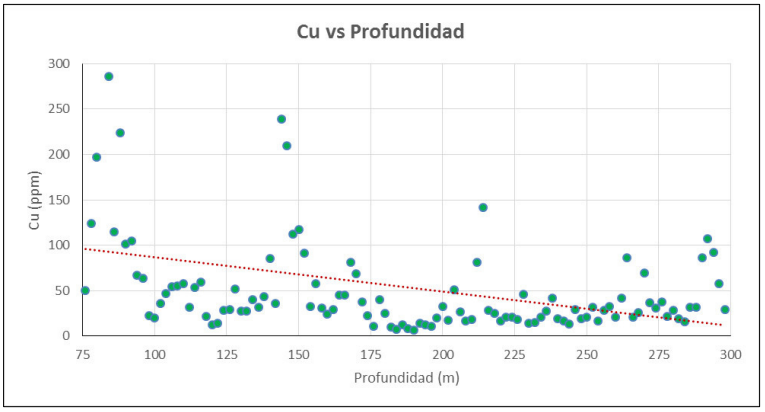


Figura 76. CA-R12-019. Cu vs Profundidad.

En la **figura 75.** Se aprecia que la tendencia de relación AuCN/AuT disminuye levemente con respecto a la profundidad. En la **figura 76** se observa que la concentración de Cu disminuye a profundidad debido a la presencia de enargita?, covelita?, calcosita?, etc.

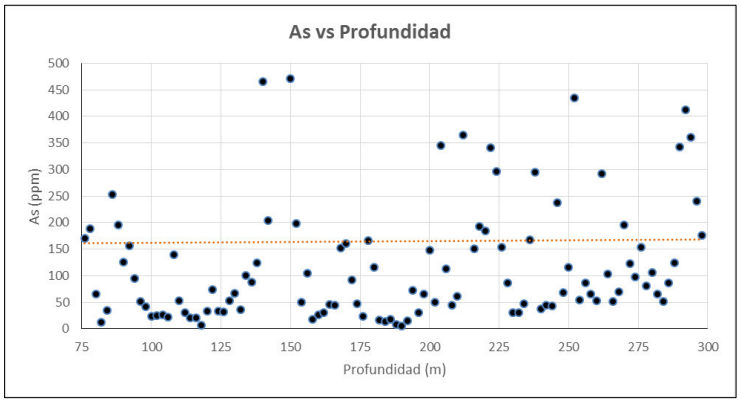


Figura 77. CA-R12-019. As vs Profundidad

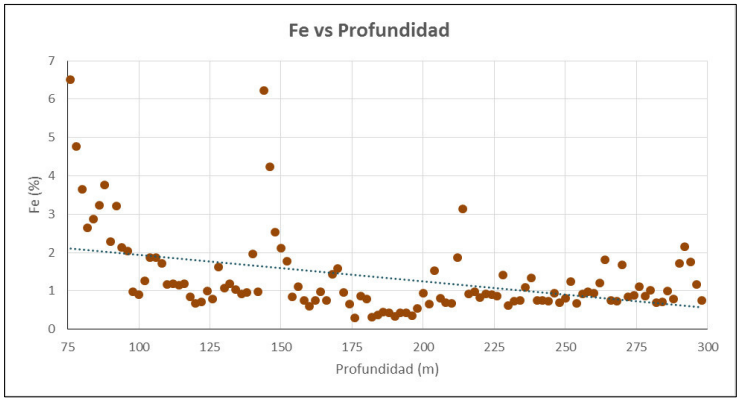


Figura 78. CA-R12-019. Fe vs Profundidad

En la **figura 77** se observa que la concentración de As aumenta levemente respecto a la profundidad debido a la poca presencia de arsenopirita. Presentando una moderada concentración (0-300 ppm). En la **figura 78,** se observa que la concentración de Fe disminuye a profundidad debido a la poca presencia de óxidos.

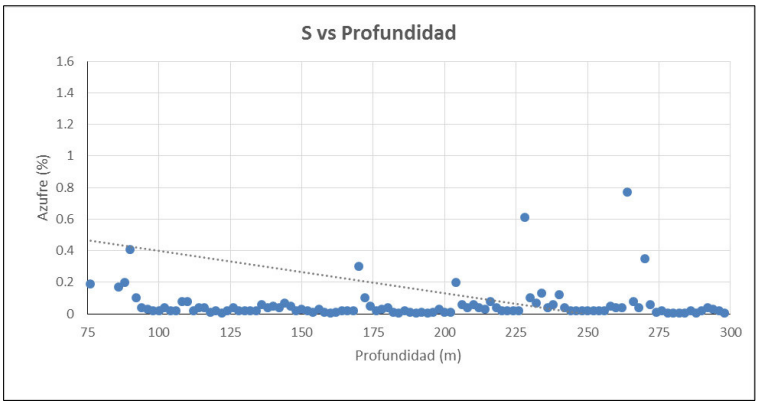


Figura 79. CA-R12-019. S vs Profundidad

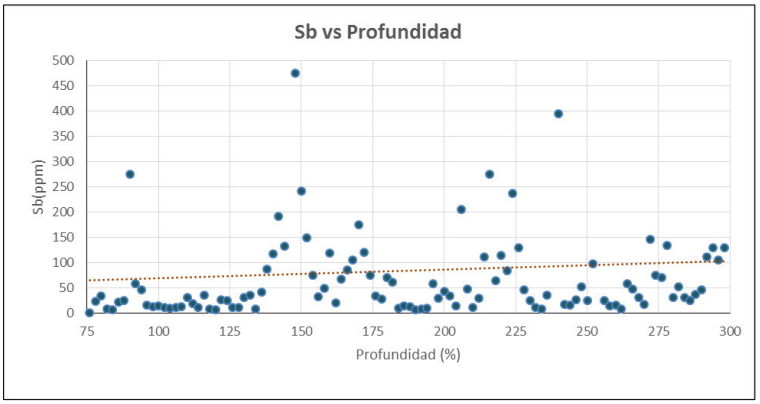


Figura 80. CA-R12-019. Sb vs Profundidad

En la **figura 79** se aprecia una disminución de S a profundidad, pudiendo decir que la cantidad de minerales con S disminuyen a profundidad en esta zona. En la **figura 80**, se aprecia que la concentración de Sb aumente a profundidad debido a la presencia de sulfuros y óxidos con Sb (cobres grises?)

5.2.4.5 Taladro CA-R12-020

En el Taladro CA-R12-020 con inclinación al oeste y perpendicular al contacto FPA-SD, la gráfica de correlaciones tanto para Au, Fe y Cu, refleja una asociación significativa con elementos cianicidas.

Para el Au, presenta una débil asociación positiva con el Fe (0.31), As (0.30), Sb (0.25), Ti (0.00) (Asociado a sulfuros, pirita?, arsenopirita?, cobres grises?), y débiles negativas con S (-0.12), Cu (-0.02) y Zr (-0.02).

Para el Cu, presenta una fuerte asociación con el S (0.92) (asociado a sulfuros, Covelita? y calcosita?), y moderadas asociaciones positivas con Sb (0.48) (Asociado a sulfuros, cobres grises?), y débiles positivas con As (0.21) (Asociaciones a sulfuros, Enargita y Arsenopirita).

Para el Fe, presenta una moderada asociación con el As (0.66), Cu (0.68), Sb (0.60) y S (0.40) (asociado a sulfuros, arsenopirita?, bornita?, calcopirita? y cobre grises?).

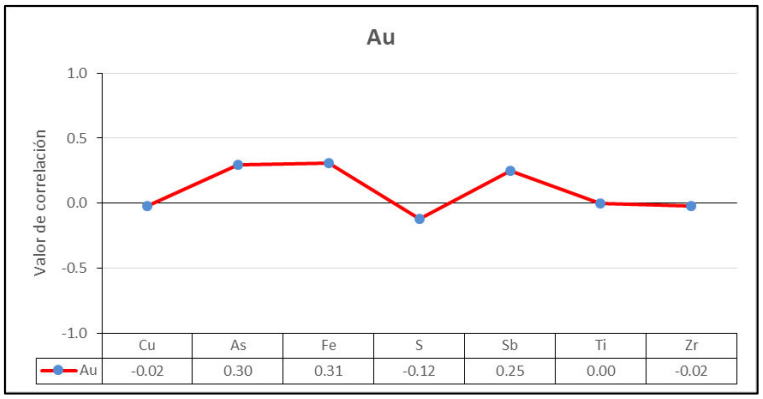


Figura 81. CA-R12-020. Gráfico de correlación geoquímica de Au para la zona de contacto.

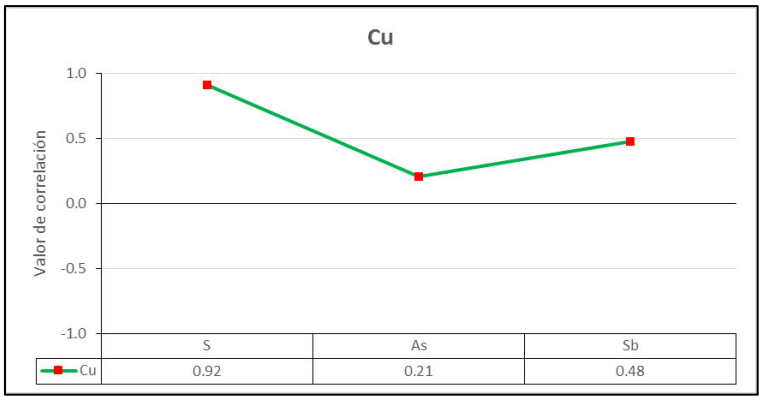


Figura 82. CA-R12-020. Gráfico de correlación geoquímica de Cu para la identificación de minerales.

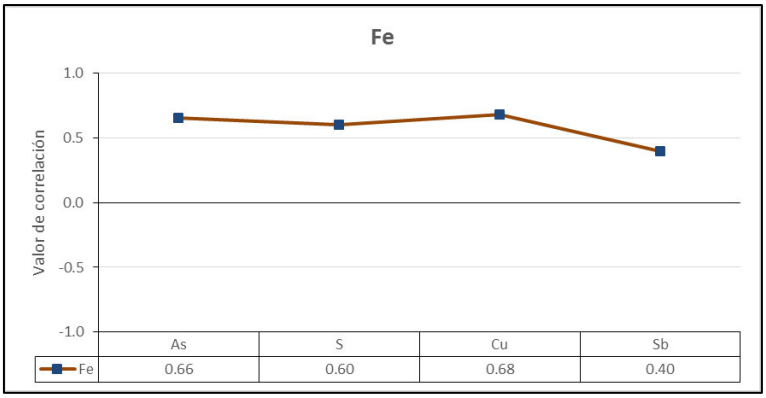


Figura 83. CA-R12-020. Gráfico de correlación geoquímica de Fe para la identificación de minerales.

