



UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO
FACULTAD DE INGENIERIA GEOLÓGICA Y
METALÚRGICA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA GEOLÓGICA



GEOLOGÍA ECONÓMICA DE LAS VETAS DE LA ZONA
MINERALIZADA GISELA DE MINA ESPERANZA, CARAVELÍ –
AREQUIPA

TESIS

PRESENTADA POR:

Bach. BENEDICTO GREGORIO VILCA DIAZ

PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:

INGENIERO GEÓLOGO

PUNO – PERÚ

2018



DEDICATORIA

A mi apreciada madrecita Pascacia Diaz Muñoz que en vida me acompaña y motiva a seguir cumpliendo mis metas y a mi padre Félix Vilca Mamani (QEDP) que desde el cielo me ilumina en el trajinar de mi vida.

A mi familia y colegas en general por su consejo y apoyo incondicional que me brindaron en mi vida universitaria y profesional.

Benedicto



AGRADECIMIENTO

Gracias a Dios por iluminarme en mi vida cotidiana y cumplir mis anhelos y metas.

A la Empresa Minera Croacia EIRL. Representado por su superintendente de Geología y Exploraciones Boris Uscamayta, Superintendente de Mina Aníbal Chumbe, y al gerente general del grupo Minera Titan del Perú SRL. Luis Benza Arias; por su apoyo y facilidad para realizar el presente trabajo.

A mi asesor M.Sc. Valentín Fernández Valdivia por su apoyo y paciencia en el desarrollo del presente trabajo.

A todos los docentes de la Escuela Profesional de Ingeniería Geológica, por sus enseñanzas e inculcarme en la rama de las ciencias de la tierra y compartir sus experiencias en mi formación universitaria.

Benedicto



ÍNDICE GENERAL

DEDICATORIA

AGRADECIMIENTO

ÍNDICE GENERAL

ÍNDICE DE TABLAS

ÍNDICE DE MAPAS

ÍNDICE DE ACRÓNIMOS

RESUMEN 17

ABSTRACT..... 18

CAPITULO I

INTRODUCCIÓN

1.1. ANTECEDENTES DEL PROBLEMA 19

1.2. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA..... 20

1.3. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA 20

1.3.1. Problema general 20

1.3.2. Problemas específicos 21

1.4. JUSTIFICACIÓN DEL ESTUDIO 21

1.5. HIPÓTESIS 21

1.4.1. Hipótesis general 21

1.4.1. Hipótesis específicas 21

1.6. OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN..... 22

1.5.1. Objetivo General..... 22

1.5.2. Objetivo Especifico..... 22

CAPITULO II

REVISIÓN DE LITERATURA

2.1. ANTECEDENTES DE LA INVESTIGACIÓN 23

2.1.1. A nivel local..... 23

2.1.2. A nivel regional 26

2.2. MARCO TEÓRICO 27

2.2.1. Muestreo **27**

2.2.2. Cubicación 30

2.2.3. Yacimientos minerales..... 35



| | | |
|--------|--|----|
| 2.2.4. | Geología regional..... | 43 |
| 2.2.5. | Geología estructural..... | 48 |
| 2.2.6. | Geología económica del batolito de la costa: franja nazca - Ocoña..... | 53 |

CAPITULO III

MATERIALES Y MÉTODOS

| | | |
|-------------|---|-----------|
| 3.1. | DISEÑO DE INVESTIGACIÓN..... | 62 |
| 3.2. | TIPO DE INVESTIGACIÓN..... | 62 |
| 3.3. | NIVEL DE INVESTIGACIÓN..... | 62 |
| 3.4. | MÉTODOS..... | 63 |
| 3.5. | POBLACIÓN Y MUESTRA..... | 63 |
| 3.5.1. | Población..... | 63 |
| 3.5.2. | Muestra..... | 64 |
| 3.6. | VARIABLES DE LA INVESTIGACIÓN..... | 64 |
| 3.7. | TÉCNICAS E INSTRUMENTOS..... | 65 |
| 3.7.1. | Técnicas..... | 65 |
| 3.7.2. | Instrumentos..... | 65 |
| 3.8. | PROCEDIMIENTOS..... | 66 |
| 3.8.1. | Compilación de información..... | 66 |
| 3.8.2. | Mapeo geológico..... | 66 |
| 3.8.3. | Perforación diamantina..... | 68 |
| 3.8.4. | Muestreo por canales en labor subterránea y análisis..... | 70 |
| 3.8.5. | Distribución geoquímica de oro y cobre..... | 73 |
| 3.8.6. | Cálculo de reservas y recursos minerales..... | 75 |
| 3.8.7. | Estudios mineragráficos..... | 82 |
| 3.8.8. | Estudio geoquímico multielemental..... | 83 |
| 3.9. | CARACTERIZACION DEL AREA DE ESTUDIO..... | 85 |
| 3.9.1. | Ubicación y accesibilidad..... | 85 |
| 3.9.2. | Rasgos fisiográficos, flora y fauna..... | 88 |

CAPITULO IV

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

| | | |
|-------------|-------------------------------|-----------|
| 4.1. | LITOESTRATIGRAFIA..... | 90 |
| 4.1.1. | Rocas Sedimentarias..... | 90 |
| 4.1.2. | Rocas Intrusivas..... | 91 |



| | |
|--|------------|
| 4.1.3. Rocas Sub-volcánicas | 94 |
| 4.2. GEOLOGIA ESTRUCTURAL | 101 |
| 4.2.1. Estructuras geológicas | 104 |
| 4.3. DESCRIPCIÓN DE LOS SISTEMAS ESTRUCTURALES DE LA ZONA GISELA..... | 107 |
| 4.3.1. Estructura Gisela..... | 107 |
| 4.3.2. Estructura Mirian | 119 |
| 4.4. GEOLOGÍA ECONÓMICA..... | 125 |
| 4.4.1. Yacimiento..... | 125 |
| 4.4.2. Características de la mineralización | 125 |
| 4.4.3. Mineralogía del yacimiento | 125 |
| 4.4.4. Tipo de Ocurrencia del oro | 128 |
| 4.4.5. Litología de la roca caja..... | 128 |
| 4.4.6. Génesis del yacimiento | 128 |
| 4.5. DISTRIBUCIÓN GEOQUÍMICA DE ORO Y COBRE DE LAS VETAS GISELA, MIRIAN, GISELA TECHO, CARMEN Y GISELA SPLIT..... | 129 |
| 4.5.1. Veta Gisela..... | 130 |
| 4.5.2. Veta Gisela Techo..... | 135 |
| 4.5.3. Veta Gisela Split | 139 |
| 4.5.4. Veta Carmen | 144 |
| 4.5.5. Veta Esperanza | 147 |
| 4.5.6. Veta Mirian | 151 |
| 4.6. ALTERACIÓN HIDROTHERMAL..... | 156 |
| 4.7. CONTROLES DE LA MINERALIZACIÓN..... | 156 |
| 4.7.1. Control Litológico..... | 156 |
| 4.7.2. Control Estructural..... | 157 |
| 4.7.3. Control Mineralógico..... | 157 |
| 4.8. PARAGÉNESIS Y ZONEAMIENTO DE MINERAL DE LAS VETAS GISELA, MIRIAN, GISELA TECHO..... | 158 |
| 4.8.1. Veta Gisela..... | 158 |
| 4.8.2. Veta Gisela Techo..... | 165 |
| 4.8.3. Veta Mirian | 169 |



| | |
|--|------------|
| 4.9. ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE LAS PRINCIPALES CARACTERÍSTICAS GEOECONÓMICAS DE LAS VETAS DE LA ZONA GISELA..... | 172 |
| 4.10. MODELO DE MINERALIZACIÓN Y ESTRUCTURAL DE ZONA GISELA..... | 176 |
| 4.11. INVENTARIO DE RECURSOS Y RESERVAS MINERALES | 178 |
| 4.11.1. Distribución de reservas minerales por vetas | 178 |
| 4.11.2. Reserva y producción mineral histórica en zona Gisela. | 179 |
| 4.11.3. Ratio de cubación y reposición..... | 180 |
| V. CONCLUSIONES | 182 |
| VI. RECOMENDACIONES | 184 |
| VII. REFERENCIAS..... | 185 |
| ANEXOS..... | 187 |

Área: Geología de minas

Línea: Exploración y evaluación de yacimientos metálicos

FECHA DE SUSTENTACIÓN: 28 de junio de 2018

INDICE DE FIGURAS

| | |
|--|-----|
| Figura 1. Comparación de elemento oro según laboratorio..... | 30 |
| Figura 2. Comparación de elemento cobre según laboratorio | 30 |
| Figura 3. Vetas en grietas de separación (Valera, 1987) | 36 |
| Figura 4. Vetas en grietas de ruptura. (Valera, 1987)..... | 36 |
| Figura 5. Comportamiento de veta tipo lazo cimoide (Valera, 1987). | 37 |
| Figura 6. Deslizamiento horizontal en las fallas sinextral y dextral. (Sibson, 1990) | 38 |
| Figura 7. Deslizamiento vertical en las fallas normal e inversa (Sibson, 1990)..... | 39 |
| Figura 8. Fotografía de la falla los médanos, Nivel 1840 (crucero 665 Norte), mirando al Este, en caja techo se observa intrusivo de unidad linga (monzonita alterada), en caja piso formación Moquegua (compuesto de roca conglomerado). (Fuente: elaboración propia). | 50 |
| Figura 9. Vista Panorámica de la falla los médanos, mirando hacia el oeste, tomada a la altura del Km 40 (coordenada UTM WGS-84; 653391-E, 8241257-N) de la carretera hacia Caravelí; es una falla dextral inversa, tiene un salto de aproximadamente 200m. (Fuente: elaboración propia). | 50 |
| Figura 10. Modelo esquemático de la transición de niveles Hipotermiales – Epitermales, Mesotermiales, mostrando ensambles de mineralización y alteración (Corbett and Leach, 1997)..... | 58 |
| Figura 11: Variación de leyes graficados con 7 elementos guía que acompañan al oro. Fuente: Minera Croacia E.I.R.L..... | 85 |
| Figura 12. Vista en 3D Zona Gisela, Observado la imagen desde Norte hacia Sur. (Fuente: Minera Croacia E.I.R.L.). | 89 |
| Figura 13: Rocas plutónicas, subvolcánicas y sedimentarias de zona Gisela (Fuente: Elaboración propia)..... | 97 |
| Figura 14. Columna estratigráfica de zona Gisela - mina Esperanza. (Fuente: Minera Croacia E.I.R.L.). | 99 |
| Figura 15. Modelo geológico, A) se observa rocas andesitas intruidas por monzonitas, dioritas y estos cubiertos por conglomerados de formación Moquegua. B) se aprecia las vetas Gisela y Mirian estructuras paralelas con buzamiento hacia Sur. (Fuente: Elaboración propia. En Leapfrog Geo). | 100 |

- Figura 16.** Diagrama de rosetas muestra estructuras mineralizadas y fallas post mineralización. (Fuente: Elaboración propia. En Dips)..... 102
- Figura 17.** Modelo esquemático estructural de zona Gisela – Mina Esperanza. (Fuente: Elaboración propia)..... 103
- Figura 18.** Representación estereográfica de falla Sudamericana, lagarto, polvorín, gato negro, ramal, ramal Oeste cateos, la pampa. Fuente elaboración propio. (Fuente: Elaboración propia. En Faultkin)..... 105
- Figura 19.** Fallamiento Post mineral, fallas más representativas como Sudamericana, Lagarto y polvorín. (Fuente Minera Croacia E.I.R.L.). 106
- Figura 20.** Representación estereográfica de la veta Gisela, Mirian, Gisela techo, Carmen, Gisela Split. (Fuente: Elaboración propia. En Faultkin). 107
- Figura 21.** Fotografía de la veta Gisela, Nivel 1930 (Tajeo 998 Este) mirando al Este, potencia 0.60m., con contenido calcopirita, covelina, pirita, cuarzo, roca caja con pátinas de O_xFe (hematita), alteración silicificación. (Fuente: Elaboración propia)..... 109
- Figura 22.** Mapeo geológico y muestreo (Escala gráfica), en Nivel 1770 Galería 404 Este, Veta Gisela mineralizada en zona de fractura de falla sinextral. (Fuente: Minera Croacia E.I.R.L.). 109
- Figura 23.** Mapeo geológico y muestreo (Escala gráfica), en Nivel 1930 Galería 555 Oeste, Veta Gisela mineralizada en zona de fractura de falla dextral. (Fuente: Minera Croacia E.I.R.L.). 110
- Figura 24.** Fotografía de la Veta Gisela Techo, Nivel 1825 (tajeo 191 Este), mirando al Este, potencia 0.50m, mineralizado en bandas con contenido de covelina, calcosina, pirita, calcopirita, roca caja con alteración fílica, guía característico de zonas de alta ley cobre – oro. (Fuente: Elaboración propia)..... 111
- Figura 25.** Mapeo geológico y muestreo (Escala gráfica), en Nivel 1880 Galería 440 Oeste, Veta Gisela Techo. (Fuente: Minera Croacia E.I.R.L.). 112
- Figura 26.** Fotografía de la veta Gisela Split, Nivel 1770 (Tajeo 155 Oeste), mirando al Suroeste, veta compuesta de cuarzo – pirita - calcopirita, con banda de cuarzo lechoso al centro; roca caja con alteración fílica moderada. (Fuente: Elaboración propia)..... 113
- Figura 27.** Fotografía de la veta Carmen, Nivel 1825 (Tajeo 665 Oeste), mirando al Noroeste, veta compuesta de covelina, cuarzo, pirita, óxidos de hierro (hematita, limonita), roca caja con alteración fílica – clorítica. (Fuente: Elaboración propia)..... 114



| | |
|--|-----|
| Figura 28. Fotografía de la veta Promesa, Nivel 1880 (Tajeo 915 Oeste), potencia 0.30m con banda de calcopirita masiva, banda de cuarzo lechoso al centro, banda de pirita en contacto con roca caja, alteración fílica débil. (Fuente: Elaboración propia). | 115 |
| Figura 29. Fotografía de la veta Esperanza, Nivel 1880 (Tajeo 167 Oeste), potencia 0.35m con contenido de cuarzo lechoso, pirita, calcopirita, covelina, roca caja con alteración Propilítica moderada. (Fuente: Elaboración propia). | 117 |
| Figura 30. Mapeo geológico y muestreo (Escala gráfica), en Nivel 1880 veta Esperanza (veta tensional al piso de veta Gisela), veta Gisela Techo y veta Gisela Split (vetas tensionales al techo de veta Gisela); Las estructuras forman lazo cimoide múltiple con clavos mineralizados distribuidos erráticamente, roca encajonante diorita, pórfido diorítico, monzonita. (Fuente: Minera Croacia E.I.R.L.). | 118 |
| Figura 31. Mapeo geológico y muestreo (Escala gráfica), en Nivel 1880 veta Mirian formando lazo cimoide, parte piso con mayor mineralización; vetas tensionales Esperanza, esperanza 1 y tuerto, roca encajonante andesita. (Fuente: Minera Croacia E.I.R.L.). | 121 |
| Figura 32. Sección transversal de la veta Camila, interceptado por perforación diamantina sondaje (GI-DDH-M17-082) realizado desde interior mina. (Fuente: Minera Croacia E.I.R.L.). | 123 |
| Figura 33. Minerales de mena de las vetas de zona Gisela. (Fuente: Elaboración propia). | 127 |
| Figura 34. Proyección de sección longitudinal sobre las vetas de zona Gisela, para realizar la distribución geoquímica de oro y cobre de las vetas Gisela, Gisela Techo, Gisela Split, Carmen, Mirian, Esperanza. (Fuente: Elaboración propia). | 130 |
| Figura 35. Veta Gisela mostrando isovalores de oro. | 132 |
| Figura 36. Veta Gisela mostrando isovalores de cobre. | 133 |
| Figura 37. Veta Gisela mostrando contorno de anchos. | 134 |
| Figura 38. Veta Gisela Techo mostrando isovalores de oro. | 136 |
| Figura 39. Veta Gisela Techo mostrando isovalores de cobre. | 137 |
| Figura 40. Veta Gisela Techo mostrando contorno de anchos | 138 |
| Figura 41. Sección longitudinal veta Gisela Techo mostrando cociente metálico Au/Cu. | 139 |



| | |
|---|-----|
| Figura 42. Veta Gisela Split mostrando isovalores de oro. | 141 |
| Figura 43. Veta Gisela Split mostrando isovalores de cobre. | 142 |
| Figura 44. Veta Gisela Split mostrando contornos de anchos. | 143 |
| Figura 45. Veta Carmen mostrando isovalores de oro. | 145 |
| Figura 46. Veta Carmen mostrando isovalores de cobre. | 146 |
| Figura 47. Veta Carmen mostrando contornos de anchos. | 147 |
| Figura 48. Veta Esperanza mostrando isovalores de oro. | 149 |
| Figura 49. Veta Esperanza mostrando isovalores de cobre. | 150 |
| Figura 50. Veta Esperanza mostrando contornos de potencia. | 151 |
| Figura 51. Veta Mirian mostrando isovalores de oro. | 153 |
| Figura 52. Veta Mirian mostrando isovalores de Cobre. | 154 |
| Figura 53. Veta Mirian mostrando contornos de anchos. | 155 |
| Figura 54. Secuencia paragenética de veta Gisela. (Fuente: Elaboración propia). | 159 |
| Figura 55. Fotomicrografía mostrando ocurrencia de la calcopirita, calcosina y covelina de Veta Gisela. | 161 |
| Figura 56. Fotomicrografía mostrando ocurrencia de oro de veta Gisela. | 162 |
| Figura 57. Sección longitudinal de la veta Gisela mostrando ubicación de muestras de secciones pulidas y secciones delgadas. (Fuente: Minera Croacia E.I.R.L.). | 163 |
| Figura 58. Zoneamiento de mineral para la veta Gisela. (Fuente: Elaboración propia). | 164 |
| Figura 59. Secuencia paragenética de la veta Gisela Techo. (Fuente: Elaboración propia). | 166 |
| Figura 60. Fotomicrografía mostrando ocurrencia de la calcopirita y piritita de veta Gisela Techo. | 166 |
| Figura 61. Sección longitudinal de la veta Gisela Techo mostrando ubicación de muestras de secciones pulidas y secciones delgadas. (Fuente: Minera Croacia E.I.R.L.). | 167 |



| | |
|--|-----|
| Figura 62. Zoneamiento de mineral para la veta Gisela Techo. (Fuente: Elaboración propia). | 168 |
| Figura 63. Secuencia paragenética de veta Mirian. (Fuente: Elaboración propia). | 169 |
| Figura 64. Fotomicrografía mostrando ocurrencia de calcopirita de la veta Mirian. .. | 170 |
| Figura 65. Sección longitudinal de la veta Mirian mostrando ubicación de muestras de secciones pulidas y secciones delgadas. (Fuente: Minera Croacia E.I.R.L.). | 170 |
| Figura 66. Zoneamiento de mineral para la veta Mirian. (Fuente: Elaboración propia). | 171 |
| Figura 67. Modelo de mineralización mina Esperanza - zona Gisela. (Fuente: Minera Croacia E.I.R.L.). | 177 |
| Figura 68. Reserva mineral de zona Gisela. (Fuente: Minera Croacia E.I.R.L.). | 178 |
| Figura 69. Recurso Mineral de zona Gisela. (Fuente: Minera Croacia E.I.R.L.). | 179 |
| Figura 70. Comparación de reserva y producción mineral 2012 al 2017. (Fuente: Minera Croacia E.I.R.L.). | 180 |
| Figura 71. Producción histórica general en zona Gisela desde 2007 al 2017. (Fuente: Minera Croacia E.I.R.L.). | 180 |
| Figura 72. Ratio de cubicación mineral 2012 al 2017. (Fuente: Minera Croacia E.I.R.L.). | 181 |
| Figura 73. Ratio de reposición mineral 2012 al 2017. (Fuente: Minera Croacia E.I.R.L.). | 181 |



ÍNDICE DE TABLAS

| | |
|---|-----|
| Tabla 1. Cálculos y comparación de elementos según laboratorio | 29 |
| Tabla 2. Yacimientos metálicos de la franja Nazca- Ocoña | 56 |
| Tabla 3. Esquema de tabla donde se ordenan los datos de cubicación | 76 |
| Tabla 4. Cálculo de las leyes altas erráticas para cada canal de muestreo..... | 78 |
| Tabla 5. Ley diluida al ancho minado y reemplazo de valor alto errático..... | 78 |
| Tabla 6. Estimación de leyes | 81 |
| Tabla 7. Valor de los metales..... | 81 |
| Tabla 8. Toma de 81 muestras para estudio geoquímico..... | 83 |
| Tabla 9. Ley promedio de las vetas con anomalía de 17 elementos geoquímicos..... | 84 |
| Tabla 10: Coeficiente de correlación | 84 |
| Tabla 11: Accesibilidad a la mina Esperanza | 86 |
| Tabla 12. Minerales de mena | 126 |
| Tabla 13. Minerales de Ganga | 127 |
| Tabla 14. Registro histórico de reserva y producción mineral 2012 al 2017 | 179 |



ÍNDICE DE MAPAS

| | |
|--|-----|
| Mapa 1. Geológico Regional. (Fuente: Ingemmet,2000)..... | 47 |
| Mapa 2. Geología Estructural. (Fuente: Ingemmet,2000)..... | 51 |
| Mapa 3. Metalogenético Regional mostrando la ubicación de la Mina Esperanza dentro de la franja de yacimientos mesotermiales de Au-Pb-Zn del Cretáceo Superior (modificado INGEMMET, 2009)..... | 57 |
| Mapa 4. Ubicación del área de estudio. (Fuente: Carta Nacional IGN)..... | 87 |
| Mapa 5. Geología Local. (Fuente: Minera Croacia E.I.R.L.)..... | 98 |
| Mapa 6. Geología Estructural (Fuente: Minera Croacia E.I.R.L.) | 124 |



ÍNDICE DE ACRÓNIMOS

| | |
|-----------------|---------------------------------|
| NW | : Nor Oeste |
| SE | : Sur Este |
| NE | : Nor Este |
| Grs | : Gramos |
| VOL MIN | : Volumen del Mineral |
| TON MIN | : Toneladas de Mineral |
| FU Au | : Factor unitario del oro |
| FU Cu | : Factor unitario del cobre |
| VM | : Valor de mineral por tonelada |
| Cpy | : Calcopirita |
| Py | : Pirita |
| Po | : Pirrotina |
| Aspy | : Arsenopirita |
| Bn | : Bornita |
| Cv | : Covelina |
| Cc | : Calcosina |
| Cup | : Cuprita |
| Hm | : Hematita |
| Estr | : Estructura |
| Au | : Oro |
| Cu | : Cobre |
| GGs | : Gangas |
| LONG | : Longitud |
| R1 | : Fractura Riedel Sintético |
| R2 | : Fractura Riedel Antitético |
| T | : Fractura de tensión |
| P | : Fractura simétrico a R1 |
| MCR | : Minera Croacia |
| MTP | : Minera Titán del Perú |
| m.s.n.m. | : Metros sobre el nivel del mar |
| PGLs | : Plagioclasas |



- FPKs** : Feldespato potásico
- Pot veta** : Significa el ancho de la veta muestreada expresada en metros.
- Pot Dil** : Significa potencia de veta diluido al ancho minado.
- Equiv Au** : Indica ley equivalente oro, expresado en gramos por tonelada.
- Nm-mo** : Formación Moquegua
- Nm-hu** : Formación Huaylillas
- Q-al** : Depósito Aluvial



RESUMEN

Las vetas de la zona Gisela afloran al Suroeste de la mina Esperanza, políticamente está ubicado en el distrito de Atico, provincia de Caravelí, departamento de Arequipa a una altura de 2 000 m.s.n.m. El objetivo es conocer el comportamiento geoeconómico de las estructuras mineralizadas mediante mapeos geológicos de labores subterráneas y superficie, perforaciones diamantinas y la descripción de secciones pulidas. Se emplearon métodos como: mapeo geológico, perforación diamantina; muestreo sistemático por canales y de testigos de perforación; finalmente análisis geoquímico de muestras de mineral y de testigos de perforación con el método ICP Multielemental, teniendo como resultado que, las vetas mineralizadas tienen rumbos N60°W y N85°E y buzamiento 60°-85° SW desplazados por fallas transversales de dirección N10°E, la potencia varía desde 0.10 a 3.45 metros. La columna litoestratigráfica está representado por rocas mesozoicas y cenozoicas del complejo bella unión, súper unidad Linga, formación Moquegua; la roca encajonante predominante es diorita, monzodiorita, andesitas, conglomerados, brechas polimíctica los cuales son afectados por alteración hidrotermal fílica-propilítica (en zonas de oro), silicificación-argilización (zonas de oro-cobre). El zoneamiento de las vetas manifiesta cobre en profundidad y oro en la zona periférica; la paragénesis de sulfuros define dos fases hipógenas y una supérgeno constituida por sulfuros secundarios de cobre, óxidos de cobre, de los testigos de perforación se obtuvo valores importantes por debajo del nivel 1665. Concluyendo que, las reservas probadas y probables calculadas a diciembre 2017 son 60,820.00TM con leyes de 5.17 gr/TM. Au y 1.11 %Cu, los recursos inferidos ascienden a 63,000.00 TM, con leyes de 4.94 gr/TM Au y 1.09 %Cu.

Palabras Clave: Geoeconómico, Mineral, Perforación, Reserva, Recursos.



ABSTRACT

The veins of the Gisela zone outcrop to the southwest of the Esperanza mine, politically it is located in the district of Atico, province of Caravelí, department of Arequipa at an altitude of 2,000 meters above sea level. The objective is to know the geoeconomic behavior of the mineralized structures through geological mapping of underground and surface workings, diamond drilling and the description of polished sections. Methods were used such as: geological mapping, diamond drilling; systematic sampling by channels and drilling witnesses; Finally, geochemical analysis of ore samples and drilling cores with the Multielement ICP method, resulting in mineralized veins trending N60°W and N85°E and dipping 60°-85° SW, displaced by N10-directed transverse faults. °E, the power varies from 0.10 to 3.45 meters. The lithostratigraphic column is represented by Mesozoic and Cenozoic rocks from the Bella Unión complex, Linga super unit, Moquegua formation; the predominant encasing rock is diorite, monzodiorite, andesites, conglomerates, polymygtic breccias which are affected by phyllic-propylitic hydrothermal alteration (in gold zones), silicification-argilization (gold-copper zones). The zoning of the veins shows copper in depth and gold in the peripheral zone; the paragenesis of sulfides defines two hypogene phases and a supergene phase consisting of secondary copper sulfides, copper oxides, from the drilling cores important values were obtained below the 1665 level. Concluding that the proven and probable reserves calculated as of December 2017 are 60,820.00MT with grades of 5.17 gr/MT. Au and 1.11% Cu, the inferred resources amount to 63,000.00 MT, with grades of 4.94 gr/MT Au and 1.09% Cu.

Key Words: Geoeconomic, Mineral, Drilling, Reserve, Resources



CAPITULO I

INTRODUCCIÓN

1.1. ANTECEDENTES DEL PROBLEMA

La Mina Esperanza es propiedad de Minera Croacia EIRL., está ubicada en cordillera de la costa zona sur del Perú, Políticamente en el distrito Atico, provincia Caravelí, departamento Arequipa, a una altura de 2,000 metros sobre el nivel del mar, dicha mina es productora de oro y cobre. La mineralogía está constituida por calcosina, covelina, calcopirita como minerales de mena de mayor abundancia, los minerales de ganga están representados por cuarzo, calcita, pirita.

En el año 2001 se empiezan los primeros trabajos de prospección geológica en las concesiones de la compañía Minera Titán del Perú SRL. Liderado por Ing. Marco Fernández Concha; entre los años 2006 al 2008 se concretan las exploraciones en zonas Gisela y Aurora, el metraje realizado fue de 6,430.89 m. en galería y chimeneas acumulando una producción de avances 21,249.42 TM con ley de 10.38 gr/TM. Au. En Julio del año 2009 inicia operaciones mineras empleando el método de minado corte relleno ascendente y el circuito de gravimetría-flotación de la Planta Belén a un ritmo de 2,000 TM/mes. Durante los años 2010 al 2012 la producción subió progresivamente, hasta llegar a una máxima de 4,800 TM/mes, alcanzada en Julio del 2012. Seguidamente la producción se situó en un promedio de 3,500 TM/mes durante los años 2013 y 2014. Al cierre del año 2014 Minera Titán del Perú SRL. Ha realizado 38,000 metros de labores mineras y se han minado un total de 191,312 TM de mineral con leyes promedio de 6.82 gr/TM Au y 1.78 %Cu.

A inicios del año 2015 Minera Croacia E.I.R.L. adquiere de MTP SRL la propiedad de la mina Esperanza, en la actualidad la producción de la mina es de 3,000 TM/mes con 8.2 gr/TM Au.



1.2. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

En mina Esperanza se realiza trabajos de exploración y explotación con laboreo subterránea convencional sobre rocas intrusivas del Batolito de la Costa, para ello se emplea el método de explotación denominado corte y relleno ascendente, este método de explotación es utilizado en yacimientos similares de la franja Nazca Ocoña.

Mina Esperanza está conformado por 04 zonas mineralizadas denominadas Gisela, Coila, Dulce y Aurora, actualmente las vetas de la zona mineralizada Gisela (Mirian, Carmen, Gisela, Esperanza, Promesa) representan el pilar fundamental de la producción mineral de mina Esperanza, a partir del año 2014 las leyes y reservas descienden gradualmente; el desconocimiento de las características geológicas y el comportamiento de longitud y profundidad de las vetas con mineral económico en la zona Gisela, no permite definir el recurso y reservas de mineral por ende la vida útil del yacimiento.

Este hecho ha motivado realizar los trabajos de investigación minera geológica aplicando diferentes métodos geológicos, para poder orientar las exploraciones y los procesos de explotación.

1.3. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA

1.3.1. Problema general

Se plantea el problema bajo la siguiente interrogante:

¿Cuáles son las características geoeconómicas y la magnitud de las reservas y recursos de mineral que presenta las vetas de la zona mineralizada Gisela en mina Esperanza?



1.3.2. Problemas específicos

- ¿Cuáles son las características geoeconómicas del yacimiento minero como son: la litología, mineralogía, alteración hidrotermal, control de la mineralización, ¿zoneamiento y comportamiento geológico de las estructuras mineralizadas de la zona Gisela?
- ¿Cuáles son los recursos y reservas de mineral de las vetas de la zona Gisela?

1.4. JUSTIFICACIÓN DEL ESTUDIO

Al término del presente trabajo de investigación permitirá adquirir un nuevo conocimiento sobre la geología del yacimiento minero Esperanza de esa manera contribuir a la mejora interpretación geológica, estructural, mineralógica y controles de la mineralización; de tal manera poder realizar futuras programas de exploración subterránea para encontrar nuevos clavos mineralizados y reponer y/o incrementar las reservas y recursos de mineral.

Sabemos la importancia de la explotación de este recurso, el cual sirve como materia prima para la industria en la elaboración de diferentes productos que el hombre emplea en la vida cotidiana.

1.5. HIPÓTESIS

1.4.1. Hipótesis general

El conocimiento de las características geoeconómicas y el comportamiento de las vetas que presenta la zona de Gisela, nos permiten determinar los recursos y reservas de mineral.

1.4.1. Hipótesis específicas

- La evaluación geológica de la veta influye en el cálculo de reservas y en la estimación de recursos minerales de la zona mineralizada Gisela.



1.6. OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN

1.5.1. Objetivo General

Conocer las características geoeconómicas y el comportamiento geológico de las estructuras mineralizadas, así como evaluar y conocer los recursos y reservas de mineral de las vetas de la zona Gisela.

1.5.2. Objetivo Especifico

- Describir las características geoeconómicas del yacimiento minero como son: la litología, mineralogía, alteración hidrotermal, control de la mineralización, zoneamiento y comportamiento geológico de las estructuras mineralizadas de la zona Gisela.
- Evaluar y conocer los recursos y reservas de mineral de las vetas de la zona Gisela.



CAPITULO II

REVISIÓN DE LITERATURA

2.1. ANTECEDENTES DE LA INVESTIGACIÓN

2.1.1. A nivel local

Según, Chara, Juan (2017) en su tesis **denominado** “Geología económica del yacimiento minero aurífero mina Orión, Chala - Arequipa” presentado para la universidad nacional del altiplano presenta como **objetivo** Determinar las características litológicas, mineralógicas, estructurales y geoquímicas, para establecer la distribución espacial de las áreas mineralizadas en la concesión de la U.E.A. Mina Orión, Chala-Arequipa, para las condiciones de exploración y explotación del yacimiento, con una **metodología** descriptiva experimental en donde se realizó el muestreo, análisis petrográfico y mineragráfico y por último la perforación diamantina, teniendo un **resultado** donde observamos que en un estudio de secciones delgadas (zona de óxidos) hasta tres eventos de sílice relacionados a Au, (en superficie), el cuarzo contenido como ganga en las vetas probablemente ha transportado el oro en repetidas oportunidades colaborando con el enriquecimiento del yacimiento **concluyendo** que análisis de estudios petrográficos y mineragráficos, el yacimiento minero aurífero Mina Orión, es parte de la familia de vetas auríferas mesotermales de la franja costera del batolito de la costa, depósitos de Au relacionado con intrusivos del cretácico superior. El yacimiento minero aurífero Orión, Chala Arequipa, se encuentra ubicado en el segmento de Arequipa del Batolito de la costa, conformado por una secuencia volcánica-sedimentaria, está dentro de la franja de yacimientos auríferos filonianos Nazca-Ocoña.

Asimismo, Fernández, Cledy (2018) en tu tesis **denominado** “Geología y caracterización geomecánica en la veta sangre de toro I y II en la empresa minera la soledad – Chahuane



S.A.C. Condesuyos - Arequipa” presentado para la Universidad Nacional del Altiplano tiene como **objetivo** evaluar las características geológicas en las perforaciones diamantinas, la evolución de las unidades litológicas y caracterizar el comportamiento geomecánico del macizo rocoso in situ en base a la recuperación de los testigos de perforación diamantina en la veta Sangre de Toro I y II en la Empresa Minera La Soledad – Chalhuane. **Metodología** se usó la perforación de diamantina en las diferentes vetas en base al comportamiento teniendo como **resultado** que las rocas ígneas como diorita, monzonitas y granodioritas han sido instruidas por diques aplíticas y lamprofidos. Las vetas son rellenos de fracturas o fallas de rumbo N60°-70°W y muestran cuando menos 2 etapas de mineralización, una con cuarzo-pirita y otra más compleja con nueva pirita, arsenopirita, calcopirita, esfalerita, galena y oro nativo, **concluyendo** que la granodiorita de textura porfídica, con superficies de oxidación en los planos de juntas. Se observan fragmentos líticos dentro de la estructura. Roca de buena calidad, que corresponde a la roca de basamento de las estructuras mineralizadas.

También, Pampa, José (2019) en su tesis **denominado** “geología y caracterización de minerales de las vetas, la escondida e Isabel. En la concesión minera Isabel, provincia de Condesuyos, departamento de Arequipa” presentado para la Universidad Nacional San Agustín de Arequipa tiene por **objetivo** Realizar el estudio geológico de la zona, mediante la caracterización mineralógica y alteraciones presentes en la zona de estudio. **Metodología** es de diseño NO EXPERIMENTAL El trabajo se realizó en 3 partes: trabajos de gabinete I, trabajo en campo, trabajo de gabinete II, que a continuación se detallan, obteniendo como **resultado** Esta zona se caracteriza por presentar el ensamble característico Cuarzo-Óxidos-Oro, donde el oro se encuentra libre en las oquedades y fracturas de manera muy dispersa, usualmente asociado a hematita pero también como parte del cuarzo propiamente dicho, los tamaños de los granos de oro identificados



mediante el microscopio óptico superan los 200 micrones por lo que estas estructuras son consideradas como portadoras de oro grueso, **concluyendo** que la geología en la zona de estudio presenta condiciones propicias para mineralización económica, fundamentalmente por la presencia de la Granodiorita de la Super unidad Incahuasi que por procesos tectónicos han creado zonas de apertura para ser rellenados por fluidos mineralizantes económicos.

Finalmente, Chara, Moisés (2020) en su tesis **denominado** “características geológicas y profundización de la veta Nancy, minera aurífera cuatro de enero – Caravelí -Arequipa” presentado para la Universidad Nacional del Altiplano tiene por **objetivo** Caracterizar la geología y profundización de la veta Nancy, Minera Aurífera Cuatro de Enero – Caravelí – Arequipa. La **metodología** es de tipo descriptivo, así como según los datos empleados son de carácter cuantitativo y según su objetivo es de investigación aplicada, al realizar las características geológicas, obteniendo como **resultado** que la fotomicrografía A y B muestra, cristales de Calcopirita en Nicoles paralelos y Nicoles cruzados, en el cual se observa venillas y disseminaciones de este mineral con tamaños inequigranulares que van desde 0.1 – 0.8 mm, con formas anhedrales. La arsenopirita (ver fotomicrografía C y D) esta disseminada en la roca caja, presenta pleocroísmo tiene formas anhedrales hasta euhedrales, sus tamaños de cristales son heterogéneos. El yacimiento minero aurífero MACDESA, presenta un sistema de fracturamiento pre-mineral de rumbo N 60° W-SE y E-W con buzamientos al 45° NE con una potencia de 0,10 m a 2,0 m. La veta Nancy está acompañado por fallas y se les atribuye como fallas pre-minerales y que posteriormente están desplazados por fallas post- minerales por sistemas NE a SW, en su mayoría dextrales, **concluyendo** que las perforaciones diamantinas realizadas desde el Nv. 1760 en la cámara diamantina, se obtuvo buenos resultados cortando veta con ley de oro 30 grAu/TM en el DDH-19, DDH-18 con ley de oro 87 grAu/TM y 3grAu/TM, en el taladro



DDH-17 con ley de oro 5 grAu/TM, y el DDH-14 con ley de oro 4 grAu/TM. Toda esta información diamantina se evidencia en la continuidad de la veta Nancy hasta el nivel 1600, la mineralización continúa y el propósito es seguir explorando unos 150 m con el laboreo tanto en el Pique-570 y 630.

2.1.2. A nivel regional

Acosta, J. (2009) en su publicación de mapa Metalogénico del Perú, y franja metalogénica IX. Depósitos de Au-Pb-Zn-Cu relacionadas con intrusivos del Cretácico superior, describe lo siguiente: Las estructuras mineralizadas de cuarzo-oro- sulfuros se encuentran hospedadas en Batolito de la Costa. Las estructuras mineralizadas en el área Saramarca-Nazca-Ocoña, están controladas por fallas NO-SE, N-S y E-O del corredor Nazca-Ocoña. Entre los principales depósitos están: Orión, Caravelí, Ishihuinca, Calpa, Arirahua y San Juan de Chorunga.

Al igual, Tumialán, P. (2003), realizó el compendio de yacimientos minerales del Perú. Publicado en el boletín N° 10, serie B, Geología Económica. Dentro del capítulo III de la Metalogenia del Perú, describió la Provincia Metalogénica de cobre en el Batolito de la Costa, cobre y polimetálicos en la planicie costanera y oro - cobre en Batolito de la Costa. Señalando lo siguiente sobre la mineralización: Entre Ocoña y Nazca se emplazan los yacimientos de Au, Cu. Se trata de vetas paralelas o transversales al rumbo del Batolito de la Costa, el Au está en el cuarzo, pirita, chalcopirita y galena. Los yacimientos en esta provincia metalogénica son de alcance hipotermal, mesotermal a epitermal, debiendo explorarse en el Batolito de la Costa entre Nazca - Ocoña.

Finalmente, Olchanski, E. (1980), realizó el trabajo de levantamiento geológico sistemático del Perú a escala 1/100.000,

Determinó unidades geomorfológicas, Faja Litoral, Cadena Costanera, Peneplanicie Costanera, Peneplanicie Sub-andina, Cadena Andina, Pampa Parinacochas, Lomadas



Andinas y Valles transversales. La columna estratigráfica está conformada por rocas metamórficas, sedimentarias y volcánicas que datan entre el Precambriano y el Cuaternario reciente. Definió grandes cuerpos de rocas hipabisales asociadas a intrusiones pequeñas y a rocas volcánicas, que forman el Complejo Bella Unión. Estructuralmente, el área estudiada presenta sectores de diferente deformación, los depósitos metálicos de cobre, oro, plomo y hierro son muy restringidos.

2.2. MARCO TEÓRICO

2.2.1. Muestreo

Definición

Es el procedimiento por el cual se obtiene una pequeña cantidad de material de un depósito de carácter metálico o no metálico con el fin de obtener una representación cualitativa y/o cuantitativa del referido depósito, con la máxima aproximación.

Una muestra se define como una parte representativa de un todo, de tal forma que la proporción y distribución de la característica que se investiga, sean iguales en la muestra como en el todo.