Elementos asociados al Au, Cu, Fe a profundidad:

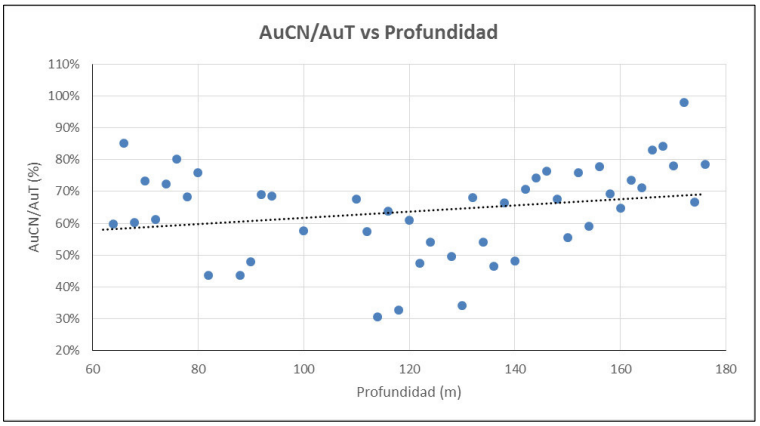


Figura 84. CA-R12-020. Relación AuCN/AuT vs Profundidad

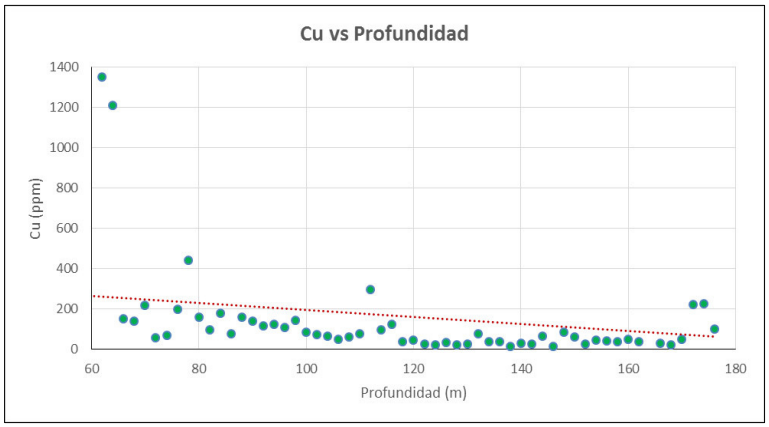


Figura 85. CA-R12-020. Cu vs Profundidad.

En la **figura 84.** Se aprecia que la tendencia de relación AuCN/AuT aumenta con respecto a la profundidad. En la **figura 85** se observa que la concentración de Cu disminuye a profundidad debido a la presencia de enargita?, covelita?, calcosita?, etc.

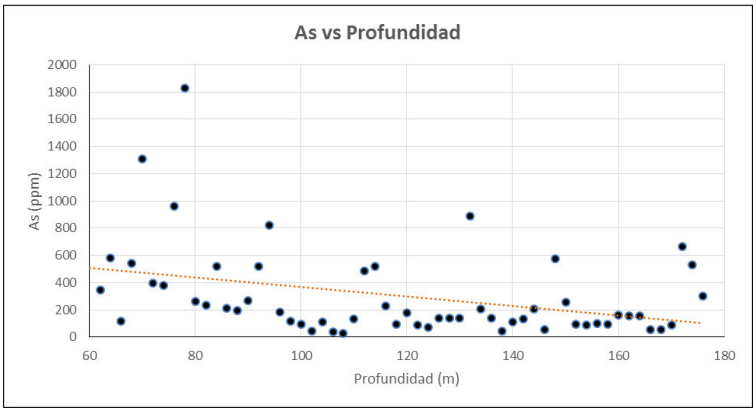


Figura 86. CA-R12-020. As vs Profundidad

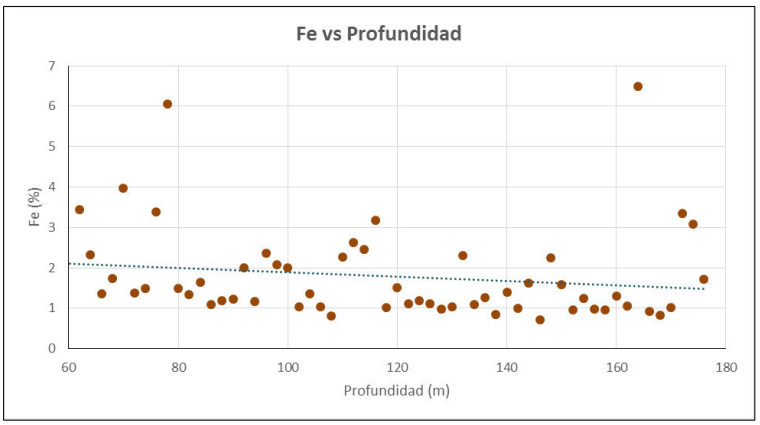


Figura 87. CA-R12-020. Fe vs Profundidad

En la **figura 86** se observa que la concentración de As disminuye respecto a la profundidad debido a la poca presencia de arsenopirita. Presentando una moderada concentración (0-200 ppm) en todo el tramo. En la **figura 87,** se observa que la concentración de Fe disminuye a profundidad debido a la poca presencia de óxidos.

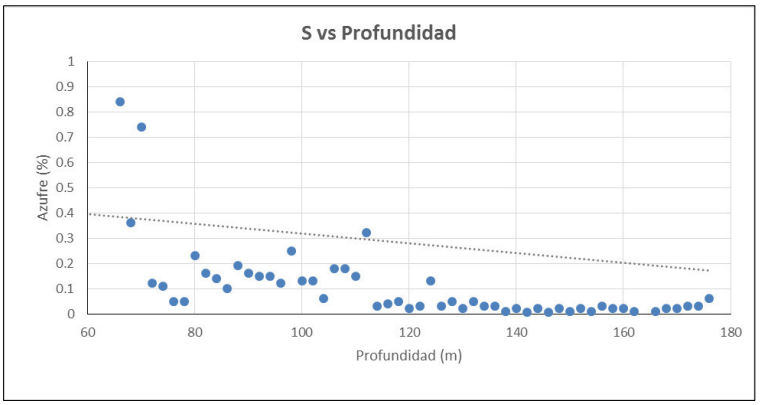


Figura 88. CA-R12-20. S vs Profundidad

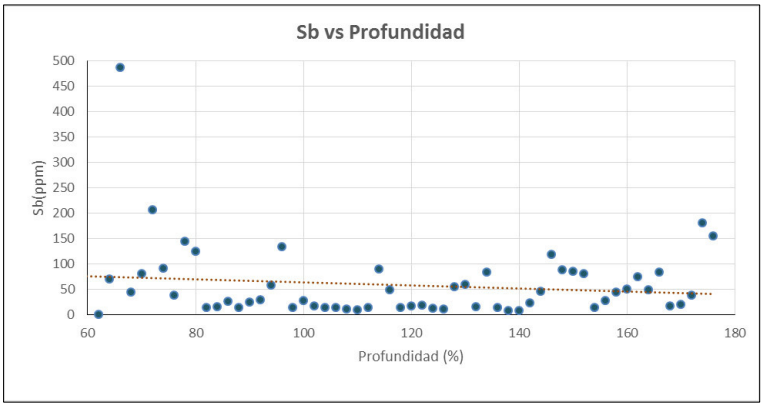


Figura 89. CA-R12-020. Sb vs Profundidad

En la **figura 88** se aprecia una disminución de S a profundidad, pudiendo decir que la cantidad de minerales con S disminuyen a profundidad en esta zona. En la **figura 89**, se aprecia que la concentración de Sb disminuye a profundidad debido a la presencia de sulfuros y óxidos con Sb (cobres grises?)

5.2.4.6 Taladro CA-R14-030

En el Taladro CA-R14-030 con inclinación al oeste y perpendicular al contacto FPA-SD, la gráfica de correlaciones tanto para Au, Fe y Cu, refleja una asociación significativa con elementos cianicidas.

Para el Au, presenta una moderada asociación con el As (0.45) (asociado a sulfuros; arsenopirita? y enargita?), y débiles asociaciones con Fe (0.33), Cu (0.25), Zr (0.23), Sb (0.33), Ti (0.00) (asociado a sulfuros, pirita, enargita? y cobres grises?), y débiles negativas con S (-0.14).

Para el Cu, presenta una moderada asociación con el As (0.66), Sb (0.52) (asociado a sulfuros, enargita? y cobres grises?), y débiles asociaciones positivas con S (0.32) (Asociado a sulfuros, covelita? y calcosita?).

Para el Fe, presenta una fuerte asociación con el As (0.81), Cu (0.72), Sb (0.56) (asociado a sulfuros, arsenopirita?, bornita?, calcopirita?, enargita? y cobre grises?).

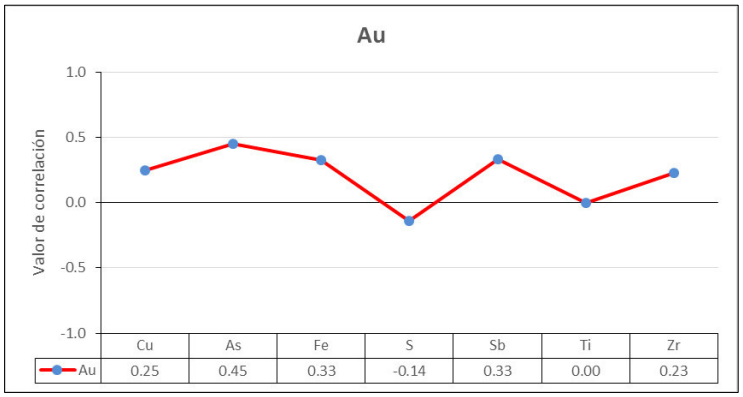


Figura 90. CA-R14-030. Gráfico de correlación geoquímica de Au para la zona de contacto.

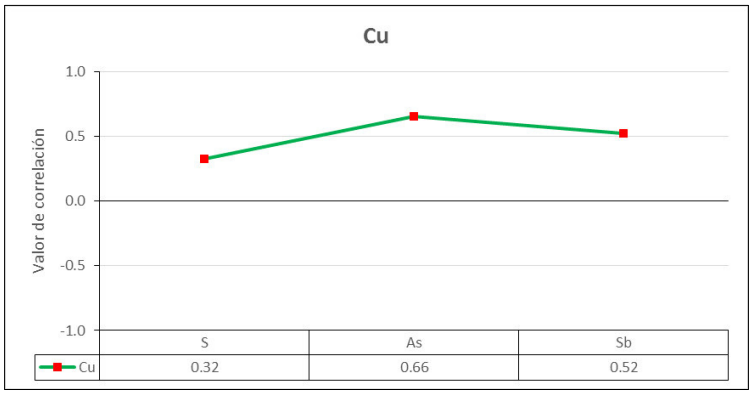


Figura 91. CA-R14-030. Gráfico de correlación geoquímica de Cu para la identificación de minerales.

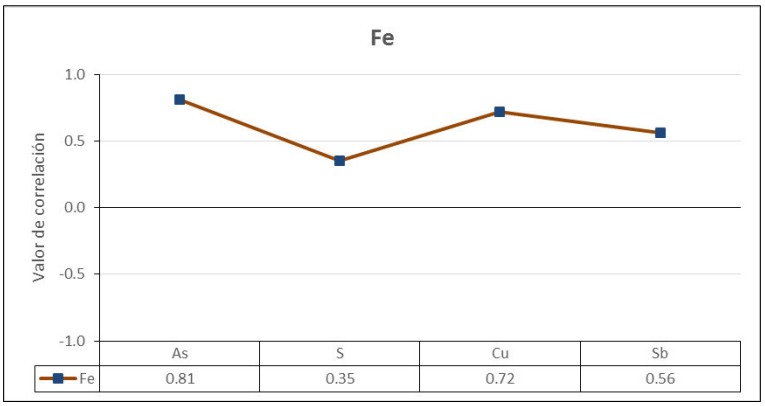


Figura 92. CA-R14-030. Gráfico de correlación geoquímica de Fe para la identificación de minerales.

Elementos asociados al Au, Cu, Fe a profundidad:

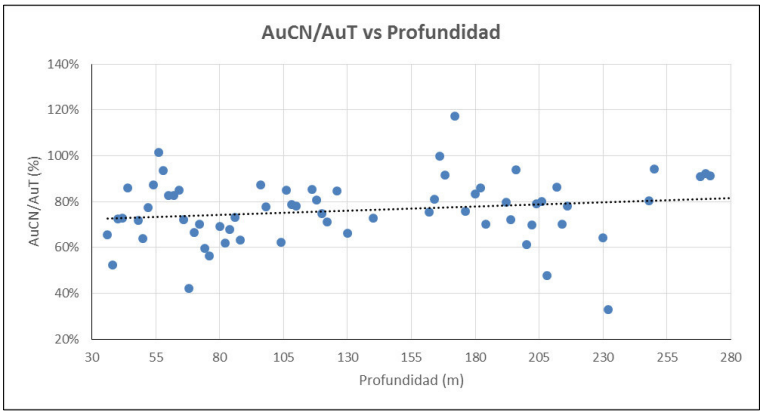


Figura 93. CA-R14-030. Relación AuCN/AuT vs Profundidad

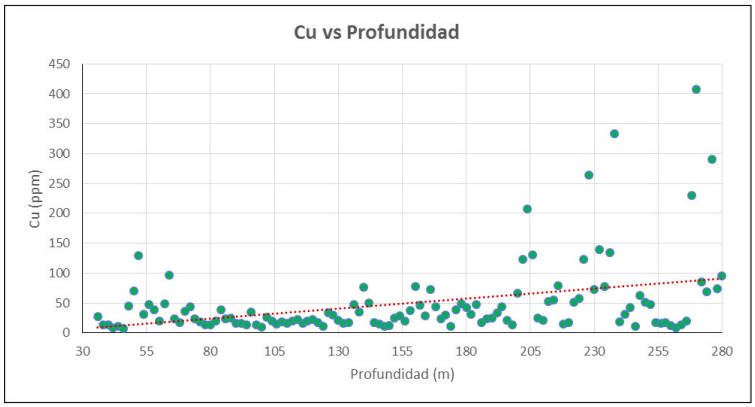


Figura 94. CA-R14-030. Cu vs Profundidad

En la **figura 93.** Se aprecia que la tendencia de relación AuCN/AuT aumenta levemente con respecto a la profundidad. En la **figura 94** se observa que la concentración de Cu aumenta a profundidad debido a la presencia de enargita?, covelita?, calcosita?, etc.

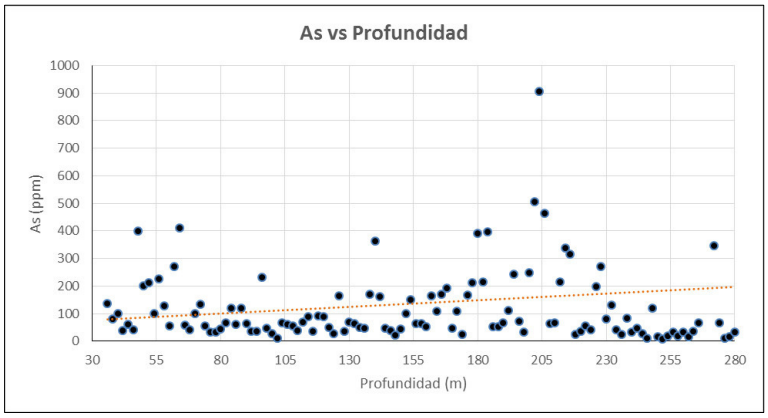


Figura 95. CA-R14-030. As vs Profundidad

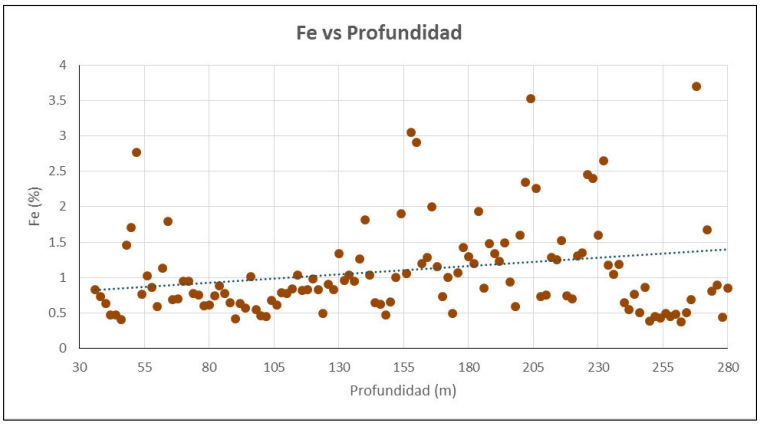


Figura 96. CA-R14-030. Fe vs Profundidad

En la **figura 95** se observa que la concentración de As aumenta levemente respecto a la profundidad debido presencia de arsenopirita? (casi constante a lo largo del tramo). En la **figura 96,** se observa que la concentración de Fe aumenta a profundidad hasta los 230, después de este metraje tiende a disminuir debido a la poca presencia de óxidos.

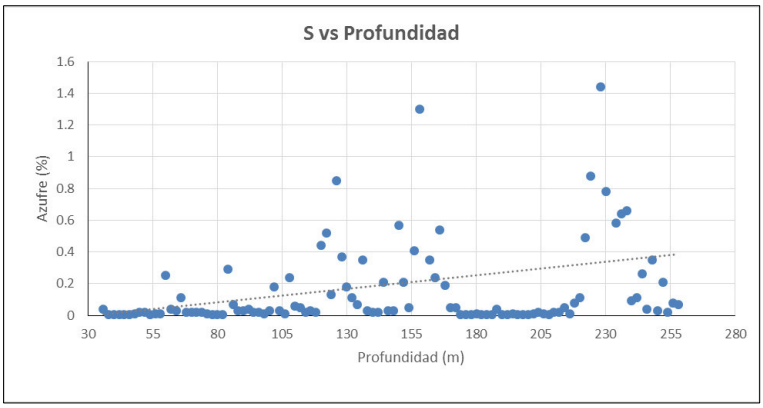


Figura 97. CA-R14-030. S vs Profundidad

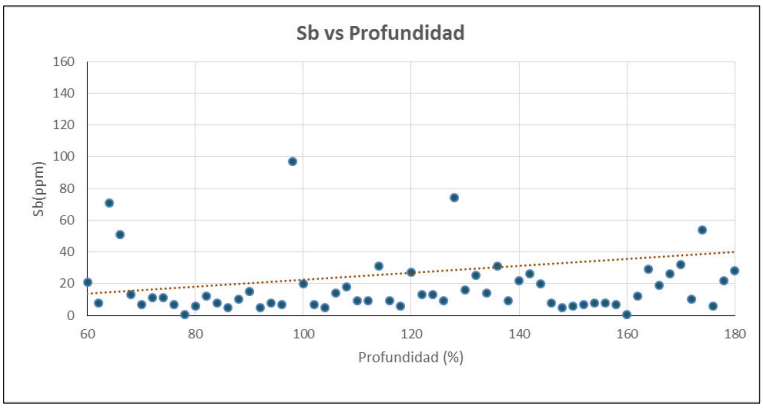


Figura 98. CA-R14-030. Sb vs Profundidad

En la **figura 97** se aprecia un aumento de concentración de S a profundidad, pudiendo decir que la cantidad de minerales con S ascienden a profundidad en esta zona. En la **figura 98**, se aprecia que la concentración de Sb aumenta levemente a profundidad debido a la presencia de sulfuros y óxidos con Sb (cobres grises?).

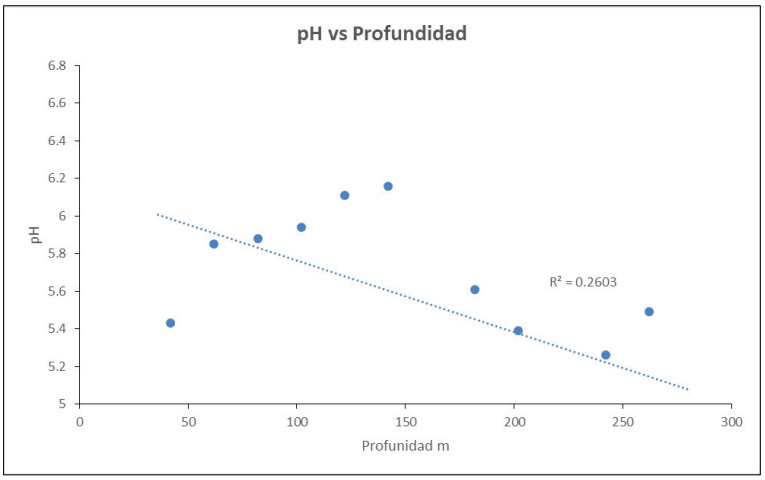


Figura 99. CA-R14-030. pH vs profundidad.

En la **figura 99** se muestra la distribución del pH a profundidad con una correlación negativa moderada de -0.51, observando una disminución del pH (> acidez), a medida que profundicemos hacia la zona oeste del Tajo de la mina. La variación de pH a 250 m está oscilando entre 6.2 a 5.4 indicando un pH ácido a profundidad?

5.2.4.7 Taladro CA-R14-034

En el Taladro CA-R14-034 con inclinación al oeste y perpendicular al contacto FPA-SD, la gráfica de correlaciones tanto para Au, Fe y Cu, refleja una asociación significativa con elementos cianicidas.

Para el Au, presenta una moderada asociación con el Cu (0.44), Sb (0.42) (asociado a sulfuros, pirita?, calcopirita? y cobres grises?), y débiles asociaciones con Fe (0.34), As (0.32), S(0.04), Ti (0.00) (asociado a sulfuros y óxidos, pirita?, arsenopirita? enargita? y escorodita?), y débiles negativas con Zr (-0.22).

Para el Cu, presenta una moderada asociación con el As (0.66), Sb (0.52) (asociado a sulfuros, enargita? y cobres grises?), y débiles asociaciones positivas con S (0.32) (Asociado a sulfuros, covelita? y calcosita?).

Para el Fe, presenta una fuerte asociación con el Cu (0.97), As (0.91) (asociado a sulfuros, calcopirita?, bornita? y arsenopirita?), y moderada asociación positiva con Sb (0.53) (asociado a sulfuros, cobre grises?).

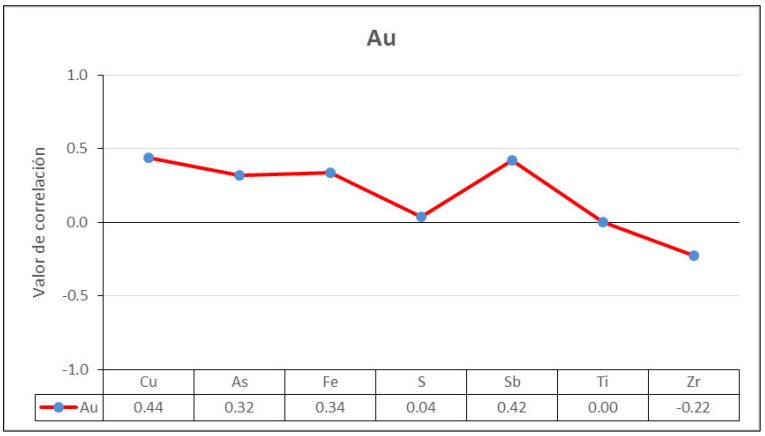


Figura 100. CA-R14-034. Gráfico de correlación geoquímica de Au para la zona de contacto.

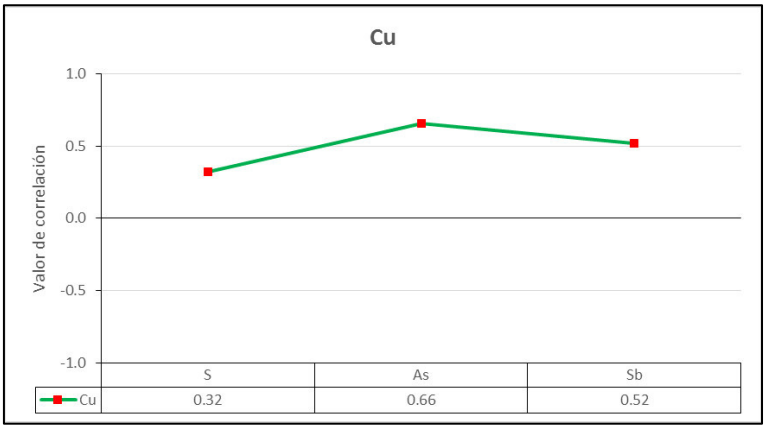


Figura 101. CA-R14-034. Gráfico de correlación geoquímica de Cu para la identificación de minerales.