Requisitos

El muestreo permite conocer una aproximación de la calidad del depósito que se desea conocer, es posible alcanzar buena certeza ajustándose a los siguientes requisitos en la ejecución del muestreo:

- **Representatividad:** la muestra debe representar la constitución del depósito en cuanto a los elementos económicos y no económicos.
- **Proporcionalidad:** los integrantes del depósito, económicos o no, deben estar presentes en la misma proporción que tiene en el terreno.



- Pureza: la muestra no debe contener elementos extraños que no pertenezcan al lugar donde se tomó la muestra.

Importancia

El muestreo es una actividad que permite descubrir, evaluar, controlar la extracción y facilitar la comercialización de sustancias económicas; las referidas actividades no serían posibles sin la ejecución del muestreo.

2.2.1.1. Métodos de muestreo

Dependen del tipo de yacimiento mineral, de su forma y constitución; generalmente se usan los canales para yacimientos tabulares (vetas, mantos); en otro tipo de depósitos como cuerpos y diseminados se aplican otros métodos como muestreo por puntos.

➤ Muestreo por Canales

Consiste en cavar canales rectangulares, transversales y horizontales a estructuras tabulares, en intervalos regulares, en los que se extrae una muestra. Aplicando el método sistemático las muestras se toman regularmente en el espacio o en el tiempo, la primera muestra se extrae de manera al azar de la población (estructuras mineralizadas) a continuación a intervalos constantes hasta completar la muestra.

➤ Muestreo por Perforación

Es aquel en el cual se obtiene una muestra producto de perforación del depósito con diferentes tipos de maquina diamantinas, en el caso de perforación con brocas de corona diamantada, se obtendrán muestras cilíndricas llamadas testigos.

➤ Muestreo por Puntos

Se aplica a depósitos masivos (cuerpos), diseminados, mantos y estructuras tabulares de notable potencia. Consiste en ubicar puntos en rectángulos y/o áreas circulares en las superficies expuestas de un depósito mineral, sobre las que se toman pequeñas porciones de material en cantidades iguales y a distancias equidistantes, que en su conjunto constituyen una muestra.

➤ Planos de Muestreo

Los resultados de muestreo son graficados en planos topográficos, con la numeración de muestras sobre las labores donde fueron extraídas, existen varias formas de representación.

El plano de muestreo será a escala 1/500, las dimensiones de los planos, deben ser considerados dentro de una estandarización, en la cual se establezcan dimensiones, espacio para datos y leyendas que correspondan.

➤ Control de Calidad

Para tener la confiabilidad en los resultados de los análisis de muestras, se han enviado 04 muestras al laboratorio Titán y Certimin. (Tabla 1), (Figura 1 y 2).

Tabla 1. Cálculos y comparación de elementos según laboratorio

| Au | Lab. Titan | Lab. Certimin | Cu | Lab. Titan | Lab. Certimin |
|--------------------------|-------------|---------------|--------------------------|-------------|---------------|
| Cantidad muestras (unid) | 4 | 4 | Cantidad muestras (unid) | 4 | 4 |
| Suma (ley Au gr/TM) | 20.680 | 20.803 | Suma (ley Cu %) | 4.100 | 4.101 |
| Media (ley Au gr/TM) | 5.170 | 5.201 | Media (ley Cu %) | 1.025 | 1.025 |
| Coef. Correlacion | 0.96 | | Coef. Correlacion | 0.99 | |

Fuente: Minera Croacia E.I.R.L.

Por tanto, esta prueba evidencia que los resultados de las leyes proporcionados por el laboratorio Titán son confiables, a un intervalo de confianza de 98.0%, los coeficientes de correlación son mayores de 0.9 las muestras.

Los resultados de las leyes se emplean en:

- Estimación de recursos y reservas minerales.

- Elaboración de planos de muestreo.
- Control de calidad de mineral (cartillas de muestreo).
- Elaboración de planos isovalores.

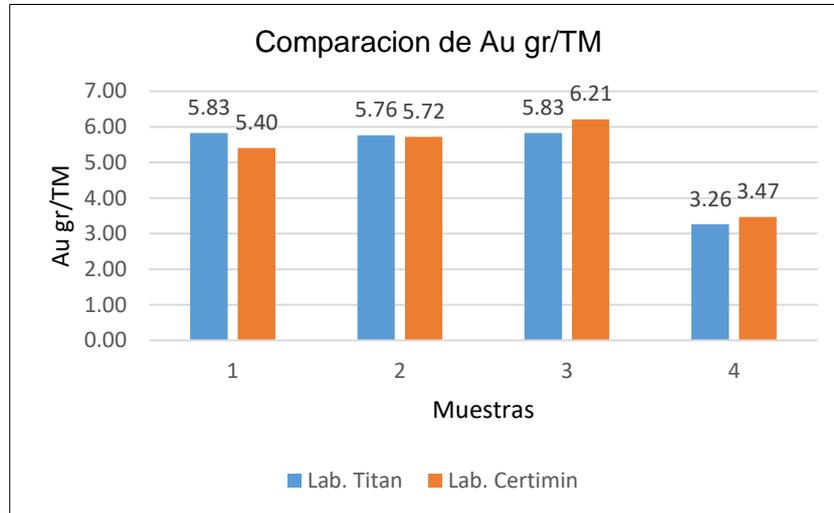


Figura 1. Comparación de elemento oro según laboratorio

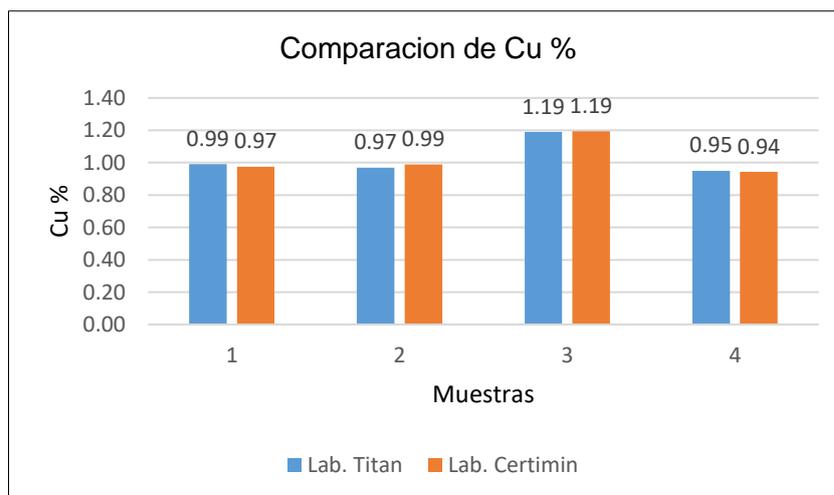


Figura 2. Comparación de elemento cobre según laboratorio

Las muestras de sondajes y canales son enviadas al laboratorio de Minera Titán del Perú S.R.L., ubicado en Chala – Arequipa, para su respectivo análisis químico y los resultados son remitidos a departamento de geología de mina Esperanza.

2.2.2. Cubicación

Término usado en Geología Económica. Se refiere a la evaluación de una ocurrencia o depósito mineral para su explotación. En la actualidad donde el



planeamiento es importante para cualquier actividad económico-industrial, no se puede admitir la extracción mineral de un determinado yacimiento sin su cubicación y estudio previos.

2.2.2.1. Bloques de Cubicación

Para realizar la cubicación se toman decisiones que posibilite la explotación del depósito mineral con beneficio económico. Estos criterios se basan en la realización de una serie de procesos.

Los bloques de cubicación se realizan mayormente en vetas, se han definido considerando el área encerrada entre galerías, piques o chimeneas. El perfil de la veta se ha idealizado y se han formado figuras geométricas sin las irregularidades de piso-techo y los desniveles que existen en las galerías, para ello se ha trazado un promedio entre el punto más alto y bajo.

2.2.2.2. Categoría de Bloques

Los bloques se han clasificado según certeza (probada, probable, potencial y recurso), según accesibilidad (accesible, eventualmente accesible, inaccesible) y por su valor tales como (económico, marginal, submarginal).

A) Por Certeza

Mineral Probado

Son bloques donde el riesgo de continuidad de la mineralización es mínimo y el cálculo de tonelaje y leyes es un valor real, los bloques se encuentran entre una galería de base y una galería de cabeza, cuenta con chimenea de reconocimiento, su ley promedio se ha obtenido de muestreo sistemático, el coeficiente de certeza o factor de continuidad aplicable al tonelaje de mineral es 0.90; para la influencia del mineral se le está usando $\frac{1}{5}$, $\frac{1}{4}$, $\frac{1}{2}$ según la ubicación del block.



Mineral Probable

Es el bloque que está definido por una galería y una chimenea, El mineral probable se delinea a continuación del mineral probado, tendrá la misma longitud y de este su altura, los bloques generalmente se proyectan sobre o debajo de un bloque probado, su ley promedio se ha obtenido de muestreo sistemático y de la obtenida en los bloques probados, el coeficiente o factor de continuidad aplicable al tonelaje del mineral probable es de 0.75 (factor de seguridad 75%).

Mineral Potencial

Es aquel mineral cuyo tonelaje y leyes estimadas se basan mayormente en el amplio conocimiento del carácter geológico del depósito debiendo tener algunas muestras para su dimensionamiento. El estimado o apreciación se basa en la continuidad asumida o la repetición de evidencias geológicas. Estas evidencias geológicas pueden ser:

Diagramas de curvas de iso-leyes y/o cocientes metálicos.

Algunos sondajes diamantinos, Etc.

Su factor de continuidad se le asigna generalmente un 0.50 (50%), este mineral no constituye reserva.

Recurso Geológico

Es el mineral cuya estimación se basa mayormente en el conocimiento del carácter geológico del yacimiento, es decir, no depende de la exposición directa del yacimiento sino en indicaciones indirectas tales como litología favorable, estructuras geológicas anomalías geofísicas o geoquímicas, relación con minas vecinas, etc.



En el caso de dimensionarse, muchas veces se localiza más alejado que el mineral potencial y en áreas donde las evidencias geológicas son favorables. El factor para el tonelaje a cubicarse, no podrá ser mayor de 0.25 (25%), estos minerales no constituyen reservas.

B) Por Accesibilidad

Mineral Accesible

Son aquellos constituidos por bloques de mineral que están interceptados por labores mineras (galerías, chimeneas, piques, etc.) y que generalmente están listos para entrar la etapa de preparación. Estos minerales se consideran como reservas, cuando su valor está sobre el costo total de operación.

Mineral Eventualmente Accesible

Son aquellos que no se encuentran Expeditos para su Inmediata explotación, y están constituidos por bloques no accesibles, que comúnmente se hallan en la parte inferior del nivel más bajo, alejados de las labores de desarrollo, o con el acceso truncado por derrumbes, bóvedas vacías, etc., por lo tanto, requieren la apertura de labores mineras nuevas o rehabilitación de las existentes antes de poder iniciar las existentes. Estos minerales constituyen reservas, si las inversiones adicionales de desarrollo y/o rehabilitación (costos de desarrollo) para hacer los accesibles, están cubiertos por la diferencia entre el valor de dichos bloques de mineral y los costos totales de operación.

Mineral Inaccesible

Son aquellos cuya posición espacial (geométrica) es similar a lo indicado para los eventualmente accesibles, pero que la apertura o rehabilitación de labores para obtener acceso es evidentemente muy costosa, tal es el caso de bloques aislados rodeados de rellenos o grandes áreas vacías, los muy lejanos del acceso



actual, los ubicados bajo una laguna o situados en zonas cuya explotación afectaría las instalaciones fijas como las cercanas a piques, cámara de bombas, bodegas, etc.

C) Por su Valor

Mineral Económico

Son los minerales económicos. Porque con la infraestructura existente podrán obtenerse productos aceptados en el mercado bajo las condiciones existentes y porque su valor excede todos los gastos directos (gastos de operación y regalías) e indirectos incluyendo íntegramente la depreciación anual de (máquinas, equipos, instalaciones, etc.), amortizaciones, gastos financieros, etc. Los bloques se colorean con rojo.

Mineral Marginal

Son aquellos que cubren los gastos directos incluyendo regalías, pero no los indirectos, considerando amortizaciones, depreciaciones y gastos financieros. Su operación no da utilidad, pero ayuda a disminuir las pérdidas ocasionadas por los gastos fijos e indirectos que no se evitarían con la paralización o disminución de la escala de operaciones. Este mineral es potencial, porque con mejoras en los parámetros económicos reducción de costos o aumento de precios de los metales puede convertirse en reservas, los bloques se colorean de naranja.

Mineral Submarginal

Son los que cubren solo los gastos indirectos bajo las condiciones existentes y que aún bajo mejores condiciones no alcanzarían a cubrir totalmente los gastos indirectos; requerirían, variaciones favorables más allá de lo actualmente previsible en los parámetros económicos para transformarse en minerales



económicamente explotables, es decir, en reservas, estos bloques se colorean de verde.

2.2.3. Yacimientos minerales

Los yacimientos son producto de una serie de procesos geológicos que conllevan a la concentración anómala, sea esta en volumen, calidad o facilidad de explotación de minerales de interés económico que genere rentabilidad.

2.2.3.1. Clasificación de Yacimientos

Yacimientos Mesotermiales

Los yacimientos mesotermiales se precipitan y concentran a profundidades intermedias, a temperaturas de 200 - 500°C y a presiones altas, aproximadamente de 1 - 5 Km de profundidad (Lindgren, 1993). En yacimientos filoneanos una de las características es que se presente una asociación mineralógica de sulfuros tales como calcopirita, esfalerita, galena, tetraedrita, bornita y calcosina, con minerales de ganga como cuarzo, carbonatos (calcita, siderita, rodocrosita) y pirita.

2.2.3.2. Estructuras Vetiformes

Conocidas como filón de fisura o veta. Tiene la forma y dimensiones de la fisura o grieta receptora. La mayoría de filones son estrechos y sus longitudes varían entre decenas de metros a algunos kilómetros y anchos de pocos centímetros a varias decenas de metros. En general los filones muestran desplazamientos pequeños los cuales casi siempre están presentes, varían desde algunos centímetros a varios metros alcanzando excepcionalmente a centenares de metros. Se conocen estructuras filoneanos en grietas de separación y grietas de ruptura (Valera, 1987).

Vetas en Grietas de separación

Están asociadas a fracturas y fallas de tensión, presentan paredes quebradas y desgarradas dependientes del tipo de roca que atraviesan. Una característica principal de estos filones es la ausencia de desplazamiento (Valera, 1987).

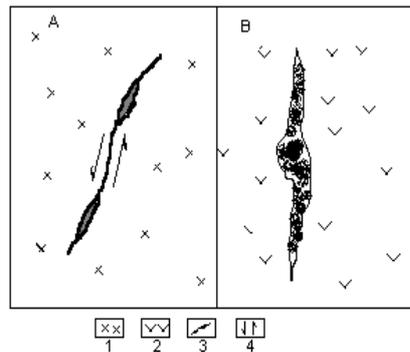


Figura 3. Vetas en grietas de separación (Valera, 1987)

A) Vetas en grietas de ruptura. B) Vetas en grietas de separación.

1: Roca intrusiva, 2: Roca volcánica, 3: Mena, 4: Dirección de desplazamiento

Vetas en Grietas de ruptura

Presentan paredes rectas, esmeriladas e independientes del tipo de roca que atraviesan. Estas grietas sufren desplazamientos (fallas normales, inversas y de rumbo), y presentan brechas y arcillas tectónicas, siendo su desplazamiento de gran extensión. Normalmente están acompañadas de grietas ramificadas y cimoides (Valera, 1987)

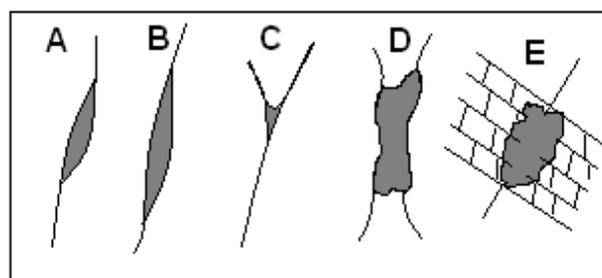


Figura 4. Vetas en grietas de ruptura. (Valera, 1987)

- A) Se cierra y se abre una fisura principal.
- B) Ocurre apertura de una fisura principal, acompañada de cizallamiento.
- C) Donde concluye una fisura principal y otra secundaria.
- D) Se interceptan dos fisuras principales.
- E) Una fisura intercepta una roca favorable para la mineralización.

2.2.3.3. Cimoides

Conocidos también como vetas o filones lenticulares. Ocurren cuando una falla de desplazamiento se divide en dos ramales, desviándose una lateralmente formando una curva cimoides, mientras que la otra continúa en línea recta durante una corta distancia para luego describir una curva similar y reunirse con el primer ramal, de esta manera los dos ramales encierran un lente de roca entera o parcialmente brechada y comúnmente rellenada o reemplazada por mena.

Estas estructuras cimoides terminan en una estructura denominada cola de caballo, donde una serie de ramales se curvan lateralmente con la veta principal (Valera, 1987).

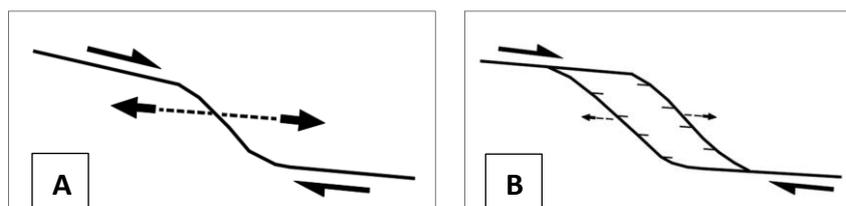


Figura 5. Comportamiento de veta tipo lazo cimoides (Valera, 1987).

- A) Traza de cizallamiento inicial en una falla sinextral. B) cimoides simple, relacionado a fallas transcurrentes.

2.2.3.4. Comportamiento de las vetas

Longitud de las Vetas

Los filones pueden ser variadas de acuerdo a las dimensiones de las rocas que las albergan, es decir un filón puede tener desde decenas hasta centenares de metros, pero muy pocos llegan a tener dimensiones superiores al kilómetro, esto es quizá debido a la competencia de la roca que recibe la mineralización, por lo tanto, muchos filones pueden estar en forma paralela y desaparecer uno antes del otro o puede ser limitados por fallas locales que rompen su secuencia de emplazamiento.

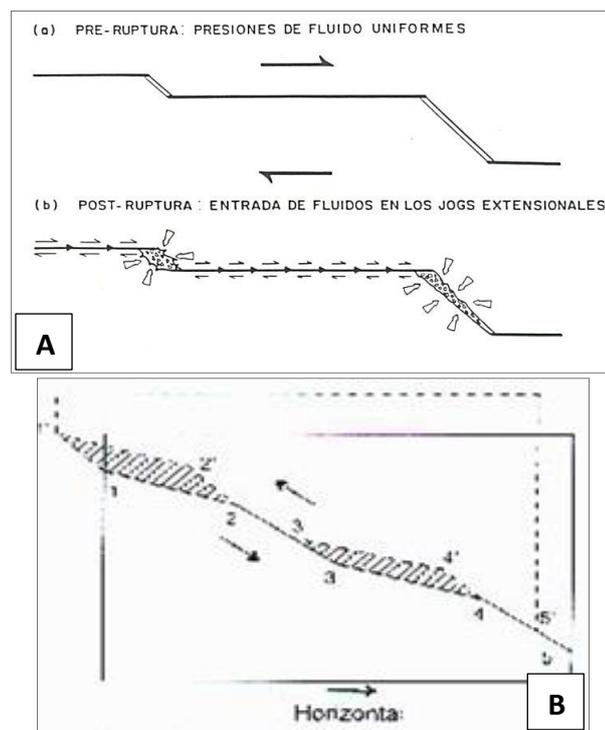


Figura 6. Deslizamiento horizontal en las fallas sinexy dextral. (Sibson, 1990)

A) Veta mineralizada de falla dextral. Se caracteriza por apertura forzada de una falla con movimiento dextral, a) Pre-ruptura, presiones de fluido uniformes; b) Post-ruptura, inyección de fluidos a los “jogs” extensionales, colapso de paredes (Sibson, 1990).

B) Veta mineralizada de falla sinextral. Se caracteriza por el cambio de rumbo a la izquierda que es más ancha, en cambio de rumbo a la derecha es más angosta.

Profundidad de las Vetas

La profundidad de los filones pocas veces pueden no pasar de las decenas de metros, pero la gran mayoría presentan profundidades que sobrepasan los centenares de metros, esto es debido o acorde a los buzamientos que llegan a presentarse en superficie, de tal modo que mientras tengan mayor buzamiento estas pueden perdurar a grandes profundidades, pero solo hasta cierto límite, porque de ahí para adelante empíricamente hablando se debe hacer estudios de geofísica para determinar la profundidad de estos.

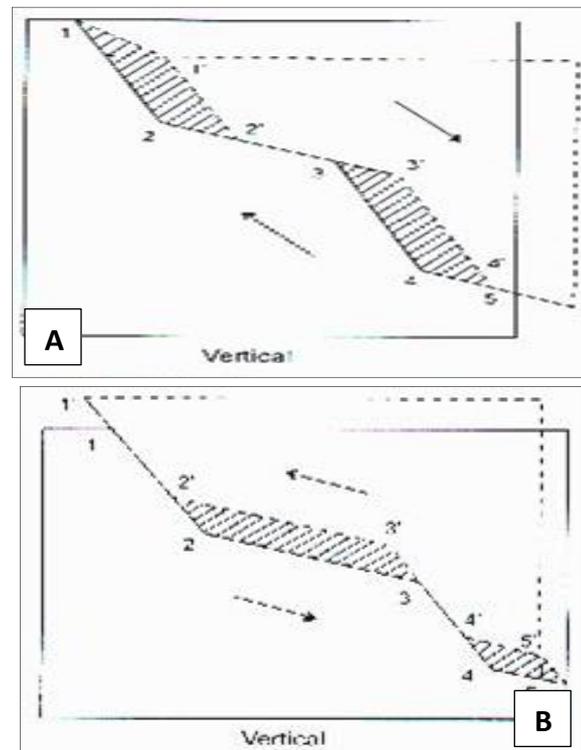


Figura 7. Deslizamiento vertical en las fallas normal e inversa (Sibson, 1990).



A) Veta mineralizada de falla Normal: Ocurre en el sector con mayor buzamiento que es más ancha, y en el sector con menor buzamiento es más angosta.

B) Veta mineralizada de falla Inversa: ocurre en el sector con mayor buzamiento que es más angosta, y en el sector con menor buzamiento es más ancha.

2.2.3.5. Sistema de fracturas en extensión

Desde el punto de vista de las mineralizaciones hidrotermales, son los sectores en extensión aquellos que nos interesan más, la razón radica en que aquellas zonas se encuentran "en apertura" lo cual tiene dos consecuencias principales:

- 1) Permiten una circulación más fácil de los fluidos hidrotermales.
- 2) Si la precipitación de la carga mineral ocurre en esos sectores, la masa mineral será mayor dado el carácter en expansión que presentan.

Las relaciones empíricas entre zonas en apertura y masas de minerales en mayor cantidad son de largo conocida (McKinstry, 1948) los sectores a lo largo de una falla o zona de cizalla que presentan inflexiones o saltos en extensión son los más interesantes.

2.2.3.6. Paragénesis

Asociación de minerales cristalizados en equilibrio en el seno de una roca o en un proceso de mineralización.

Designa la secuencia de minerales depositados en un yacimiento, indicando su relación de tiempo mediante un diagrama que muestra los nombres de los minerales en el eje Y (ordenada) y sus relaciones temporales en el eje X (abscisa).



La paragénesis se determina en muestras que son estudiadas macroscópica y microscópicamente: si un mineral corta a otro, el que corta es más joven; si uno reemplaza a otro, el reemplazante es más joven, igual que el que rodea a otro; si están interdigitados son contemporáneos, etc. Puesto que la paragénesis refleja el efecto de un pulso mineralizador, nuevos pulsos pueden llevar a la repetición, al menos parcial, de la secuencia paragenética inicial. La paragénesis ilustra lo que ha ocurrido en un yacimiento a lo largo del tiempo, mientras que la zonación describe el efecto del proceso mineralizador en el espacio (Oyarzún, 2009).

2.2.3.7. Zoneamiento

Es un patrón regular de distribución de los minerales en zonas, en corteza terrestre, pudiendo tratarse de un yacimiento mineral específico.

Los depósitos hidrotermales, generalmente se encuentran zoneadas en un arreglo concéntrico alrededor de una masa ígnea.

El zoneamiento representa a nivel espacial lo que la paragénesis muestra en términos de tiempo, son dos expresiones del desequilibrio de los fluidos mineralizadores debidos a los cambios termodinámicos que los afectan.

La principal aplicación práctica de la zonación concierne a su uso en exploración minera. Esto es así porque permite prever los cambios que puede experimentar la mineralización en la profundidad de un yacimiento y la posible existencia de yacimientos aún desconocidos en el entorno distrital (Oyarzún, 2009).

2.2.3.8. Alteración Hidrotermal

Es el proceso físico-químico, mediante el cual se genera el cambio de minerales primarios a minerales secundarios, en donde los minerales primarios presentan



cambios en la mineralogía, en su composición química y cambio de textura, resultado de la interacción de fluidos de aguas calientes, aguas meteóricas y fluidos mineralizantes que llegan y circulan en las rocas huésped y permiten el paso, bajo ciertas condiciones físico-químicas.

2.2.3.9. Alteración Fílica

Es denominada también cuarzo-sericita o simplemente sericita, es resultado de un hidrolisis moderado a fuerte de los feldespatos, en un rango de temperatura 300 - 400°C.

Esta alteración es típica de ensamble cuarzo-sericita-pirita. Ellos están presentes en los depósitos hidrotermales, procedentes de arcos volcánicos, sulfuros masivos, filones de Cuarzo-Oro en sistemas Epitermales recientes.

2.2.3.10. Alteración Propilítica

Es caracterizada por la presencia de clorita, epidota y/o calcita, y plagioclasa albitizada, es generada por soluciones casi neutras en un rango variable de temperaturas (entre 150 a 250°C).

El ensamble epidota/clorita, carbonatos, albita, feldespato potásico y pirita. Teóricamente este tipo se encuentra en yacimientos o depósitos de Pb, Pb-Zn, Pb-Ag, Ag-Au.; Pórfidos, Epitermales de Ag-Au.

2.2.3.11. Alteración Silicificación

Este tipo de alteración se produce entre las temperaturas de 600- 100°C, el ensamble mineralógico es cuarzo-calcedonia-jaspe.

Es el desarrollo de un metasomatismo de cuarzo y lixiviación de cationes alcalinos y alúmina se forma en cualquier tipo de roca de manera extensiva.

2.2.4. Geología regional

2.2.4.1. Complejo Basal de la Costa

Esta denominación fue dada por (Bellido & Narvaez, 1960) al estudiar el conjunto de rocas metamórficas del basamento cristalino en el cuadrángulo de Atico. Los afloramientos se ubican entre cero y 1800 m.s.n.m. cubriendo los sectores de pampa redonda, cerro puerto viejo, quebrada de los médanos, quebrada seca, y quebrada de Atico.

- a) **Litología.** - Se encuentra compuesta gneis y milonitas (pampa redonda), metacuarcitas, paragneis y para-anfibolitas (quebrada seca), granito rojo de grano medio a grueso (quebrada Atico).
- b) **Posición estratigráfica.** - Infrayacen a rocas del Paleozoico, Mesozoico y Terciario.
- c) **Espesor.** - Se tiene un espesor aproximado de +- 2000 metros
- d) **Edad.** - Se le asigna una edad de 75 a 100 Ma.

2.2.4.2. Mesozoico (Jurásico – Cretácico)

Formación Guaneros (Js-gu)

Denominado por (Bellido, 1963) para designar a unas rocas volcánicas la localidad típica de esta formación se encuentra en el valle de Moquegua, esta formación corresponde a una facies marina y por su contenido fosilífero y litología evidencia un ambiente nerítico.

- a) **Litología.** - Está constituida por gruesa capa volcánico andesítico con intercalación de areniscas blancas-verdes de grano medio a grueso y secundariamente intercaladas con lutitas abigarradas, limolitas y margas fosilíferas, seguida de una columna de andesitas porfiríticas intercaladas con limolitas, brechas volcánicas.



b) **Posición Estratigráfica.** - infrayace con discordancia erosional al Grupo Yura y suprayace al Volcánico Chocolate.

c) **Espesor.** - Se tiene un espesor aproximadamente 200-1000 metros

d) **Edad.** - Se le asigna una edad de 97 Ma.

Complejo Bella Unión (Kms-bu)

Denominado por (Caldas, J. 1878), se trata de rocas hipabisales no diferenciadas, al ser tan variables en composición, pero de naturaleza andesítica a dacítica, intruido por plutones menores de pórfido andesítica a dacita y diques de naturaleza andesítica.

a) **Litología.** - Es muy variada dentro del complejo Bella Unión: andesitas subvolcánicas,

b) **Posición estratigráfica.** - El complejo Bella Unión, regionalmente intruye a rocas mesozoicas volcánico-sedimentarias desde jurásicas hasta albianas y es a su vez instruido por el batolito de la costa (segmento Arequipa).

c) **Espesor.** - Aproximadamente 400 a 2000 metros

d) **Edad.** - Se le asigna 80 a 102 Ma.

Súper Unidad Linga (K-m-l)

La Súper unidad Linga, fue descrita por (Stewart, 1968), corresponde a los emplazamientos más antiguos del segmento Arequipa, mejor expuestos en los cuadrángulos de Cháparra y Chala.

Dentro de los plutones del segmento Arequipa, la súper unidad Linga es muy importante, puesto que a su emplazamiento estuvo asociada la mineralización de soluciones de cobre y en segundo término de hierro, (Agar & Lebel, 1978) a este mismo plutón, en el cuadrángulo de Acarí, donde se le denomina



monzonita cobrepampa (Caldas, 1978) está estrechamente vinculado un sistema de vetas de cobre.

(Stewart, 1968), (Hudson, 1974), consideraron como un grupo de rocas híbridas producidas por un metasomatismo potásico, (Agar & Lebel, 1978) demostraron convincentemente que la súper – unidad Linga corresponde a un grupo específico de rocas dentro del batolito derivando de un magma.

a) Litología. - La litología predominante es la monzonita, pero tiene variaciones internas, aún con contactos definidos y discordantes entre el monzogabro, monzodiorita, tonalita, granodiorita, monzogranito y el granito.

b) Edad. - Las dataciones radiométricas indican una edad de emplazamiento de 97 ma. (Cobbing, 1979).

2.2.4.3. Cenozoico (Neógeno – Cuaternario)

Formación Moquegua (Nm-mo)

Fue descrita por (Adams, J. 1908) como capas continentales que afloran en todo el sur del Perú. Son rocas de origen sedimentario, una formación de origen continental que alcanza gran distribución a lo largo de la costa.

a) Litología. - Formadas por conglomerado de rocas (calizas, cuarcitas, intrusivos etc.) sub redondeados en una matriz arenosa a tufácea,

b) Posición Estratigráfica. - El contacto inferior es discordante con la formación Guaneros en el área de Ilo; mientras que en Locumba yace sobre la superficie erosionada de rocas intrusivas y del volcánico Toquepala. Superiormente estos depósitos están cubiertos en discordancia por la formación Huaylillas y los depósitos aluviales recientes.

c) Espesor. - Aproximadamente el espesor es 400 metros.



d) Edad. - Plioceno-miocena

Formación Huaylillas (Nm-hu)

Se presenta al NE de la concesión, La Formación Huaylillas es de origen volcánico y está compuesta de niveles de tobas e ignimbritas.

a) Litología. - Está formado por una secuencia piroclástica son rocas volcánicas, ignimbritas de color rosado claro, siendo clasificada como riolita, riolacita y andesitas.

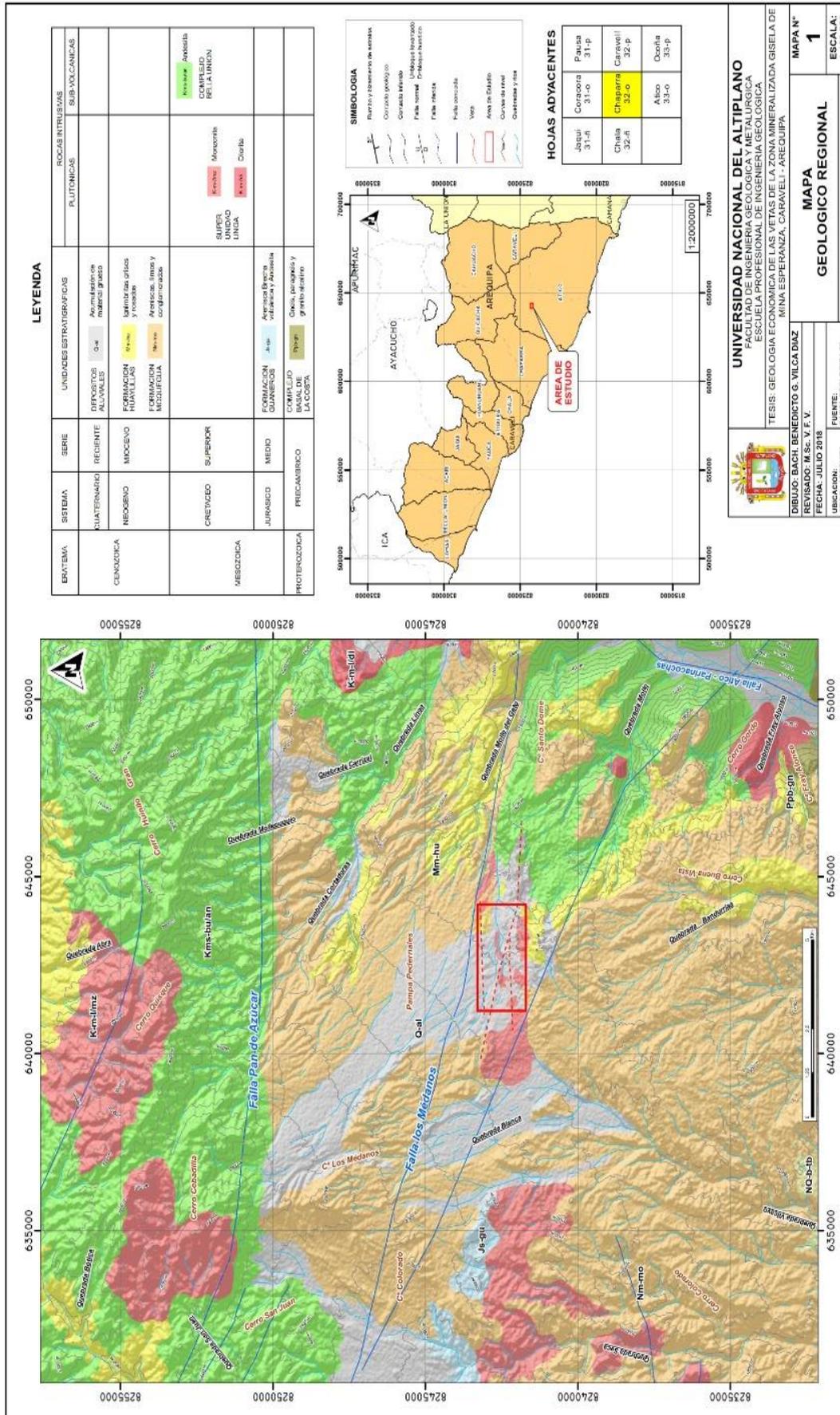
b) Posición Estratigráfica. - Esta descansa en discordancia sobre la formación Moquegua.

c) Espesor. - tiene un espesor aproximado de 500 metros.

d) Edad. - Presenta una edad 17.6 a 22.8 Ma., dentro de Neógeno Mioceno.

Depósitos Cuaternarios

Representado por material reciente que se encuentran cubriendo gran parte de las propiedades, litológicamente los depósitos de terrazas marinas se componen de capas conglomerados, distribuidas en las pampas costaneras del cuadrángulo de chala, tales como la Aguada, Capac y Huangarume y disectadas por las quebradas de Huanca, Totoral, Higuierón Huaccyaco y Chaparra, se encuentran desarrolladas desde el nivel del mar hasta una altitud de 200 m., pero (Laharie, 1970) ha identificado superficies planas, que terminan en escarpas de dirección NO – SE. (Mapa 1).



Mapa 1. Geológico Regional. (Fuente: Ingemmet, 2000).



2.2.5. Geología estructural

Las estructuras del área están relacionadas con los movimientos tectónicos del ciclo andino, este Sistema Andino en el Perú presenta una orientación NO-SE. Las principales zonas estructurales se han diferenciado según la magnitud y el estilo de deformación que han sufrido las rocas debido en parte a su diferente naturaleza y a la variada intensidad de los esfuerzos que han actuado, materializados ellos por pliegues, fallas (Figura 9) y diaclasas.

También se conoce en la actualidad principalmente un sistema estructural regional con dirección E-O, denominada como Sistema de Fallas Iquipi-Clavelinas. Es importante este sistema de fallas de carácter regional (Mamani & Rivera, 2011), porque favoreció una marcada debilidad estructural que hospeda un gran número de depósitos vetiformes caracterizados por ser de alta ley y estructuras angostas. (Mapa 2)

2.2.5.1. Sistema de Fallas Regionales

Sistema de Fallas Iquipi – Clavelinas (SFIC)

El SFIC está localizado en las latitudes sur 15.4° a 16.2° (aprox. 85 a 90 km de extensión), tiene una dirección E-O. Se trata de un sistema transcurrente dextral normal, que controlan el emplazamiento de los depósitos tipo pórfido de cobre del sur del Perú (Mamani & Rivera, 2011). Así mismo este sistema controla el emplazamiento de vetas mesotermiales.

Por lo tanto, el SFIC es un sistema estructural transcortical donde los magmas ascendieron subvertical desde profundidades que corresponden a la corteza



inferior-media y al manto superior. Es por esto, que este sistema tectónico representa un ambiente favorable para el emplazamiento de depósitos minerales.

Falla Pan de Azúcar

Se ubica aproximadamente a 7.9 km al norte del área de estudio, esta estructura afecta a diferentes unidades, tales como Formación Moquegua (mioceno inferior) y Complejo Bella Unión (cretáceo superior); el lineamiento de Pan de Azúcar tiene dirección E-O entre la zona de Cháparra y Caravelí (longitud aprox. 30 a 42 km), forma una estructura semicircular que controla el emplazamiento de depósitos de oro y está asociado a la falla Los Médanos (Boletín N° 4 serie E minería INGEMMET).

Falla Los Médanos

Se localiza a 1.2 km al norte del área de estudio, cerca de las operaciones mineras de zona Aurora - mina esperanza, se han reconocido con labor minero en los niveles 1890 Labor Cx-655N (dirección N 85° E y buzamiento 55° SE) y en el nivel 1840 labor Cx-665N (dirección S 82° E y buzamiento 65° SO), (Figura 8) es una falla transcurrente dextral inversa; bloque SO ha ascendido (compuesto por roca intrusivas monzonitas - súper unidad Linga) con respecto al bloque NE (compuesto por rocas conglomerados con matriz arenosa - formación Moquegua).

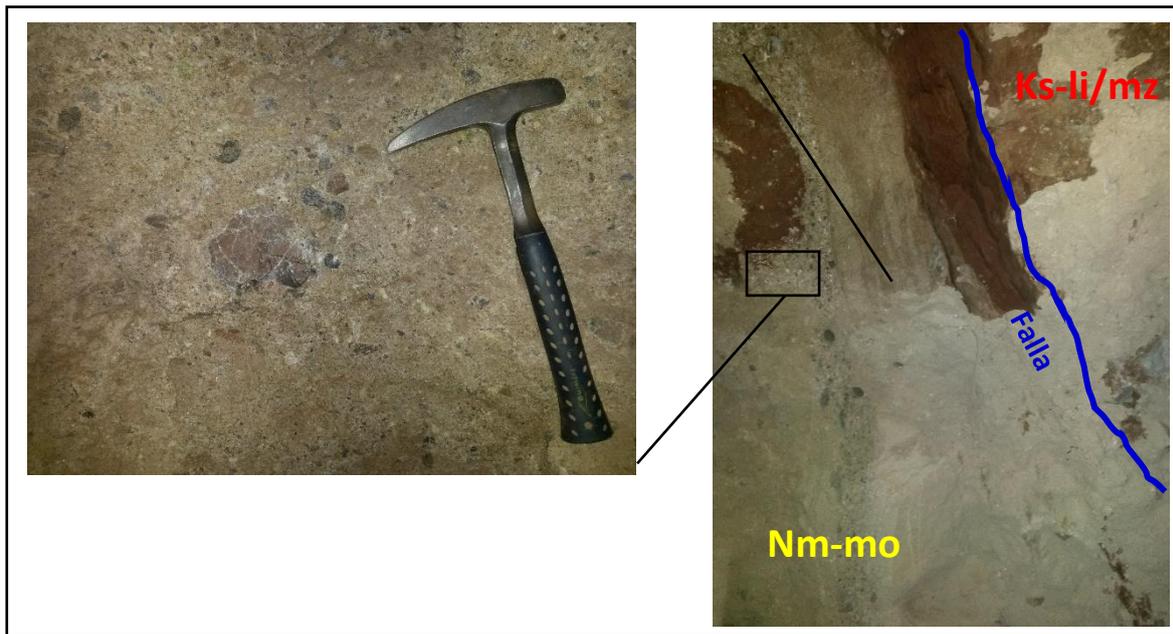


Figura 8. Fotografía de la falla los médanos, Nivel 1840 (crucero 665 Norte), mirando al Este, en caja techo se observa intrusivo de unidad linga (monzonita alterada), en caja piso formación Moquegua (compuesto de roca conglomerado). (Fuente: elaboración propia).

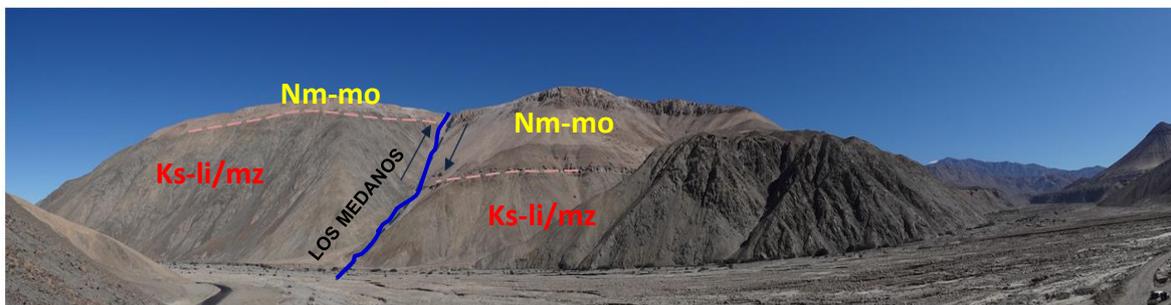
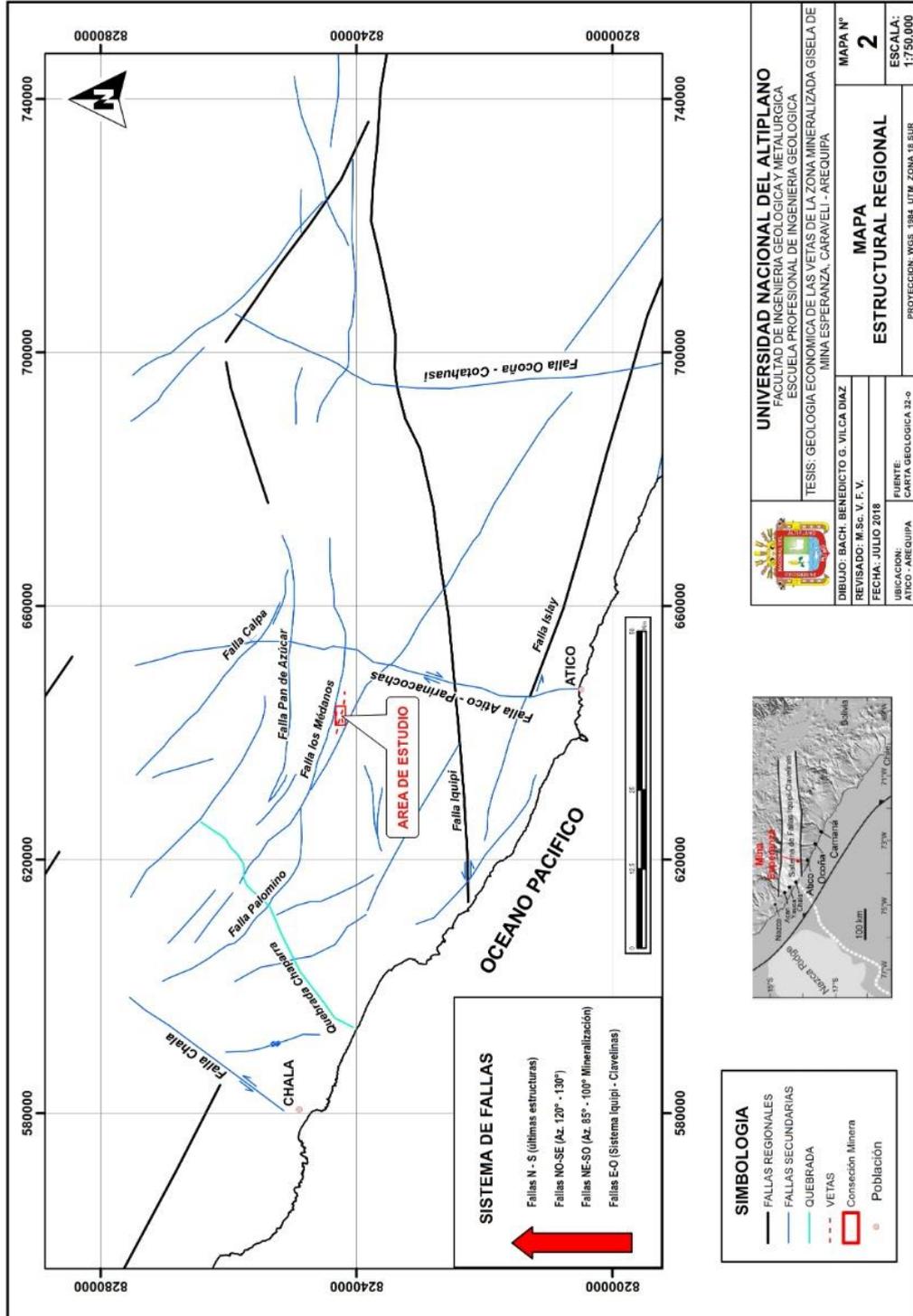


Figura 9. Vista Panorámica de la falla los médanos, mirando hacia el oeste, tomada a la altura del Km 40 (coordenada UTM WGS-84; 653391-E, 8241257-N) de la carretera hacia Caravelí; es una falla dextral inversa, tiene un salto de aproximadamente 200m. (Fuente: elaboración propia).



Mapa 2. Geología Estructural. (Fuente: Ingemmet,2000).



2.2.5.2. Deformación en el Complejo Bella Unión

Las manifestaciones tectónicas en mina Esperanza, corresponden a las deformaciones de la Fase Quechua, el gran graben del cerro Pan de Azúcar que tiene una dirección E-W con 7 km. de ancho y 30 km. de largo, este grabe está formado por las fallas regionales Pan de Azúcar (ubicado al Norte) que tiene una dirección E-W, y Los Médanos (al Sur) con rumbo N80°W y más hacia el Oeste cambia a N50°W.

Así mismo, toda la región desde Nazca a Ocoña; las vetas favorables tienen un rumbo de E-W que obedece al control de la gran falla Iquipí.

2.2.5.3. Fase Peruana (Cretácico – Superior)

En el cretácico superior, los mares se mantuvieron con transgresiones y regresiones, el sistema cretácico está conformado por sedimentos marinos de lutitas, calizas y areniscas.

Las rocas Cretácicas de la cordillera occidental están generalmente cubiertas por volcánicos y los estratos suavemente plegados.

A fines del cretácico se produjo la primera orogénesis andina llamada "Orogenia Peruana" y que fue especialmente intensa en la parte occidental. Esta orogenia estuvo acompañada por una intensa actividad intrusiva que dio lugar al emplazamiento del gran Batolito de la Costa.

En el área de estudio está presente rocas intrusivas hipabisales Complejo Bella Unión y rocas intrusivas plutónicas Súper Unidad Linga.

Fase Peruana puso término a la sedimentación marina y dio paso al desarrollo de condiciones continentales, la erosión de los terrenos levantados.



2.2.5.4. Fase Quechua

Durante el Mioceno la actividad volcánica explosiva fue intensa en la cordillera occidental.

La fase quechua I, es conocida por esfuerzos compresivos, con una dirección regional N45°E. Durante el mioceno los mares transgredieron la costa Sur del Perú, interrumpiendo así la continuidad morfológica de la cadena costanera.

Entre la cordillera Occidental y la Cadena Costanera se depositó un amplio material sedimentario clástico (Formación Moquegua).

Intrusivos miocénicos de granodiorita, diorita, monzonita y sienita, se observan en la parte inferior de la secuencia terciaria de todo el sur del Perú. Estos intrusivos forman parte de la "Orogenia Incaica". El principal levantamiento que dio la actual configuración a los Andes, se realizó durante el plioceno y pleistoceno y se le conoce con el nombre de "Orogenia Quechua".

La mayoría de los autores modernos incluyen en el término "Orogenia Andina" a todos los eventos tectónicos que se realizaron desde el Cretácico Superior hasta el Pleistoceno.

2.2.6. Geología económica del batolito de la costa: franja nazca - Ocoña

El tectonismo por efecto de la convergencia de las Placas referidas en la orogenia del Cretáceo Superior-Cenozoico Inferior dio lugar a la emersión de la Cordillera Occidental de los Andes con un magmatismo intenso en su borde Oeste de la Cordillera Occidental provocando el emplazamiento del Batolito de la Costa originando la franja metalogénica IX. Depósitos de Au-Pb-Zn-Cu relacionadas con intrusivos del Cretácico superior, donde se describen que las estructuras



mineralizadas de cuarzo-oro-sulfuros se encuentran hospedadas en Batolito de la Costa y las estructuras mineralizadas en el área Saramarca-Nazca-Ocoña, están controladas por fallas NW-SE, N-S y E-W del corredor Nazca-Ocoña (Acosta, Publicación de mapa Metalogenético del Perú, y franja metalogenética IX. Depósitos de Au-Pb-Zn-Cu relacionadas con intrusivos del Cretácico superior. Ingemmet., 2009).

Los depósitos de afinidad plutónica como los granitoides están asociados a vetas de cuarzo-especularita-calcopirita, vetas de cuarzo-carbonatos-pirita aurífera, zonas de stockwork y diseminados de calcopirita-molibdeno-pirita-(cuarzo-sericita) del tipo pórfido de cobre, (Caldas, 1980).

Regionalmente estos distritos auríferos mesotermales del Batolito de la Costa están relacionados a las súper unidades félsicas Linga, Incahuasi y Tiabaya del Batolito de la costa, asociados a los pórfidos de Cu-Mo teniendo esta alguna vinculación con la mineralización de Au.

Para una adecuada comprensión de la distribución espacial de las mineralizaciones de Au-Ag, Cu-Fe; de la franja Nazca – Ocoña se procederá a describir los principales yacimientos y ocurrencias del sector. (Mapa 3).

Mina Ishihuinca

El depósito se ubica en distrito y provincia de Caravelí región Arequipa. El yacimiento presenta estructuras de relleno, con mineralización de Au-Cu de origen hidrotermal facies mesotermal, con texturas de relleno de fracturas y micro fisuras.

La mineralización supergénica se caracteriza por bornita, calcosina, digenita, covelina, malaquita, hematita y limonita. La mineralogía hipógena se observa oro nativo, pirita, calcopirita, arsenopirita, esfalerita, cuarzo, calcita.



La pirita es el sulfuro predominante en la veta principal, ocurre diseminada irregularmente en el cuarzo, los cristales de pirita son euhedrales, subhedrales y anhedrales micro fracturadas, siendo la pirita el receptáculo fundamental del Au en las estructuras.

Mina Posco

Se ubica en la parte inferior de la quebrada Posco, entre los cerros Infiernillo y Cruz Blanca, en la margen derecha del río Ocoña, provincia de Condesuyos, región Arequipa.

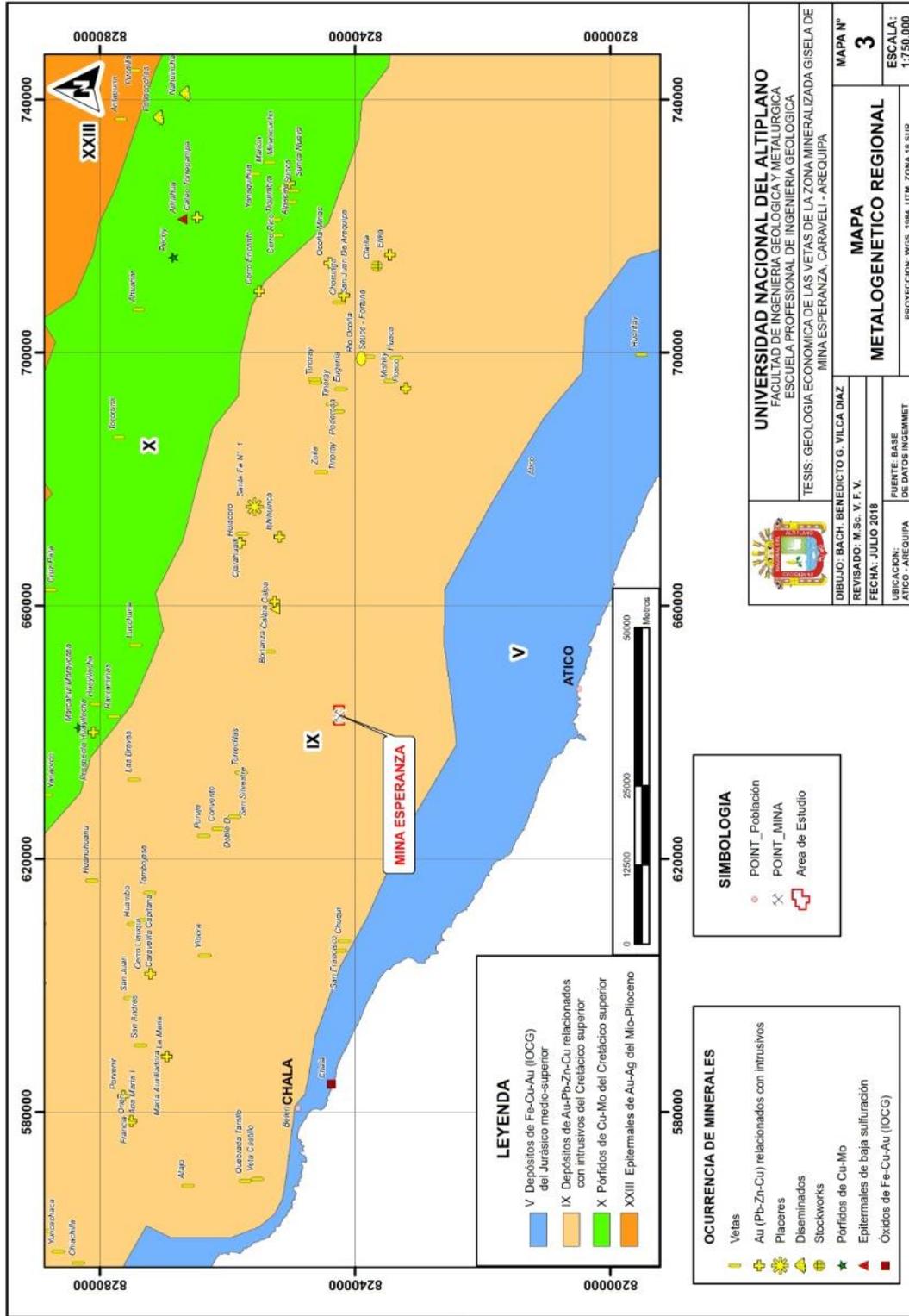
Depósitos vetiformes de Au-Cu- (Ag) de origen hidrotermal, facies hipotermal superior a mesotermal. La mineralización hipógena está dada por cuarzo, pirita, oro nativo, electrum, pirrotina, calcopirita, esfalerita, galena, tetraedrita, calcita, sericita, clorita; muestra ensambles de mena, ganga y alteración.

La pirita micro-fracturada es el principal receptáculo del oro nativo, la tonalidad del oro es variable desde amarillo, blanco amarillento hasta crema.

Tabla 2. Yacimientos metálicos de la franja Nazca- Ocoña

| Yacimiento | Esperanza | Calpa | Miski | San Juan de Chorunga | Orión | Caravelí |
|---------------------------|---------------------------------------|---|---|-----------------------------------|-------------------------------------|---|
| Ubicación | Arequipa, Caravelí, Atico. | Arequipa, Caravelí, Atico. | Arequipa, Camaná, Ocoña. | Arequipa, Condesuyos, Río Grande. | Arequipa, Caravelí, Atiquipa. | Arequipa, Caravelí, Huanuhuanu. |
| Dirección | NW - SE, E - W | NW - SE | NE - SW | NW -SE, E - W | NW - SE | NW -SE, E-W |
| Buzamiento | 60°-85° SW/NE | 70° - 75° NE | 70° | 60° - 75° NE/SW | 40°-75° NE/SW | 45° - 58° NE |
| Potencia (m.) | 0.10 - 3.0 | 0.30 | 0.20 - 0.30 | 0.20 - 0.30 | 0.30 - 1.50 | 0.30 - 1.0 |
| Extensión (Km.) | < 2.7 | < 1.4 | < 2.5 | < 3.0 | < 1.0 | |
| Desnivel (m.) | 370.0 | 1,100 | 415.0 | 1,000 | 100.0 | |
| Ley Oz /TM Au | 0.25 | 0.15 | 1.50 | 0.50 | 0.32 | 0.61 |
| Mena | Au-Cu. | Au-(Ag). | Au-Cu-(Ag). | Au. | Au-Ag-(Cu). | Au. |
| Ganga | Qz, Py, Hm, Lim, Cal. | Qz, Py | Qz, Py, Cal. | Qz, Py, | Qz, Py, Po, Hm, Ser. | Qz, Py, Aspy, Hm, Lim, |
| Alteración | Silicificación, Fílica, Propilítica | Propilítica, Argílica, Fílica. | | Cloritización, silicificación | Silicificación, Fílica, Propilítica | Argílica, propilítica |
| Litología | Monzonita, Diorita Andesita. | Diorita, Andesita. | Granodiorita, Tonalita. | Granodiorita, Tonalita | Monzodiorita, Diorita. | Tonalita, |
| Súper Unidad | Linga, 97 Ma (Coobing, 1977) | Incahuasi, 83 Ma (Moore, 1985) | Incahuasi, 83 Ma (Moore, 1985) | Incahuasi, 83 Ma (Moore, 1985) | Tiabaya, 81 Ma (Moore, 1985), | Incahuasi, 83 Ma (Moore, 1985) |
| Tipo de yacimiento | Hidrotermal (mesotermal), filoniano. | Mesotermal, filoniano. | Hidrotermal (hipo-mesotermal), filoniano. | Hidrotermal, filoneano. | Mesotermal, filoniano. | Hidrotermal, filoniano. |
| Fuente | Uscamayta, B.(2015). Informe interno. | Fernandez, J. (2014). Tesis UNSA - AREQUIPA | Mamani, R. (2015). Resumen extendido Perumin 2015 | Diaz, J. (2002). Informe interno | Santos, J. (2009). Tesis UNI - LIMA | Facundo, F. (2004). Tesis UNJBG - TACNA |

Fuente: elaboración propia



Mapa 3. Metalogenético Regional mostrando la ubicación de la Mina Esperanza dentro de la franja de yacimientos mesotermiales de Au-Pb-Zn del Cretáceo Superior (modificado INGEMMET, 2009).

2.2.6.1. Modelo descriptivo

En zona Gisela abundan los siguientes minerales: Crisocola, Atacamita, Malaquita, Azurita, Epidota, Calcita; estos minerales se presentan como rellenos en fracturas de forma diseminada e impregnaciones de epidota en las rocas subvolcánicas y dioritas. En las profundidades de la zona Gisela aparecen domos riolíticos muy silicificado y en tramos con diseminación de piritita fina (DDH-M17-87) donde la roca protolito apenas se distingue y sin valores económicos, pareciera haber sido el portador de la solución mineralizante asociado a fluidos hidrotermales. (Figura 10).

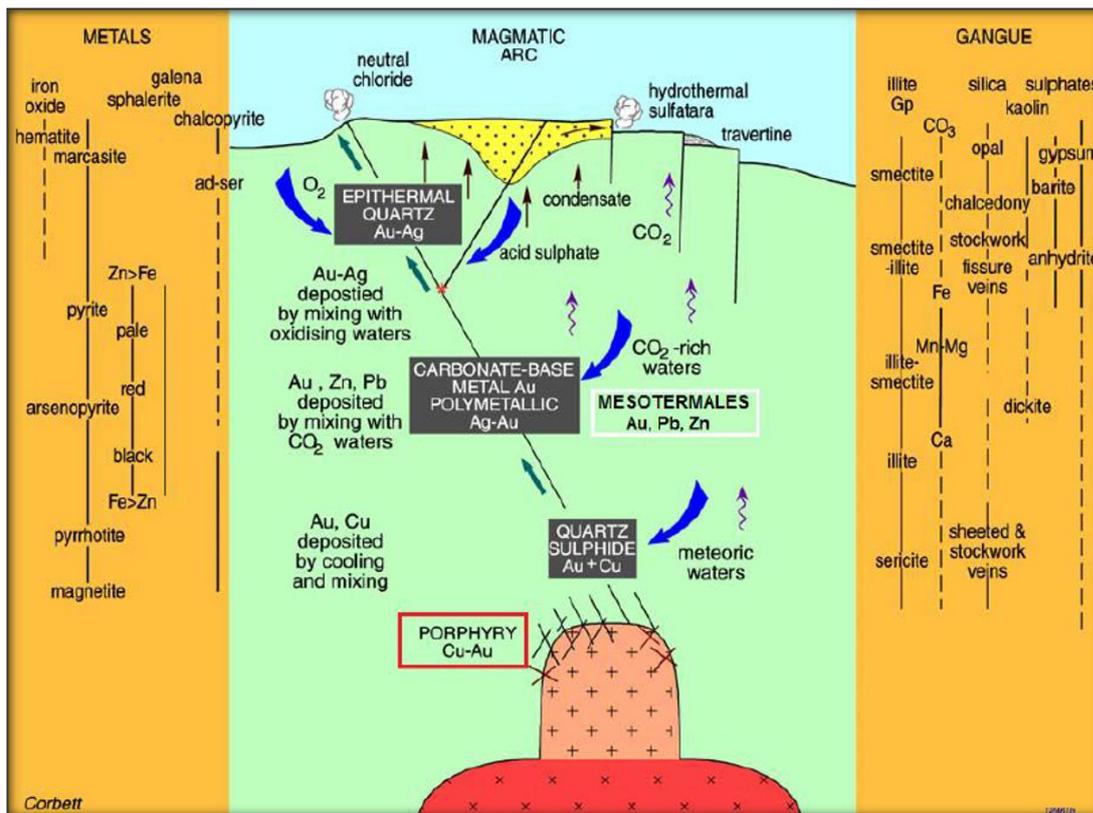


Figura 10. Modelo esquemático de la transición de niveles Hipotermales – Epitermales, Mesotermales, mostrando ensambles de mineralización y alteración (Corbett and Leach, 1997).



2.2.6.2. Mapa de Isovalores

La palabra isovalores proviene del griego iso (igual), a partir de mediados del siglo XX el estudio de las leyes de los elementos fue cobrando gran importancia, porque nos ilustra a los geólogos mineros el probable conducto por donde salieron y se transportaron las soluciones mineralizantes en la actualidad todas las empresas mineras realizan estos estudios para realizar sus modelos geológicos de sus respectivos yacimientos y los flujos que se han producido a través de los conductos que pueden ser fracturas, fallas, etc.

El proceso de interpolación espacial consiste en la estimación de los valores que alcanza una variable Z (podrían corresponder a datos de ley de oro, cobre, etc.) en un conjunto de puntos definidos por un par de coordenadas Este y Norte (X, Y), partiendo de los valores de Z medidos en una muestra de puntos situados en la misma área de estudio, emplearemos el software Surfer v-16 y el método de triangulación con interpolación lineal, con lo cual se tendrá una representación gráfica del modelo de los fluidos mineralizantes en las vetas.

Goodell y Petersen en 1974, dan una idea de las direcciones de los flujos mineralizantes que en su mayoría son verticales e inclinados como en la veta Finlandia (Distrito Minero Colqui, Lima - Perú).

El método de contornos de isovalores que unen puntos de igual ley, nos permiten determinar:

- La posición espacial de la mineralización,
- Zoneamiento de la mineralización y la posible dirección de las soluciones mineralizantes,



- Posibles blancos de exploración que permitan incrementar las reservas y así de esta manera prolongar la vida de la mina.

2.2.6.3. Mapa de Isopotencia

El método de contorneo de isopotencia, nos determina el aspecto volumétrico de la veta, dónde se localizan horizontes de mayor o menor potencia la receptividad de mineralización.

Su ocurrencia puede estar sujeta a las diferentes deformaciones tectónicas sufridas, los que produjeron un fuerte fracturamiento, creando las principales estructuras en transtensión, donde, la circulación de fluidos hidrotermales y formación de mineralización es favorable.

Las curvas de isopotencia nos representan también las áreas donde la potencia es igual, ya sea en zonas anchas, intermedias o angostas; si las comparamos con las curvas de leyes determinaremos la probable extensión del cuerpo mineralizado.

2.2.6.4. Cociente metálico

a) Introducción

Uno de los principales precursores en la aplicación de cocientes metálicos es el Dr. Ulrich Petersen, quien en 1970 dio una primera información basada en este método para la veta Finlandia (Distrito Minero Colqui, Lima - Perú) en la que estableció que las soluciones ascendieron verticalmente en forma dómica tomando ventaja especial en la zona fallada en la parte central de la veta.

b) Conceptos Generales

Un cociente metálico es aquel que está definido por la proporción que existe entre dos elementos de diferente temperatura de formación, colocados de tal manera que



el de menor temperatura quede siempre como numerador, ejemplo: Au/Cu, Ag/Pb, Ag/Zn, Pb/Zn.

Los cocientes metálicos de los elementos mayoritarios son independientes de los accidentes estructurales e indican cambios en el carácter químico del material por el que circulan los fluidos mineralizadores, siempre que se cumplan las hipótesis de partida, que implican una génesis común y un solo episodio mineralizador (Goodell, 1974).

Las variaciones en los cocientes metálicos son producto de cambios mineralógicos y en la proporción de fases presentes, debidas a controles litológicos locales o a variaciones físico-químicas sufridas por los fluidos al circular a través de la roca. Las formas cóncavas indican la fuente de las soluciones mineralizadoras (Goodell, 1974).

Estos resultados, posteriormente, se deben corroborar a partir de consideraciones paragenéticas, al zoneamiento geológico general y al resultado de las isotermas obtenidas mediante microtermometría de inclusiones fluidas.

Una investigación permanente a base de cocientes metálicos permite:

- Cuantificar el zoneamiento regional de la mineralización y tener un modelo específico de la distribución química y mineralógica del yacimiento, que se forma por la diferenciación de las soluciones hidrotermales, entendiéndose por la diferenciación, el cambio químico progresivo de las soluciones que resulta de la reacción con las rocas encajonantes, de la formación de las fases minerales a lo largo de la ruta seguida.
- Establecer la dirección del movimiento de las soluciones.
- Correlacionar asociaciones mineralógicas de las vetas de la zona.



CAPITULO III

MATERIALES Y MÉTODOS

3.1. DISEÑO DE INVESTIGACIÓN

Explica cómo se realiza el trabajo objeto de investigación, los parámetros que se establecen y los datos estadísticos usados para evaluar la información recolectada. Mediante este enfoque se describe si es un estudio de investigación exploratorio, descriptivo, correlacional o explicativo (Abreu, 2012).

En la presente investigación usaremos un diseño NO EXPERIMENTAL transversal o transeccional debido a que exploraremos, describiremos y correlacionaremos el material de estudio tal y como ocurren naturalmente sin alterar las variables e intervenir en su desarrollo.

3.2. TIPO DE INVESTIGACIÓN

Se llaman aplicadas porque se basan en los resultados de la investigación básica, pura o fundamental, de las ciencias naturales y sociales, que hemos visto, se formulan problemas e hipótesis de trabajo para resolver los problemas de la vida social de la comunidad regional o del país (Ñaupas, Valdivia, Palacios, & Romero, 2018).

El presente proyecto de investigación es de tipo aplicada debido a que se busca resolver los problemas planteados en la zona de estudio.

3.3. NIVEL DE INVESTIGACIÓN

Representan el propósito fundamental de la investigación científica deben realizarse guardando un cierto orden progresivo y escalonado; por ello, primero se deben realizar



estudios secuenciales y coherentes, es decir, que la aplicación de nuevos sistemas de tratamiento a un sector determinado de la realidad, supone primero: realizar estudios preliminares o exploratorios, y luego descriptivos, explicativos y finalmente experimentales (Carrasco, 2006).

Descriptivo; en la presente investigación se describirán los sondajes diamantinos principalmente las características geológicas, geoquímicas, también se realizarán los mapeos geológicos, estructurales a detalle de las principales labores de exploración y se describirán la potencia de la veta, mineralización, alteración hidrotermal, litología, rumbo y buzamiento etc. de la zona mineralizada Gisela.

Correlacional; con los resultados obtenidos de la investigación descriptiva, se determinarán la relación o asociación de las características geológicas entre las vetas de la zona Gisela.

3.4. MÉTODOS

El método de investigación es Científico, debido a que generaremos nuevos conocimientos con el presente estudio que comprende en estudiar la geología de las diferentes vetas existentes en el yacimiento Gisela, la cual es la zona de estudio del presente trabajo de investigación, para alcanzar el propósito del presente trabajo proponemos una secuencia iniciando de un muestreo, continuando con el análisis mineragráfico y por último la perforación diamantina.

3.5. POBLACIÓN Y MUESTRA

3.5.1. Población

Es el conjunto de todos los elementos (unidades de análisis) que pertenecen al ámbito espacial donde se desarrolla el trabajo de investigación (Carrasco Diaz, 2019).



En la presente investigación la población estará representada por la mina esperanza ubicada en la provincia de Caravelí del departamento de Arequipa.

3.5.2. Muestra

Es un fragmento que representa a la población, cuyas características esenciales son las de ser objetiva y reflejo fiel de ella, de tal manera que los resultados obtenidos en la muestra puedan generalizar a todos los elementos que conforman dicha población (Carrasco Diaz, 2019).

La muestra estará representada por las diferentes vetas existentes en las zonas mineralizadas de Gisela.

3.6. VARIABLES DE LA INVESTIGACIÓN

Variable independiente: Estudio geológico de las vetas en la zona Gisela

Indicadores:

- ✓ Mapeo geológico
- ✓ Muestreo por canales en labor subterránea
- ✓ Perforación diamantina
- ✓ Preparación de muestras
- ✓ Geología local
- ✓ Geología estructural
- ✓ Geología económica
- ✓ Análisis mineragráfico
- ✓ Paragénesis y zoneamiento

Variable dependiente: Evaluación de los recursos y reservas de los minerales en las diferentes vetas.



Indicadores:

- ✓ cálculo de ley mínima
- ✓ procedimiento y cálculos
- ✓ recursos minerales
- ✓ reservas minerales
- ✓ inventario de reservas

3.7. TÉCNICAS E INSTRUMENTOS

3.7.1. Técnicas

Es el medio que se utiliza para que el investigador pueda recoger los datos de la muestra. Para establecer las técnicas idóneas de recolección de datos para su estudio (Arias Gonzales, 2020). Se deben tener los siguientes criterios:

- Recopilación y revisión de la información
- Reconocimiento geológico, cartografía y mapeo
- Recolección de muestras de la superficie e interior de la mina a estudiar
- Recolección de datos con perforación diamantina
- Elaboración de resultados e interpretación

3.7.2. Instrumentos

Es el mecanismo que usa el investigador para obtener la información de la muestra. Para elegir el instrumento correcto y así poder realizar la recolección de datos con el uso de estas técnicas e instrumentos establecidos y poder alcanzar el objetivo del estudio aplicación (Arias Gonzales, 2020).

- Fichas de recolección de datos



- GPS Garmin (modelo GPS map 62s), Brújula Brunton (modelo 5005 LM), Lupa (marca Iwamoto 20X), Picota de Geólogo (marca Estwing de 22 onzas), Tablero A4 de Aluminio, Libreta Geológica, protector a diferentes escalas, Lápiz Rayador e imantado, Cámara Fotográfica.
- Bolsas de Muestreo
- Equipo de perforación diamantina
- Software geológico

3.8. PROCEDIMIENTOS

3.8.1. Compilación de información

Se compiló material como análisis mineragráficos, estudios geoquímicos, datos de muestreos canales, datos de perforación diamantina, logueos leyes de taladros, mapas geológicos, informaciones realizadas por Ingemmet como: mapas metalogenético, estructurales, geológicos regionales de cuadrángulo Cháparra (32-o).

3.8.2. Mapeo geológico

En superficie se ha empleado el método por travers consiste en trazar una dirección, con cierta orientación y longitud apropiada, luego se registra en hoja de mapeo las características geológicas que se encuentran a lo largo del traverse; los materiales necesarios son: Brújula, GPS, Protactor, lápiz, etc.

En interior mina se ha efectuado el mapeo geológico a todos los niveles principales (1980, 1930, 1880, 1825, 1770, 1720, 1665) con el método mapeo subterráneo lo cual consiste en marcar con tiza cada 2 m. en ambas cajas de la labor desde un punto topográfico de igual manera en hoja de mapeo es marcado con lápiz cada 2 m. a una



escala de 1/250, El mapeo geológico es registrado a una altura de 1.5 metros o a la altura del pecho.

Características Geológicas

- **La litología:** se presentó con su respectiva simbología describiendo el tipo de roca y su textura.
- **Alteraciones hidrotermales:** se reconoció la intensidad, los ensambles mineralógicos, características texturales y coloraciones.
- **Estructura mineralizada:** se describió el contenido mineralógico, la textura, los ensambles con respecto a los otros minerales, potencia, rumbo y buzamiento de las vetas.
- **Tipo de falla:** se presentó con su respectiva simbología describiendo el tipo de falla, rumbo y buzamiento, tipo de relleno, estrías, dirección e inclinación de las estrías.

Procedimiento de Mapeos Geológicos en Labores Horizontales

- ✓ Las hojas de mapeo geológico son impresas en formato de tamaño A4 con coordenadas y puntos topográficos de la labor minera a cartografiarse.
- ✓ Si faltase topografía en la labor a cartografiarse, se realiza un levantamiento provisional con brújula y wincha, en longitudes que no excedan los 20 m.
- ✓ La labor es previamente lavada para su visualización de los detalles que se van a registrar durante el cartografiado, en casos necesarios cuando no haya agua disponible, habrá que picar la superficie sucia o aprovechar los canales de muestreo.



- ✓ Se marca con tiza cada 2 m. en ambas cajas o astiales de la labor desde un punto topográfico de igual manera en el plano base es marcado con lápiz cada 2 m. según escala de mapeo geológico.
- ✓ El mapeo geológico es registrado a una altura de 1.5 metros o a la altura del pecho.

3.8.3. Perforación diamantina

Consiste en la toma de muestras, mediante una perforación que se hace hacia el interior de la superficie de la Tierra, Esto da como resultado la recuperación de núcleos de roca, los cuales dan información geológica.

Registros Geológicos

Los sondajes son registrados en formatos de logueo, se recoge la información como la litología, alteración, mineralización y descripción de estructuras.

- **Litológicos:** se describieron los diferentes tipos de litología presentes, los tramos de veta y las zonas de alteración pervasiva.
- **Alteraciones:** se reconoció los distintos tipos de alteraciones con sus respectivas intensidades.
- **Mineralización:** se registra esta información en porcentaje de abundancia en el tipo de mineralización encontrado sulfuros, óxidos, etc.

Muestreo de testigos

Se aplica al producto obtenido en perforaciones diamantinas, con este sistema se obtiene una muestra cilíndrica de diverso diámetro a la que se denomina testigo el cual constituye la muestra que se emplea en diversos estudios y en análisis químicos.



- **Ubicación**

La ubicación de las muestras de testigo corresponde a la del taladro del cual proceden, en cada perforación, se ubica las muestras para análisis químico tomando como referencia en punto de inicio o COLLAR del taladro.

- **Dimensión**

La experiencia adquirida por la práctica en el muestreo de testigos, establece una longitud de muestreo de 1.0 metro como máximo y un mínimo a criterio del geólogo en tramos largos de estructura, se dividirá en muestras por el máximo recomendado y de acuerdo a las características de mineralización en el testigo.

- **Procedimiento de muestreo de testigos de perforación.**

- ✓ Los límites de las muestras son cambios geológicos (litológicos, alteraciones, mineralógicos, textura y grado de fragmentación), si están dentro del rango mínimo y máximo de muestreo que es de 0.10 m y 1.0 m. respectivamente.
- ✓ En cada muestra es marcado, la línea de corte en toda la longitud del testigo, de tal manera que represente el 50% de esta y tengan las mismas proporciones las características geológicas.
- ✓ En los tramos donde el grado de fragmentación es muy intensa, caso zonas de cizalla o fallas, esta será uniformizado, para tomar el 50% del total.
- ✓ El corte de la muestra se realiza con una máquina cortadora de disco de diamantes, si el material es consistente.
- ✓ Antes de realizar el corte de muestras se ha de limpiar la maquina con abundante agua para evitar una contaminación de la muestra anterior.



- ✓ El 50% de testigo será muestra, el otro 50% volverá a su lugar original en la misma posición.
- ✓ Las muestras son embolsados, sellados y etiquetadas y enviarlas a laboratorio.

3.8.4. Muestreo por canales en labor subterránea y análisis

Se realizaron muestreos a las labores mineras de explotación y exploración.

- **Ubicación de canales de muestreo interior mina**

Las canales de muestreo son referenciadas desde un punto topográfico conocido levantados con estación total, luego digitalizados en el Software AutoCad.

- **Muestreo de interior mina**

El muestreo empleado es el sistemático por canales, consiste en realizar cavidades rectangulares perpendiculares al buzamiento de la veta y/o estructura, del cual se extrae la muestra según el avance de la labor.

- **Dimensiones.**

Las dimensiones de los canales de muestreo son.

Ancho: se muestrea ≥ 05 cm.

Profundidad: 02 a 03 cm.

Longitud: se ejecuta ≥ 0.10 cm. hasta 0.90 cm.

- **Espaciamiento.**

Es el intervalo de la distancia entre canales depende de la regularidad de la mineralización, también del tipo de labor que se muestrea.

Para el caso de labores horizontales, como galerías, se practica un espaciamiento de 2 m., en el caso de cruceros, ventanas, solo en las zonas de interceptación. En este caso de estructuras anchas, deberá tenerse en cuenta el bandeamiento de la estructura.



En chimeneas la ubicación de los canales en ambas caras de la labor, las que exponen la veta en este caso el espaciamiento también será de 2.0 m., pero con canales intercalados entre las caras.

En el caso de las labores de producción, como tajos el espaciamiento de canales es de 3.0 m., la altura de corte se debe medir desde el piso de la labor.

• **Procedimiento de muestreo en labor subterránea**

- ✓ Lavar la corona de la labor a muestrear para una buena identificación de Fallas, Fracturas y bandas mineralizadas; antes de iniciar el muestreo.
- ✓ Realizar la medición desde un punto topográfico hacia el tope de la labor con wincha de 30 metros y marcar con tiza cada 2.0 m., donde se ubicará el canal.
- ✓ Limpiar con las herramientas adecuadas de muestreo los canales a muestrear para eliminar la posible contaminación por finos de los minerales producto del disparo acumulados y/o impregnados en las fracturas, panizo y otros.
- ✓ En labores verticales, la limpieza de los canales será de la parte superior hacia abajo, por seguridad y para evitar contaminación.
- ✓ Efectuar el muestreo de manera representativa, homogénea, limpia, tomando como guía el estándar de muestreo.
- ✓ El muestreo se realiza con comba y punta de acero, recepcionando los fragmentos y detritos en mantas de muestreo.
- ✓ El muestreo se realizará de la caja piso hacia caja techo, teniendo en cuenta la estructura mineralizada.
- ✓ Efectuar el etiquetado, embolsado y amarrado después de cada toma de muestra.
- ✓ Tomar las medidas de la caja piso hacia techo de manera perpendicular para determinar las potencias muestreadas de estructura, anotar la mineralización,



referencias, rellenando toda esta data en el talonario de muestreo con su respectivo croquis de la muestra.

- ✓ Se debe evitar poner las bolsas con muestras en el suelo donde haya pozos de agua o debajo de goteras de agua.
- ✓ Marcar la ubicación de la muestra con pintura de color rojo, colocando el código de la muestra del canal, en la caja techo de la labor.
- ✓ Una vez culminado el proceso de muestreo se trasladan las muestras hacia el lugar de acopio acordado para su recojo y traslado al Laboratorio.

Preparación de muestras y análisis

Las muestras de sondajes y canales fueron preparadas en bolsas con peso aproximado de 2.0 kilogramos luego sellados y etiquetado en seguida enviados a instalaciones del laboratorio de Minera Titán del Perú S.R.L., ubicado en Chala – Arequipa, para su respectivo análisis químico.

Los principales procesos que emplea el laboratorio para preparar las muestras y el análisis químico son:

- **Secado de Muestras**

El secado es importante porque las muestras húmedas no pueden ser tamizadas en forma apropiada, generalmente el secado se efectúa en un horno eléctrico a una temperatura de 80-100°C.

- **Proceso de Chancado**

El quebrado es necesario para reducir el tamaño de las muestras de alta tenacidad, de tal forma que puedan pasar una malla o sean molidos a fracciones finas.