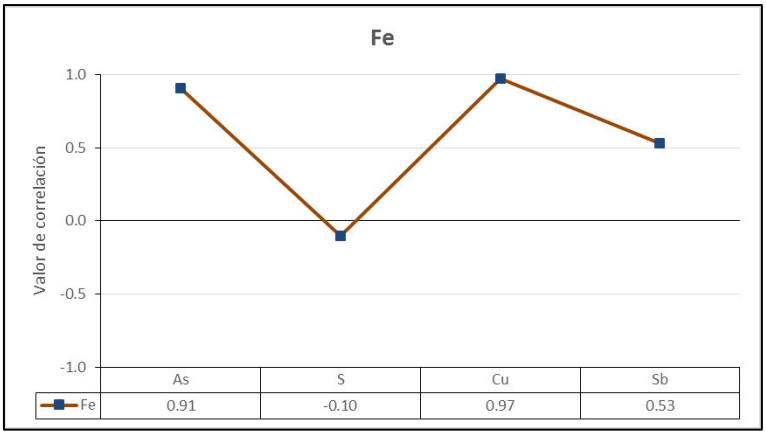


Figura 102. CA-R14-034. Gráfico de correlación geoquímica de Fe para la identificación de minerales.

Elementos asociados al Au, Cu, Fe a profundidad:

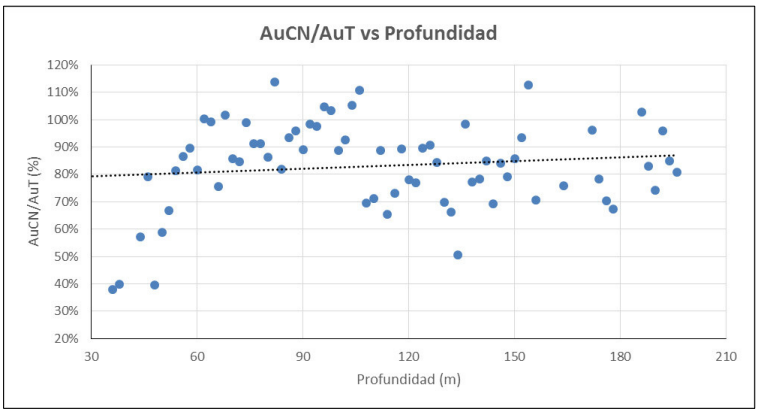


Figura 103. CA-R14-034. Relación AuCN/AuT vs Profundidad

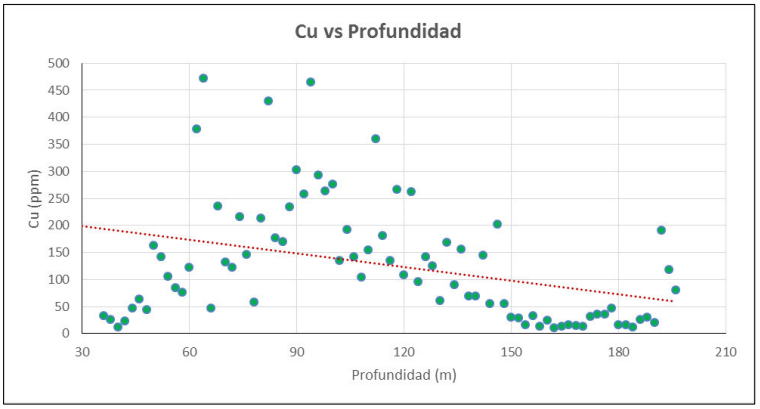


Figura 104. CA-R14-034. Cu vs Profundidad

En la **figura 103.** Se aprecia que la tendencia de relación AuCN/AuT aumenta levemente con respecto a la profundidad. En la **figura 104** se observa que la concentración de Cu disminuye a profundidad debido a la poca presencia de calcopirita?, enargita?, covelita?, calcosita?, etc.

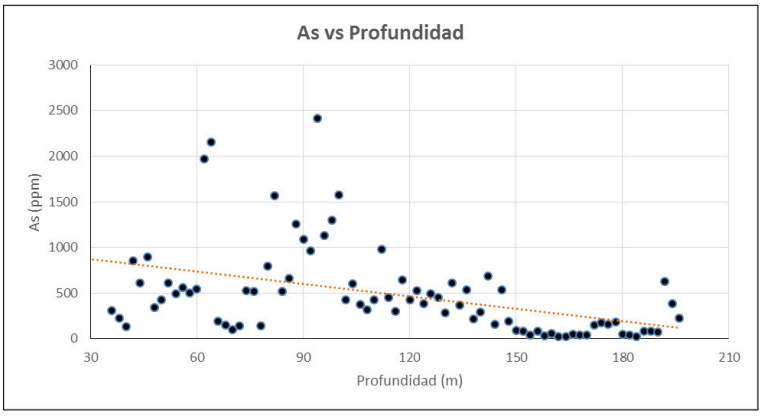


Figura 105. CA-R14-034. As vs Profundidad

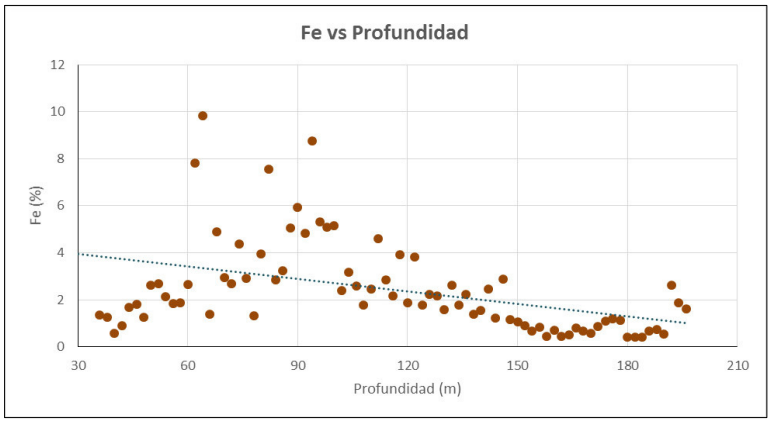


Figura 106. CA-R14-034. Fe vs Profundidad

En la **figura 105** se observa que la concentración de As disminuye notablemente respecto a la profundidad debido presencia de arsenopirita? y enargita? En la **figura 106,** se observa que la concentración de Fe disminuye a profundidad. Se observa picos altos de los 60 a 120m, después de este metraje la concentración de Fe tiende a disminuir debido a la poca presencia de óxidos.

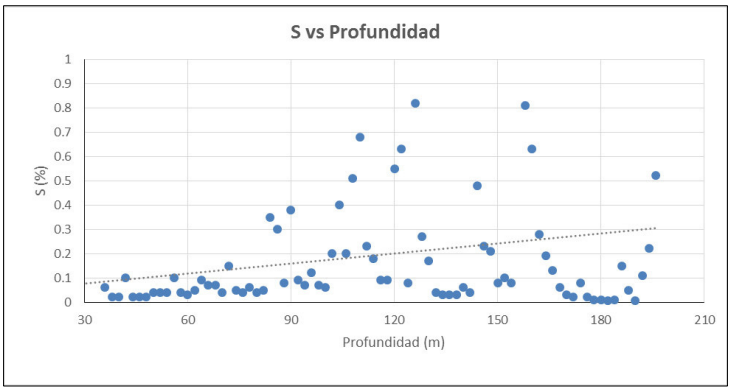


Figura 107. CA-R14-034. S vs Profundidad

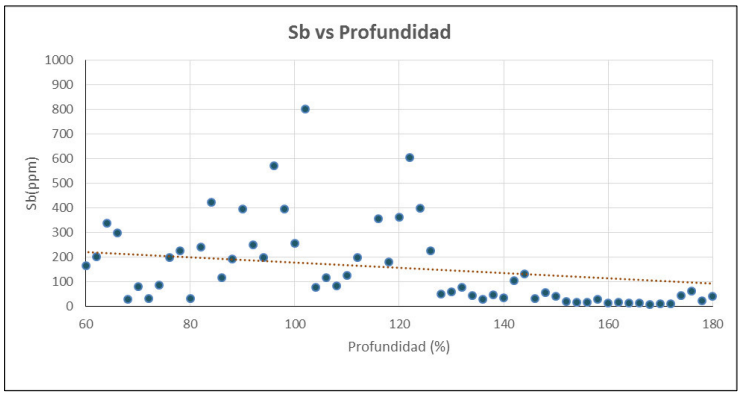


Figura 108. CA-R14-034. Sb vs Profundidad

En la **figura 107** se aprecia un aumento de concentración de S a profundidad, pudiendo decir que la cantidad de minerales con S ascienden a profundidad en esta zona. En la **figura 108**, se aprecia que la concentración de Sb disminuye a profundidad debido a la poca presencia de sulfuros y óxidos con Sb (cobres grises?)

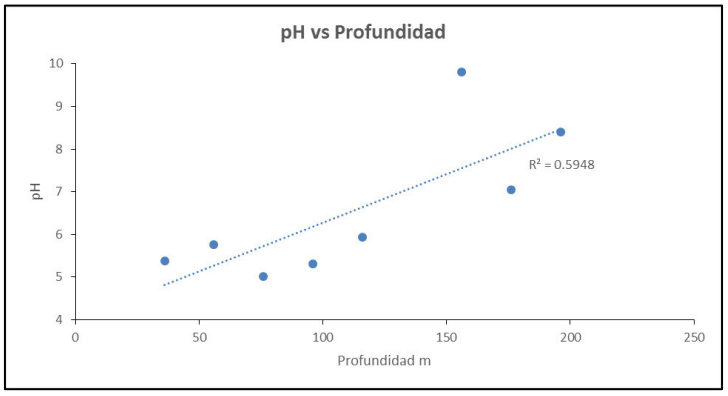


Figura 109. CA-R14-034. pH vs profundidad.

En la **figura 109** se muestra la distribución del pH a profundidad con una correlación positiva moderada de 0.77, observando un crecimiento del pH (> basicidad), a medida que profundicemos hacia la zona oeste del Tajo. La variación de pH a 250 m está oscilando entre 5.01 a 9.8 indicando un pH básico a profundidad?

5.2.5 Control Metalúrgico

Según las pruebas realizadas en el Laboratorio Metalúrgico (Ver Prueba metalúrgica) se tiene lo siguiente:

Tabla 11. Análisis químico. Ley de cabeza analizada del mineral en estudio.

COLUMNA	MUESTRA	GRANULO METRIA	CABEZA ENSAYADA (gr/tn)		
			Au	Ag	Cu
5	ARENISCA (alta ley 1º envio, baja solubilidad oro)	100% -4"	2,45	0,50	60
6	ARENISCA (baja ley, alta solubilidad oro)		0,21	0,50	60
7	ARENISCA (alta ley, baja solubilidad oro - 2do envio)		1,01	0,60	70
8	ARENISCA: 50% alta ley (1er envio) + 50% baja ley		1,40	0,50	70

En la **Tabla 11**. se aprecia la ley de cabeza del mineral en estudio. Tener en cuenta que el análisis de cabeza es importante para que los reajustes de las extracciones calculadas durante la prueba de lixiviación (con la ley de cabeza y las soluciones cianuradas) sean mínimas.

Tabla 12. Prueba de alcalinidad de mineral en estudio.

TIPO DE MINERAL	pH NATURAL	CONSUMO CAL (Kg/tn)
Mineral alta ley, baja solubilidad de oro (1° envio)	7,9	0,8
Mineral baja ley, alta solubilidad de oro	7,6	0,8
Mineral alta ley, baja solubilidad de oro (2° envio)	7,9	0,8

En la **Tabla 12** se aprecia que el valor obtenido de pH y Cal es de 7.9 y 84 % CaO respectivamente. Tener en cuenta que el pH mínimo del material evaluado para las

subsiguientes pruebas debe de ser 10.5, ya que estando a estas condiciones, no sé tendrá pérdidas de cianuro en forma de gas cianhídrico.