- **Tamizado**

Las muestras fueron molidas previamente antes de tamizarlas por la malla 200 u otra.

- **Cuarteado**

El mezclado y cuarteado son particularmente necesarios para obtener una porción representativa de una muestra de canales o sondajes.

- **Pulverizado**

El molido se efectúa después del secado o del quebrado al respecto se usan molinos o morteros de alúmina, porcelana que no se contaminan y aseguran una homogenización de la muestra.

- **Análisis químico de muestra**

Los análisis químicos por oro, en el laboratorio para las muestras fueron determinados por el método de ensayo al fuego (Método Gravimétrico).

Los análisis químicos para el cobre, en el laboratorio para las muestras fueron determinados por el método de absorción atómica.

3.8.5. Distribución geoquímica de oro y cobre

La distribución espacial de la mineralización en yacimientos muestra el límite superior e inferior de deposición de mineral con valor económico.

Los planos de isovalores muestran contornos de las leyes de oro y cobre, distribuidos en la sección longitudinal de la veta, para conocer la distribución y concentración de clavos mineralizados.

Con el fin de caracterizar dirección de flujo se aplican los contornos de cocientes metálicos (Au/Cu), donde las zonas cóncavas señalan el origen del o de los fluidos mineralizantes.



Para realizar la distribución espacial de la mineralización es necesario tener base de datos de leyes oro y cobre con ubicación en coordenadas (X, Y, Z) el procesamiento e interpretación se ejecuta utilizando el software Súrfer.

- **Procedimiento para elaboración de distribución geoquímica**

- ✓ Se tomó las leyes de muestreo de todas las galerías, subniveles y chimeneas, de todos los niveles trabajados.
- ✓ A cada muestra o punto de muestreo se le dio una ubicación en el espacio, es decir cada muestreo tiene sus coordenadas, con el cual se guardó en una Data en Microsoft Excel.
- ✓ Generar base de datos de potencia, leyes de oro y cobre para cada veta, en software Excel.
- ✓ Los diferentes rangos de isovalores, se está considerando de acuerdo a valores diseñados en la mina, y para diferenciarlos en los planos se le distribuye con un color característico. Para determinar los rangos para leyes de oro, cobre y potencia, se determina lo siguiente:

Numero de intervalos clase (m)

$$m = 1 + 3.322 \text{ Lg } n$$

Rango (C)

$$C = X_{\max} - X_{\min} / m$$

Donde:

n= número de casos o cantidad de puntos de muestreo.

X= máximo y mínimo ley de oro, cobre, potencia.

- ✓ Los contornos de leyes, potencia, rumbo buzamiento, el método de interpolación ha sido triangulación con interpolación lineal.



- ✓ Luego se contornearon las curvas que unen puntos de igual valor (Curvas isovalóricas), Correspondientes tales como potencia, leyes de oro y cobre.
- ✓ El contorno o resultado isovalórico se obtuvo a través del programa Arc-Gis, Súrfer, donde se importó la data de Excel y también se aplicó el criterio del Geólogo.

Las muestras fueron compiladas en intervalos de dos metros a lo largo de labores de exploración, desarrollo y cada tres metros en los tajos (Tabla 3 y 4).

La realización de secciones longitudinales de las vetas mostrando resultados de análisis geoquímicos de las muestras, nos permite identificar áreas con potencial en oro y cobre, así como potencias de la estructura.

3.8.6. Cálculo de reservas y recursos minerales

Consiste en cuantificar los recursos y reservas de mineral del yacimiento, se empleó el método geométrico mediante cálculo de bloques.

Según este método las reservas del yacimiento se calculan por la acumulación de las reservas parciales obtenidas en bloques individuales, los bloques están delimitadas por 1, 2, 3 y 4 lados por excavaciones mineras de exploración y desarrollo (galerías, chimeneas, etc.).

Como base para realizar el bloqueo de mineral se tiene sección longitudinal de la veta con los resultados de los análisis químicos de las muestras, luego se procede a representar los bloques en figuras geométricas según la forma de la mineralización económica.



Para el cálculo de la potencia promedio de muestreo y potencia diluida al ancho minado se aplica la media aritmética; para el contenido metálico oro expresado (gr/Tn) y cobre (%) se emplea la media aritmética ponderada.

Los valores altos erráticos que están por encima de 1.5 veces el promedio aritmético ponderado de las muestras que conforman el lado del bloque, lo indicado en este caso es reemplazar esta ley por el resultado de (promedio aritmético) de las muestras que conforman el lado del bloque.

Se realizó cálculo de los factores de cubicación (ley, ancho de veta, bloque, ley promedio de bloque, altura y longitud de bloque, volumen, tonelada, peso específico, valor de los metales, etc.).

La clasificación y reporte de recursos y reservas se realizaron según la certeza, accesibilidad y valor del mineral.

➤ Base de Datos

Información que proviene de laboratorio químico y son procesados en geología adicionando más detalle de muestreo (Tabla 3).

Tabla 3. Esquema de tabla donde se ordenan los datos de cubicación

| MUESTRA | FECHA | ZONA | NIVEL | LABOR | ESTR | REF PTO | REF NOM | DIST | LADO | POT | Au Grs | Cu % |
|---------|-------|------|-------|-------|------|---------|---------|------|------|-----|--------|------|
| | | | | | | | | | | | | |

Fuente: Minera Croacia E.I.R.L.

Donde:

MUESTRA, Es el número de tarjeta que se le asigna a cada canal de muestreo.

ESTR, Significa estructura que es la que agrupa a las vetas existentes en la zona de estudio.

REF PTO, Significa punto de referencia, en su mayoría son los puntos topográficos.



REF NOM, Significa nombre de la referencia.

DIST, Significa distancia, expresado en metros.

LADO, Clasifica si el canal de muestreo es lado piso, centro o techo.

POT, Significa potencia de la veta muestreada.

AU Gr, Significa ley de oro, expresado en gramos.

CU %, Significa ley de cobre, expresado en porcentaje.

➤ **Factores de cubicación**

Ley

Se trabaja con el contenido de los elementos metálicos oro (expresado en gramos), cobre (expresado en porcentaje).

Esta data de contenido metálico, en las estructuras presentes en el yacimiento, son analizados por el laboratorio químico y almacenados en un software (Cedral).

Valores altos erráticos

Los valores altos erráticos que están por encima de 1.5 veces el promedio aritmético ponderado de las muestras que conforman el lado del bloque, lo indicado en este caso es reemplazar esta ley por el resultado de (promedio aritmético) de las muestras que conforman el lado del bloque (Tabla 4 y 5).

Tabla 4. Cálculo de las leyes altas erráticas para cada canal de muestreo.

| Muestra | Dist. | Ley promedio de muestreo | | | |
|-------------|-------|--------------------------|--------------|-------------|------------------|
| | | Pot. | Au gr. | Cu% | |
| 39180_81 | 4 | 0.60 | 82.93 | 5.28 | |
| 39182_83_84 | 8 | 1.10 | 24.72 | 2.41 | |
| 39185_86 | 12 | 0.80 | 20.01 | 13.59 | |
| 39187 | 16 | 0.40 | 15.65 | 1.23 | |
| 39188 | 20 | 0.60 | 11.25 | 0.21 | |
| Prom Pot. | | 0.70 | 30.28 | 4.95 | Ley Prom. Pond. |
| | | | 30.91 | 4.54 | Prom. Aritmetico |

Fuente: Minera Croacia E.I.R.L.

Tabla 5. Ley diluida al ancho minado y reemplazo de valor alto errático

| Muestra | Dist. | Ley diluida al ancho minado | | | |
|-------------|-------|-----------------------------|--------------|-------------|-------------------|
| | | AM | Au Grs | Cu% | |
| 39180_81 | 4 | 0.60 | 30.91 | 5.28 | |
| 39182_83_84 | 8 | 1.10 | 24.72 | 2.41 | |
| 39185_86 | 12 | 0.80 | 20.01 | 4.54 | |
| 39187 | 16 | 0.40 | 15.65 | 1.23 | |
| 39188 | 20 | 0.60 | 11.25 | 0.21 | |
| Prom Pot. | | 0.70 | 21.36 | 2.88 | Nuevo Prom. Pond. |

Fuente: Minera Croacia E.I.R.L.

Determinación de Anchos promedios

Se suma las potencias de veta muestreadas y se divide entre el número de canales muestreados, siempre y cuando el muestreo sea sistemático.

$$\text{Ancho promedio de veta} = \frac{\sum \text{Potencia de veta}}{\text{N}^\circ \text{ de canales}}$$

Si deseamos determinar el ancho del bloque de mineral se toman los anchos promedios de los lados que lo limitan como galerías, chimeneas, tajeo y subnivel.



Determinación de Ley promedio

Para determinar la ley promedio se realiza mediante la fórmula del promedio ponderado. Se obtiene multiplicando el ancho de muestreo por su ley respectiva, la suma de estos productos se dividirá entre la sumatoria total de los anchos de muestreo. Tanto el ancho promedio de muestreo y ley promedio de muestreo se hará para cada galería, chimenea, tajeo, subnivel, etc., que delimita una labor de mineral.

$$\text{Ley Promedio de Muestreo} = \frac{\sum (\text{Anchos de muestreo} \times \text{Leves de muestreo})}{\sum \text{Anchos de muestreo}}$$

Para determinar la ley promedio de cada bloque, se multiplican las potencias de veta muestreadas por la ley promedio de cada tramo muestreado; y la suma de estos productos se dividirá entre la suma de todas las potencias de veta. Se incluyen todas las labores en la que se ubica el block, como galerías, subniveles y chimeneas.

$$\text{Ley Promedio} = \frac{\sum (\text{Ancho de Veta} \times \text{Ley})}{\sum \text{Ancho de veta}}$$

Después de realizar el cálculo de la ley promedio, siempre se presentan errores en el procedimiento de muestreo, de codificación, contaminación de muestras, etc. Lo que va a influir en el resultado de las leyes; para lo cual se estableció un castigo de hasta 10% a la ley de cobre y oro.

Cálculo de área y volumen del mineral

Teniendo el valor del área del block, para hallar el volumen, se realiza la corrección de la altura en función al buzamiento y luego se aplica la formula general.

$$\text{ALT CORR} = \text{ALTURA} * \text{SENO (BUZAMIENTO)}$$



El volumen del mineral se calcula multiplicando el ancho de veta diluida y/o Ancho labor, del bloque por la altura corregida y por la longitud del bloque.

$$\text{VOL MIN} = \text{ALT CORR} * \text{LONGITUD} * \text{ANCHO VETA DILUIDO}$$

Cálculo de Tonelaje

Para calcular el tonelaje de mineral se le considera volumen por el peso específico de mineral, a este tonelaje se le está aplicando el coeficiente de certeza o factor de seguridad 0.90 para mineral probado, 0.75 para mineral probable y 0.25 para recurso mineral.

$$\text{TON MIN} = \text{VOLUMEN} * \text{P.E MINERAL} * \text{FACTOR SEG.}$$

Peso específico o densidad

Las vetas de mina esperanza no son homogéneos en su contenido mineral, por lo tanto, según ensayos realizados los resultados promedios son:

El peso específico de 3.00 kg/m³ para sulfuros, 2.9 kg/m³ para óxidos de cobre y 2.7 kg/m³ para óxidos de oro.

Estimación de leyes

Los principales parámetros de interpolación de grado de control se resumen en la siguiente tabla, que también se considera a los blocks económicos y marginales y a su vez se aplica en la producción diaria según el blending (Tabla 6).

Tabla 6. Estimación de leyes

| CLASE | LEY MINIMA (Equiv. Au grs/Tm) | LEY MAXIMA (Equiv. Au grs/Tm) |
|---------------------|-------------------------------------|-------------------------------------|
| Reserva Económica | 6.75 | >6.75 |
| Reserva Marginal | 6.05 | 6.74 |
| Reserva Submarginal | 4.00 | 6.04 |
| Recursos | 5.00 | >5.00 |

Fuente: Minera Croacia E.I.R.L.

Valor de los metales

Los precios de metal son utilizados en el cálculo del factor para leyes equivalentes, para lo cual se debe tener registro histórico de los precios de metal; el área de costos y comercial Lima de la Minera Croacia EIRL proporciona a mina Esperanza los precios de los metales (Tabla 7).

Tabla 7. Valor de los metales

| PERIODO | PRECIO AU \$ | PRECIO CU \$ |
|---------|-----------------|-----------------|
| sep-17 | 1,286.31 | 5,800.00 |
| oct-17 | 1,290.00 | 5,858.30 |
| nov-17 | 1,295.02 | 5,920.00 |
| dic-17 | 1,308.19 | 5,911.81 |
| ene-18 | 1,314.72 | 5,956.02 |
| feb-18 | 1,317.43 | 6,269.66 |
| mar-18 | 1,324.67 | 6,383.35 |
| abr-18 | 1,336.67 | 6,460.94 |

Fuente: Minera Croacia E.I.R.L.

Factores unitarios para valor de mineral por tonelada

Actualmente el precio del oro ha tenido una considerable alza en los últimos años, por lo cual se considera un precio base para este metal, que es de 1,100 dólares la onza; y 5,800 dólares la TM de cobre. Una de las consideraciones importantes en la



mina es el Cut-Off este viene a ser el contenido del oro en una tonelada, que cubren los costos desde su extracción hasta su colocación en el mercado es 6.75 gr/Tn.

Los precios unitarios utilizados para la presente cubicación son los siguientes:

$$\text{FUCu} = \text{Precio del Cobre TM}/100$$

- 1% Cu = \$ 45.025

$$\text{FUAu} = \text{Precio del Oro } /31.1035$$

- 1 gr Au = \$ 27.171

Equivalencias: 1 %Cu = 1.66 gr. de Au

Valor del mineral por tonelada

Se realiza sumando el producto de la ley de cada metal por su correspondiente factor.

$$\text{VM} = \text{Au Grs} * \text{FU Au} + \% \text{Cu} * \text{FU Cu}$$

3.8.7. Estudios minerográficos

Las 32 muestras recolectadas (16 muestras para secciones delgadas y 16 muestras para secciones pulidas), se enviaron para los respectivos análisis, donde se hace la preparación de las mismas para luego pasar al área de petrotomía donde terminan como briquetas y láminas delgadas para su posterior análisis. Es así como el estudio petrográfico se realizó utilizando un microscopio óptico binocular de luz polarizada y una cámara fotográfica para la captura de imágenes y su posterior edición.

La secuencia paragenética se determina mediante el estudio de las relaciones texturales y estructurales intergranulares observadas bajo el microscopio de reflexión utilizando técnicas minerográficos.



Las muestras para el estudio petrográfico y mineragráficos, fue realizado en el laboratorio de Geo Service Alberto Aranda EIRL.

3.8.8. Estudio geoquímico multielemental

El estudio geoquímico de mina esperanza, se realizó enviando 81 muestras al laboratorio Certimín S.A (Tabla 8) para realizar el análisis químico por el método de ICP (Inductively Coupled Plasma) Multielemental Au +35 elementos.

La finalidad fue establecer los elementos guía que acompañan al oro y puedan servirnos en la interpretación de la mineralización de la mina, y nos ayuden a encontrar nuevos targets de mineralización, empleando la estadística, según coeficiente de correlación.

Tabla 8. Toma de 81 muestras para estudio geoquímico

| VETA | LABOR | N° MUESTRA |
|----------------|--------------|---------------|
| Carmen | Mina | 13 |
| Esperanza Este | Afloramiento | 4 |
| Esperanza Este | Sondajes | 4 |
| Gisela Oeste | Sondajes | 19 |
| Gisela | Afloramiento | 7 |
| Gisela | Mina | 14 |
| Gisela Split | Mina | 6 |
| Gisela Techo | Mina | 10 |
| Mirian | Mina | 3 |
| Promesa | Mina | 1 |
| Total | | 81 |

Fuente: Minera Croacia E.I.R.L.

Se adjunta un cuadro con 17 elementos que dan una ligera anomalía, se eliminó el resto de elementos que están por debajo del background, para este cuadro se promedió las muestras por cada labor muestreada (Tabla 9).

Tabla 9. Ley promedio de las vetas con anomalía de 17 elementos geoquímicos

| | ELEMENTOS GEOQUIMICOS | | | | | | | | | | | | | | | | |
|-------------------|-----------------------|-----------|-------|------|------|--------|--------|-------|-------|---------|-------|-------|-------|-------|-------|--------|--------|
| | Au | Ag | Bi | Ca | Cd | Co | Cr | Cu | Fe | Mn | Mo | Ni | Pb | S | Sb | Sr | V |
| | Grs Au/Tc | Grs Ag/Tc | ppm | % | ppm | ppm | ppm | % | % | ppm | ppm | ppm | ppm | % | ppm | ppm | ppm |
| BOCKGROUND | 0.005 | 0.2 | 5 | 0.73 | 1 | 11 | 85 | 0.004 | 3.32 | 390 | 7 | 1 | 8 | 0.05 | 5 | 45.7 | 102 |
| CARMEN | 4.71 | 5.12 | 14.08 | 3.07 | 2.85 | 67.00 | 195.00 | 3.00 | 9.96 | 378.85 | 7.00 | 12.38 | 24.31 | 6.06 | 10.23 | 78.95 | 502.15 |
| ESP.E.DDH | 0.92 | 2.85 | 9.50 | 1.41 | 2.00 | 53.00 | 152.50 | 0.02 | 8.43 | 227.25 | 19.50 | 6.75 | 11.75 | 1.68 | 7.00 | 90.60 | 155.50 |
| ESP.E.SUP | 2.90 | 0.45 | 14.25 | 1.92 | 4.00 | 42.50 | 160.00 | 0.19 | 12.42 | 915.75 | 13.25 | 6.75 | 19.00 | 0.59 | 10.00 | 37.23 | 292.00 |
| GABY | 3.38 | 1.83 | 20.25 | 0.73 | 3.00 | 30.75 | 200.75 | 0.31 | 11.51 | 683.50 | 7.00 | 13.00 | 39.50 | 5.05 | 8.75 | 128.65 | 160.50 |
| ZONA OESTE DDH | 0.01 | 0.52 | 5.75 | 1.72 | 2.09 | 41.84 | 42.16 | 0.10 | 5.07 | 569.68 | 13.26 | 12.00 | 32.26 | 0.78 | 8.53 | 21.11 | 250.21 |
| GISELA MINA | 3.46 | 2.63 | 18.86 | 2.94 | 4.21 | 170.29 | 175.86 | 0.86 | 11.87 | 272.64 | 20.14 | 12.86 | 16.14 | 6.76 | 11.86 | 25.89 | 152.50 |
| GISELA SUPERFICIE | 2.45 | 0.51 | 6.14 | 2.25 | 1.29 | 23.29 | 175.00 | 0.44 | 5.14 | 537.29 | 7.43 | 7.14 | 10.14 | 0.59 | 9.86 | 21.30 | 126.43 |
| SPLIT | 8.10 | 2.50 | 14.00 | 2.02 | 3.33 | 99.00 | 193.50 | 2.00 | 11.65 | 230.83 | 5.17 | 14.00 | 20.83 | 9.26 | 9.17 | 16.25 | 14.33 |
| G.TECHO | 4.51 | 2.54 | 18.90 | 3.21 | 3.10 | 85.30 | 167.70 | 0.96 | 10.11 | 326.20 | 9.40 | 12.90 | 21.44 | 6.75 | 11.22 | 27.72 | 259.60 |
| MIRIAN | 3.79 | 3.33 | 21.67 | 1.82 | 2.67 | 114.00 | 186.00 | 0.88 | 10.89 | 90.67 | 11.00 | 11.33 | 12.00 | 8.41 | 9.33 | 16.90 | 298.00 |
| PROMESA | 2.71 | 2.70 | 5.00 | 5.56 | 3.00 | 79.00 | 204.00 | 1.50 | 11.13 | 1158.00 | 10.00 | 16.00 | 10.00 | 10.00 | 17.00 | 31.70 | 42.00 |

Fuente: Minera Croacia E.I.R.L.

Con la finalidad de poder interpretar los resultados geoquímicos los muestreos se han aplicado la geoestadística, el cuadro muestra los siguientes resultados (Tabla 10).

Tabla 10: Coeficiente de correlación

| ELEMENTO | Au | Ag | Bi | Ca | Cd | Co | Cr | Cu | Fe | Mn | Mo | Ni | Pb | S | Sb | Sr | V | |
|----------|----|------|------|-------|------|------|------|------|------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|----|
| Au | 1 | 0.42 | 0.47 | 0.10 | 0.45 | 0.40 | 0.63 | 0.68 | 0.58 | -0.30 | -0.57 | 0.42 | 0.01 | 0.66 | 0.10 | -0.15 | -0.10 | Au |
| Ag | | 1 | 0.35 | 0.33 | 0.16 | 0.46 | 0.51 | 0.75 | 0.38 | -0.41 | -0.08 | 0.40 | -0.13 | 0.64 | 0.15 | 0.25 | 0.38 | Ag |
| Bi | | | 1 | -0.32 | 0.55 | 0.48 | 0.40 | 0.09 | 0.64 | -0.48 | -0.02 | 0.16 | 0.26 | 0.37 | -0.21 | 0.19 | 0.29 | Bi |
| Ca | | | | 1 | 0.19 | 0.32 | 0.29 | 0.49 | 0.17 | 0.43 | -0.06 | 0.52 | -0.46 | 0.52 | 0.94 | -0.37 | -0.12 | Ca |
| Cd | | | | | 1 | 0.59 | 0.31 | 0.22 | 0.87 | 0.11 | 0.18 | 0.35 | 0.13 | 0.42 | 0.33 | -0.07 | 0.03 | Cd |
| Co | | | | | | 1 | 0.25 | 0.32 | 0.50 | -0.44 | 0.36 | 0.45 | -0.31 | 0.65 | 0.32 | -0.41 | -0.10 | Co |
| Cr | | | | | | | 1 | 0.49 | 0.65 | 0.02 | -0.36 | 0.23 | -0.29 | 0.60 | 0.37 | 0.24 | -0.15 | Cr |
| Cu | | | | | | | | 1 | 0.31 | -0.13 | -0.50 | 0.54 | -0.05 | 0.64 | 0.35 | -0.06 | 0.26 | Cu |
| Fe | | | | | | | | | 1 | 0.08 | -0.01 | 0.35 | 0.01 | 0.60 | 0.31 | 0.15 | -0.04 | Fe |
| Mn | | | | | | | | | | 1 | -0.15 | 0.11 | 0.08 | -0.12 | 0.59 | 0.09 | -0.19 | Mn |
| Mo | | | | | | | | | | | 1 | -0.34 | -0.29 | -0.30 | -0.09 | -0.02 | -0.02 | Mo |
| Ni | | | | | | | | | | | | 1 | 0.27 | 0.82 | 0.58 | -0.09 | -0.20 | Ni |
| Pb | | | | | | | | | | | | | 1 | -0.14 | -0.35 | 0.49 | 0.24 | Pb |
| S | | | | | | | | | | | | | | 1 | 0.55 | -0.16 | -0.22 | S |
| Sb | | | | | | | | | | | | | | | 1 | -0.31 | 0.18 | Sb |
| Sr | | | | | | | | | | | | | | | | 1 | 0.18 | Sr |
| V | | | | | | | | | | | | | | | | | 1 | V |

| De | Color | |
|------|-------|-----------------------|
| 1 | 0.75 | Muy buena Correlación |
| 0.75 | 0.5 | Moderada correlación |
| 0.5 | 0.25 | Baja correlación |
| 0.25 | 0 | No hay correlación |

Fuente: Minera Croacia E.I.R.L.

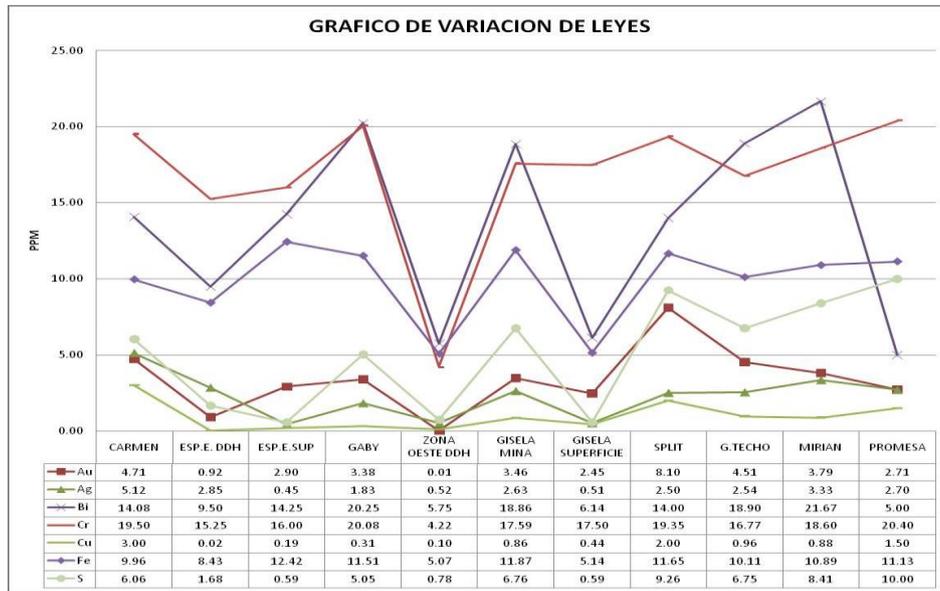


Figura 11: Variación de leyes graficados con 7 elementos guía que acompañan al oro.

Fuente: Minera Croacia E.I.R.L.

3.9. CARACTERIZACION DEL AREA DE ESTUDIO

3.9.1. Ubicación y accesibilidad

La Mina Esperanza, políticamente está ubicado en el Sur del Perú, en Región Arequipa, Provincia de Caravelí, Distrito Atico, paraje cebadillo. Según las cartas geológicas del Perú se encuentra dentro de la Hoja 32-O de Cháparra (Mapa 4).

El presente trabajo se realizó en la zona mineralizada Gisela, ubicada al Sur-Oeste del área de concesión Esperanza de Caravelí.

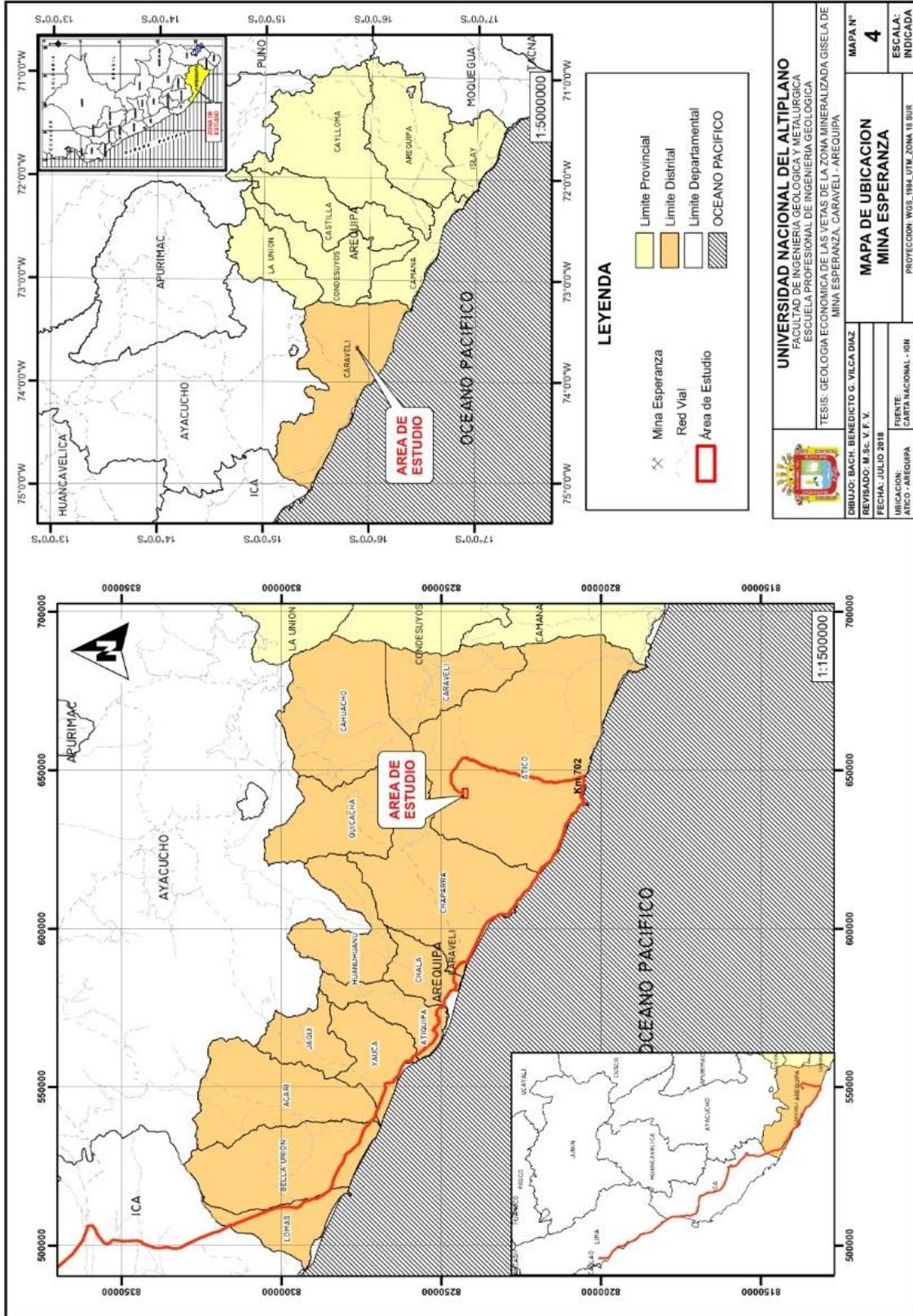
Para llegar a mina Esperanza desde Lima es por la vía principal asfaltada panamericana Sur (Km. 702), luego por la vía asfaltada Atico – Caravelí hasta Km. 40, posteriormente por trocha carrozable (Tabla 11).



Tabla 11: Accesibilidad a la mina Esperanza

| Ruta | Distancia (km) | Tiempo (h) | Tipo de vía |
|----------------------------------|-----------------------|-------------------|--------------------|
| Lima – Atico | 702 km | 8 h | Asfaltada |
| Distrito Atico - desvió Caravelí | 40 km | 1 h | Asfaltada |
| desvió Caravelí - Mina Esperanza | 34 km | 1 h | Trocha |
| Total | 776 Km. | 10 horas | |

Fuente: Elaboración propia



Mapa 4. Ubicación del área de estudio. (Fuente: Carta Nacional IGN)



3.9.2. Rasgos fisiográficos, flora y fauna

La propiedad MCR está ubicada a una altitud de 2,000 m.s.n.m. son típicos de la cordillera de la Costa constituido por colinas bajas aislados y sin ninguna vegetación, partes cubiertos por material desértico.

La zona Noroeste presenta un relieve plano a ondulado con pendientes moderadas conformado por depósitos cuaternarios y en el Sureste se aprecian pendientes ligeramente mayores predominando afloramientos rocosos.

De acuerdo a la zona circundante del área de estudio podemos apreciar que se encuentra en una altiplanicie costera.

El clima es seco, desértico, se observan dos estaciones:

Noviembre a abril, las temperaturas llegan en el día a 30°C y en las noches a 12°C, presentando escasas lluvias y vientos alisios provenientes del mar. La precipitación registrada en la zona es aproximadamente de 0.10 Lt. /m².

Y de mayo a octubre el clima es más seco, con vientos frígidos en las noches hasta 05°C, las temperaturas en el día llegan a 25°C.

La flora está constituida de manera esporádica de cactus y algunas plantas tipo arbustos pequeños en las quebradas, debido a la zona desértica; la fauna es poco variada y escasa como lagartos, serpientes, escarabajos, arañas, roedores.

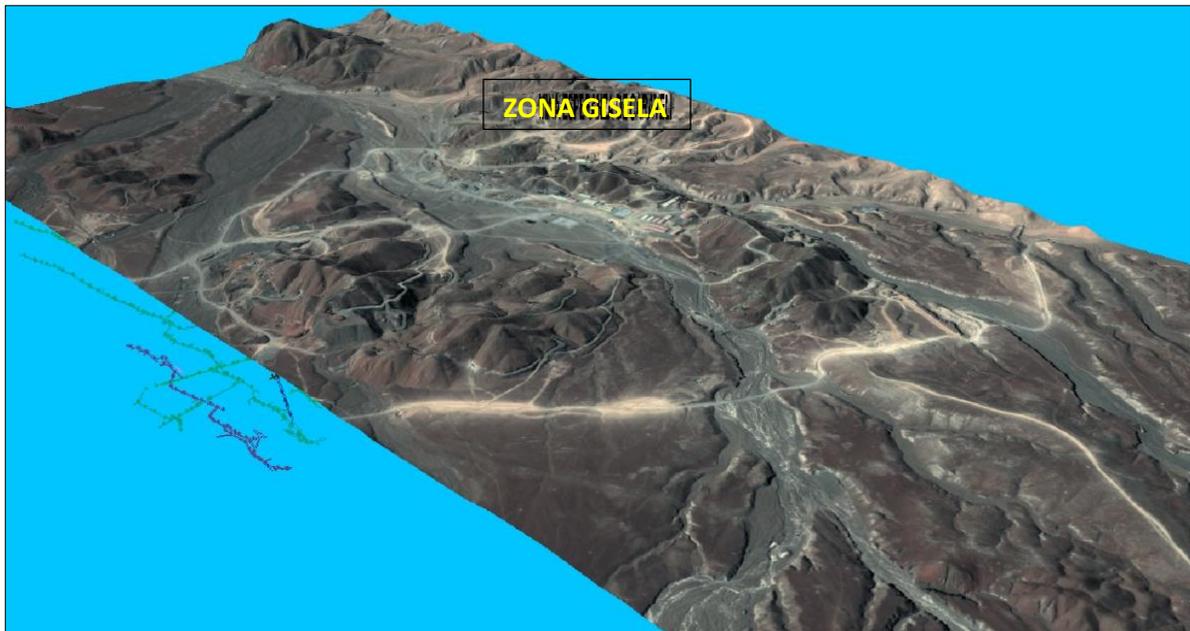


Figura 12. Vista en 3D Zona Gisela, Observado la imagen desde Norte hacia Sur. (Fuente: Minera Croacia E.I.R.L.).



CAPITULO IV

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. LITOESTRATIGRAFIA

La zona Gisela, se caracteriza por afloramiento de rocas subvolcánicas como el Complejo Bella Unión caracterizada por ensamble litológico de composición andesítica porfirítica, dacita, estos a la vez intruidas por stock de Súper Unidad Linga de composición monzonita, monzodiorita; también presentan intrusivos subvolcánicas como dique andesítico, brechas polimígtica, y como último evento en emplazarse los stocks de forma irregular como la roca riolita.

A los intrusivos suprayace los conglomerados de la formación Moquegua del Cretácico superior, así mismo éstas cubiertas por tobas de la formación Huaylillas del Terciario superior (Mapa 5).

4.1.1. Rocas Sedimentarias

- **Conglomerado**

Son rocas formadas por la acumulación y litificación de trozos de otras rocas polimígtica (calizas, cuarcitas, intrusivos etc.) fragmentos redondeados o sub-redondeados, de tamaño superior a los 2 mm.

Estos conglomerados cubren casi en su totalidad la concesión minera, de edad pliocénica – miocena (Figura 13A).

Nº de muestra : MC-001-016-32-o

Ubicaciones coordenadas : 8243242N, 642637E



| | |
|-----------------------------------|--|
| Color de la muestra | : gris claro |
| Composición Mineralógica: | |
| Fragmentos | : gravas de cuarcitas, calizas, dioritas |
| Matriz | : arenosa tufácea |
| Cemento | : carbonatos |
| Tipo de roca sedimentaria | : clástica rudácea |
| Textura | : clástica |
| Abreviatura en el mapa litológico | : Nm-mo |
| Observaciones | : roca semi consolidada. |

4.1.2. Rocas Intrusivas

- **Diorita**

Son rocas ígneas intrusivas, de textura equigranular, fanerítica de grano medio, estos materiales corresponden a los intrusivos más antiguos del batolito de la costa (102 M.A), es la roca basamento de toda la unidad minera, mayor afloramiento en zona coila y agua dulce, mientras en zona Gisela afloramientos esporádicos (Figura 13B).

| | |
|--------------------------|---|
| Nº de muestra | : MC-002-016-32-o |
| Ubicaciones coordenadas | : 8242407N, 642633E |
| Color de la muestra | : gris verdusco |
| Grado de cristalización | : holocristalino |
| Tipo de roca Ígnea | : plutónica |
| Textura | : granular |
| Composición Mineralógica | : Plg (Na) 70%, biotita 10%, cuarzo 5%, hornblenda 10%, ortosa 5%. |



Abreviatura en el mapa litológico : Ks-li/di

Observaciones : fílica intensa, Propilítica Sobreimpuesta

• **Pórfido Diorítico**

Roca plutónica, aparentemente subvolcánica, con textura porfirítica, está formada por fragmentos grandes de plagioclasas en una matriz de cristales pequeños de plagioclasas alteradas por cloritas.

Aflora como un gran stock con dirección E-W, en las inmediaciones de la zona Gisela, pasando por las vetas de Split, Gisela y Carmen, observándose en campo hasta la zona de la veta Esperanza Este (Figura 13C).

Nº de muestra : MC-003-016-32-o

Ubicaciones coordenadas : 8242254N, 642752E

Color de la muestra : verdusco claro

Grado de cristalización : merocristalino

Tipo de roca Ígnea : sub-volcánica

Textura : porfirítica

Composición Mineralógica : masa afanítica 15%, Plg(Na) 60%, biotita 10%, cuarzo 5%, hornblenda 5%, ortosa 5%.

Abreviatura en el mapa litológico : Ks-li/pdi

Observaciones : alteración Fílica (sericita-Cuarzo-Cloritas-Pirita)



- **Monzonita**

Roca plutónica, se presentan como grandes stocks, instruyen a las dioritas y andesitas, casi siempre asociadas a cuerpos minerales, en la unidad Minera afloran en la zona Aurora y zona agua dulce (Figura 13D).

| | |
|-----------------------------------|---|
| Nº de muestra | : MC-004-016-32-o |
| Ubicaciones coordenadas | : 8242523N, 642039E |
| Color de la muestra | : gris pardo |
| Grado de cristalización | : holocristalino |
| Tipo de roca Ígnea | : plutónica |
| Textura | : equigranular |
| Composición Mineralógica | : Plg (Na) 40%, FPKs 45%, hornblenda 10%, biotita 5% |
| Abreviatura en el mapa litológico | : Ks-li/mz |
| Observaciones | : fílica intensa, argílica sobreimpuesta. |

- **Monzodiorita**

Roca plutónica, se presentan también como pequeños stocks que instruyen a la diorita, en los diferentes niveles de interior mina actuando como roca caja de las vetas de la zona Gisela, roca asociada a cuerpos minerales (Figura 13F).

| | |
|-------------------------|---------------------|
| Nº de muestra | : MC-005-016-32-o |
| Ubicaciones coordenadas | : 8242468N, 642107E |
| Color de la muestra | : gris oscuro |
| Grado de cristalización | : merocristalino |
| Tipo de roca Ígnea | : plutónica |



| | |
|-----------------------------------|--|
| Textura | : granular |
| Composición Mineralógica | : Plg (Na) 60%, FPKs 30%, biotita 5%, hornblenda 5%. |
| Abreviatura en el mapa litológico | : Ks-li/mzdi |
| Observaciones | : alteración Propilítica moderada, fracturas rellenas de cuarzo. |

4.1.3. Rocas Sub-volcánicas

Se presenta al NE de la unidad, está formada por una secuencia piroclástica, son rocas sub-volcánicas de color rosado claro, siendo clasificada como riolita y andesita porfirítica.

- **Andesita porfirítica**

Son rocas sub-volcánicas con textura porfirítica, presenta cristales de plagioclasas euhedrales con sobreimposición de epidota, clorita en pasta afanítica de color gris oscuro, están instruido por stock diorítica y monzonítica, en interior mina en diferentes niveles actúan como roca caja de la veta Mirian; en superficie afloran al Este y Oeste de la de área de estudio (Figura 13E).

| | |
|-------------------------|---------------------|
| Nº de muestra | : MC-006-016-32-o |
| Ubicaciones coordenadas | : 8242600N, 642718E |
| Color de la muestra | : gris claro |
| Grado de cristalización | : merocristalino |
| Tipo de roca Ígnea | : sub-volcánica |
| Textura | : porfirítica |



Composición Mineralógica : masa afanítica 50%, Plg (Na) 40%, Plg (Ca) 5%,
augita 5%.

Abreviatura en el mapa litológico : Kms-bu/and-p

Observaciones : alteración propilítica moderada a intensa

- **Andesita**

Roca sub-volcánica, compuesto de cristales de plagioclasas en una pasta afanítica de color gris verdusco por la presencia de la clorita (Figura 13G).