Tabla 13. Prueba de cianuración por agitación en botellas de mineral en estudio.

BOTELLA Nº	MINERAL	LEY CABEZA CALCULADA (gr/tn)			EXTRACCION (%)			REACTIVOS (Kg/tn)		EXTRACC. PROM. (%)		
		Au	Ag	Cu	Au	Ag	Cu	NaCN	Cal	Au	Ag	Cu
5	Mineral SD de baja ley -	0.34	0.82	98	91	39	8	0.50	1.0	92	34	7
6	alta solubilidad de oro	0.41	0.70	85	93	28	6	0.57	1.0			
7	Mineral SD de alta ley -	3.93	2.30	151	80	70	34	0.58	1.1	79	69	45
8	baja solubilidad de oro	4.13	3.43	204	79	68	56	0.69	1.1			

En la **Tabla 13**. se aprecia que al término de 96 h de agitación, el mineral de alta ley (baja lixiviabilidad de oro) tuvo un consumo de 0.58 Kg NaCN/Tn logrando extraer el **80%** de Au y 34% de Cu debido a los ensambles mineralógicos existentes en el proyecto 017 mencionados en Caracterización mineralógica y Control Geoquímico. De la misma manera el mineral de baja ley (alta lixiviabilidad de oro) tuvo un consumo de 0.50 Kg NaCN/Tn logrando un recuperación del **91%** de Au y 8% de Cu en el proyecto 013.

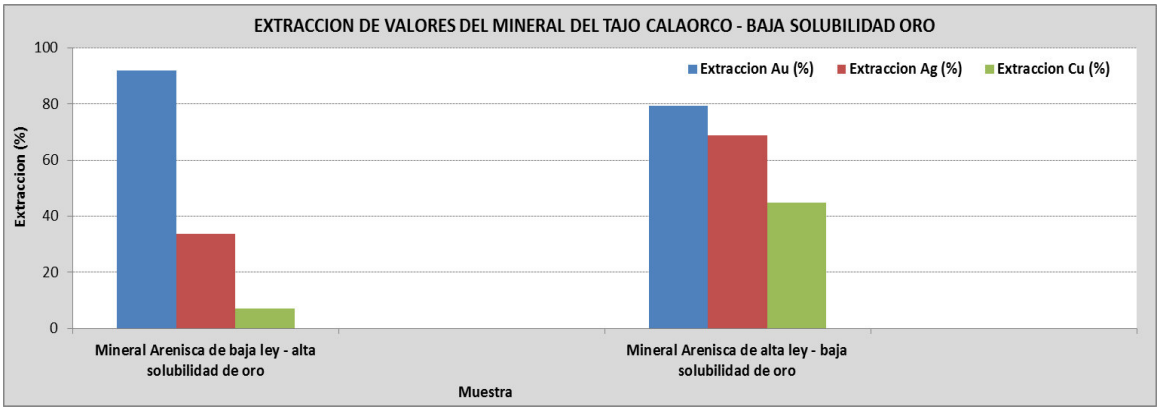


Figura 110. Extracción de oro, plata y cobre en la cianuración por agitación en botella del mineral en estudio.

La prueba de cianuración por agitación en botella no presenta la granulometría del material que son acarreadas al Pad ya que se realiza a una malla ideal para la realización del proceso.

Tabla 14. Prueba de cianuración por percolación en columnas con mineral en estudio.

COLUMNA	MUESTRA	GRANULOMETRIA	CONC. CN⁻ (ppm)	INICIO RIEGO	DIAS LIXIVIACION	TMS	CABEZA ENSAYADA (gr/tn)			RECUPERACION (%)			REACTIVOS (kg/tn)		pH SOLUCION PREGNANT	ASENTAMIENTO DEL MINERAL (%)
							Au	Ag	Cu	Au	Ag	Cu	NaCN	Cal		
5	ARENISCA (alta ley 1º envio, baja solubilidad oro)	100% -4"	100	21/2/15	80	1,7	2,45	0,50	60	73,6	11,7	2,2	0,29	0,8	10,9	0,3
6	ARENISCA (baja ley, alta solubilidad oro)		100			1,6	0,21	0,50	60	89,5	7,2	2,3	0,30	0,8	11,2	0,3
7	ARENISCA (alta ley, baja solubilidad oro - 2do envio)		100			1,6	1,01	0,60	70	57,5	10,0	5,3	0,30	0,8	11,1	0,3
8	ARENISCA: 50% alta ley (1er envio) + 50% baja ley		100			1,8	1,40	0,50	70	80,1	5,6	3,2	0,26	0,8	11,3	0,3

En la **Tabla 14**., **columna 5** se observa que el mineral de alta ley del proyecto 017 – 1er envío (baja solubilidad de oro), presenta una **recuperación de oro de 73.6**% en 80 días de lixiviación a 100 ppm de CN-, así mismo se recupera 11.7% de plata y 2.2% de cobre a estas mismas condiciones.

En la **columna 6** se observa que el mineral de baja ley del proyecto 013 (alta lixiviabilidad de oro), presenta una **recuperación de oro de 89.5%** en 80 días de lixiviación a 100 ppm de CN^-, así mismo se recupera 7.2% de plata y 2.3% de cobre a estas mismas condiciones.

En la **columna 7** se observa que el mineral en arenisca de alta ley, baja lixiviabilidad de oro del 2º envío, presenta una **recuperación de oro de 57.5%** en 80 días de lixiviación a 100 ppm de CN^-, así mismo se recupera 10% de plata y 5.3% de cobre a estas mismas condiciones.

En la **columna 8** se observa que el blending de relación 1:1 con el mineral de arenisca alta ley, baja lixiviabilidad de oro 1º envío y el mineral de arenisca de baja ley, alta lixiviabilidad de oro, presenta una recuperación de oro de **80.1%** en 80 días de lixiviación a 100 ppm de CN-, así mismo se recupera 5.6% de plata y 3.2% de cobre a estas mismas condiciones que demuestran las hipótesis generales y específicas.

5.3 Evaluación de resultados técnicos y económicos.

En lo que respecta al proyecto, la poca información de análisis de oro cianurable en los sondajes existentes cerca de las zonas de baja lixiviabilidad (RCD) nos limita a no poder inferir un volumen del material en estudio y, por ende, el modelo y cubación del mismo.

En general, la evaluación está sujeto en medida a conocer cuánto volumen de material presenta los ensambles y asociaciones mineralógicas vistas anteriormente a lo largo todo el Tajo (todas las fases) y con ello, realizar un modelo de bloques parametrado (variables) a las características del material analizado. Así mismo, evaluar su extracción costo-beneficio a largo plazo.

Por el momento no se cuenta con la información y presupuesto necesario para dicho resultado. Se espera realizar análisis de oro cianurable (AuCN ppm) en todos los sondajes del próximo programa de infill en el Tajo.

5.4 Conclusiones

- Estructuralmente, la Falla Calaorco y Central se comportan como trampas para los fluidos mineralizantes con contenido sulfuros. Así también, el pórfido feldespático andesítico de La Arena genera la mineralización de sulfuros en el contacto con las areniscas cuarzosas, afectando significativamente en la baja lixiviabilidad de los polígonos grade control creados cerca al contacto.
- La baja relación AuCN/AuT se presenta en las areniscas cuarzosas con mineralización de sulfuros en diseminado y en parches. Mineralización no oxidada completamente por las aguas meteóricas generadoras del Lithocap.
- Según el plano de isovalores del banco 3408 de La Arena, la relación AuCN/AuT se mantiene “constante” en las zonas 1 y 2 identificadas al inicio del proyecto,

identificando unas zonas adicionales al NW y E del Tajo con baja relación AuCN/AuT. Se tiene que realizar un seguimiento constante es estas nuevas zonas de baja relación AuCN/AuT.

- La relación de AuCN/AuT en las zonas de estudio presentan generalmente tendencia ascendente, la relación AuCN/AuT aumenta en relación directa con la profundidad.
- La mineralización de sulfuros en las areniscas es dada por aporte de los pórfidos tardíos (intrusivos) en el yacimiento.
- Los resultados obtenidos mediante los estudios microscópicos se pudieron identificar **al Cuarzo, Goethita, Pirita, Arsenopirita, Calcopirita, óxidos de (Fe, Sb, As) y minerales secundarios como Covelita**.
- Según el estudio mineragráfico, el oro se encuentra como solución solida incluido en la pirita y arsenopirita; la cual también es mínima y poco significativa.
- Según los sondajes geometalúrgicos realizados, las zonas mixtas de bajo y alto sulfuros llegan como mínimo a 10 m en **CA-R15-001** y 25 en **CA-R15-002**. Zonas caracterizadas por la presencia de parches de sulfuros, indicando poca presencia de este tipo de mineralización a profundidad.
- Según el control geoquímico efectuado en los sondajes de perforación RCD históricos en las zonas 1 y 2 con problemas de baja lixiviabilidad, la relación de elementos de los minerales identificados en el análisis mineralógico como **Arsenopirita, covelita, Cobres grises (Tetraedrita), calcopirita,** enargita, etc. con una correlación entre 0.60 y 0.90 presentan una tendencia decreciente con respecto a la profundidad.
- En la **zona 1** se observa que hacia el lado este (FPA), que los valores de pH disminuyen (>acidez), mientras que hacia el oeste (SD) aumenta (>básico); esto es debido al material encontrado hacia dichos sectores

- En la **zona 2**, hacia el lado oeste se observa que los valores de pH disminuyen haciéndose más ácido hacia el lado de las areniscas debido al aumento de los siguientes elementos: Cu, S, As y Sb. (ver CA-R14-030).
- La recuperación de oro del blending realizado con mineral de alta (alta lixiviabilidad) y baja ley (baja lixiviabilidad) es de 80.1 % en 80 días de regado de CN- a 100ppm. (30 días más regado de CN-).

5.5 Recomendaciones

- Si el trabajo es de su interés, realizar pruebas en PAD piloto con este tipo de material para ver su recuperación a una escala más real.
- Cubicar la zona con un programa de perforación RC para saber las dimensiones del mismo en futuros planes de minado. Por otro lado, se podría evaluar un **cut off** para este material en base a la cubicación y/o estimación generada.
- Continuar con el muestreo de este mineral con la profundización del minado en base a pruebas metalúrgicas (pruebas de botella y columnas).
- El riego de solución cianurada de 30 días más aprox. sería una posible solución para la recuperación del material estudiado.
- La profundización en el minado se podría evaluar zonas con baja relación AuCN/AuT con ayuda de análisis mineralógicos.
- En los programas de perforación RC en La Arena se recomienda analizar por AuCN ppm.
- Evitar la elaboración de rampas y/o accesos en material carbonoso en zonas cercanas a zonas de mineral de alta ley debido a que el carbón es un cianicida por excelencia.

5.6 Bibliografía

André Gauthier, Noel Díaz, Víctor Quirita, Yacimientos la Arena-La Virgen: Sociedad minera Cambior Perú s.a.

Aramburú, V (2003). Modelo de la pre-aireación en concentrados de oro pirítico, para la optimización del proceso de cianuración. Lima – Perú.

Benavides-Cáceres, V. (1999). Orogenic Evolution of the Peruvian Andes: The Andean Cycle. Special Publication N° 7, Society of Economic Geologist, Chap.3, pp. 61-107.

Candiotti, H (1980). Minero Perú. Sección Petromineralogia.

Corbett, G. – Comments on the exploration potencial of La arena and regional prospects northen peru.

Chahuayo, E et al (2012). Estudio de optimización para la mejorar la lixiviación cianurante de un mineral refractario de oro y plata conteniendo antimonio en la zona de huampar - Lima. Huancayo – Perú.

Chirif, H. et al (2007). Potential Evaluation of the Mineral Deposits in the La Libertad and Ancash Regions, North Peru. Instituto Geológico Minero y Metalúrgico, INGEMMET.