Se presentan a manera de diques y pequeños cuerpos irregulares, tiene rumbos NW-SE y también rumbos N-S.

Nº de muestra : MC-007-016-32-o

Ubicaciones coordenadas : 8242508N, 642158E

Color de la muestra : gris verdusco

Grado de cristalización : merocristalino

Tipo de roca Ígnea : sub-volcánica

Textura : afanítica

Composición Mineralógica : masa afanítica 70% Plg (Na) 20%, hornblenda
10%.

Abreviatura en el mapa litológico : Kms-bu/an

Observaciones : alteración propilítica intensa

- **Brecha polimígtica**

Se encuentran de forma esporádica en labores subterráneas de la zona Gisela, a manera de tubos regulares, la matriz está compuesta de roca microdiorita, y los clastos son polimígticas (diorita, monzonita, andesita), son sub-angulosos a sub-



redondeados, en algunas zonas presenta disseminaciones de pirita, estas brechas son pre mineral y ocurrieron durante las intrusiones de los stocks (Figura 13H).

Nº de muestra : MC-008-016-32-o
Ubicación Coordenadas : 8242601N, 641989E
Color de la muestra : gris oscuro
Grado de cristalización:
Tipo de roca Ígnea : Sub-volcánica
Textura matriz : microlítica
Abreviatura en el mapa litológico : Sv/bx
Observaciones : presenta las fracturas rellenas de calcita y cuarzo.

- **Riolita**

Roca sub-volcánica a hipohabisal, con presencia de venillas de cuarzo en forma de stock work, óxido de hierro, además pirita disseminada (Figura 13 I).

Estas rocas se presentan en estructuras como diques y pequeños stocks de forma irregular, se ha encontrado con labor minero como roca encajonante de las vetas de la zona Gisela lado oeste, entre los niveles 1770 y 1720.

Estas estructuras intruyen a la diorita, monzonita, andesitas, por lo cual sería el último en emplazarse.

Nº de muestra : MC-009-016-32-o
Ubicaciones coordenadas : 8242513N, 642145E
Color de la muestra : gris pardo claro
Grado de cristalización : merocristalino

| | |
|-----------------------------------|---|
| Tipo de roca Ígnea | : hipohabisal |
| Textura | : microlítica |
| Composición Mineralógica | : masa afanítica 55%, cuarzo 15%, FPKs 20%, Plgs 5%, biotita 5%. |
| Abreviatura en el mapa litológico | : PT-li/rio |
| Observaciones | : presenta un aspecto de alteración silicificación. |

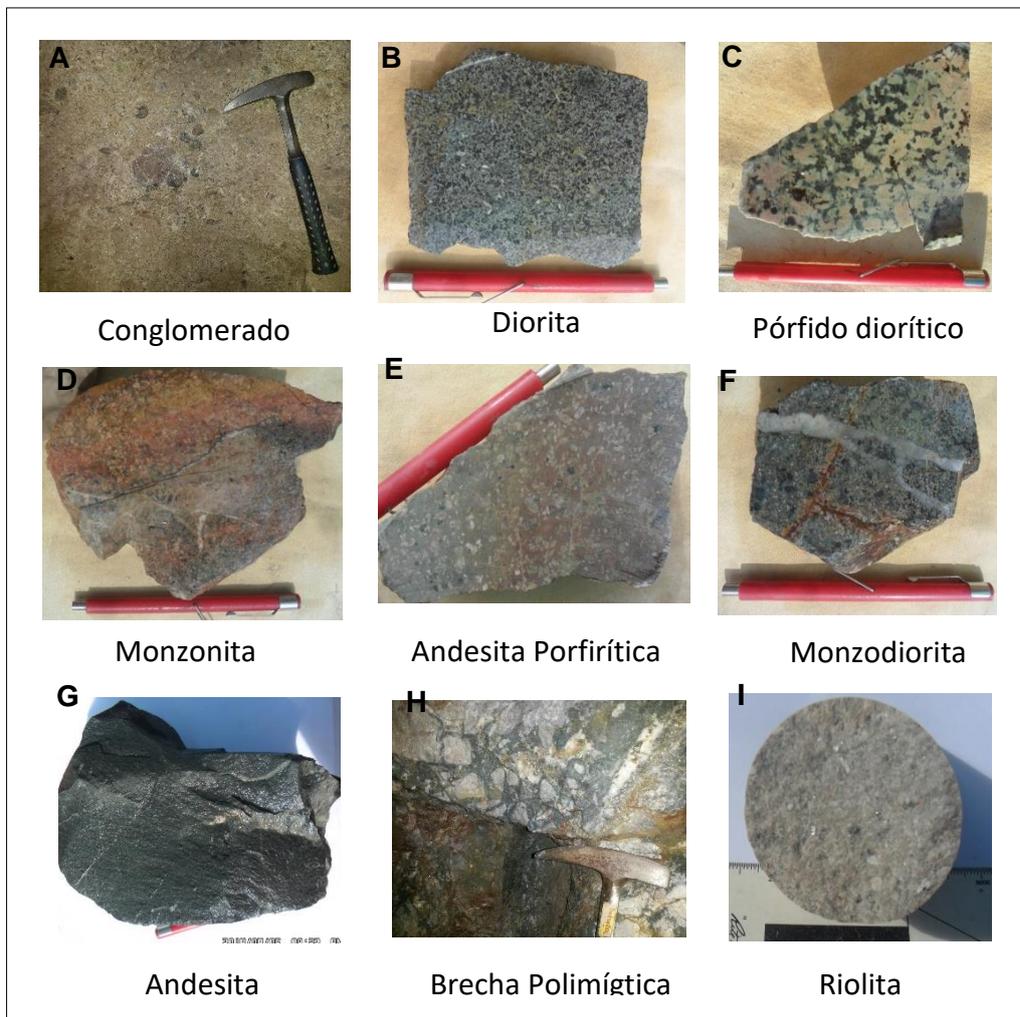


Figura 13: Rocas plutónicas, subvolcánicas y sedimentarias de zona Gisela (Fuente: Elaboración propia).

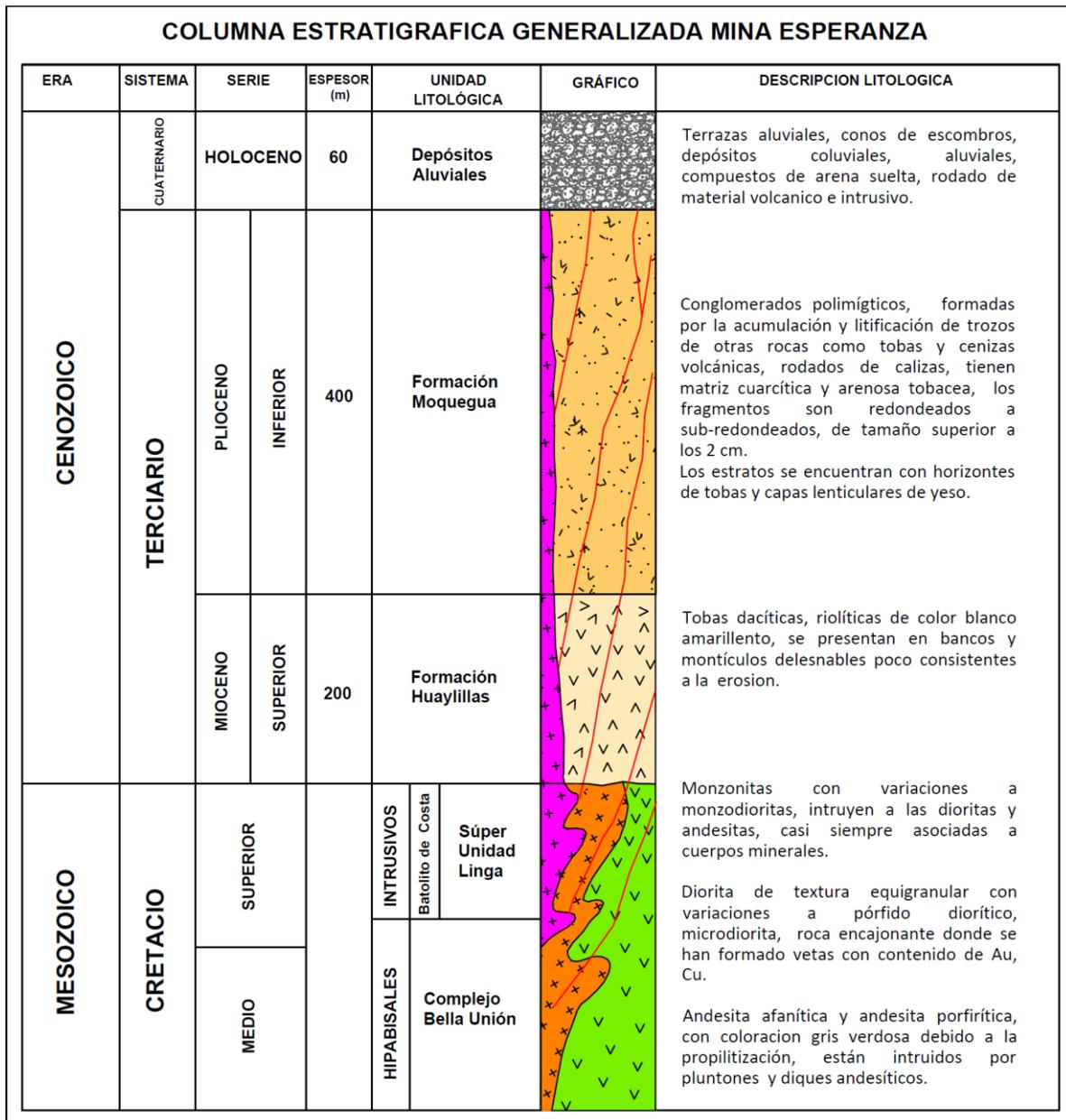


Figura 14. Columna estratigráfica de zona Gisela - mina Esperanza. (Fuente: Minera Croacia E.I.R.L.).

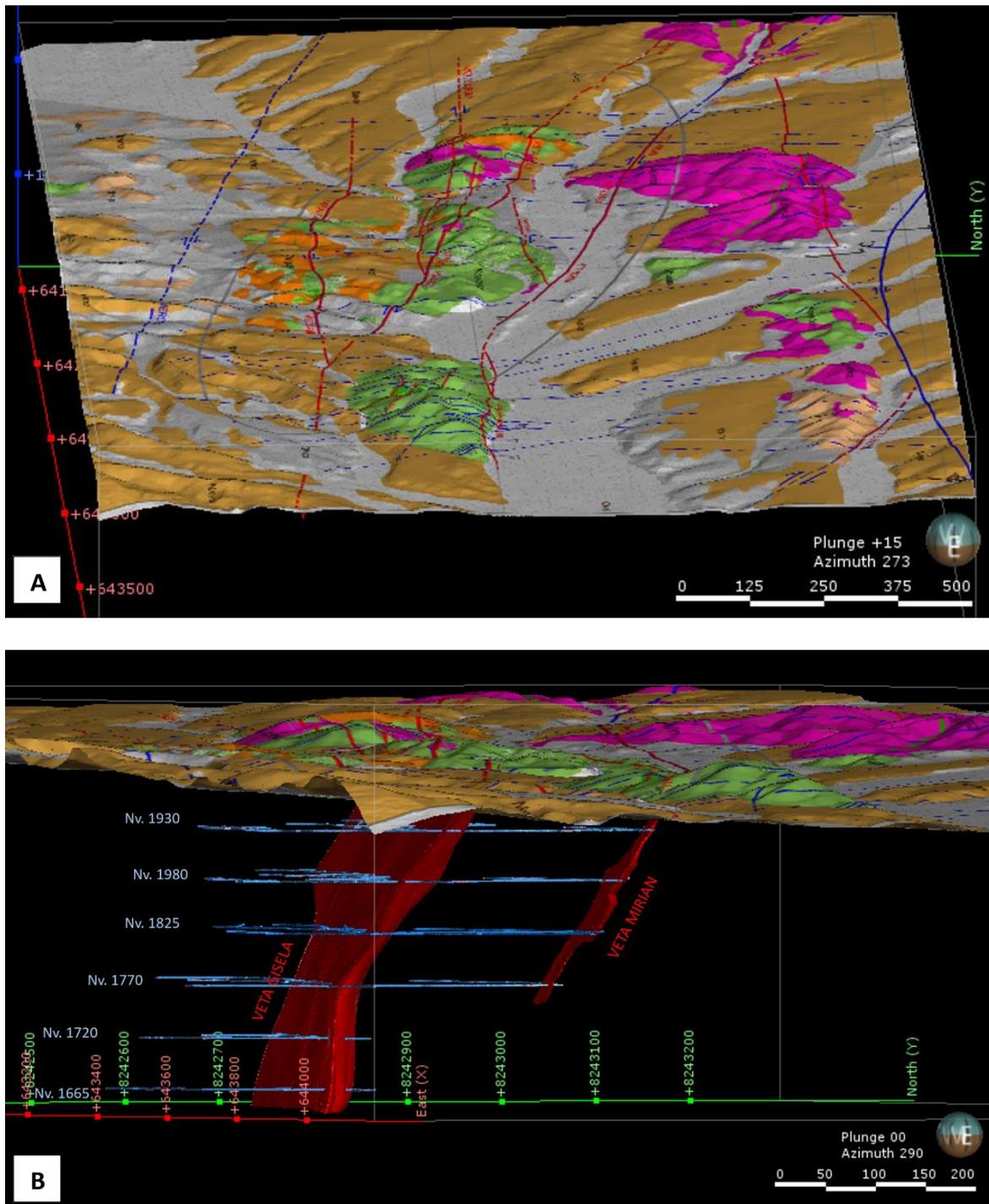


Figura 15. Modelo geológico, A) se observa rocas andesitas intruidas por monzonitas, dioritas y estos cubiertos por conglomerados de formación Moquegua. B) se aprecia las vetas Gisela y Mirian estructuras paralelas con buzamiento hacia Sur. (Fuente: Elaboración propia. En Leapfrog Geo).

4.2. GEOLOGIA ESTRUCTURAL

La zona Gisela se encuentra al Suroeste de la falla los médanos que tiene una dirección N80°W buzamiento 65°-70° SW, considerado como falla basamento (ver anexo A, Figura A.1), el área presenta estructuras transcurrentes sub-paralelos tipo lazo cimoide múltiple formados por la estructura Mirian N72°W con buzamiento 60°SW y estructura Gisela con rumbo N70°W buzamiento 65°-75°SW (Figura 15B), pertenecen a pre fallamiento con posterior deposición mineral, en los cuales se observa clavos mineralizados disectados por una reactivación sinextral (Mapa 6).

Entre las estructuras Gisela-Mirian, por los esfuerzos compresivos se generan las estructuras tensionales, dichas aberturas sirvieron para la deposición final del fluido mineralizante con valor económica, tienen rumbo N85°E con buzamientos 75°-80° hacia el Noreste y Suroeste (Figura 16).

En general las zonas mineralizadas están controladas por esfuerzos principales de compresión tanto en vertical, longitudinal y por fallas pos-mineral con rumbos N 0°-20° E y N 0°-10° W que provocan desplazamientos generalmente de movimientos sinextral (Figura 17).

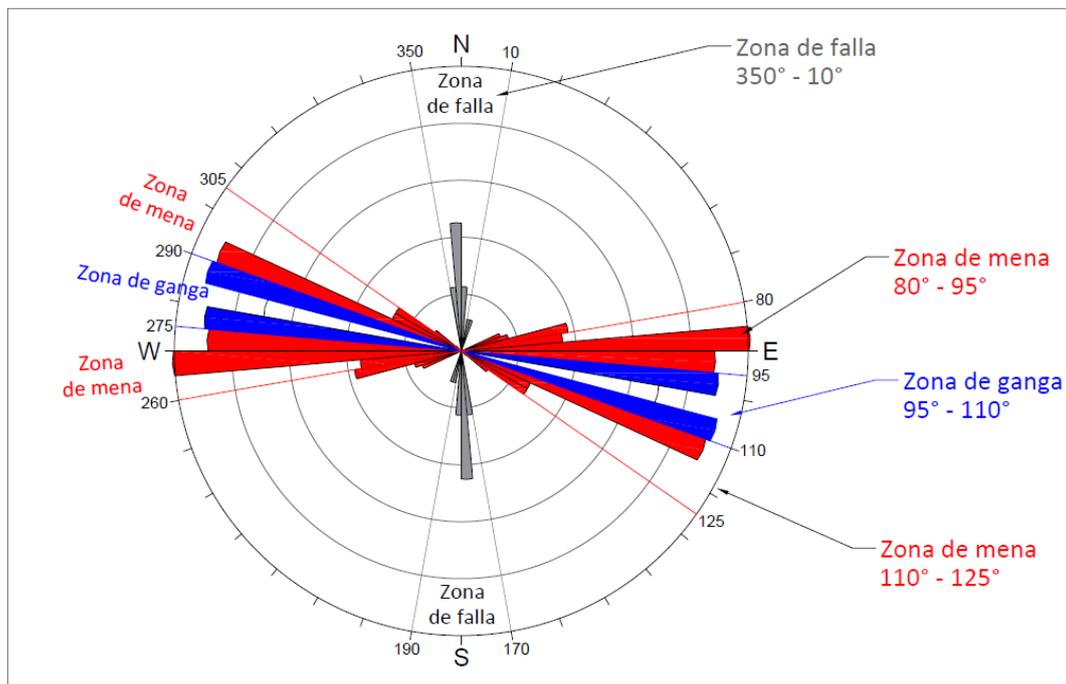


Figura 16. Diagrama de rosetas muestra estructuras mineralizadas y fallas post mineralización. (Fuente: Elaboración propia. En Dips)

Se observa en la Figura 16, como las direcciones entre 80° a 95° y 110° a 125° azimut son las direcciones donde se encuentran las mejores zonas de bonanza; también lo demuestran los planos geológicos mapeados en diferentes niveles de interior mina (Figura 22, 23 y 25).

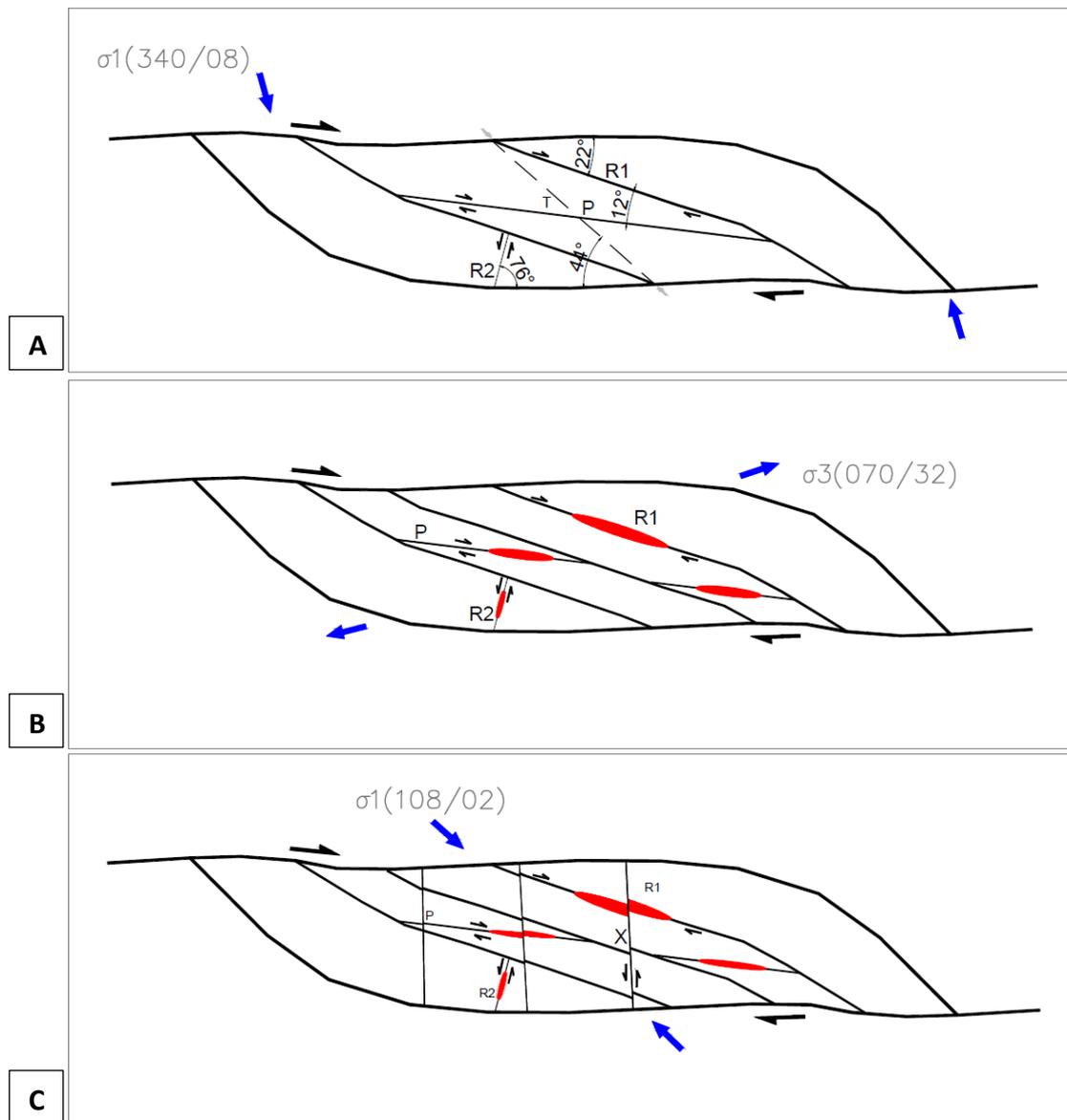


Figura 17. Modelo esquemático estructural de zona Gisela – Mina Esperanza. (Fuente:

Elaboración propia)

A) FASE I: Esquema conceptual de los esfuerzos compresivos en la primera fase de deformación, genera un movimiento denominado sistema de cizalla derecho, produciéndose fracturas sintéticas (R1) que forman un ángulo de 15° a 22° respecto a cizallamiento principal y las fracturas antitéticas (R2) forman ángulo de 70° a 80° respecto a cizallamiento principal.



- B) Fase II: Modelo esquemático de fase extensional, que originó la apertura de estructuras pre existentes, se generan cimoides al piso y techo de la estructura principal, en esta fase las zonas de aberturas favorables R1 y P son rellenados por mineralización de diferentes eventos.
- C) FASE III: Esquema de fase sinextral que se produjo la fragmentación de las estructuras mineralizadas; post fallamiento tipo Norte-Sur, desplazando transversalmente las estructuras mineralizadas.

4.2.1. Estructuras geológicas

Fallas

Las fallas que conforman la zona de cizallamiento de primer orden son las fallas los médanos y falla inferida las mercedes, tienen una dirección (WNW – ESE), seguida por cizallamiento de segundo orden formado por fallas pre-mineral Gisela y Mirian de tipo dextral que tienen dirección (NW-SE); mientras las fallas de tercer orden tienen dirección (E-W), conformado por fallas secundarias pre-mineral Carmen, Gisela Techo, Esperanza y Gisela Split.

Las fallas de pre-mineral, son aberturas favorables que sirvieron como conductos por donde ascendió el fluido mineralizante para su deposición final, una vez formado las estructuras mineralizadas, son desplazados por fallas pos-mineral que tienen dirección Norte-Sur (Figura 18, 19).

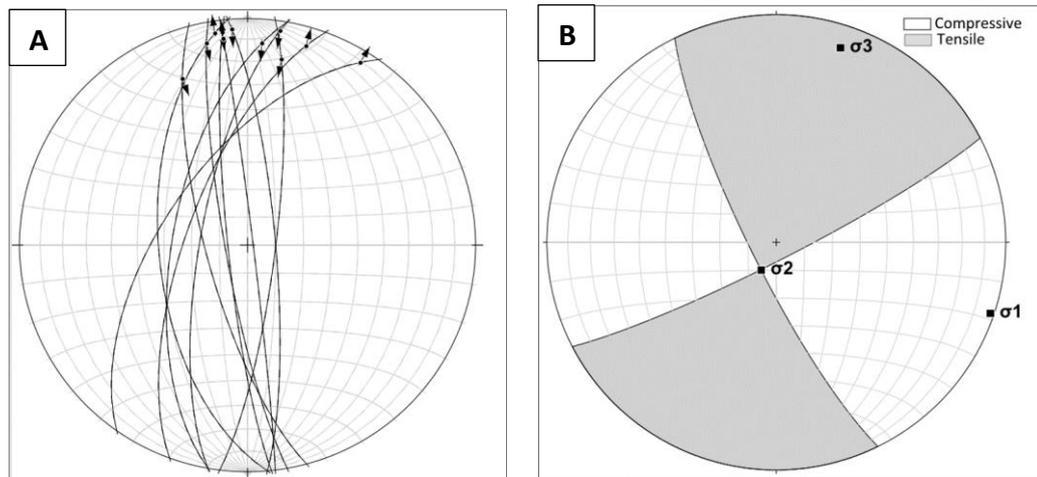


Figura 18. Representación estereográfica de falla Sudamericana, lagarto, polvorín, gato negro, ramal, ramal Oeste cateos, la pampa. Fuente elaboración propio. (Fuente: Elaboración propia. En Faultkin).

A) Muestra planos de Fallas sinextral y dextral NNW – SSE, B) Diedro recto con sombras (color blanco representa zona de compresión y color gris zona de extensión).

- El estereográfica de las fallas sinextral y dextral de NNW – SSE, muestra σ_1 (108/02) y σ_3 (018/11) horizontal, σ_2 (209/78) vertical, determinando un esfuerzo de tipo transcurrente, con esfuerzos de compresión en la dirección N72°W – S72°E.
- Son fallas posteriores a la mineralización que desplazan 5 hasta 25 metros aproximadamente de manera dextral a las estructuras mineralizadas, y forman parte del control estructural, (Figura 19).

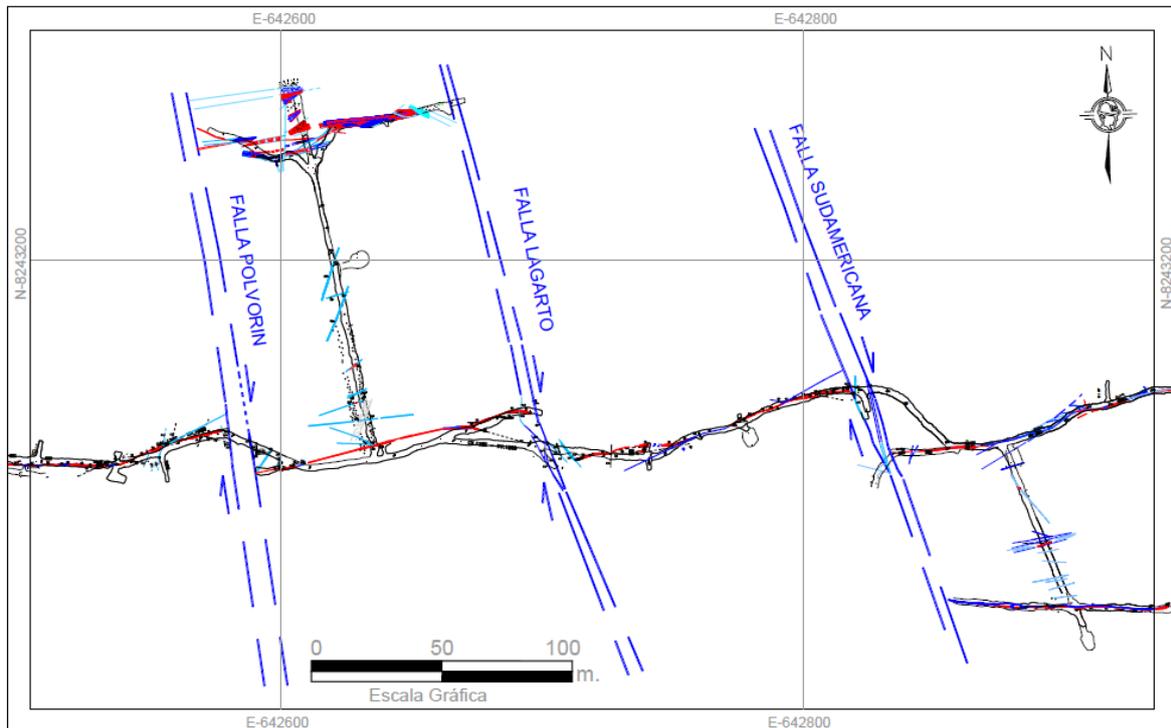


Figura 19. Fallamiento Post mineral, fallas más representativas como Sudamericana, Lagarto y polvorín. (Fuente Minera Croacia E.I.R.L.).

Diques

Son estructuras irregulares compuestas de roca andesita de textura afanítica, tiene rumbos NW-SE y N-S con buzamientos de alto ángulo hacia SW-NE.

Se presentan de manera esporádica como roca caja además están seccionados y desplazados por las vetas, esto evidencia su emplazamiento fue antes de la mineralización.

Vetas

Se ha reconocido 15 estructuras mineralizadas (veta-fallas) que muestran un rumbo $N70^{\circ} - 80^{\circ}W$ buzamiento $60^{\circ} - 75^{\circ}SW$ (Figura 20), las potencias varían de 0.10 m. a 3.15 m. a lo largo de esta estructura se puede observar, cimoides, prolongaciones tipo rosario.

Estas estructuras están siendo fragmentadas y desplazadas por fallas post mineralización, variando la geometría inicial del depósito.

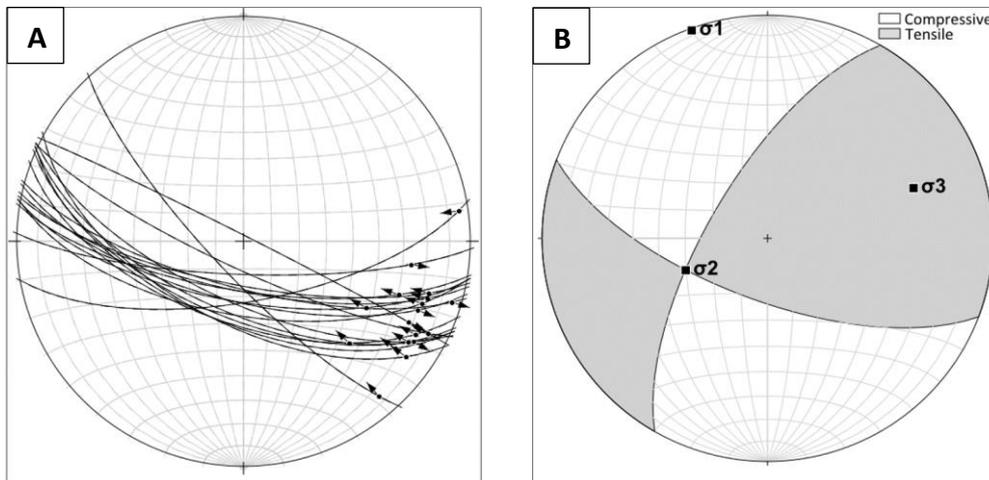


Figura 20. Representación estereográfica de la veta Gisela, Mirian, Gisela techo, Carmen, Gisela Split. (Fuente: Elaboración propia. En Faultkin).

A) Muestra planos de vetas que tienen una dirección NW – SE, B) Diedro recto con sombras (color blanco representa zona de compresión y color gris zona de extensión)

- El estereográfica de las vetas que tienen cinemáticas dextrales de NW – SE, muestra σ_1 (340/08) y σ_3 (070/32) horizontal, σ_2 (248/57) vertical, determinando un esfuerzo de tipo transcurrente, con esfuerzos de compresión en la dirección N20°W o S20°E.

4.3. DESCRIPCIÓN DE LOS SISTEMAS ESTRUCTURALES DE LA ZONA

GISELA

4.3.1. Estructura Gisela

El sistema estructural Gisela está conformada por las vetas Gisela, Gisela techo, Gisela Split, Gisela intermedia, Carmen, Promesa, Rosa.



4.3.1.1. Veta Gisela

Es la veta con afloramiento más conspicuo, con 1033.0 m. de longitud reconocida; rumbo N 70° - 85° W (Fig. A.14A) y buzamiento 65° - 85° SW, las potencias varían de 0.60 m. hasta 2.35 m., ley promedio 4.62 gr/Tn Au y 1.92 %Cu (Fig. A.8). tiene comportamiento estructural variable tipo rosario. (Figura 22 y 23).

La mineralización es de oro y cobre, de comportamiento errática presentando solo algunos clavos mineralizados de 30.0 a 60.0 metros de longitud con valor económico (Fig. A.17).

Verticalmente se ha reconocido 350.0 m. son definidas en parte superior con buzamiento de 65°SW y en profundidad ramaleada con cambio de buzamiento a 80°SW (Fig. A.15).

La veta está emplazada en dioritas – monzodiorita (Súper Unidad Linga); presenta débil grado de alteración fílica y fuerte alteración silicificación en zonas de clavo mineral.

Actualmente es la estructura de mayor extensión y por cambio de dirección se desprenden estructuras tensionales al piso y techo de la veta Gisela con mineralización más homogéneo y continuo (Figura 30).

La exploración futura debe orientarse entre el nivel 1930 y 1770, entre la falla Lagarto y falla gato negro, porque en este sector al lado NW y SE, se ha encontrado clavos mineralizados.

También en los niveles 1825, 1770, 1720 al lado Sureste hasta la falla sudamericana.



Figura 21. Fotografía de la veta Gisela, Nivel 1930 (Tajeo 998 Este) mirando al Este, potencia 0.60m., con contenido calcopirita, covelina, pirita, cuarzo, roca caja con pátinas de OxFe (hematita), alteración silicificación. (Fuente: Elaboración propia).

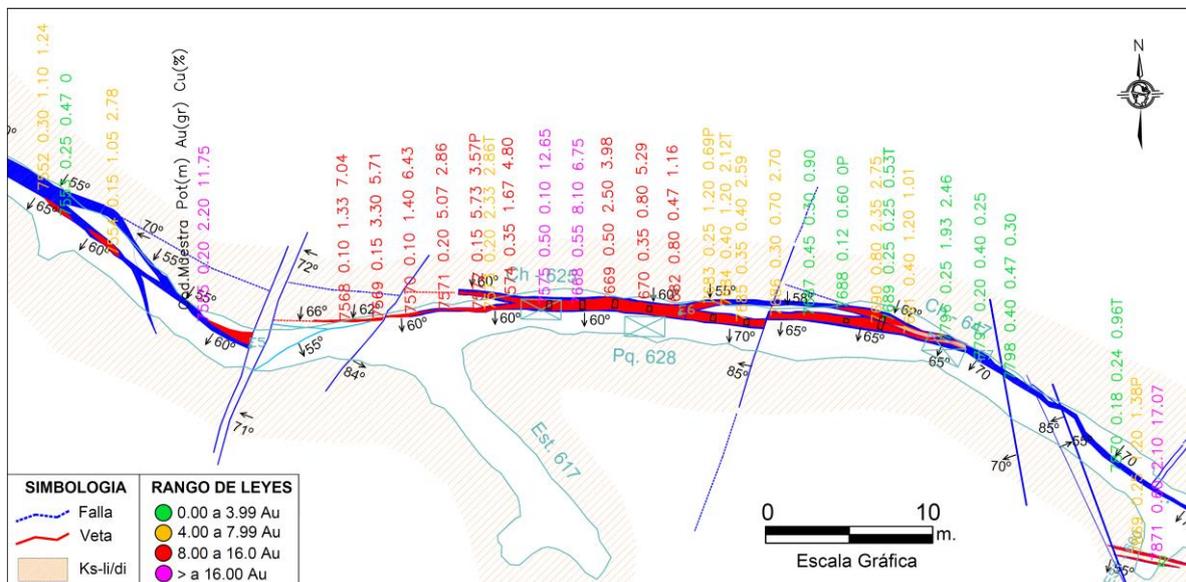


Figura 22. Mapeo geológico y muestreo (Escala gráfica), en Nivel 1770 Galería 404 Este, Veta Gisela mineralizada en zona de fractura de falla sinextral. (Fuente: Minera Croacia E.I.R.L.).

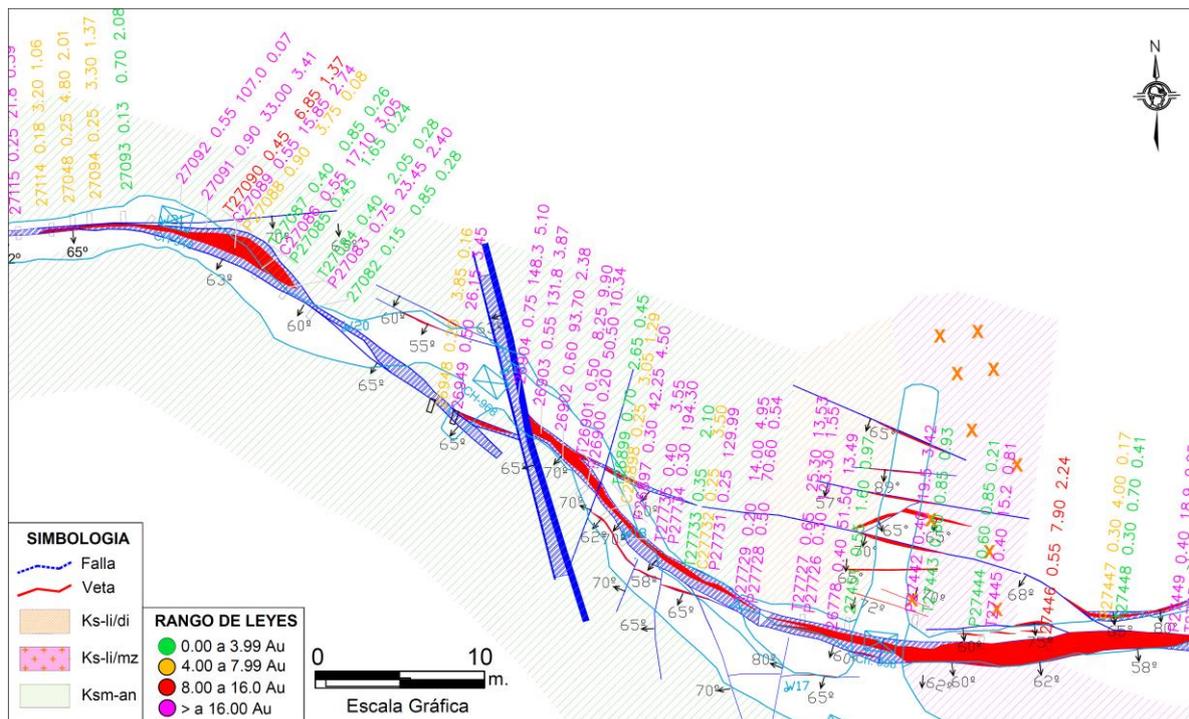


Figura 23. Mapeo geológico y muestreo (Escala gráfica), en Nivel 1930 Galería 555 Oeste, Veta Gisela mineralizada en zona de fractura de falla dextral. (Fuente: Minera Croacia E.I.R.L.).

4.3.1.2. Veta Gisela Techo

Estructura tensional que se desprende de la veta Gisela en su extremo Noroeste, con rumbo N 75° W y buzamiento 80° - 85° NE (Fig. A.14B).

Tiene 450.0 m. reconocido en labor subterránea y logrando alcanzar 260 m., en la vertical; potencia desde 0.10 m. hasta 1.45 m., ley promedio 5.63 gr/Tn Au y 2.72 %Cu (Fig. A.9).

La mineralización es homogénea clavos mineralizados de 80 a 100m (Fig. A.18) con contenido de oro y cobre, en la intersección con la veta Gisela posee tipo bonanza (Figura 25), en comparación con otras vetas.

hacia la parte superior del nivel 1930 la veta se angosta y es bajo en valores económicos; en profundidad por debajo del nivel 1825 es controlado por la

estructura Gisela, acortando la continuidad de Noroeste hacia Sureste, terminando en una longitud de 100 m. juntándose a veta Gisela (Fig. A.3).

La estructura está emplazada en intrusivo monzonítica textura fanerítica de grano medio perteneciente a la súper unidad Linga, superficialmente la veta Gisela techo no aflora.

La alteración hidrotermal de la roca encajonante está constituida por fílica.