Cullity B.D (1978). Elements of X-RAY diffraction, 2nd, Massachuses: Addison – Wesley, pp 5-96.

Egas, D. (1998). Microscopía Electrónica: Fundamentos, Teoría y Aplicaciones. Escuela Politécnica Nacional. Quito – Ecuador.

Hernández, R et al. (2010). Metodología de la investigación, Quinta edición. Mexico. McGRAW-HILL / INTERAMERICANA EDITORES, S.A. DE C.V.

Henley, K.J (1983). Ore-Dessing mineralogy – A review of techniques, applications and recent developments. Spec. Publ. Geol. S. Afr, pp 175-200.

Jacay J., Jaillard E. y Enay R. (2005). Litoestratigrafía y sedimentología de las Unidades Jurásicas de los andes norperuanos (Cuenca Chicama). Boletín de la Sociedad Geológica del Perú, Vol., 98, pp. 7-24.

Jacay J., Guadalupe E., Sánchez J., Estilo estructural de los yacimientos minerales en la franja Huamachuco-Cajabamba: Andes norperuanos

Jones, M.P (1987). Applied mineralogy, a quantitative approach.Graham and Trotman Ltd. London, UK.

Kittel C (1996). Introducción al estado sólido, 7th ed. New York: Wiley. Pp.27-50.

Márquez R. & Omar A. El Proceso de la Investigación en las Ciencias Sociales. Ediciones de la Universidad Ezequiel Zamora, Colección Docencia Universitaria.

Martínez, N (s.f). Diseño de la investigación. Recuperado de http://www.aniorte-nic.net

Montoya D. (1999). Algunos Aspectos Relevantes de la Metalogenia del Oro en el Norte del Perú. Minas & Pozos Año II N° 16, Revista Internacional de Minería y Petróleo.

Melgarejo J. et al (2010). Técnicas de caracterización mineral y su aplicación en exploración y explotación minera. Boletín de la Sociedad Geológica Mexicana, Vol. 62 N°1, 2010, pp 1-23.

Manzaneda, J. (2010). Aplicación de microscopía en el procesamiento de minerales de flotación. Universidad Nacional de Ingeniería. Lima- Perú.

Reyes, L. 1980. Geología de los Cuadrángulos de Cajamarca, San Marcos y Cajabamba. Instituto Geológico Minero y Metalúrgico. INGEMMET, Boletín N° 31.

Ortega, K. (2009). Recuperación de oro desde soluciones cianuradas por intercambio iónico en la Compañía Minera Aurífera Santa Rosa S.A. Universidad Nacional de Ingeniería.

Pirard, Eric (2003). Análisis mineralógico cuantitativo. Université de Liége – "Géoressources,Géotechnologies et Matériaux de Construction".

Pérez-Barnuevo, L et al (2010). Innovación en las técnicas de microscopia óptica aplicadas a la industria minera. Universidad Politécnica de Madrid.

Sáez, F (2005). Geología y exploración del yacimiento de Salpo, Otuzco, La libertad. Universidad Nacional de ingeniería. Lima – Perú.

Snyder R.L et al. (1996). Introduction to X-ray Powder Diffractimetry, New York: Willey. pp 48-170.

Reyes L. (1980). Geología de los Cuadrángulos de Cajamarca, San Marcos y Cajabamba. Boletín N° 31 INGEMMET, Ser. A Carta Geológica Nacional. 67 pp.

Romero, A. et al (2010). Análisis granulométrico para la producción industrial del cobre a partir de la calcopirita. Revista de la Facultad de Ingeniería Industrial. UNMSM, Vol. 12(2): pp 21-26 (2009).

Uriarte, R (2013). Ocurrencia de oro en areniscas en un ambiente de alteración epitermal, controles de mineralización y modelo geológico en el proyecto Corisonco – Cajamarca. Universidad Nacional de ingeniería. Lima – Perú.

Wilson J. J. y Reyes L. (1964). Geología del Cuadrángulo de Pataz. Comisión Carta Geológica Nacional, Boletín N° 9, 91 pp.

Universidad Centroamericana (1996). Normas ASTM y Guía de Laboratorio Construcción I.

Universidad Centroamericana (s.f). Análisis de tamaño de partículas por tamizado en agregado fino y grueso y determinación en agregado más fino que el tamiz N° 200 (75 µm) en agregado mineral por lavado. Departamento de Mecánica Estructural. San Salvador, El Salvador.

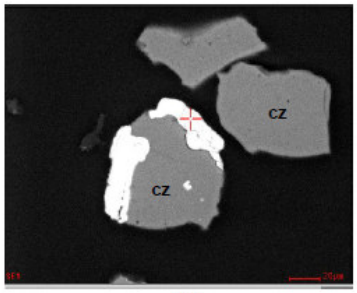
Universidad Nacional del Centro del Perú. - Huancayo. Microscopia óptica y sus aplicaciones en la metalurgia. Huancayo.

6 ANEXOS

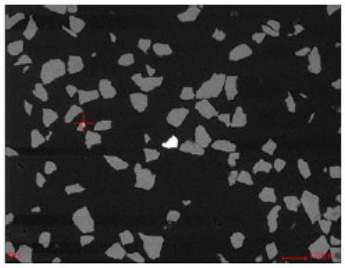
6.1 Estudios de Microscopia electrónica

Laboratorio externo.

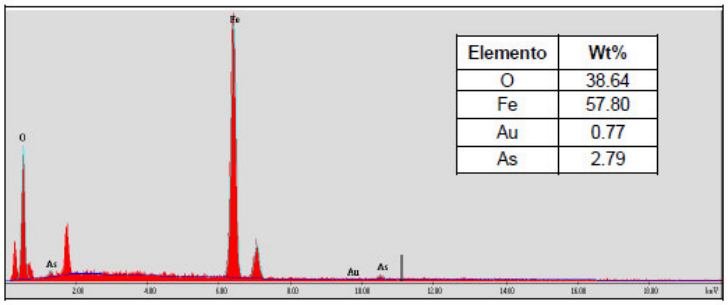
6.1.1 Malla +200



(a)



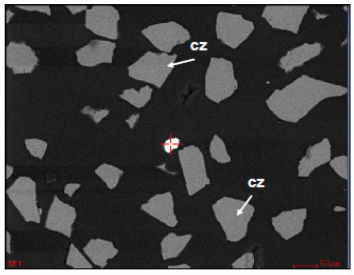
(b)



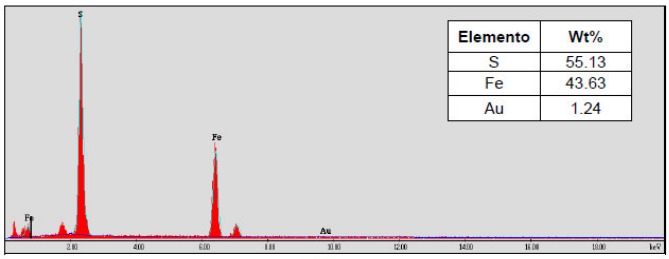
Elemento	Wt%
O	38.64
Fe	57.80
Au	0.77
As	2.79

(c)

(a y b) Presencia de grano mixto con forma redondeada con tamaños menores a 120µm de posible **Arsenopirita** con cuarzo (cz) con una posible solución solida con el elemento Oro; (c) Espectro la cual muestra los elementos presentes: Oxigeno, Hierro, Oro y Arsenico.



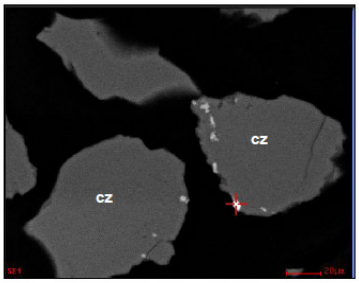
(a)



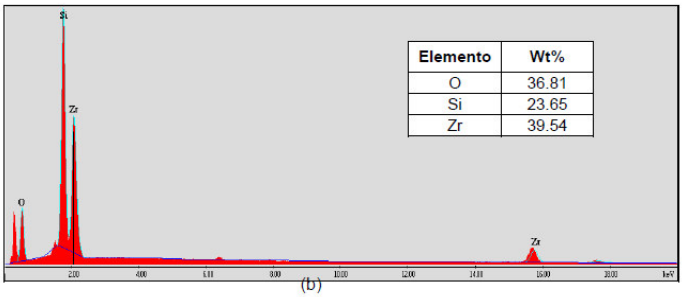
Elemento	Wt%
S	55.13
Fe	43.63
Au	1.24

(b)

(a) Análisis puntual de un grano libre subredondeado de **Pirita** de aproximadamente 50µm con posible solución solida con el elemento Oro; (b) Espectro la cual muestra los elementos presentes: Azufre, Hierro y Oro.



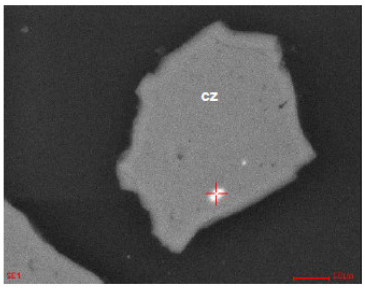
(a)



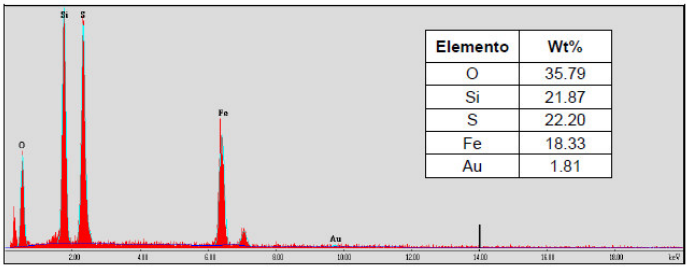
Elemento	Wt%
O	36.81
Si	23.65
Zr	39.54

(b)

(a) Análisis Puntual de grano libre de Zircón como inclusiones en cuarzo (cz); b) Espectro la cual muestra los elementos presentes: Oxigeno, sílice y zirconio.



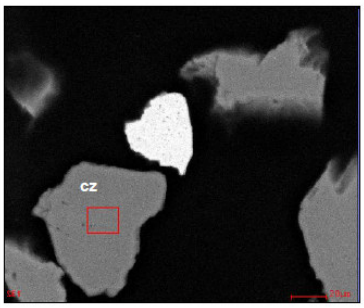
(a)



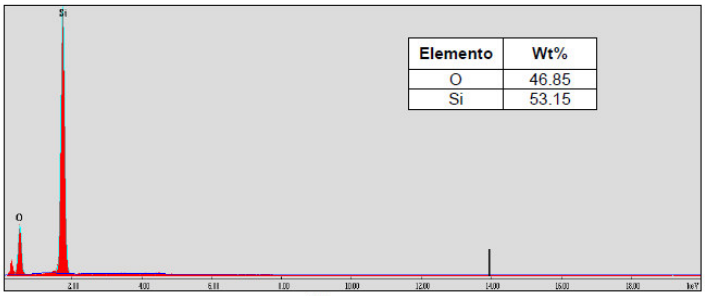
Elemento	Wt%
O	35.79
Si	21.87
S	22.20
Fe	18.33
Au	1.81

(b)

(a) Análisis puntual de grano mixto de cuarzo (cz) con inclusiones de pirita con posible solución solida del elemento Oro; b) Espectro la cual muestra los elementos presentes: Oxigeno, sílice, Azufre, Hierro y Oro.