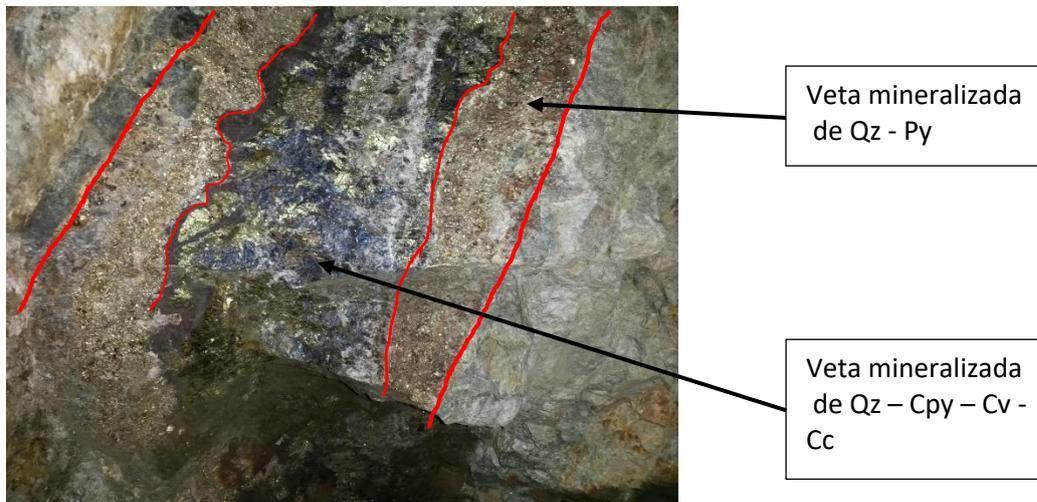


Figura 24. Fotografía de la Veta Gisela Techo, Nivel 1825 (tajeo 191 Este), mirando al Este, potencia 0.50m, mineralizado en bandas con contenido de covelina, calcosina, pirita, calcopirita, roca caja con alteración fílica, guía característico de zonas de alta ley cobre – oro. (Fuente: Elaboración propia).

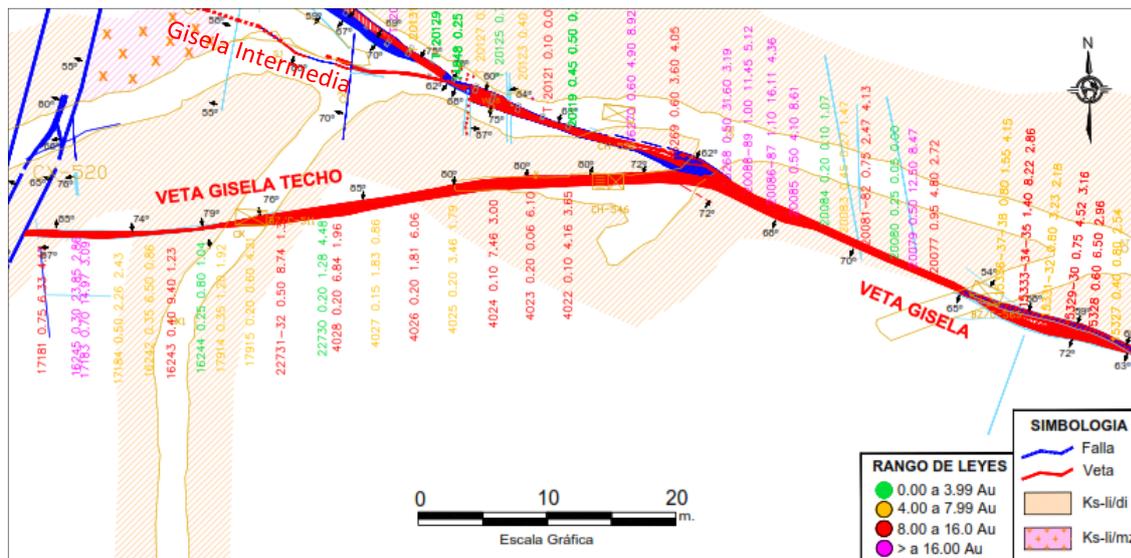


Figura 25. Mapeo geológico y muestreo (Escala gráfica), en Nivel 1880 Galería 440 Oeste, Veta Gisela Techo. (Fuente: Minera Croacia E.I.R.L.).

4.3.1.3. Veta Gisela Split

Es una estructura que se desprende de la veta Gisela techo (Figura 30), con rumbo N 80° E y buzamiento 80° SE (Fig. A.14C), potencia 0.10 m. hasta 0.40 m., sus leyes son 14.61 gr /Tn Au y 2.18 %Cu (Figura A.10).

La mineralización es de oro y cobre de comportamiento homogéneo y continuo, clavos mineralizados de 30 a 50m (Fig. A.19), esta veta ha tenido su mayor desarrollo y explotación entre los niveles 1880 y 1770, se aprecia mayor contenido de oro en comparación con otras vetas como Gisela y Gisela techo.

La veta es soldada una posible grieta de separación, ya que no muestra arcilla en contacto con roca encajonante.

Horizontalmente se tiene reconocido 210 m., su comportamiento estructural al lado Noroeste termina en cola de caballo; verticalmente se ha reconocido 110 m., hacia la parte superior del nivel 1880 y parte inferior del nivel 1770 la estructura se reduce de potencia hasta estrangularse.

La veta está emplazada en roca encajonante monzodiorita- monzonita, la alteración está constituido por fílica y silicificación.

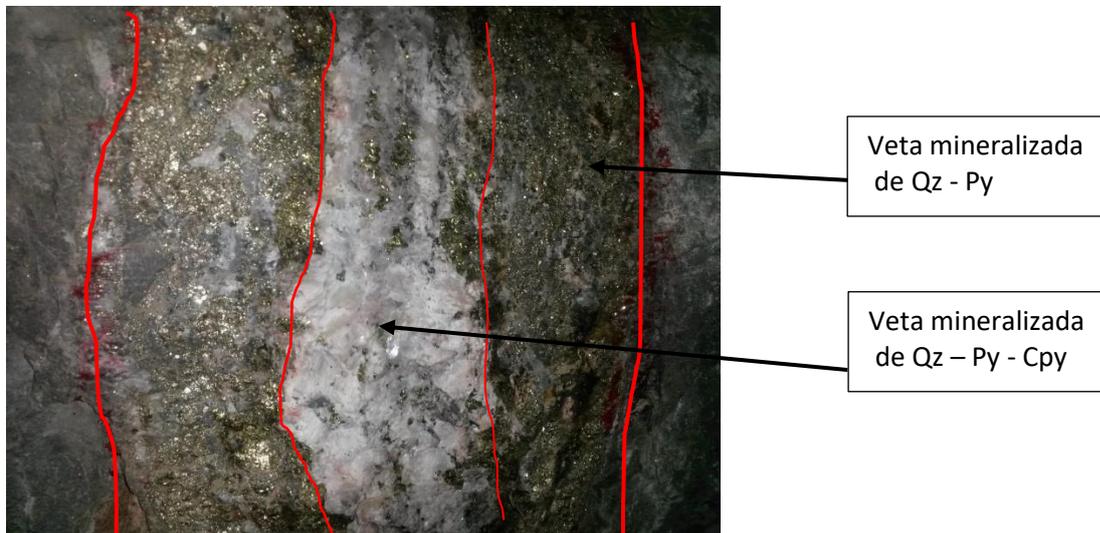


Figura 26. Fotografía de la veta Gisela Split, Nivel 1770 (Tajeo 155 Oeste), mirando al Suroeste, veta compuesta de cuarzo – pirita - calcopirita, con banda de cuarzo lechoso al centro; roca caja con alteración fílica moderada. (Fuente: Elaboración propia).

4.3.1.4. Veta Carmen

Es una estructura que se desprende de la veta principal Gisela del extremo Sureste (Fig. A.3), tiene rumbo N 80° W y buzamiento 80° - 85° NE (Fig. A.14D), con potencia variable de 0.10 m. hasta 1.20 m., su ley promedio es 3.54 gr/Tn Au y 2.17 %Cu. (Figura A.11).

La mineralización es de oro y cobre, la característica de esta veta es que contiene abundante calcita en toda la vertical, en comparación con otras vetas.

Se le reconoce en una longitud de 760.0 m. en labor subterránea, se estrangula hacia el Noroeste (nivel 1880 Tajo 446), en nivel 1825 al Sureste es afectado por

la falla sudamericana desplazando 17.0 m. con cinemática dextral; presenta ramales en ciertos segmentos.

Verticalmente se ha reconocido 200.0 m. son definidas en parte superior y ramaleadas en profundidad, en nivel 1665 juntándose a veta Gisela (Fig. A.2).

La veta está emplazada en diorita - pórfido diorítico; presenta débil grado de alteración fílica y propilítica.

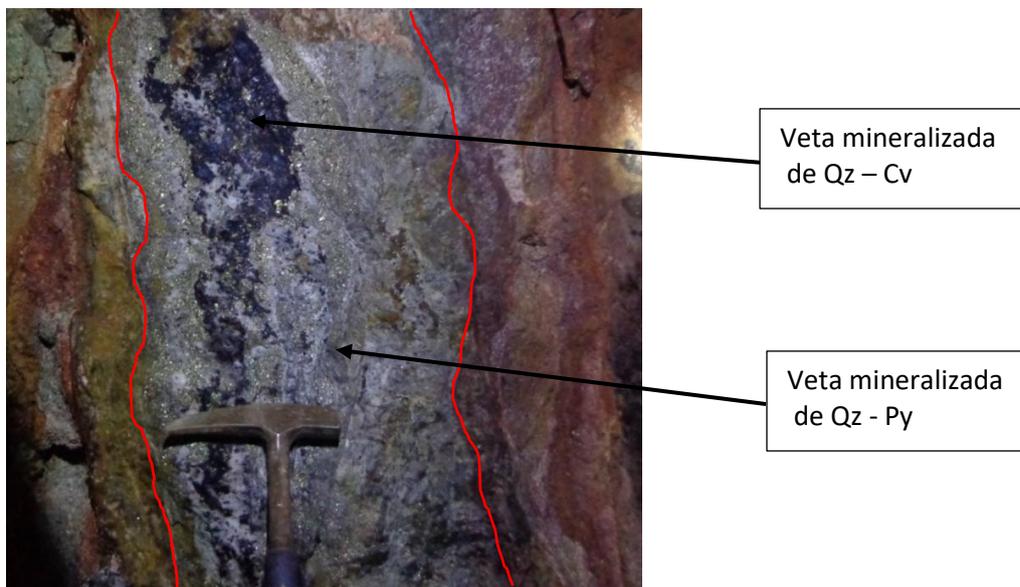


Figura 27. Fotografía de la veta Carmen, Nivel 1825 (Tajeo 665 Oeste), mirando al Noroeste, veta compuesta de covelina, cuarzo, pirita, óxidos de hierro (hematita, limonita), roca caja con alteración fílica – clorítica. (Fuente: Elaboración propia).

4.3.1.5. Veta Promesa

Es una estructura tensional que se desprende al piso de la veta principal Gisela (Fig. A.4), con rumbo N 80° W y buzamiento 80° - 85°SW, potencia 0.10 m. hasta 0.30 m., sus leyes son 6.78 gr/Tn Au y 4.52 %Cu.

Se le reconoce en una longitud de 120 m. con labor subterránea, al Sureste en nivel 1880 la veta es desplazado 17.0 m. al Sur por la falla sudamericana, después de la falla la estructura se estrangula.

Verticalmente se ha reconocido 100 m. hacia la parte superior del nivel 1930 y parte inferior del nivel 1825 la veta se reduce de potencia 0.05 m.

La mineralización es de oro y cobre, esta veta ha tenido su mayor desarrollo y explotación entre los niveles 1930 y 1825. La veta es soldada una posible grieta de separación, no muestra arcilla en contacto con roca encajonante (Figura 28).

La roca encajonante diorita, monzodiorita, presenta débil alteración Fílica y Silicificación.

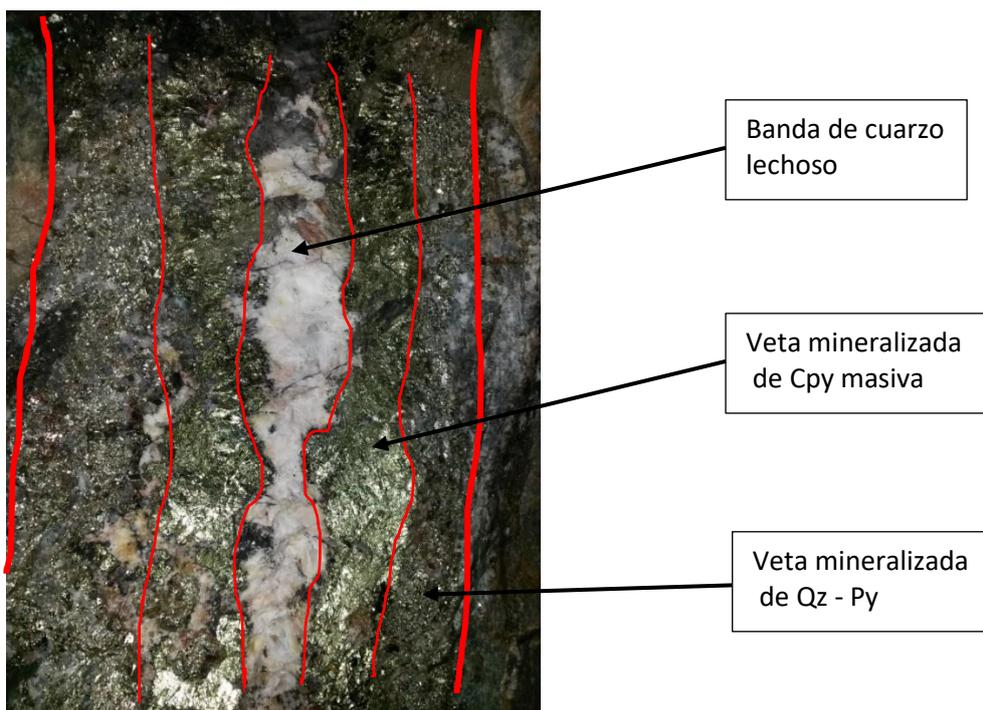


Figura 28. Fotografía de la veta Promesa, Nivel 1880 (Tajeo 915 Oeste), potencia 0.30m con banda de calcopirita masiva, banda de cuarzo lechoso al centro, banda de pirita en contacto con roca caja, alteración fílica débil. (Fuente: Elaboración propia).



4.3.1.6. Veta Esperanza

Estructura tensional que se desprende al piso de veta principal Gisela (Figura 30), formando lazo cimoide, con rumbo N 88° W y buzamiento 70° - 75° SW (Fig. A.14F).

Se ha reconocido una longitud 160.0 m., con labor subterránea y logrando alcanzar 200 m. en la vertical; potencia desde 0.10 m. hasta 1.20 m., sus leyes son 6.75 gr/Tn Au y 0.58 %Cu (Figura A.13).

La mineralización es variable con contenido de oro y cobre, en la intersección con la veta Gisela posee tipo bonanza, presentando clavos mineralizados de 20 a 30 metros de longitud con valor económico; la característica de esta veta se distingue por menor contenido de cobre en comparación con otras vetas tensionales.

Su comportamiento estructural de la veta hacia la parte superior del nivel 1930 y parte inferior del nivel 1770 llega a juntarse con veta Gisela formando un lazo cimoide.

La veta está emplazada en diorita, presenta débil alteración hidrotermal fílica y propilítica.

La exploración futura se debe orientarse en los niveles 1825, 1880, en la misma estructura hacia el lado Sureste hasta la falla gato negro.

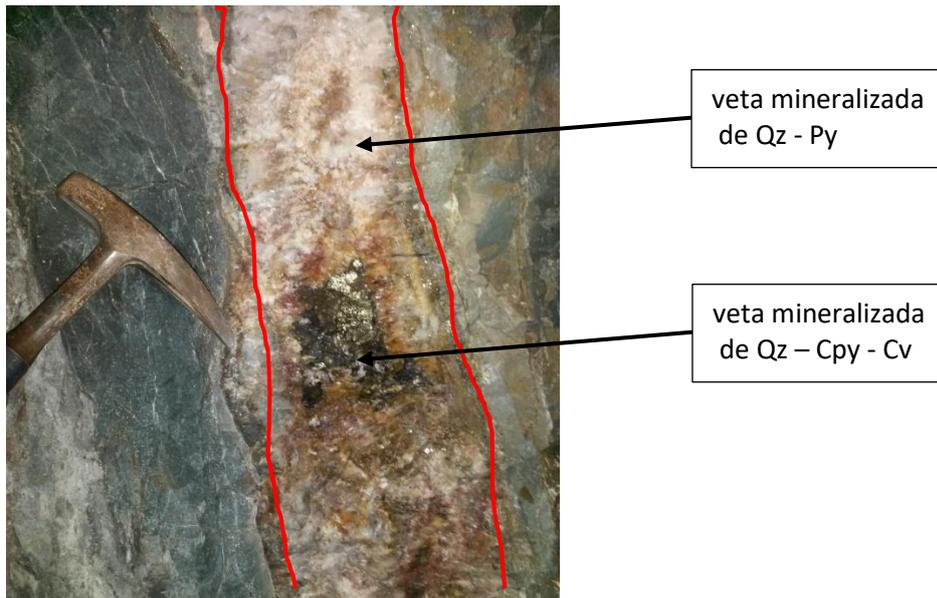


Figura 29. Fotografía de la veta Esperanza, Nivel 1880 (Tajeo 167 Oeste), potencia 0.35m con contenido de cuarzo lechoso, pirita, calcopirita, covelina, roca caja con alteración Propilítica moderada. (Fuente: Elaboración propia).

4.3.1.7. Veta Karina

Se exploró con perforación diamantina sondaje GI-DDH-M17-083, una longitud de 200.65 metros; sondaje horizontal 0° el impacto fue a los 149.42m. hasta 149.60m.(primera banda mineralizada) potencia 0.18m. ley 69.40 gr/Tn Au, 1.83%Cu; la segunda banda mineralizada fue a los 149.60m hasta 149.85m, potencia 0.25m. ley 4.72 gr/Tn Au, 2.58% Cu. (Tabla B.19).

Es una estructura que se desprende del techo de la veta Gisela, tiene dirección N85°E y buzamiento 75°SE, potencia variable de 0.45m. compuesto de cuarzo blanco lechoso con bandas de cuarzo-pirita, cuarzo-calcita. Los valores promedios de 18.08 gr/Tn Au y 1.47%Cu.

La exploración futura debe orientarse hacia lado Este y Oeste en el nivel 1665, también en niveles 1772, 1770, 1825.

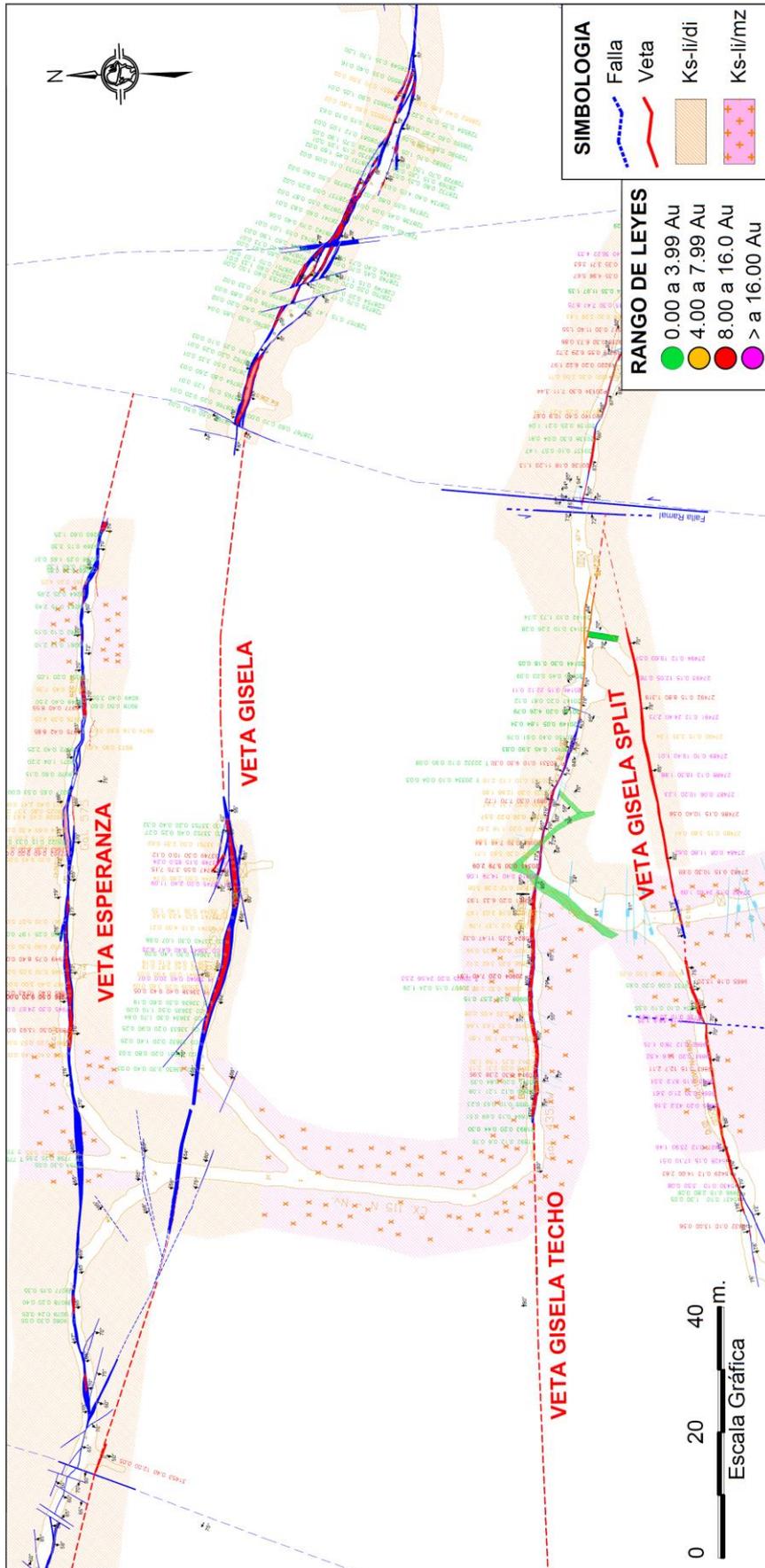


Figura 30. Mapeo geológico y muestreo (Escala gráfica), en Nivel 1880 veta Esperanza (veta tensional al piso de veta Gisela), veta Gisela

Techo y veta Gisela Split (vetas tensionales al techo de veta Gisela); Las estructuras forman lazo cimoide múltiple con clavos mineralizados distribuidos erráticamente, roca encajonante diorita, pórfido diorítico, monzonita. (Fuente: Minera Croacia E.I.R.L.).

4.3.2. Estructura Mirian

El sistema estructural Mirian está conformada por las estructuras Mirian, Esperanza 1, Patricia, Tuerto, Esperanza Este, Pedernal, Camila.

4.3.2.1. Veta Mirian

Es una estructura paralela ubicada a 215 metros al Norte de la veta principal Gisela (Fig. A.2 y A.4), con rumbo N 70° W y buzamiento 65° SW, su potencia es 0.65 m. hasta 3.15 m. (Fig. A.14E).

La mineralización con leyes de 5.00 gr/Tn Au y 1.49 %Cu (Fig. A.12). Su asociación mineralógica consta de atacamita, calcosina, cuprita, calcopirita, como mena y cuarzo, calcita, pirita, hematita como ganga.

Se ha reconocido una longitud 340 m. horizontales su comportamiento al lado Noroeste es de tipo lazo cimoide un tramo de 100 m. con mayor desarrollo y mineralización el cimoide veta techo. Verticalmente se ha reconocido 160.0 m. desde el nivel 1930 hasta nivel 1770, son definidas en parte superior y en profundidad.

Su comportamiento es errático presentando solo algunos clavos mineralizados de 30.0 a 40.0 metros de longitud con valor económico (Figura 31). La veta Mirian tiene comportamiento estructural variable, con anchos de explotación no uniforme por lo que se le define del tipo rosario.

La veta está emplazada en andesita porfirítica, presenta débil grado de alteración propilítica.

Actualmente es la segunda estructura más importante por seguir un patrón estructural llamado Riedel; porque se desprenden varias estructuras tensionales (Fig. A.1) al piso y techo de la veta Mirian con mineralización más homogéneo y continuo.



La exploración futura debe orientarse hacia el lado Noroeste en los niveles 1880, 1825 por ser niveles favorables en la deposición de sulfuros secundarios y zonas de espejo de la mineralización (comportamiento de la mineralización que coincide en eje transversal respecto a la estructura paralela.)

4.3.2.2. Veta Esperanza 1

Es una estructura tensional que se desprende de la veta principal Mirian, con rumbo N 77° - 80° E y buzamiento 78° - 80° NW, su potencia varia de 0.20 m. hasta 0.40 m. (Figura 33).

La mineralización es de oro y cobre con leyes de 6.5 gr/Tn Au y 1.20 %Cu. Su asociación mineralógica consta de pirita, calcopirita, oro como mena y cuarzo, calcita, hematita como ganga.

Tiene 200.0 m. reconocidos en labor subterránea entre los niveles 1930 – 1880 y logrando alcanzar 50 m. en la vertical; son definidas en parte superior, en profundidad llegara a juntarse con veta Mirian.

Su comportamiento es variable presentando clavo mineralizado de 20 m. de longitud con valor económico. La veta está emplazada en andesita porfirítica, presenta moderado alteración propilítica.

4.3.2.3. Veta Patricia

Es una estructura con rumbo N 83° W y buzamiento 85° NE, potencia 0.10 m. esta reconocido en nivel 1880 con crucero 683N y en nivel 1825 con crucero 416N.

La mineralización es de oro y cobre, con leyes de 0.75 gr/Tn Au y 8.20 %Cu, su asociación mineralógica consta de calcopirita, covelina, como mena y cuarzo pirita hematita como mineral ganga.

La veta patricia según la interpretación y proyección es una estructura que se desprende de la veta Mirian.

4.3.2.4. Veta Tuerto

Es una estructura que se desprende de la veta esperanza 1, tiene un rumbo 75° W y buzamiento 80° - 85° SW, potencia 0.10 m. y sus leyes son 15 gr/TM Au y 8.5 %Cu.

La mineralogía es de calcopirita, pirita con abundante cuarzo gris. Se le reconoce en una longitud de 30 m. en nivel 1880.

Verticalmente se tiene reconocido 20 m. en nivel 1880 con pique 670. Las leyes de cobre disminuyen en profundidad.

La veta tuerto forma lazo cimoide con veta esperanza 1, en profundidad se junta a veta Mirian.

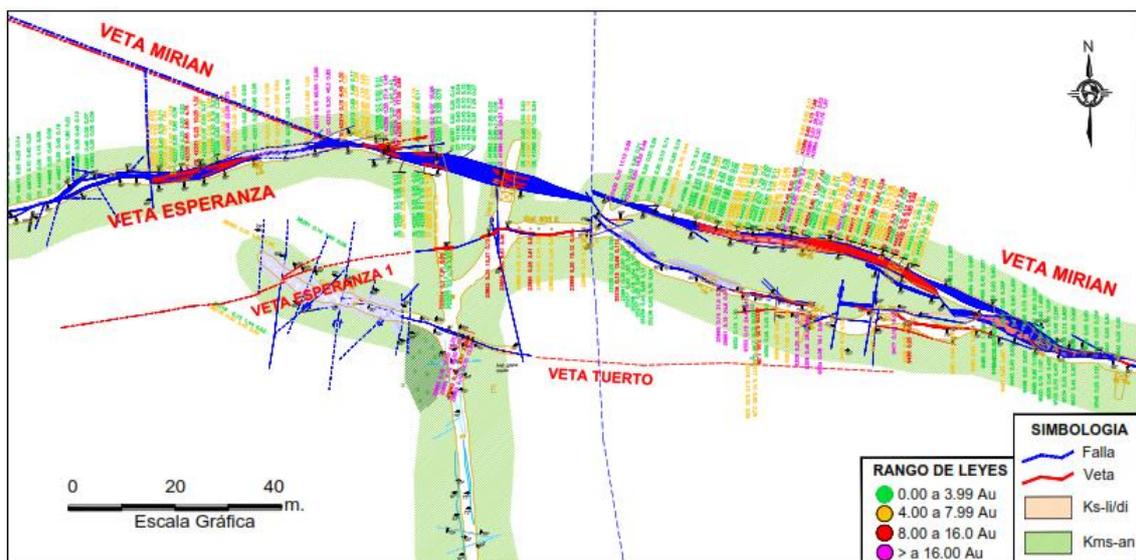


Figura 31. Mapeo geológico y muestreo (Escala gráfica), en Nivel 1880 veta Mirian formando lazo cimoide, parte piso con mayor mineralización; vetas tensionales Esperanza, esperanza 1 y tuerto, roca encajonante andesita. (Fuente: Minera Croacia E.I.R.L.).



4.3.2.5. Veta Camila

Es una estructura tensional que se desprende al piso de la veta principal Gisela (Figura 32), con rumbo N 82° W y buzamiento 80° NE, potencia promedio 0.80 m. hasta 1.50 m., sus leyes son 3.50 gr/TM Au y 1.10 %Cu.

La mineralización es de oro y cobre, la mineralogía consta de cuarzo gris, calcopirita, covelina, pirita, calcita.

Se le reconoce en una longitud de 210.0 m. con mayor desarrollo con labor subterránea en nivel 1665 y verticalmente 50.0 m., con la chimenea 705, al Sureste es desplazado por la falla lagarto 9.0 m. movimiento sinextral; presenta lazos cimoides en ciertos segmentos.

La veta está emplazada en diorita; presenta débil grado de alteración clorítica.

La exploración futura debe orientarse entre el nivel 1720 y 1665 al lado Sureste hasta la falla sudamericana.

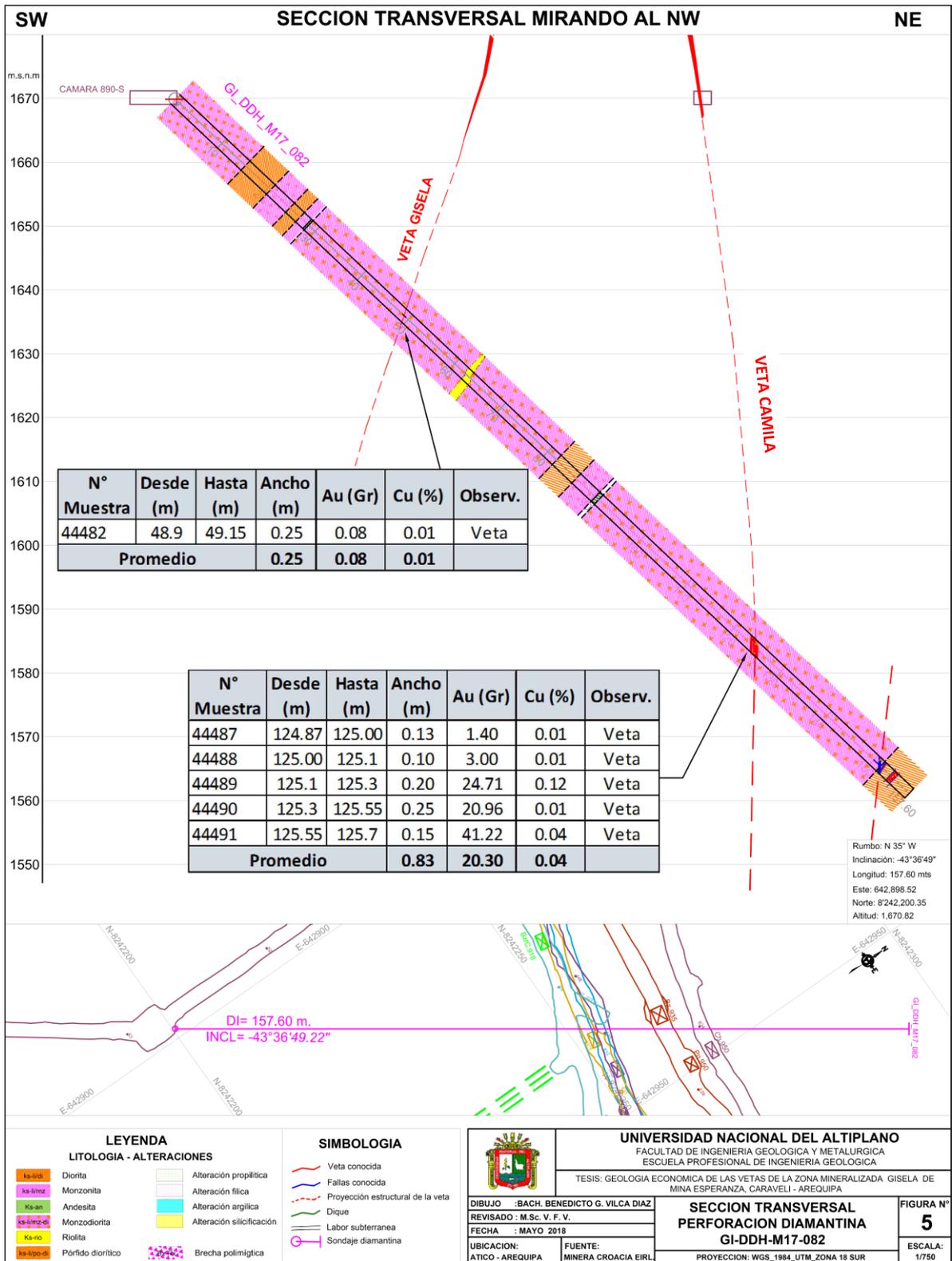
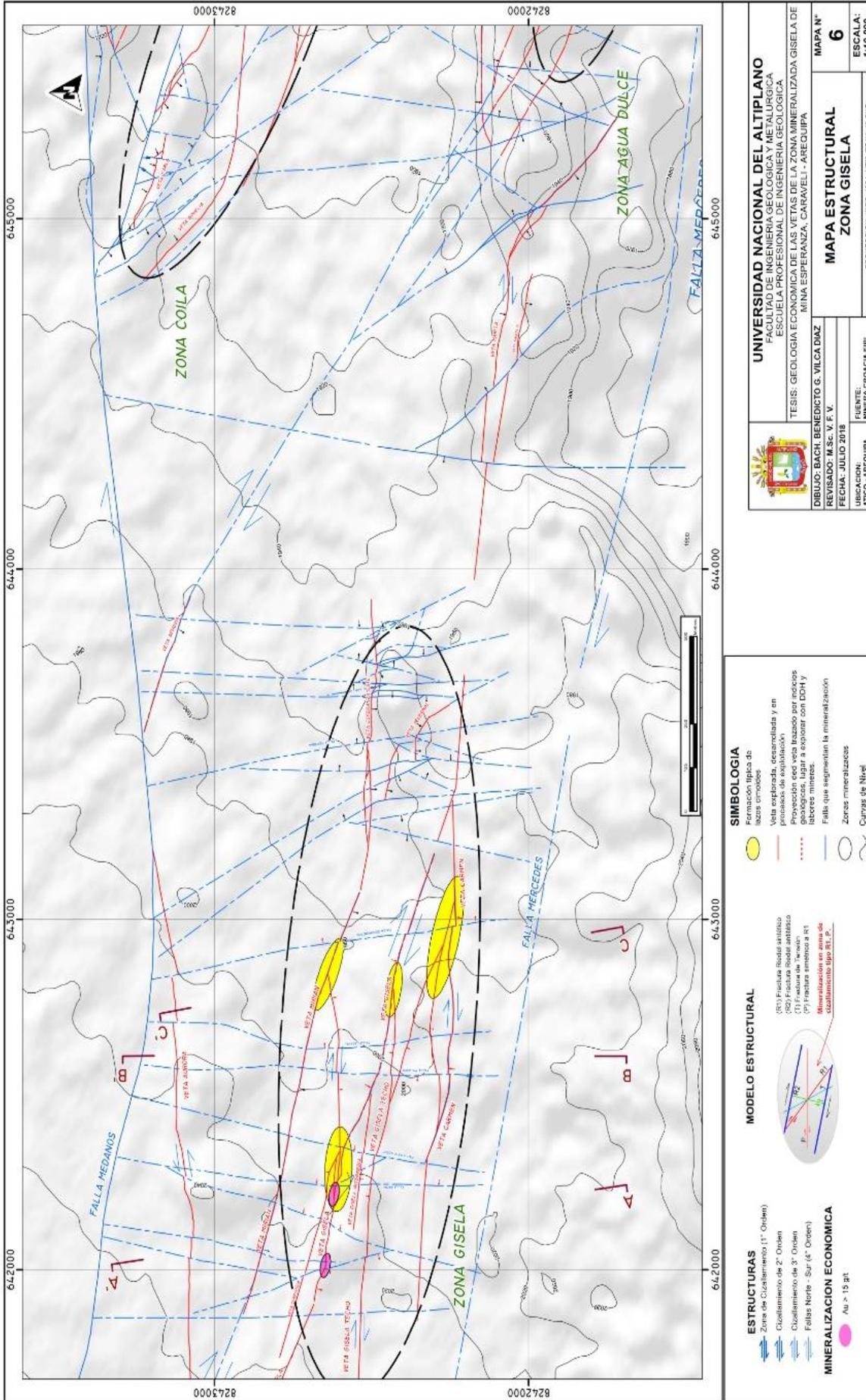


Figura 32. Sección transversal de la veta Camilla, interceptado por perforación diamantina sondaje (GI-DDH-M17-082) realizado desde interior mina. (Fuente: Minera Croacia E.I.R.L.).



Mapa 6. Geología Estructural (Fuente: Minera Croacia E.I.R.L.).



4.4. GEOLOGÍA ECONÓMICA

4.4.1. Yacimiento

La zona Gisela es un yacimiento de metales preciosos de oro y cobre, tiene comportamiento lenticular tipo rosario en horizontal y vertical, las vetas de zona Gisela alcanzan 1.0 km. de extensión y forman clavos mineralizados distribuidos de manera errática que alcanzan longitudes de 30m. a 100m., y verticalmente 20m. a 50m., en profundidad la mineralización disminuye por control estructural cambio de buzamiento de 65° a 85°SW, aun a mayor profundidad no está bien definido.

4.4.2. Características de la mineralización

Las estructuras se rellenan principalmente por cuarzo gris, hialino, cuarzo lechoso textura masiva, también por los sulfuros como la pirita de manera diseminada.

El oro se encuentra en la pirita relleno las microfisuras y porosidades, mineral al cual está asociado; también en bordes de hematita, cuprita, cuarzo.

La textura masiva y de remplazamiento presenta minerales secundarios de cobre (covelina, calcosina), óxidos de cobre (cuprita, atacamita).

La potencia mínima de la estructura es de 0.05 m. y ha alcanzado un máximo de 3.45 m.

4.4.3. Mineralogía del yacimiento

La composición mineralógica de las estructuras mineralizadas que rellenan las fisuras tensionales, lo constituyen los minerales de mena y ganga que se han observado macroscópicamente en la zona Gisela.

Minerales de mena

Son minerales de valores comerciales asociado a los yacimientos metálicos y la explotación minera está sujeta a estos minerales útiles, el oro y minerales de cobre (Tabla 12) y (Figura 33).

Tabla 12. Minerales de mena

| Mineral | Composición | Estructura | Observaciones |
|-------------|---|------------|--|
| Oro | Au | Veta | Se le ve asociado a vetas de Qz gris con Py masiva a deleznable. |
| Calcosina | Cu ₂ S | Veta | Se encuentra en forma masiva rellenando los bordes y fracturas de la Cpy, Py. |
| Covelina | CuS | Veta | Se presenta como alteración ubicada en los bordes y fracturas de la Cpy. |
| Calcopirita | CuFeS ₂ | Veta | Se presenta como cristales anhedrales, rellenando las fracturas de Qz, asociado a la Py, se altera a Cv en los bordes. |
| Bornita | Cu ₅ Fe S ₄ | Veta | Se presenta como cristales anhedrales, rellenando las fracturas de Qz, asociado ala Py. |
| Atacamita | Cu ₂ Cl (OH) ₃ | Veta | Se presentan como agregados amorfos, rellenando fracturas y espacios entre los granos de la ganga. |
| Crisocola | CuSiO ₃ nH ₂ O | Veta | Se presentan rellenando fracturas e intersticios entre los granos de Qz y Carbonatos. |
| Cuprita | Cu ₂ O | Veta | Se presenta como cristales anhedrales, se encuentran diseminados en la roca. |

Fuente: Elaboración propia.



Figura 33. Minerales de mena de las vetas de zona Gisela. (Fuente: Elaboración propia).

Minerales de ganga

Son minerales que no tienen valor comercial, asociado con el oro, se encuentran constituyendo el cuerpo mismo de la mena (Tabla 13).

Tabla 13. Minerales de Ganga

| Mineral | Composición | Estructura | Observaciones |
|----------|---|------------|--|
| Limonita | Fe ₂ O ₃ H ₂ O | veta | En forma terrosa, en las estructuras mineralizadas, producto de la lixiviación y oxidación de minerales de hierro. |
| Gohetita | FeO(OH) | veta | Ocurre como alteración de la Py, rellenan fracturas y cavidades en la estructura, es más abundante que la Hem. |
| Hematita | Fe ₂ O ₃ | veta | Se presentan como relleno de las fracturas e intersticios, tiñendo la ganga de Qz. |
| Pirita | Fe ₂ S | veta | Se encuentra como cristales anhedrales a subhedrales, reemplazado por la Cpy a través de las fracturas. |
| Cuarzo | SiO ₂ | veta | Se presenta en todo el depósito en forma amorfa y cristalizada. |
| Calcita | CaCO ₃ | veta | Se presenta en forma amorfa y cristalizada relleno de las fracturas en la estructura. |

4.4.4. Tipo de Ocurrencia del oro

El oro presenta las siguientes características:

- a) Se han ubicado granos de oro nativo, estos granos ocurren en porosidades y fracturas de la piritita, bordes de la hematita, disseminaciones en la ganga de cuarzo, que alcanzan tamaños de 0.06 mm. hasta 0.09 mm. (Figura 56).
- b) Diminutas partículas asociadas a la piritita, hematita, cuarzo.