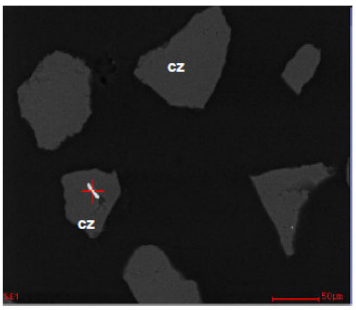
(a)



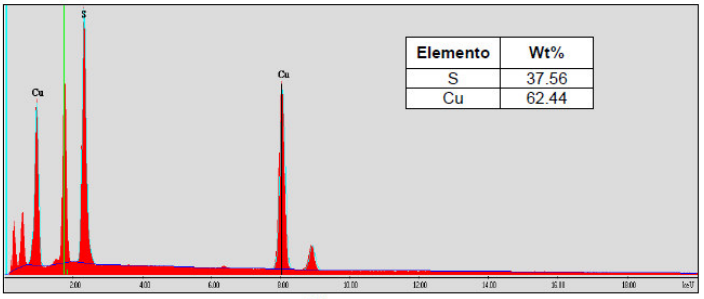
Elemento	Wt%
O	46.85
Si	53.15

(b)

a) Análisis puntual de un grano libre redondeado de **cuarzo** con aproximadamente 150µm; (b) Espectro la cual muestra los elementos presentes: Oxigeno y Sílice.



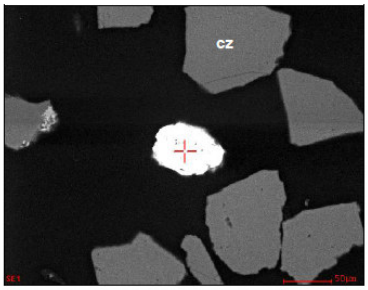
(a)



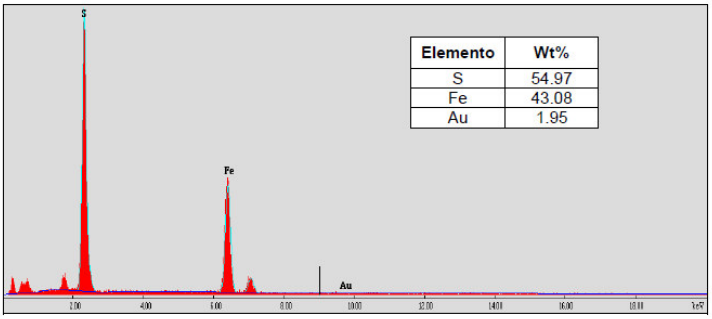
Elemento	Wt%
S	37.56
Cu	62.44

(b)

a) Partícula de **Covelita** de forma tabular y con tamaños aproximado de 25µm como inclusiones en cuarzo (cz); b) Espectro la cual muestra los elementos presentes: Azufre y Cobre.



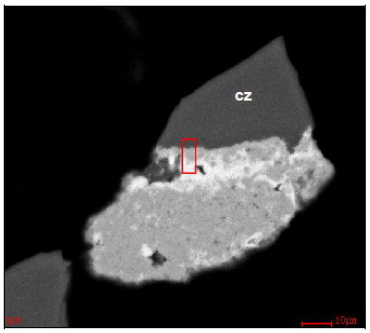
(a)



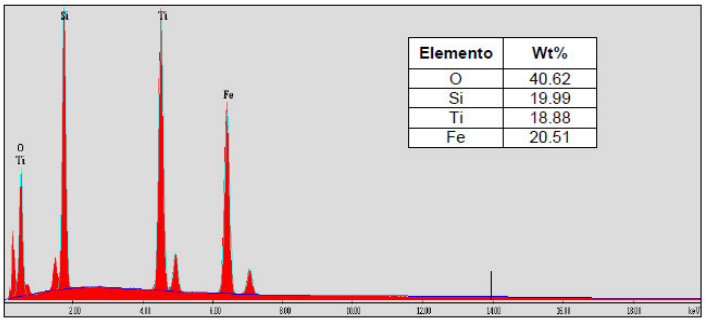
Elemento	Wt%
S	54.97
Fe	43.08
Au	1.95

(b)

(a) Análisis puntual de un grano libre subredondeado de **Pirita** de aproximadamente 70µm con posible solución solida con el elemento Oro; b) Espectro la cual muestra los elementos presentes: Azufre, hierro y Oro.



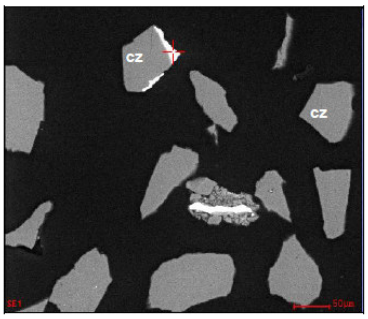
(a)



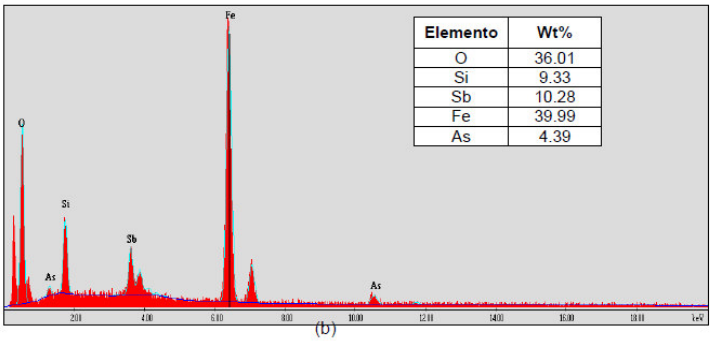
Elemento	Wt%
O	40.62
Si	19.99
Ti	18.88
Fe	20.51

(b)

a) Análisis puntual de un grano mixto subredondeada compuesta por **cuarzo (cz), goethita-hematita y rutilo** con tamaño aproximado de 200µm; (b) Espectro la cual muestra los elementos presentes: Oxigeno, Sílice, Titanio y Hierro.



(a)

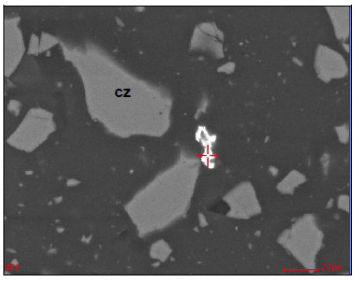


Elemento	Wt%
O	36.01
Si	9.33
Sb	10.28
Fe	39.99
As	4.39

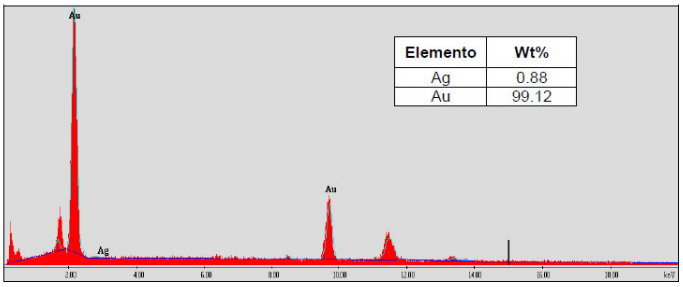
(b)

(a) Grano mixto de cuarzo (cz) con mineral de óxido de hierro con presencia de Sb y As; b) Espectro la cual muestra los elementos presentes: Oxigeno, Antimonio, Arsenico y Hierro.

6.1.2 Malla -200



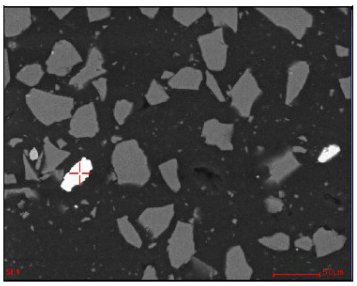
(a)



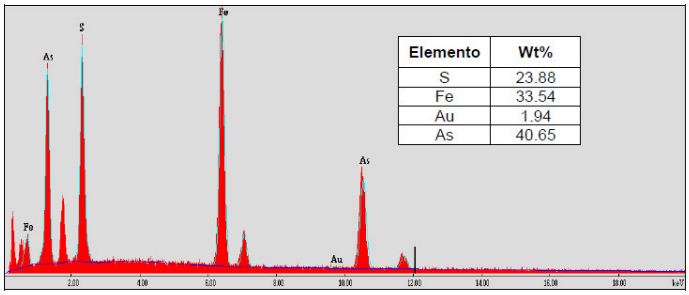
Elemento	Wt%
Ag	0.88
Au	99.12

(b)

a) Región marcada con una partícula de **Oro Nativo** con forma alargada de tamaño aproximado de 25µm y con presencia de impurezas de plata dentro de su red cristalina sin llegar a Electrum la cual está acompañado por granos libres de cuarzo; b) Espectro la cual muestra los elementos presentes: Oro y Plata.



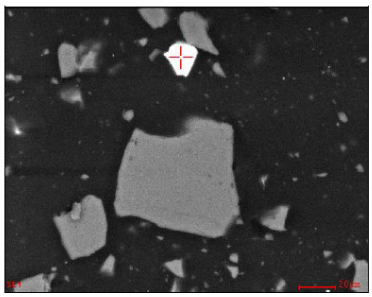
(a)



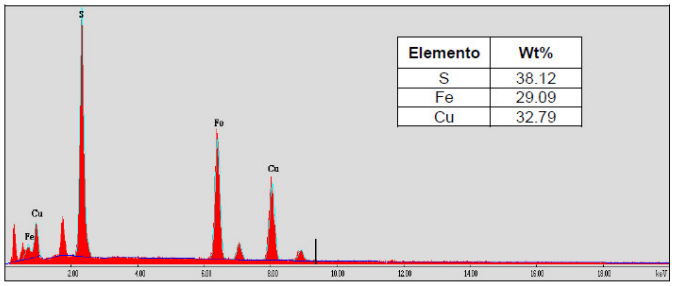
Elemento	Wt%
S	23.88
Fe	33.54
Au	1.94
As	40.65

(b)

a) Presencia de grano libre de sulfuros y ganga no metálica de cuarzo y óxidos de hierro. (a) Análisis puntual de un grano libre subredondeado de aproximadamente 50µm donde se aprecia **Arsenopirita** con una posible solución solida con el elemento Oro; (b) Espectro la cual muestra los elementos presentes: Azufre, Hierro y Oro.



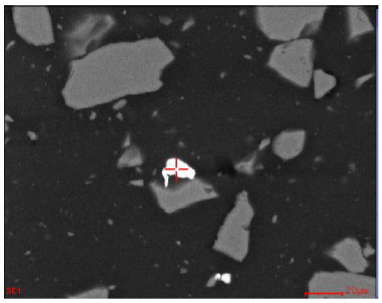
(a)



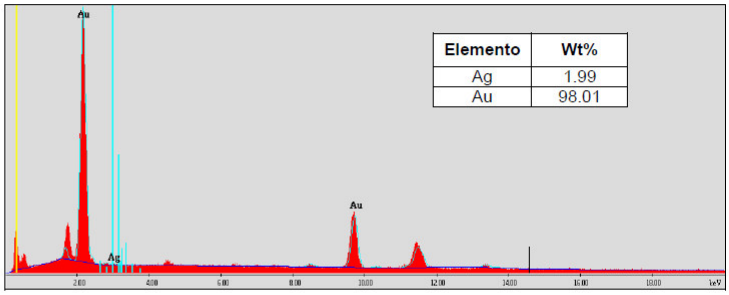
Elemento	Wt%
S	38.12
Fe	29.09
Cu	32.79

(b)

(a) Vista panorámica de la presencia de grano subredondeado con tamaño de 20µm de **Calcopirita** (cp) acompañado por minerales no metálicos; b) Espectro la cual muestra los elementos presentes: Azufre, Hierro y Cobre.



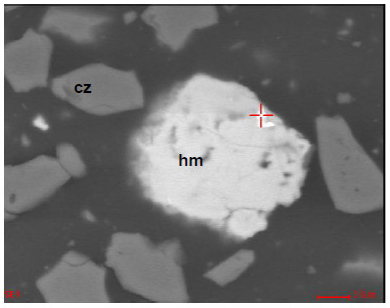
(a)



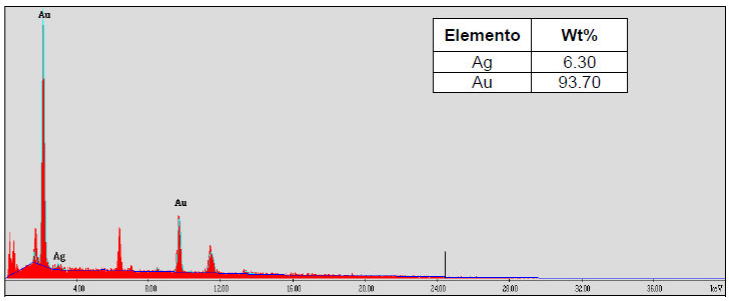
Elemento	Wt%
Ag	1.99
Au	98.01

(b)

a) Región marcada con una partícula de **Oro Nativo** con forma redondeada de tamaño aproximado de 20µm la cual está acompañado por granos libres de cuarzo y óxidos de hierro; b) Espectro la cual muestra los elementos presentes: Oro y Plata.



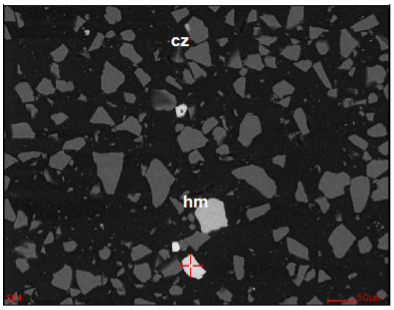
(a)



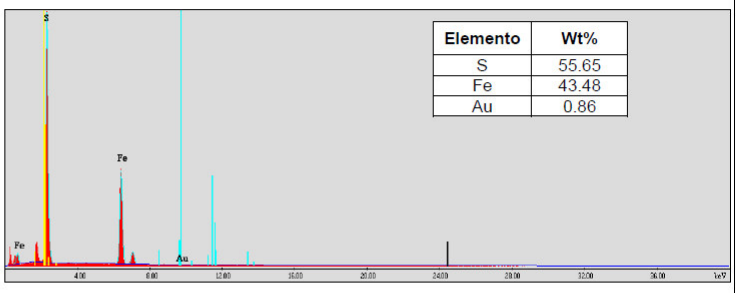
Elemento	Wt%
Ag	6.30
Au	93.70

(b)

a) Análisis puntual de una partícula de **Oro nativo** con tamaño aproximado de 10µm con presencia de contenidos del elemento plata sin formar electrum la cual se encuentra como inclusión sobre hematita –goethita (hm) y acompañado por varios de grano libre de ganga no metálica de cuarzo. b) Espectro la cual muestra los elementos presentes: Oro y Plata.



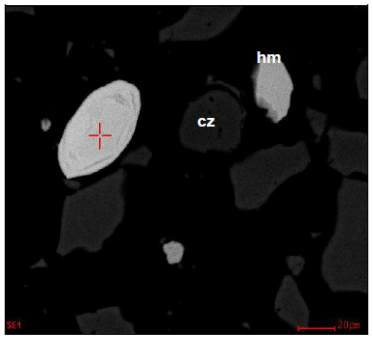
(a)



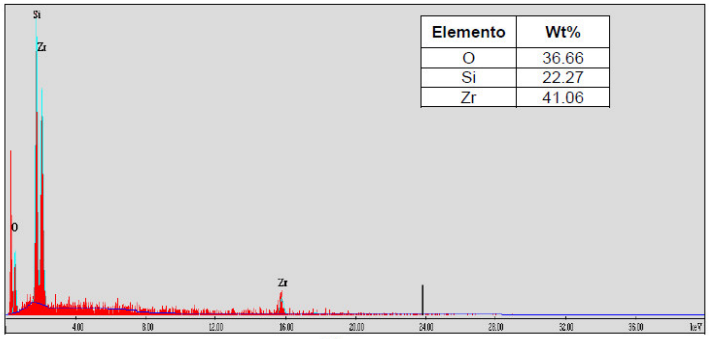
Elemento	Wt%
S	55.65
Fe	43.48
Au	0.86

(b)

a) Presencia de grano libre de sulfuros y ganga no metálica de cuarzo (cz) y óxidos de hierro (hm). (a) Análisis puntual de un grano libre subredondeado de **Pirita** de aproximadamente 50µm con una posible solución solida con el elemento Oro; (b) Espectro la cual muestra los elementos presentes: Azufre, Hierro y Oro.



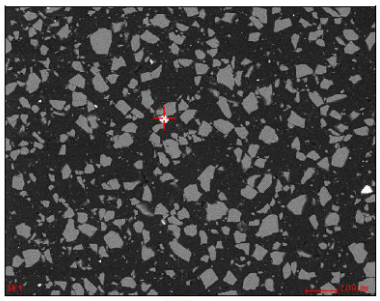
(a)



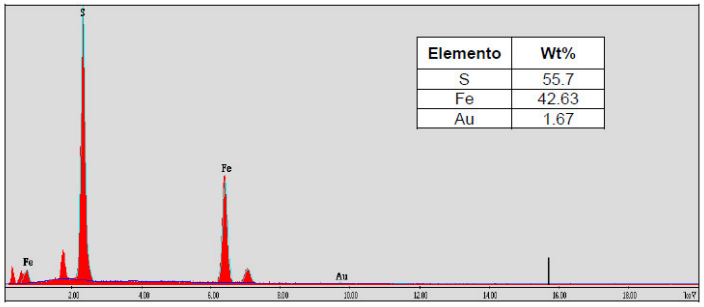
Elemento	Wt%
O	36.66
Si	22.27
Zr	41.06

(b)

(a) Análisis Puntual de grano libre de **Zircón** acompañado por granos de hematita (hm) y ganga no metálica de cuarzo (cz); b) Espectro la cual muestra los elementos presentes: Oxigeno, sílice y zirconio.



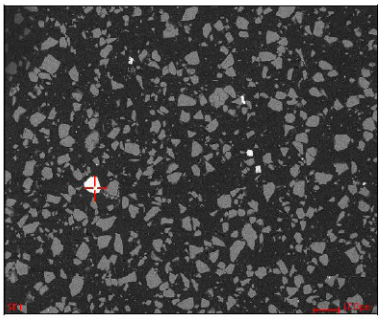
(a)



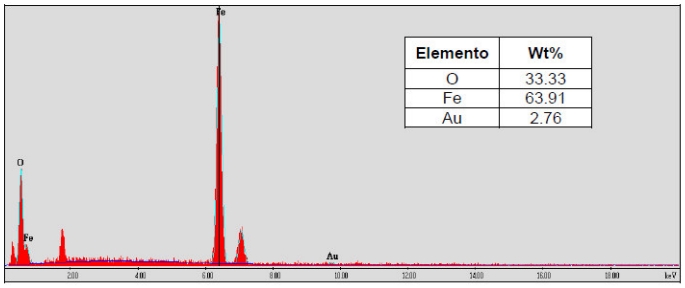
Elemento	Wt%
S	55.7
Fe	42.63
Au	1.67

(b)

Presencia de grano libre de sulfuros y ganga no metálica de cuarzo (cz). (a) Análisis puntual de un grano libre subredondeado de **Pirita** de aproximadamente 50µm con posible solución solida con el elemento Oro; (b) Espectro la cual muestra los elementos presentes: Azufre, Hierro y Oro.



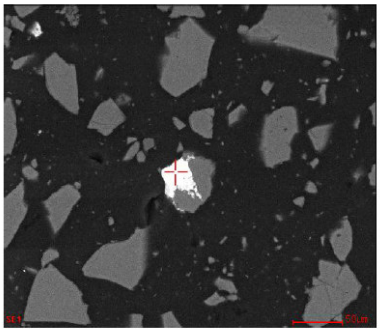
(a)



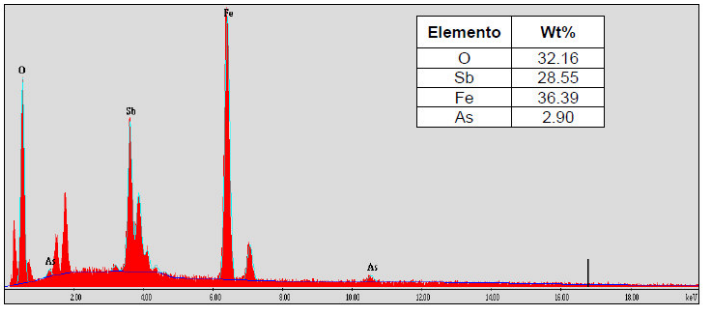
Elemento	Wt%
O	33.33
Fe	63.91
Au	2.76

(b)

a) Análisis puntual de un grano libre redondeado de **hematita-goethita** de aproximadamente 100µm con finas diseminaciones de Oro nativo; (b) Espectro la cual muestra los elementos presentes: Oxigeno, Hierro y Oro.



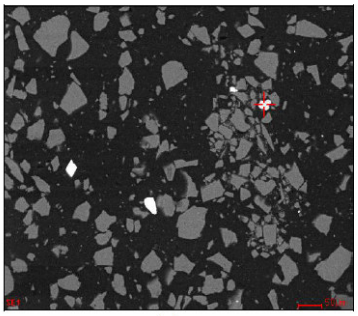
(a)



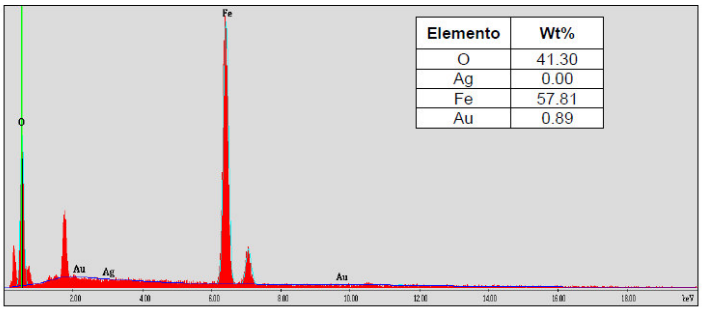
Elemento	Wt%
O	32.16
Sb	28.55
Fe	36.39
As	2.90

(b)

(a) Grano de óxido de hierro con presencia de Sb y As acompañado de grano de cuarzo (cz); b) Espectro la cual muestra los elementos presentes: Oxigeno, Antimonio, Arsenico y Hierro.



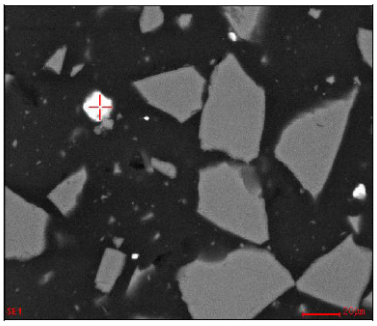
(a)



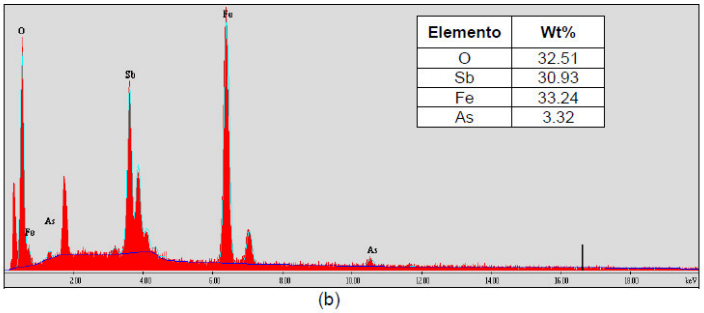
Elemento	Wt%
O	41.30
Ag	0.00
Fe	57.81
Au	0.89

(b)

a) Análisis puntual de un grano libre redondeado de **hematita-goethita** de aproximadamente 50µm con posibles finas diseminaciones de Oro nativo; (b) Espectro la cual muestra los elementos presentes: Oxigeno, Hierro y Oro.



(a)



Elemento	Wt%
O	32.51
Sb	30.93
Fe	33.24
As	3.32

(b)

(a) Grano de óxido de hierro con presencia de Sb y As acompañado de grano de cuarzo (cz); b) Espectro la cual muestra los elementos presentes: Oxigeno, Antimonio, Arsenico y Hierro.