4.4.5. Litología de la roca caja

Las estructuras del yacimiento se encuentran acompañadas litológicamente por rocas dioríticas principalmente, seguidos de pórfido diorítico, andesitas porfiríticas, monzonita, monzodiorita, riolita con diferentes grados de alteración. La litología de contacto piso y techo pueden variar debido a fallamientos.

El emplazamiento de la mineralización se ve hospedada en rocas del Complejo Bella Unión, Súper unidad Linga.

Las rocas dioritas, monzonitas y andesitas son buenas receptoras para la mineralización; en la microdiorita, riolita la mineralización dependen de la intensidad del flujo mineralizante, siendo el ramaleo o cola de caballo.

4.4.6. Génesis del yacimiento

Los eventos tectónicos formaron zonas de abertura en las rocas, estructuras favorables para albergar la mineralización, por donde comienza la migración del fluido hidrotermal a través de las fracturas preexistentes donde por pérdida de presión y temperatura, se depositaron los minerales en forma de vetas.

El oro está contenido en la piritita, cuarzo, en forma molecular y en granos de oro nativo, según las secciones pulidas nos indica durante la deposición de piritita y otros



sulfuros el oro ha sido absorbido desde las soluciones coloidales en varias proporciones sobre la superficie de los sulfuros, depositándose al final del periodo de la mineralización.

Uno de los muchos factores que causaría la coagulación del oro sería el escape de ciertos volátiles tales como el CO₂ y el H₂S, siendo probablemente el más importante y principal estabilizador el depósito de la sílice, de manera que cuando el volumen de la sílice es depositado, el oro también sería precipitado.

Dentro de los grupos establecidos como Mesotermal-Epitermal, teniendo como base la presencia de calcita, como productos de alteración o mineral ganga, indica que las soluciones no tuvieron un grado de temperatura elevada, cuando éste ascendió por las fracturas. Son de origen epigenético, debido a que su mineralización fue posterior al fracturamiento.

4.5. DISTRIBUCIÓN GEOQUÍMICA DE ORO Y COBRE DE LAS VETAS GISELA, MIRIAN, GISELA TECHO, CARMEN Y GISELA SPLIT.

Las distribuciones de Au, Cu para la proporción de mineral se realizaron 12134 pruebas individuales de muestras de canal, llevadas en una sección longitudinal de las vetas de zona Gisela (Figura 34), la distribución de muestras comprende 4926 para veta Gisela, 2808 para veta Gisela Techo, 880 para veta Gisela Split, 2695 para veta Carmen y 695 para veta Mirian; las muestras fueron compiladas en intervalos de 02 metros a lo largo de labores de exploración, desarrollo y cada 03 metros en los tajos.

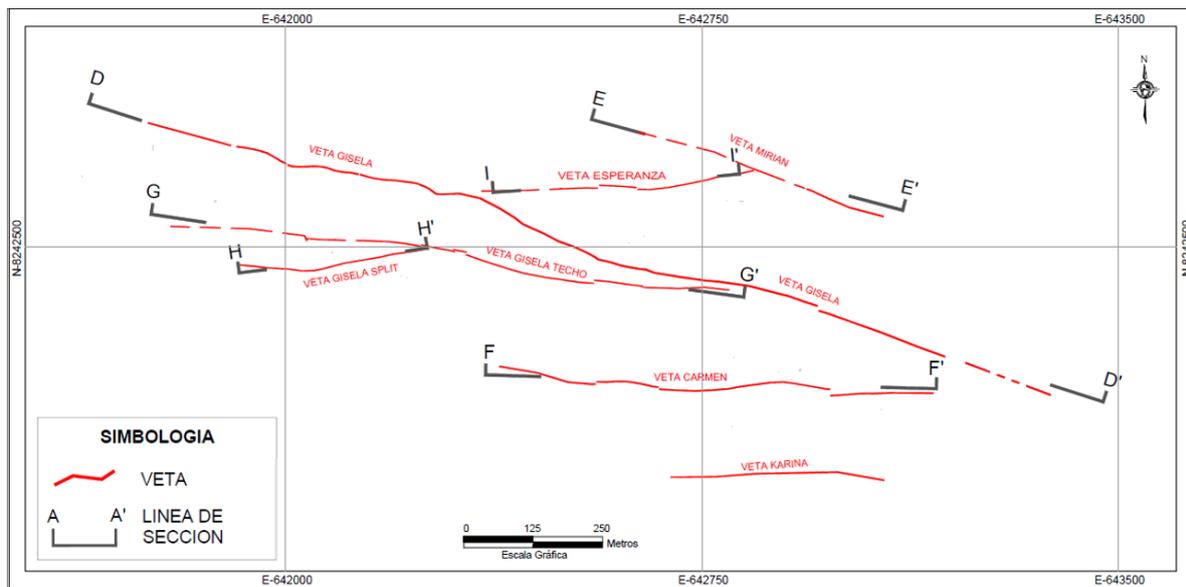


Figura 34. Proyección de sección longitudinal sobre las vetas de zona Gisela, para realizar la distribución geoquímica de oro y cobre de las vetas Gisela, Gisela Techo, Gisela Split, Carmen, Mirian, Esperanza. (Fuente: Elaboración propia).

4.5.1. Veta Gisela

En el plano de isovalores de oro a lo largo de la sección longitudinal D-D' de veta Gisela indica en la zona Noroeste mayor concentración de oro (Figura 35), formando clavos mineralizados que van con ley desde 8.0 a 16.0 gr/Tn Au, presenta mayor ascendencia vertical respecto al lado Sureste donde se observa una distribución errática.

La distribución de cobre (Figura 36) indica un comportamiento continuo y mayor concentración en lado Sureste con valores de 2.0 a 8.0 % posibilitando el flujo mineralizante a mayor amplitud en este tramo de la estructura, en la zona central parte baja existe coincidencia de los valores de cobre con valores de oro existiendo una afinidad mineralógica.



La estructura al cruzar el horizonte de monzonita se reduce de potencia, pero el contenido metálico se conserva, en las rocas dioríticas la potencia es más uniforme; potencias mayores a 1.0 m. se sitúan notoriamente en profundidad (Figura 37), en comparación con la isopotencia no existe proporcionalidad en el incremento de la potencia y los valores de oro y cobre.

En la distribución de clavos mineralizados de oro y cobre (Fig. A.17) el foco mineralizador predominante tiene una dirección Sureste, por lo cual el clavo mineralizado aun es abierto en profundidad además fueron los conductos mineralizantes formadores de esta estructura por donde los flujos siguieron una dirección hacia superficie.

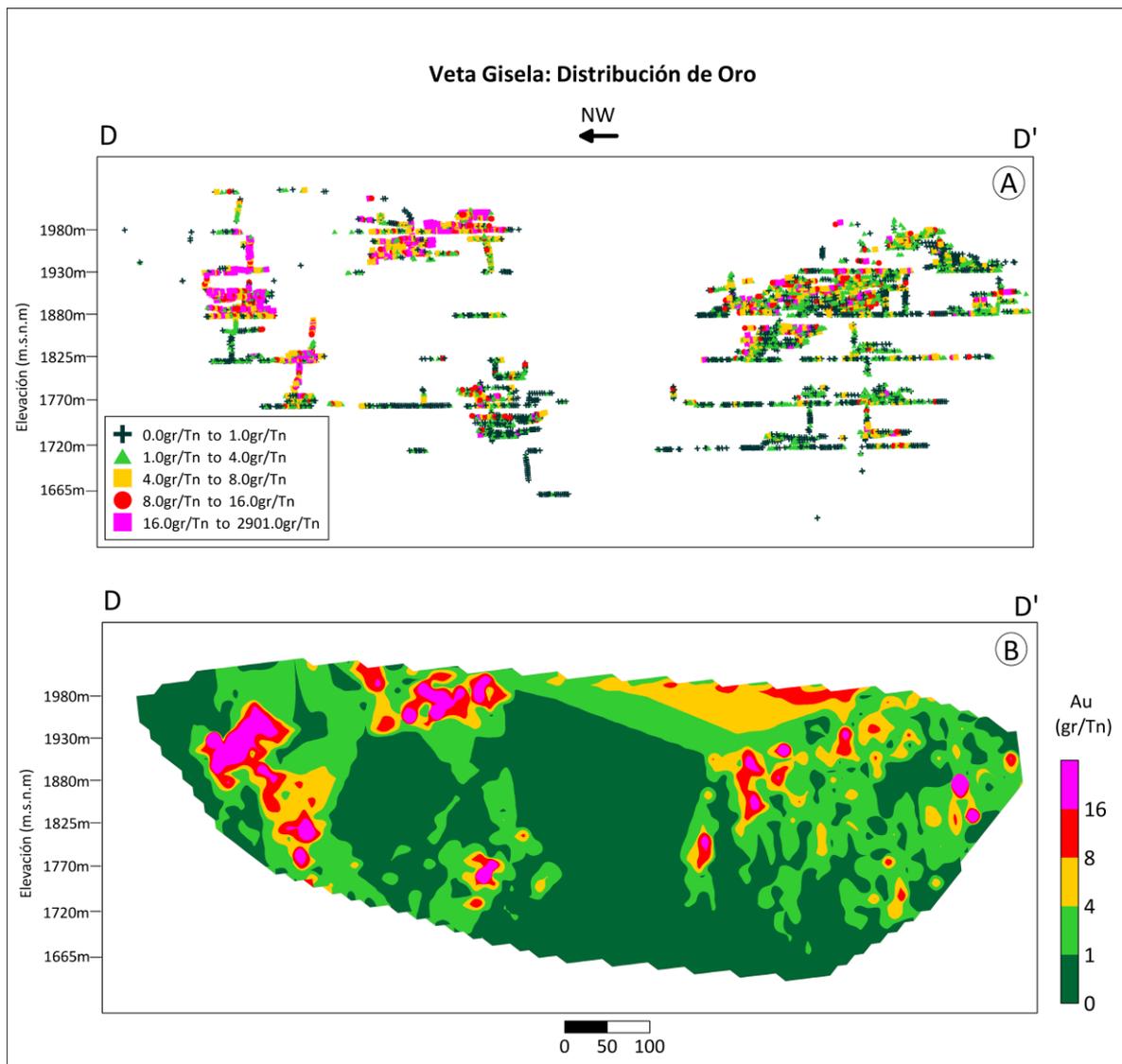


Figura 35. Veta Gisela mostrando isovalores de oro.

A) Distribución de mineral de oro en gr/Tn, a lo largo de toda la sección longitudinal de veta Gisela, B) Interpolación lineal de acuerdo a las clasificaciones de leyes, el eje vertical concuerda con la elevación en metros sobre el nivel del mar (m.s.n.m.). (Fuente: Elaboración propia. En Surfer).

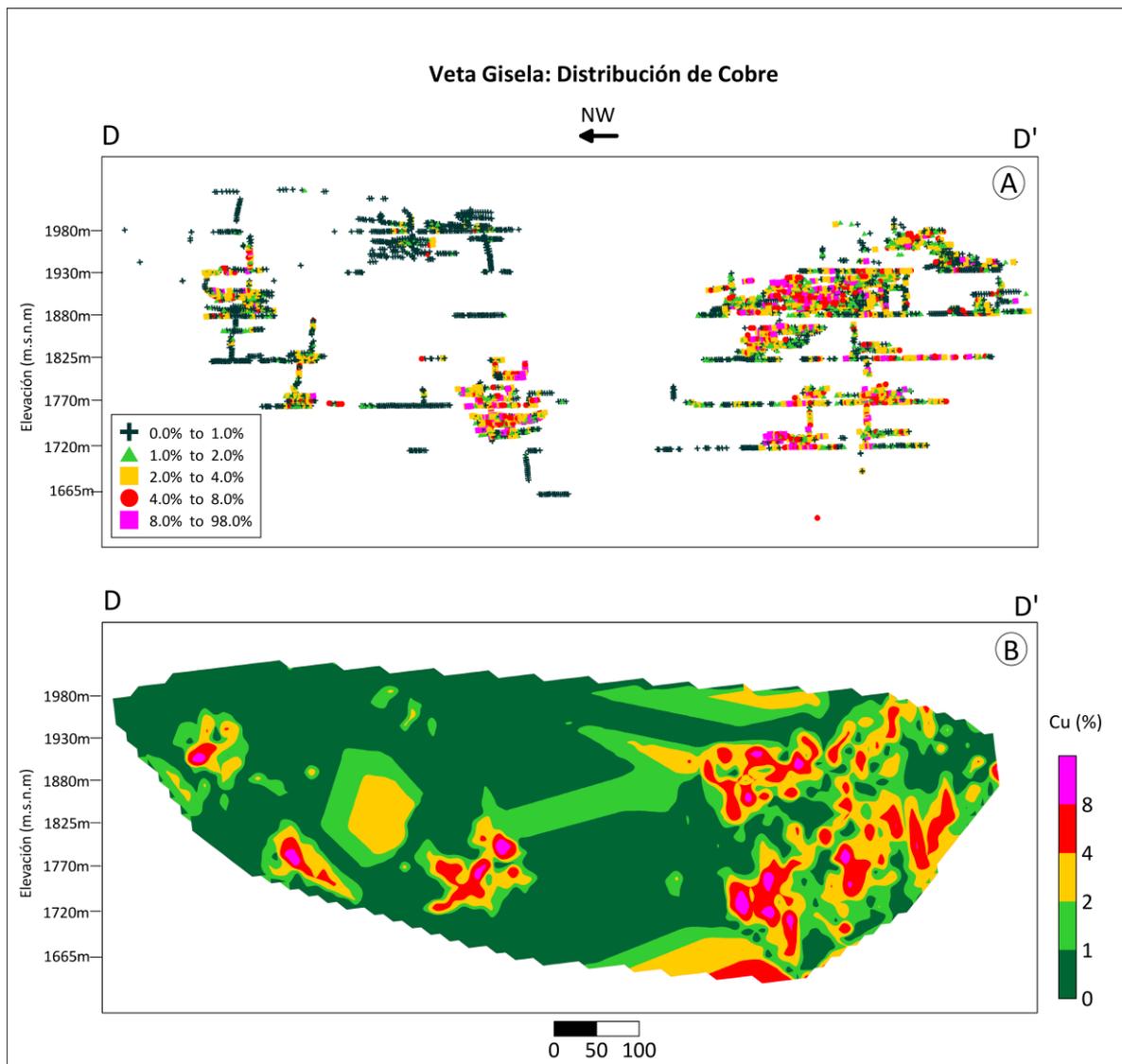


Figura 36. Veta Gisela mostrando isovalores de cobre.

A) Distribución de mineral de cobre en % a lo largo de toda la sección longitudinal de veta Gisela, B) Interpolación lineal de acuerdo a las clasificaciones de leyes, el eje vertical concuerda con la elevación en metros sobre el nivel del mar (m.s.n.m.). (Fuente: Elaboración propia. En Surfer).

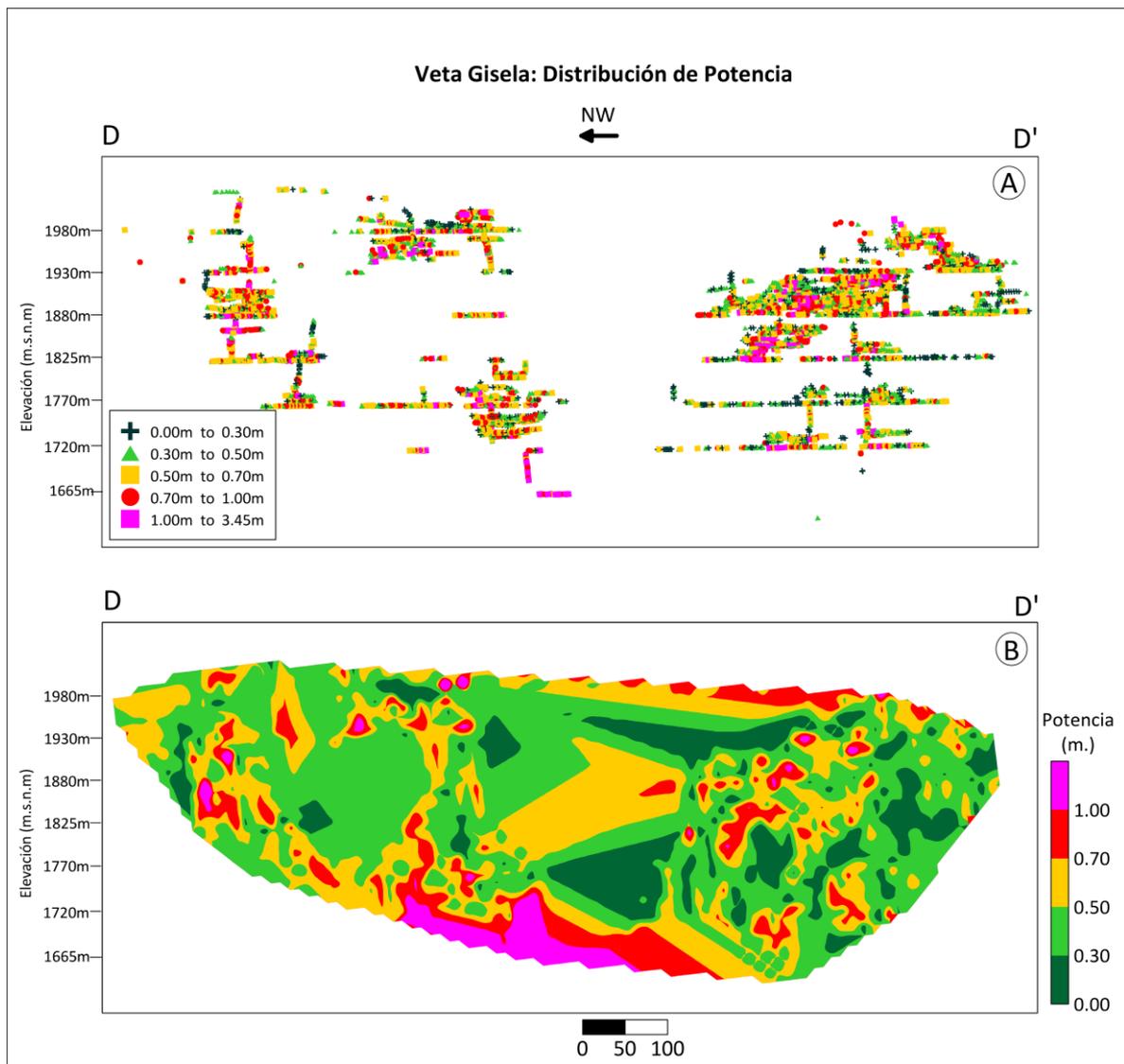


Figura 37. Veta Gisela mostrando contorno de anchos.

A) Distribución de potencia en metros a lo largo de toda la sección longitudinal de veta Gisela, B) Interpolación lineal de acuerdo a las clasificaciones de isopotencia, el eje vertical concuerda con la elevación en metros sobre el nivel del mar (m.s.n.m.). (Fuente: Elaboración propia. En Surfer).

4.5.2. Veta Gisela Techo

Los resultados más altos de oro se encuentran en dos zonas principales a lo largo de la sección G-G' en los extremos NW y SE con valores mayores a 8.0 gr/Tn Au (Figura 38), comprendido entre los niveles 1825 – 1930, con un desarrollo lateral hacia SE.

Los valores de oro disminuyen gradualmente en niveles inferiores a 1770.

La distribución de cobre tiene sus valores más altos comprendidos entre 4.0 a 8.0% de cobre (Figura 39) formando como un núcleo en la parte media y Noroeste de la veta, tienen un comportamiento continuo, localizados entre los niveles 1880 – 1770, con una gradación ascendente a los niveles superiores. A partir del nivel 1720 en profundidad es interceptado por la veta Gisela, limitando su continuación de la estructura (Fig. A.3) y (Figura 62); el clavo mineralizado corresponde a una zona de enriquecimiento secundario caracterizado principalmente por los minerales covelina, calcosina.

La potencia de la estructura está claramente diferenciada (Figura 40) en lado Noroeste es de menor potencia 0.10m a 0.30m mientras en lado Sureste es más anchos mayores a 0.30 metros, sin embargo, el contenido metálico se conserva. La presencia de potencias de la estructura mineralizada mayores a 0.40 m., coinciden en la parte media del clavo mineralizado con el frente máximo de deposición de oro y cobre.

El foco mineralizador predominante tiene una dirección Sureste (Figura 41) el cobre tiene un patrón de posición fuertemente definido diferenciado de oro, el empalme de veta Gisela Techo - Gisela (Figura 25) aparentemente la solución mineralizante proviene de la veta Gisela y mineraliza a la veta Gisela Techo.

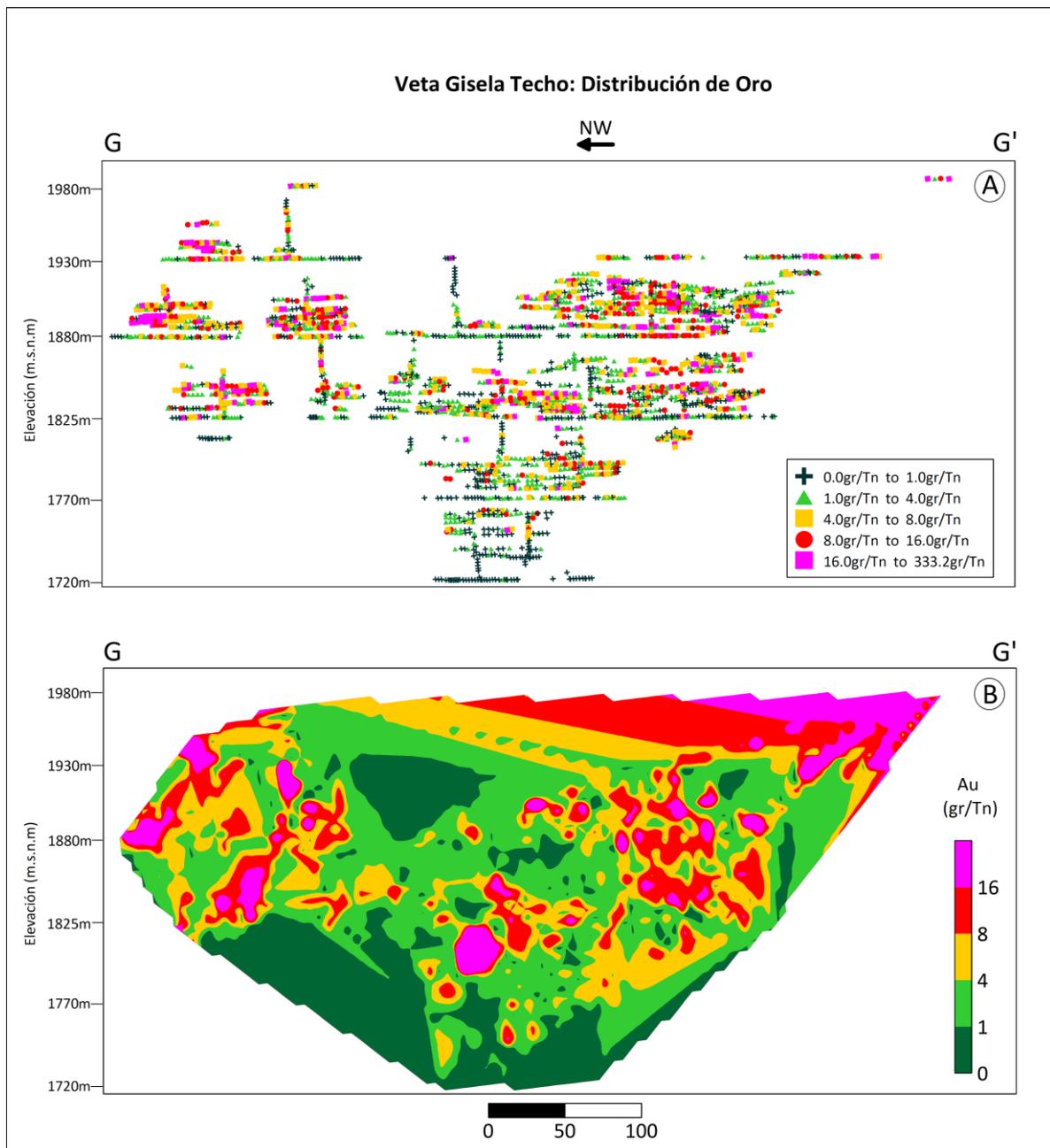


Figura 38. Veta Gisela Techo mostrando isovalores de oro.

A) Distribución de mineral de oro en gr/Tn, a lo largo de toda la sección longitudinal de veta Gisela Techo, B) Interpolación lineal de acuerdo a las clasificaciones de leyes, el eje vertical concuerda con la elevación en metros sobre el nivel del mar (m.s.n.m.). (Fuente: Elaboración propia. En Surfer).

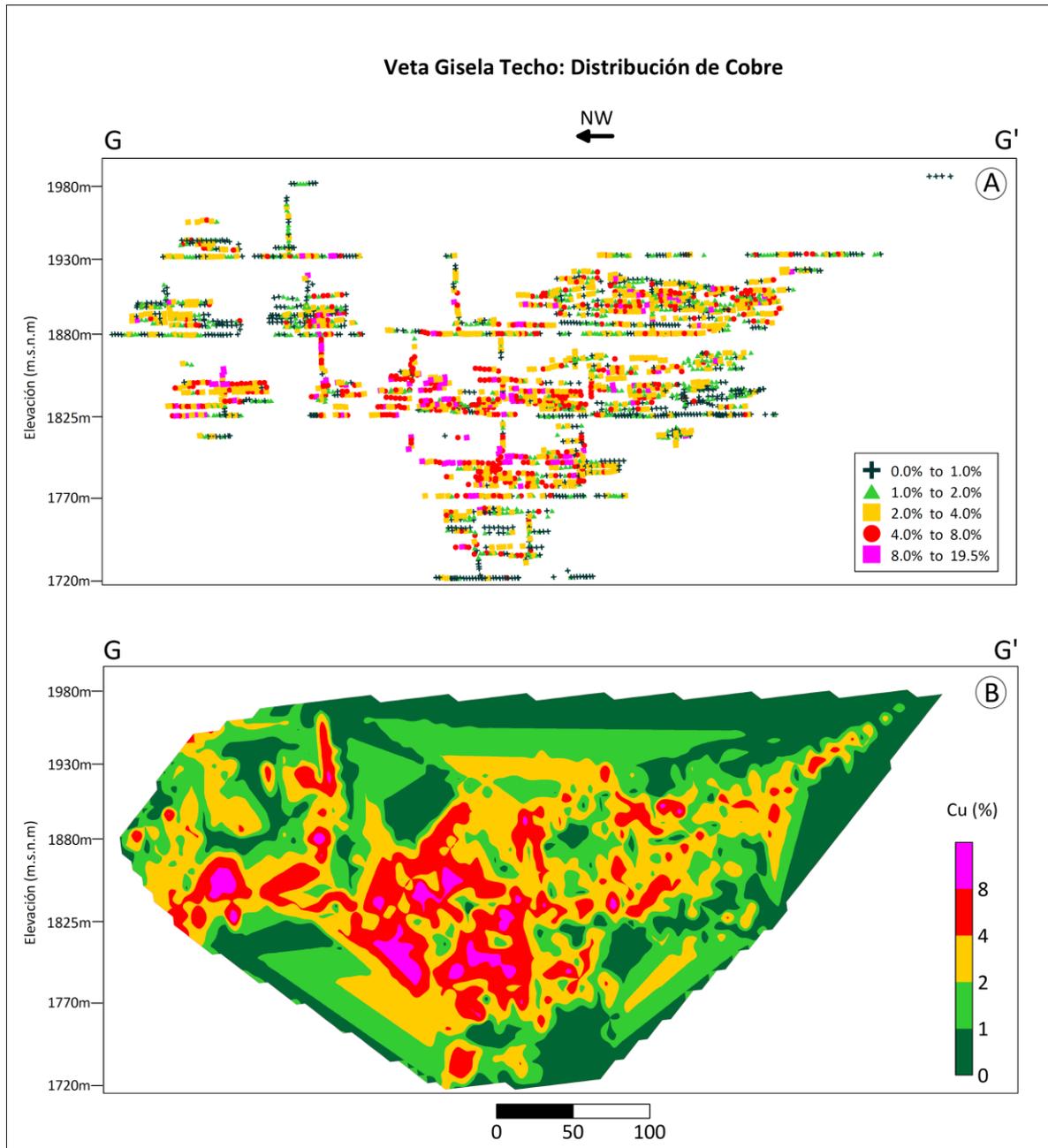


Figura 39. Veta Gisela Techo mostrando isovalores de cobre.

A) Distribución de mineral de cobre en %, a lo largo de toda la sección longitudinal de veta Gisela Techo, B) Interpolación lineal de acuerdo a las clasificaciones de leyes, el eje vertical concuerda con la elevación en metros sobre el nivel del mar (m.s.n.m.). (Fuente: Elaboración propia. En Surfer).

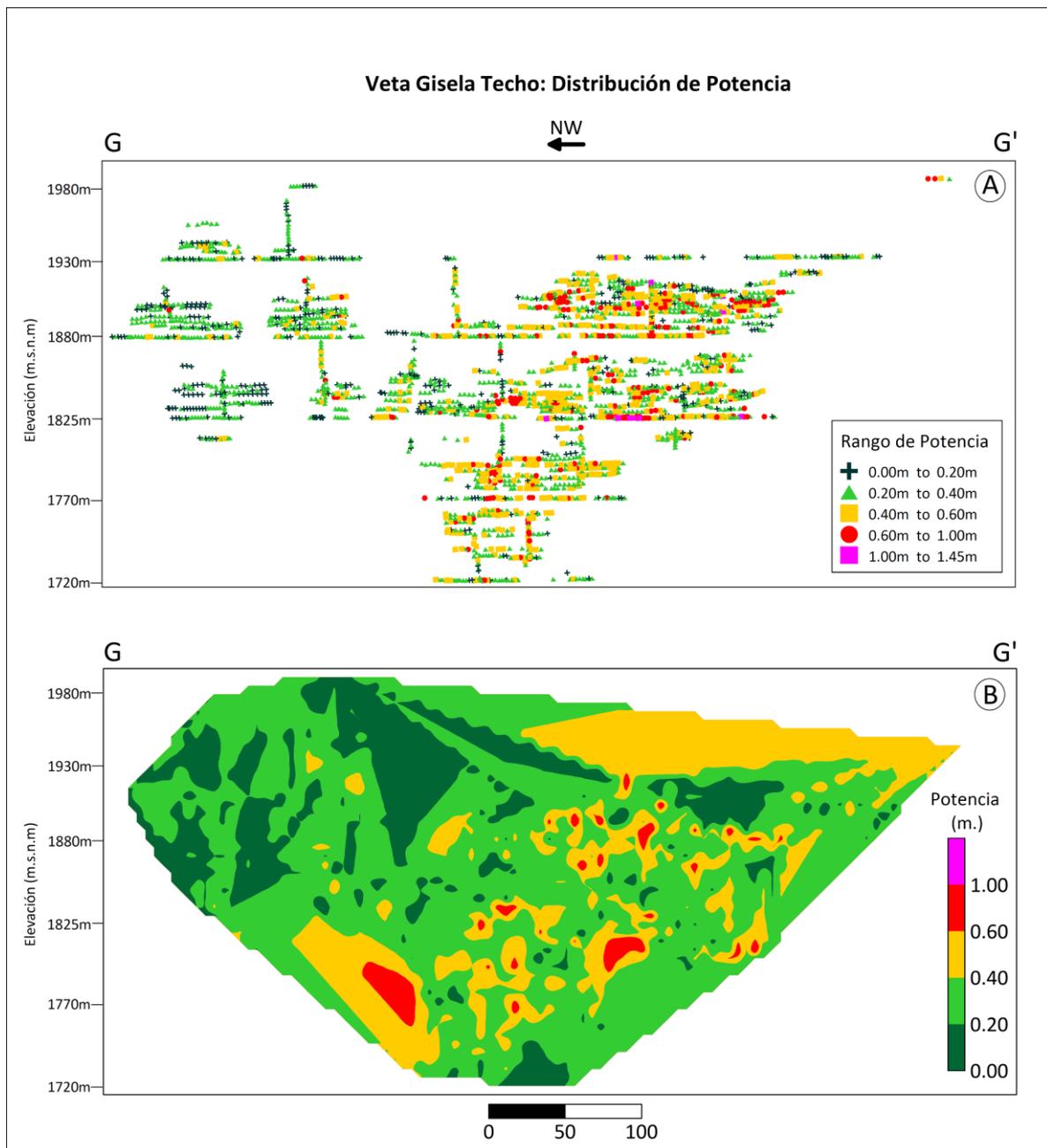


Figura 40. Veta Gisela Techo mostrando contorno de anchos

A) Distribución de potencia en metros a lo largo de toda la sección longitudinal de veta Gisela Techo, B) Interpolación lineal de acuerdo a las clasificaciones de isopotencia, el eje vertical concuerda con la elevación en metros sobre el nivel del mar (m.s.n.m.). (Fuente: Elaboración propia. En Surfer).

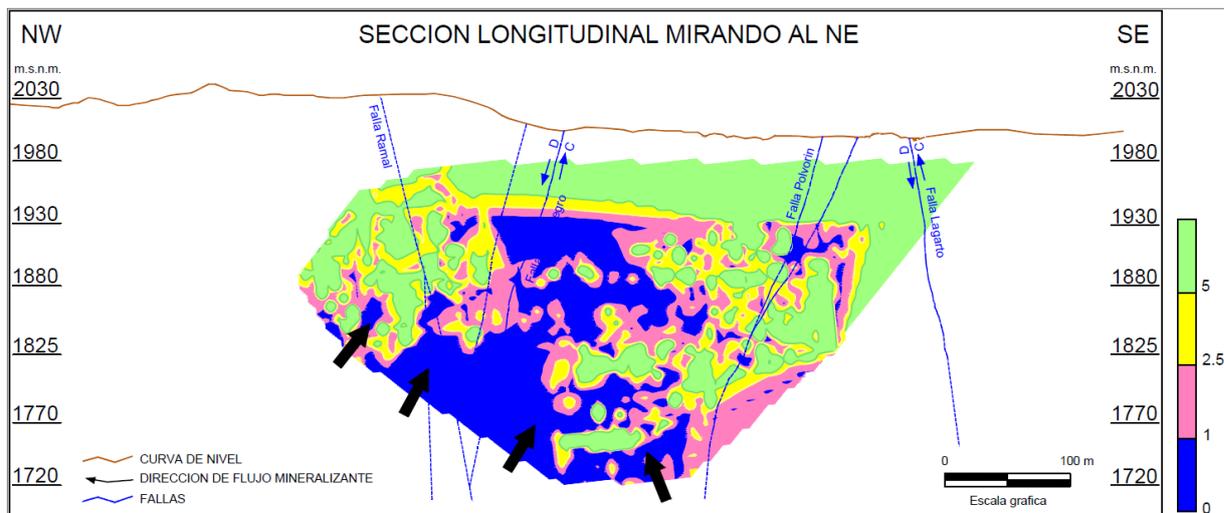


Figura 41. Sección longitudinal veta Gisela Techo mostrando cociente metálico Au/Cu.

4.5.3. Veta Gisela Split

El contenido del mineral de oro en la veta Gisela Split (Figura 42) tiene leyes más altas comprendidas 8.0 a 14.0 gr/Tn Au, se encuentran regularmente distribuidos entre los niveles 1770 – 1880, con un desarrollo lateral hacia NE. Los valores de oro disminuyen gradualmente en niveles inferiores a 1770 está controlado por la intersección de la veta principal Gisela (Fig. A.3) y niveles superiores a 1880 controlados por la potencia y cambio de buzamiento de la veta.

La distribución de cobre en la veta Gisela Split (Figura 43) en el lado Noreste de la veta los valores de cobre tienen un comportamiento continuo y se observa valores mayores a 2 %Cu, con un desarrollo lateral hacia NE; los valores de cobre disminuyen gradualmente en niveles inferiores y superiores del nivel 1825.

La potencia de la veta es variable, (Figura 44) se presentan desde 0.10 m. a 0.20 m. en zonas de estrangulamiento que corresponde a niveles inferiores a 1770 y niveles superiores a 1880, y su contenido metálico disminuye por lo cual estaría controlado por la abertura de la estructura; mientras que en zonas de ensanchamiento llega 0.20m.



hasta 0.40 m., con un contenido metálico de oro y cobre continuo; esta veta se relaciona a la estructura formada en una grieta de separación.

El foco mineralizador predominante tiene una dirección Suroeste, procedente de la intersección con la veta Gisela; el segundo foco mineralizador asciende de la zona Suroeste.

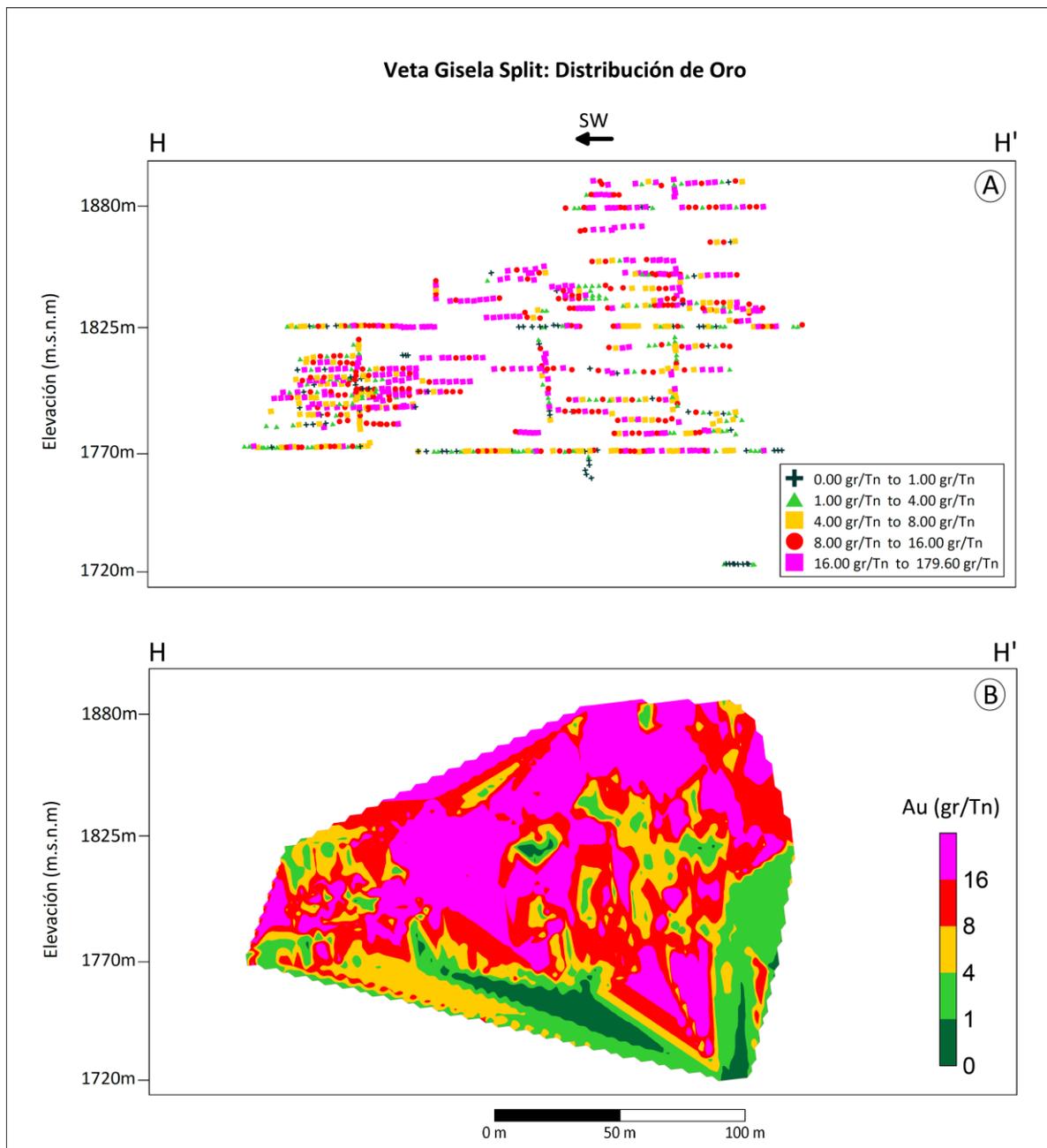


Figura 42. Veta Gisela Split mostrando isovalores de oro.

A) Distribución de mineral de oro en gr/Tn, a lo largo de toda la sección longitudinal de veta Gisela Split, B) Interpolación lineal de acuerdo a las clasificaciones de leyes, el eje vertical concuerda con la elevación en metros sobre el nivel del mar (m.s.n.m.). (Fuente: Elaboración propia. En Surfer).

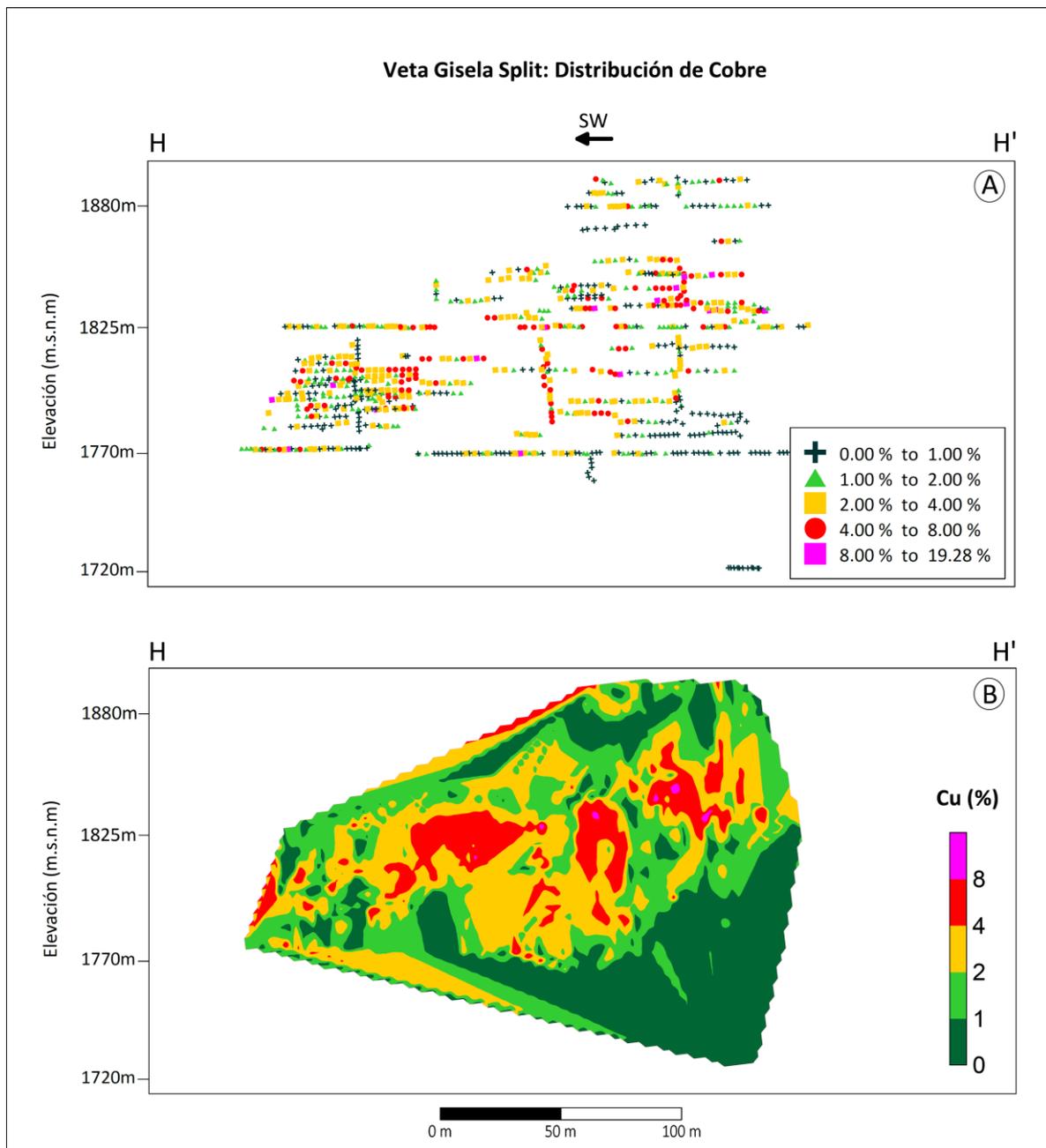


Figura 43. Veta Gisela Split mostrando isovalores de cobre.

A) Distribución de mineral de cobre en %, a lo largo de toda la sección longitudinal de veta Gisela Split, B) Interpolación lineal de acuerdo a las clasificaciones de leyes, el eje vertical concuerda con la elevación en metros sobre el nivel del mar (m.s.n.m.). (Fuente: Elaboración propia. En Surfer).

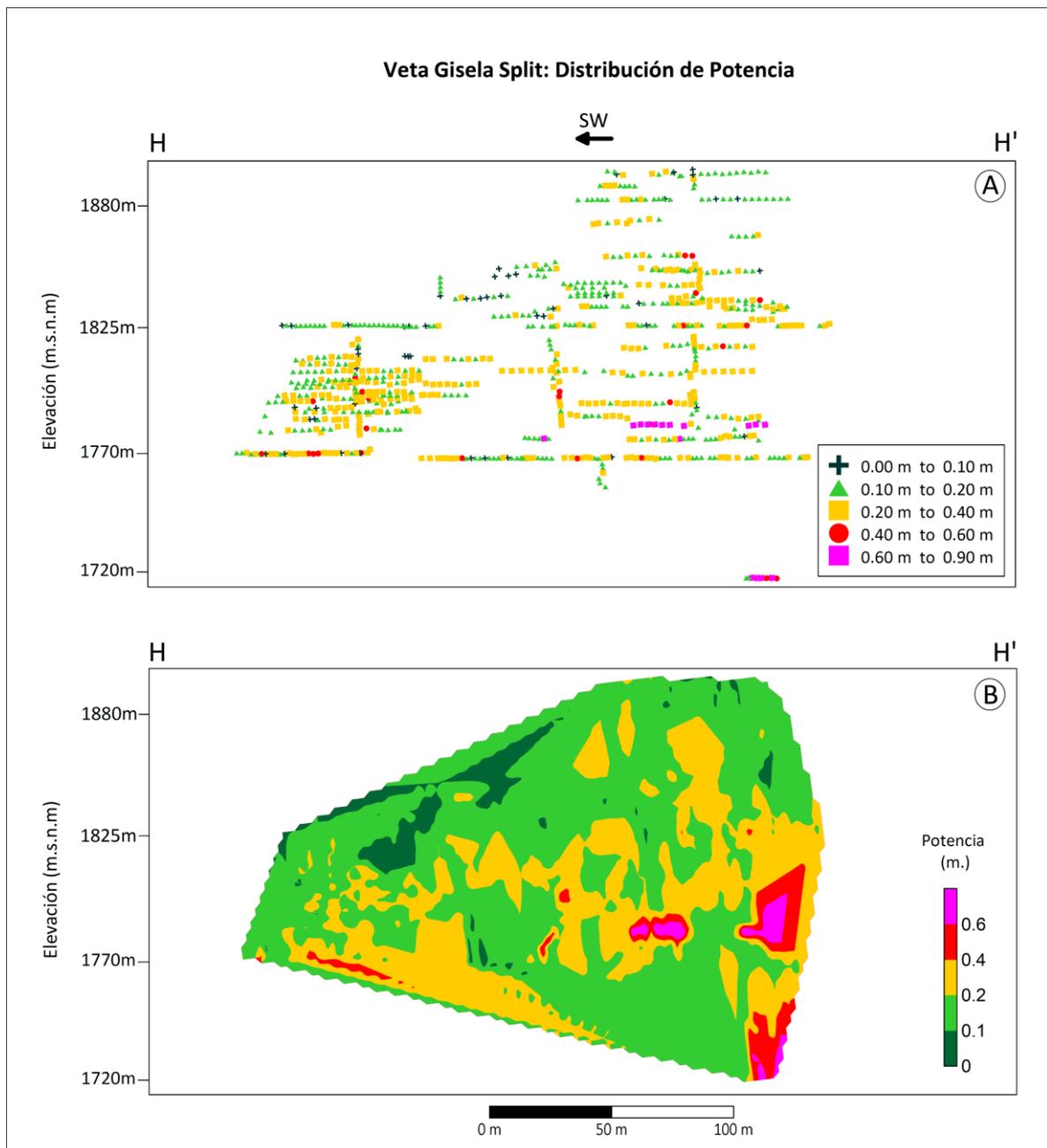


Figura 44. Veta Gisela Split mostrando contornos de anchos.

A) Distribución de potencia en metros a lo largo de toda la sección longitudinal de veta Gisela Split, B) Interpolación lineal de acuerdo a las clasificaciones de isopotencia, el eje vertical concuerda con la elevación en metros sobre el nivel del mar (m.s.n.m.). (Fuente: Elaboración propia. En Surfer).

4.5.4. Veta Carmen

Las concentraciones de oro en la sección longitudinal F - F' (Figura 45) muestra valores altos de 8.0 a 16.0 gr/Tn Au se encuentran en lado Este de la estructura de manera continua y limitados por la falla sudamericana, en la parte alta lado Oeste se evidencia una zona de óxidos por la lixiviación de sulfuros primarios con alta ley de oro 8.0 gr/Tn, desde nivel 1980 hasta superficie; la posibilidad de la presencia de los valores de oro a niveles inferiores del nivel 1770 son posibles en el lado Sureste del clavo mineralizante.

La deposición de cobre con valores altos 4 – 6 %Cu forman un núcleo en la parte media y Este de la veta (Figura 46) tienen un comportamiento continuo, con una gradación ascendente a los niveles superiores de la veta, la posibilidad de la presencia de los valores de cobre a niveles inferiores del nivel 1770 son posibles en la parte central de la veta. El clavo mineralizado corresponde a una zona de enriquecimiento secundario.

La presencia de potencias de la estructura mineralizada mayores a 0.40 m., se encuentran en lado Este, coincidiendo en la parte media del clavo mineralizado (Figura 47) con el frente máximo de deposición de oro y cobre. En el lado Oeste de la veta la potencia es reducida de 0.10 a 0.20 m., no existe proporcionalidad en el incremento de la potencia y los valores de oro y cobre.

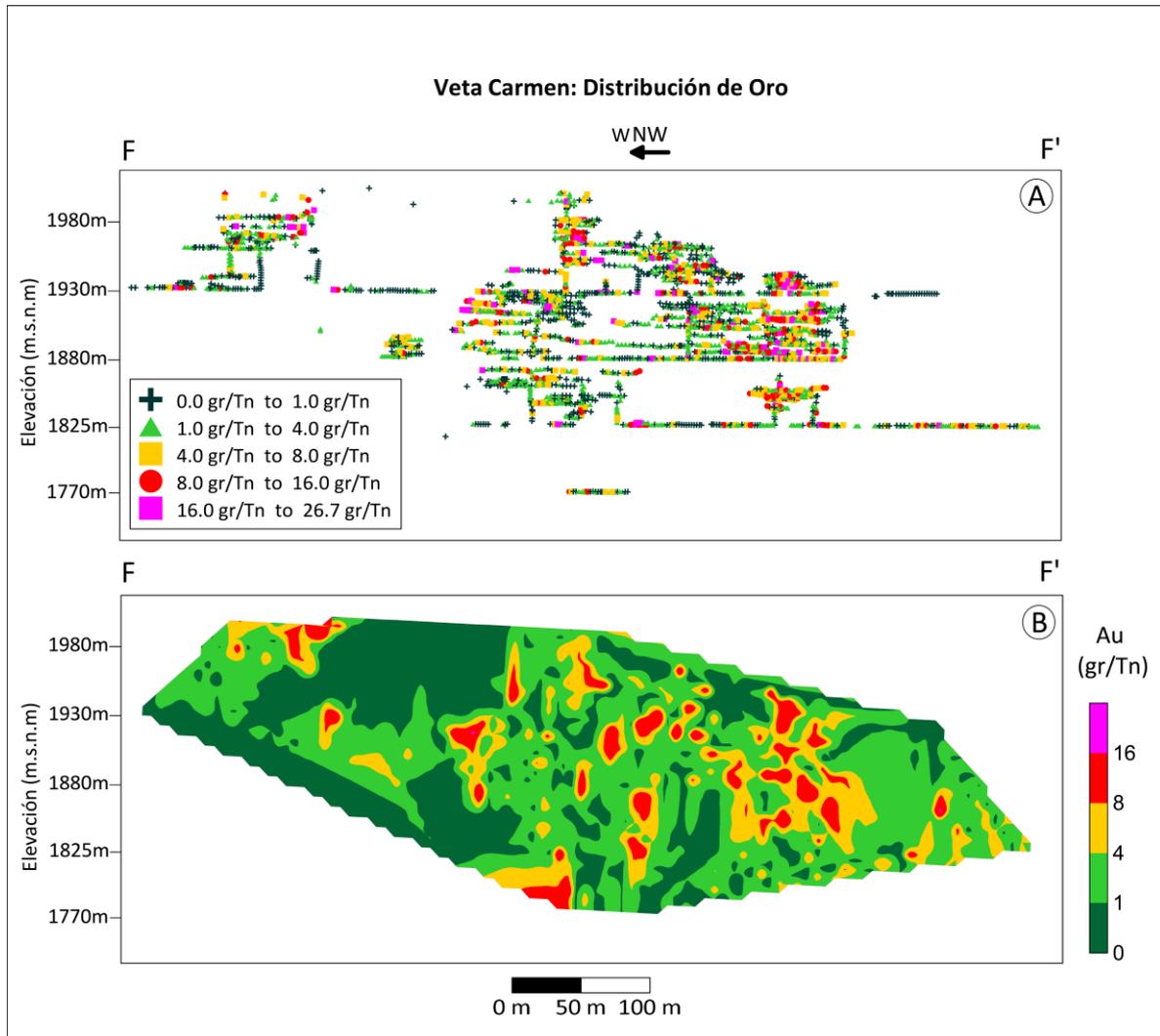


Figura 45. Veta Carmen mostrando isovalores de oro.

A) Distribución de mineral de oro en gr/Tn, a lo largo de toda la sección longitudinal F-F' de veta Carmen, B) Interpolación lineal de acuerdo a las clasificaciones de leyes, el eje vertical concuerda con la elevación en metros sobre el nivel del mar (m.s.n.m.). (Fuente: Elaboración propia. En Surfer).

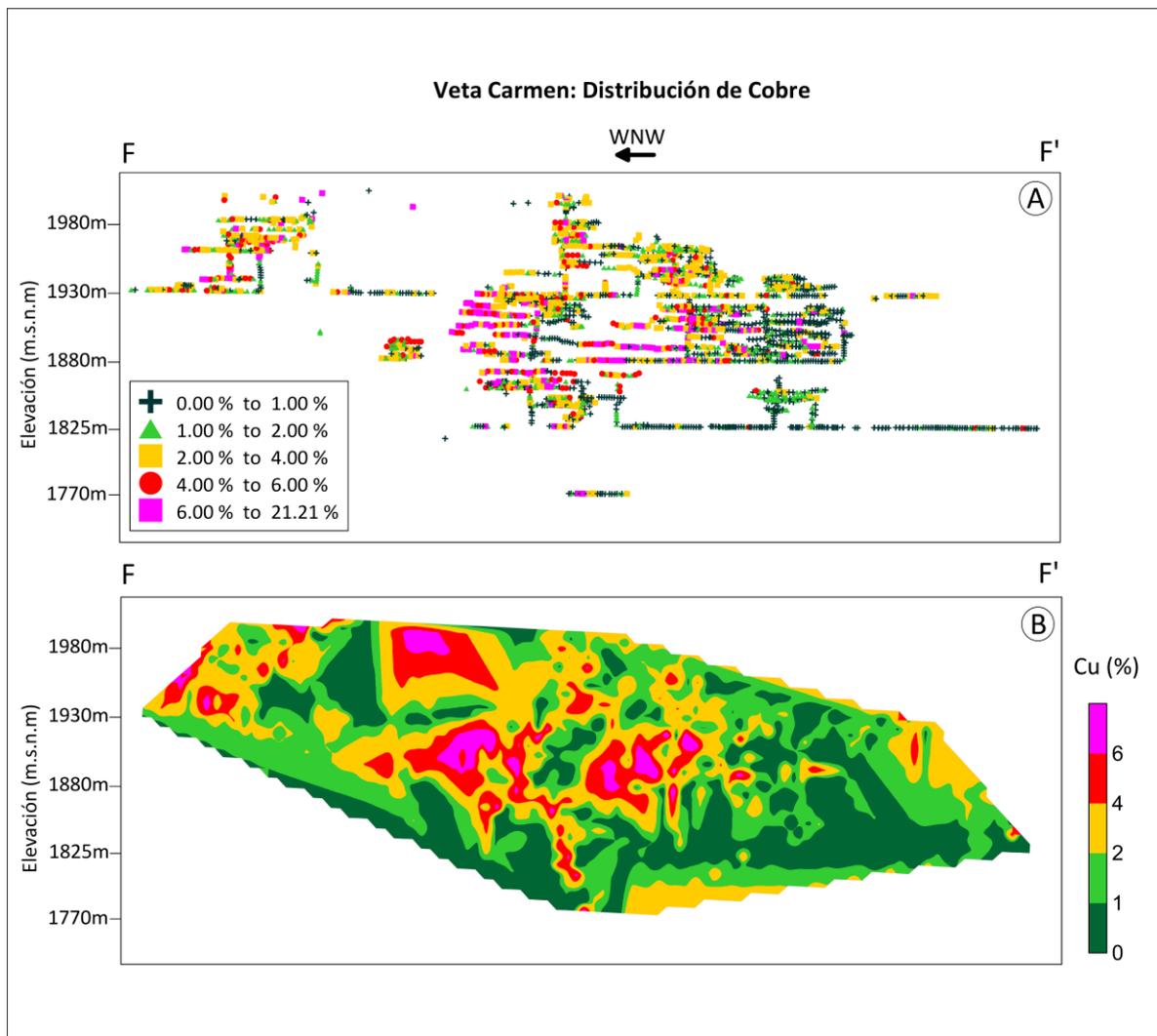


Figura 46. Veta Carmen mostrando isovalores de cobre

A) Distribución de mineral de cobre en %, a lo largo de toda la sección longitudinal F-F' de veta Carmen, B) Interpolación lineal de acuerdo a las clasificaciones de leyes, el eje vertical concuerda con la elevación en metros sobre el nivel del mar (m.s.n.m.). (Fuente: Elaboración propia. En Surfer).

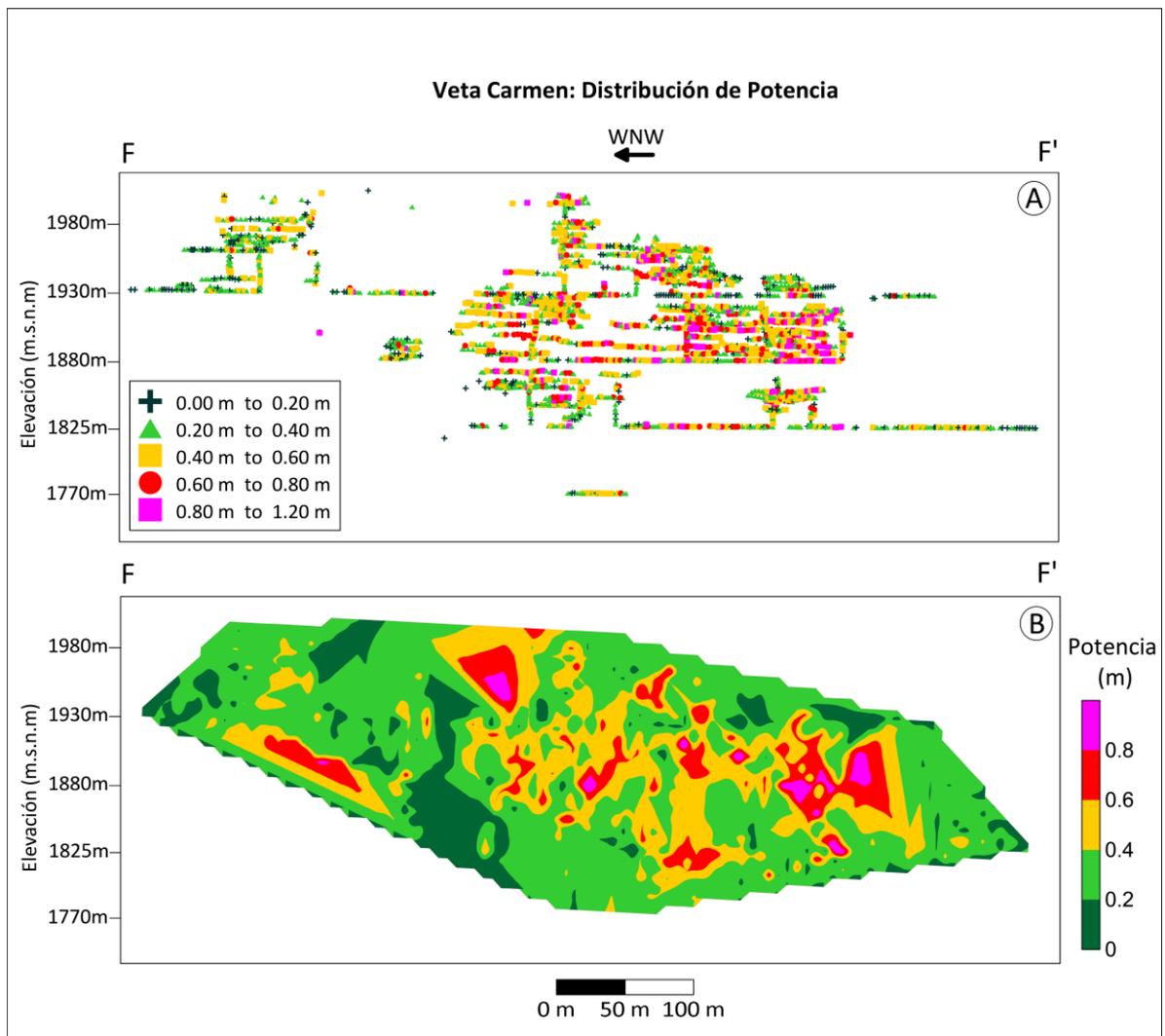


Figura 47. Veta Carmen mostrando contornos de anchos

A) Distribución de potencia en metros a lo largo de toda la sección longitudinal F-F' de veta Carmen, B) Interpolación lineal de acuerdo a las clasificaciones de isopotencia, el eje vertical concuerda con la elevación en metros sobre el nivel del mar (m.s.n.m.). (Fuente: Elaboración propia. En Surfer)

4.5.5. Veta Esperanza

Las concentraciones de oro con valores altos se encuentran irregularmente distribuidos (Figura 48) se hallan en el extremo Oeste pegado a la intersección con la



veta Gisela, los valores de oro disminuyen gradualmente hacia lado Este, lo que significaría que el flujo mineralizante con menor recorrido lateral.

En el lado Oeste de la veta nivel 1770 - 1880 los valores de cobre tienen un comportamiento continuo y se observa valores mayores a 1.0 %Cu, posibilitando el flujo mineralizante a mayor amplitud en este tramo de la estructura, la presencia de cobre en niveles superiores de 1930 es por enriquecimiento supérgeno (Figura 49).

La presencia de potencias de la estructura mineralizada mayores a 0.40 m. (Figura 50), coinciden en la parte Oeste del clavo mineralizado con el frente máximo de deposición de oro y cobre, los fluidos hidrotermales han migrado de la veta principal Gisela.

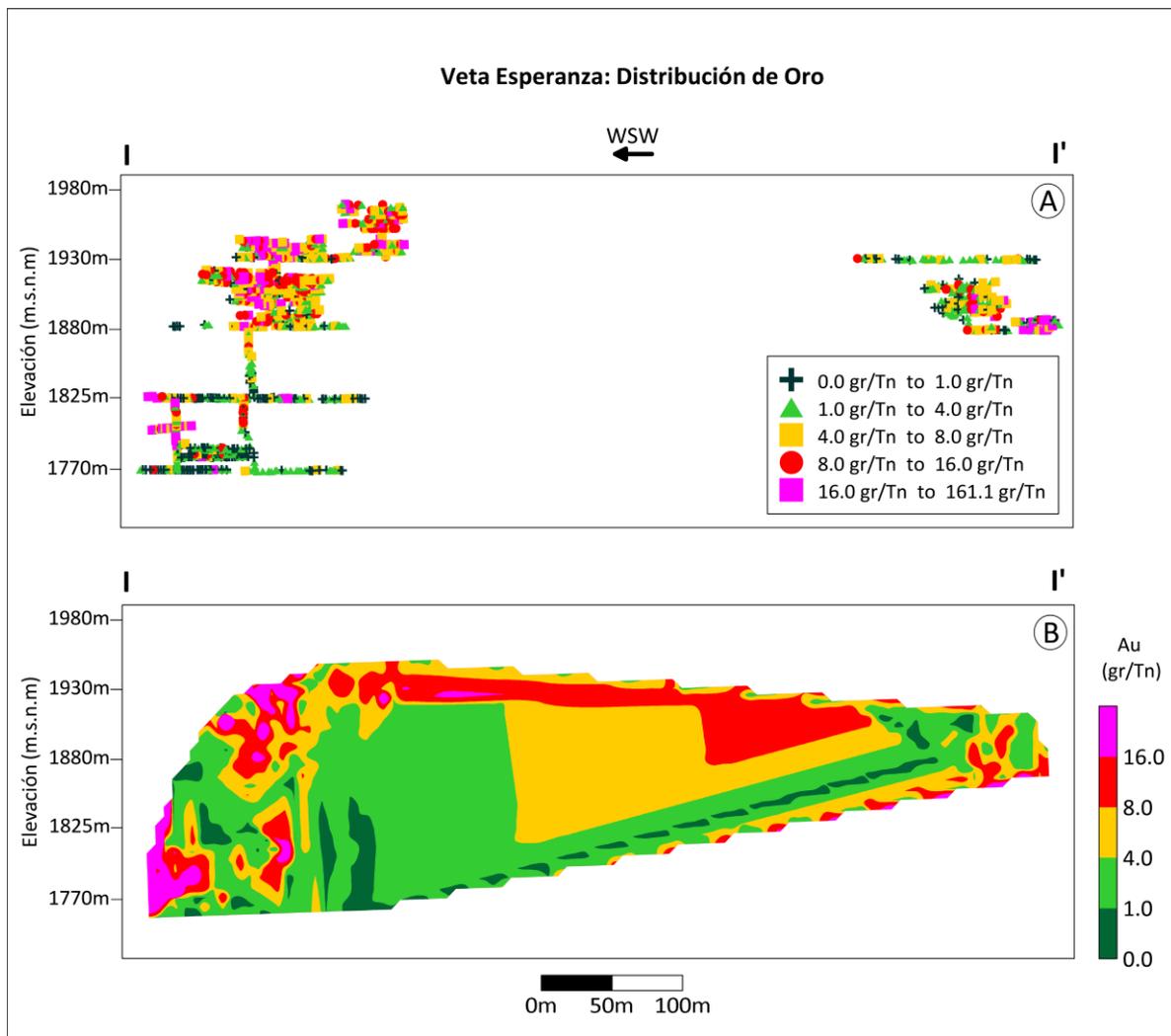


Figura 48. Veta Esperanza mostrando isovalores de oro

A) Distribución de mineral de oro en gr/Tn, a lo largo de toda la sección longitudinal I - I' de veta Esperanza, B) Interpolación lineal de acuerdo a las clasificaciones de leyes, el eje vertical concuerda con la elevación en metros sobre el nivel del mar (m.s.n.m.). (Fuente: Elaboración propia. En Surfer).

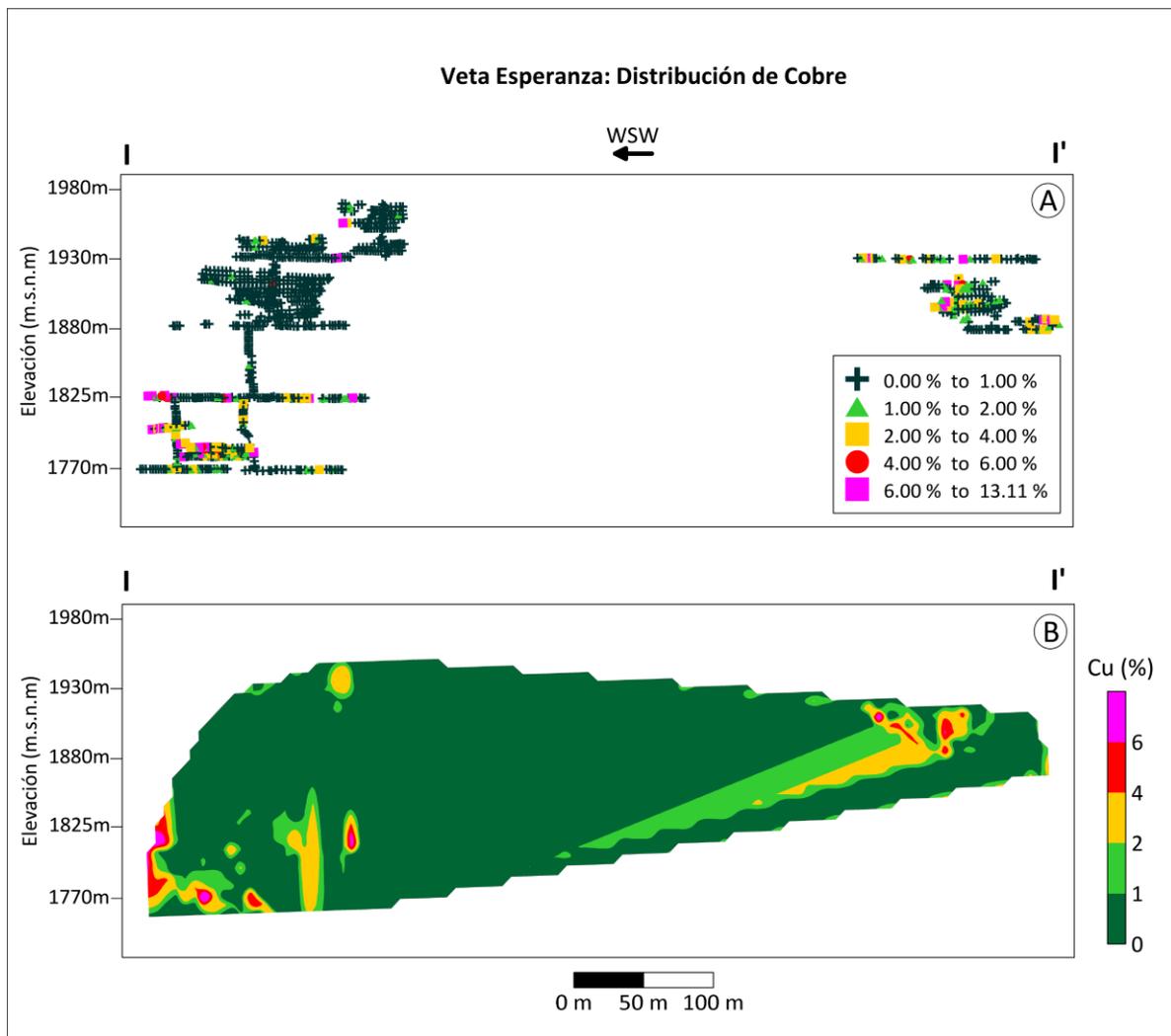


Figura 49. Veta Esperanza mostrando isovalores de cobre.

A) Distribución de mineral de cobre en %, a lo largo de toda la sección longitudinal I - I' de veta Esperanza, B) Interpolación lineal de acuerdo a las clasificaciones de leyes, el eje vertical concuerda con la elevación en metros sobre el nivel del mar (m.s.n.m.). (Fuente: Elaboración propia. En Surfer).

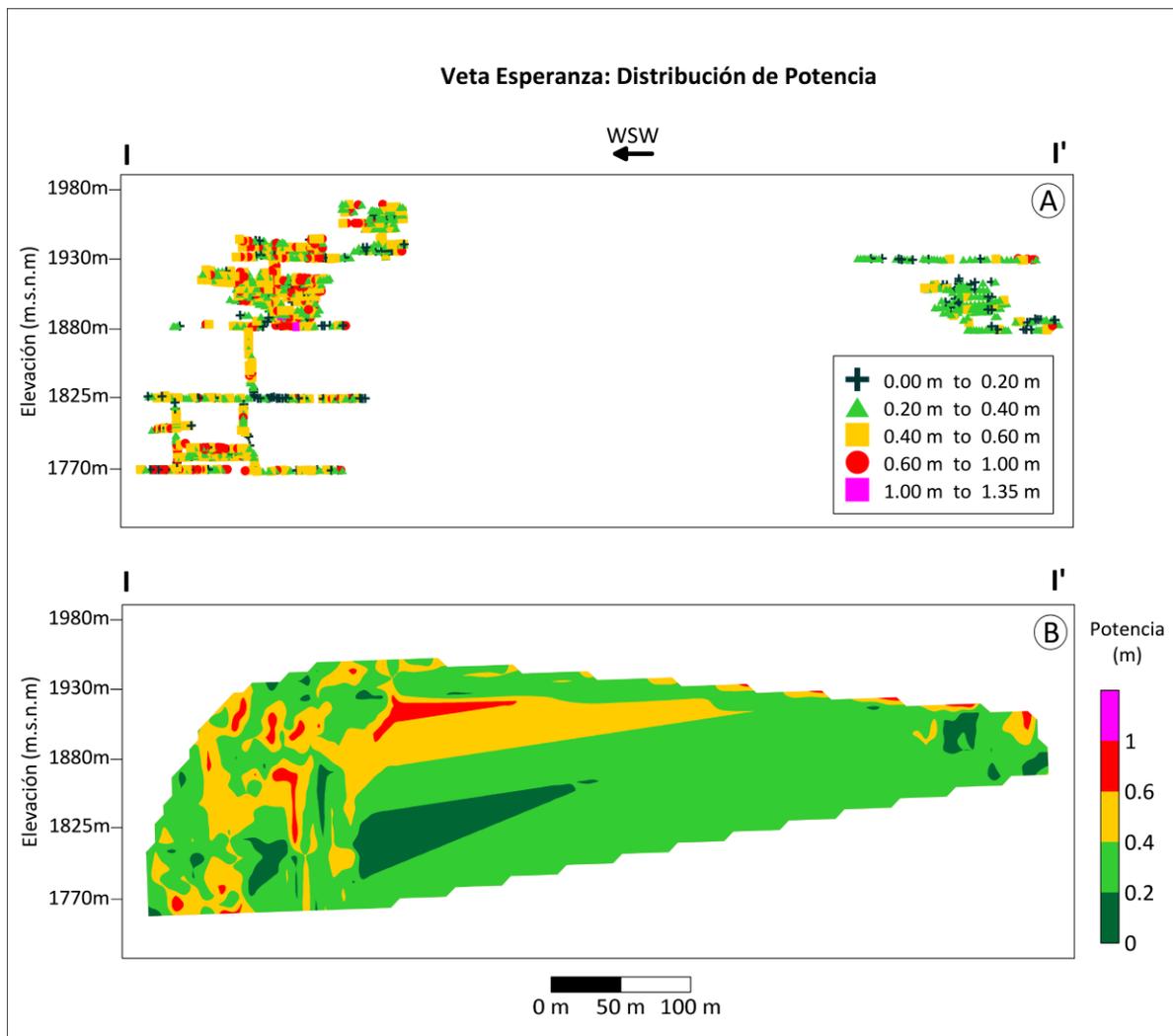


Figura 50. Veta Esperanza mostrando contornos de potencia.

A) Distribución de potencia en metros a lo largo de toda la sección I - I' de veta Esperanza, B) Interpolación lineal de acuerdo a las clasificaciones de isopotencia, el eje vertical concuerda con la elevación en metros sobre el nivel del mar (m.s.n.m.). (Fuente: Elaboración propia. En Surfer).

4.5.6. Veta Mirian

Las concentraciones de oro mayores a 8.0 gr/TM Au, se hallan ubicadas en la intersección con la veta Esperanza 1, Tuerto, en el lado NW. El frente de máxima ley de oro se ubicaría entre los niveles 1825 hasta 1880, se observa claramente los clavos



mineralizados. Los valores de oro disminuyen gradualmente en nivel 1770, posible horizonte de baja ley; sin embargo, la posibilidad de la presencia de los valores de oro a niveles inferiores es posibles en el lado Noroeste del clavo mineralizante, frente de deposición inicial es aún poco evidente. (Figura 51).

La deposición de cobre con valores altos 2 – 4 %Cu forman un núcleo en la parte media y Noroeste de la veta, tienen un comportamiento discontinuo, formando tramos reducidos de clavo mineralizante. En la parte superior del clavo mineralizante los valores de cobre decrecen rápidamente que los valores de oro, sin embargo, en la parte central de la sección longitudinal de la veta, los valores de cobre se mantienen, lo que significaría flujo mineralizante con mayor recorrido subvertical. El clavo mineralizado corresponde a una zona de enriquecimiento secundario (Figura 52).

La presencia de potencias mayores a 0.80 m. se sitúan notoriamente en parte superior del nivel 1825, en profundidad reducen a 0.60 m. (Figura 53).

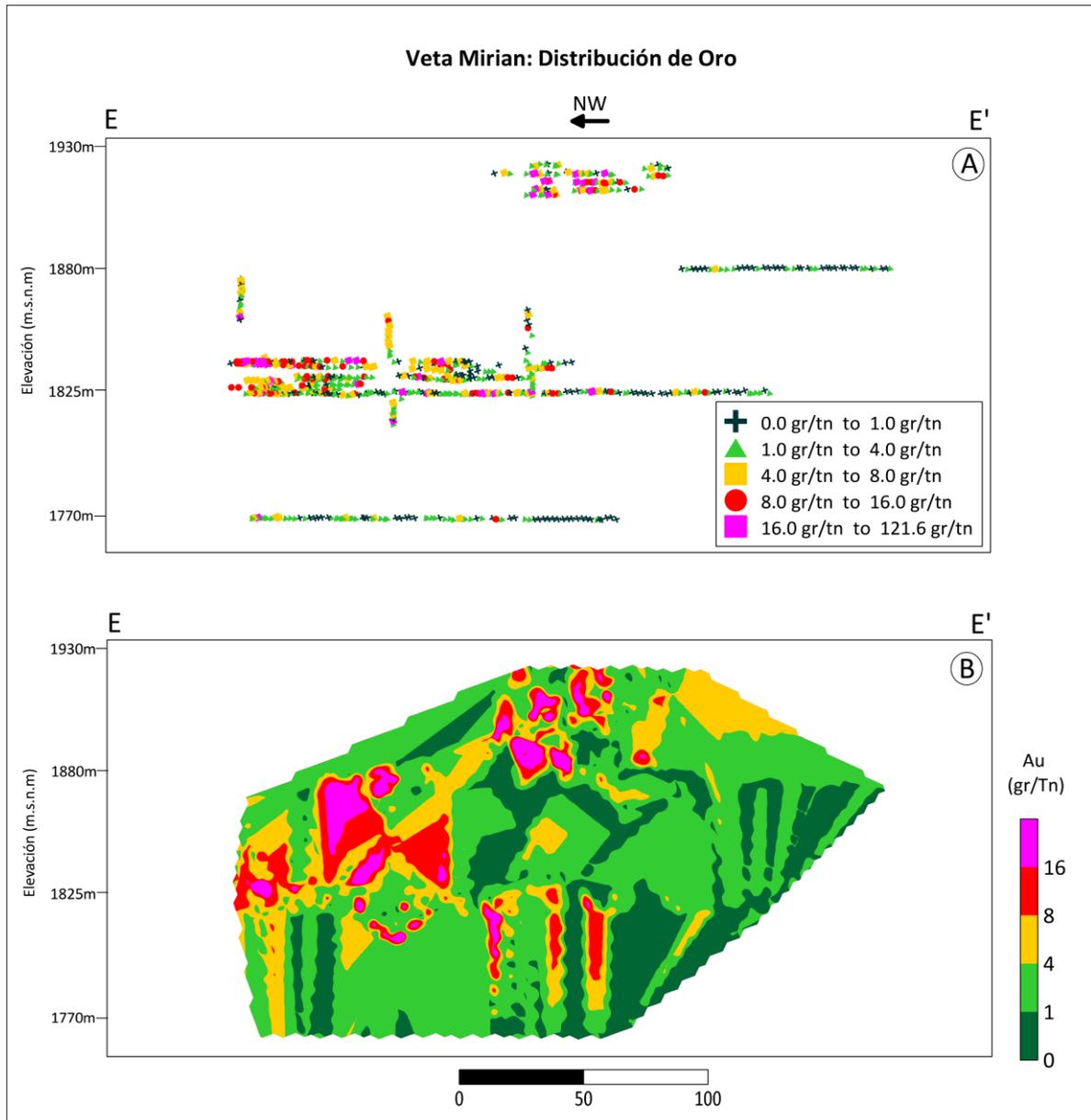


Figura 51. Veta Mirian mostrando isovalores de oro

A) Distribución de mineral de oro en gr/Tn, a lo largo de toda la sección longitudinal E - E' de veta Mirian, B) Interpolación lineal de acuerdo a las clasificaciones de leyes, el eje vertical concuerda con la elevación en metros sobre el nivel del mar (m.s.n.m.). (Fuente: Elaboración propia. En Surfer).

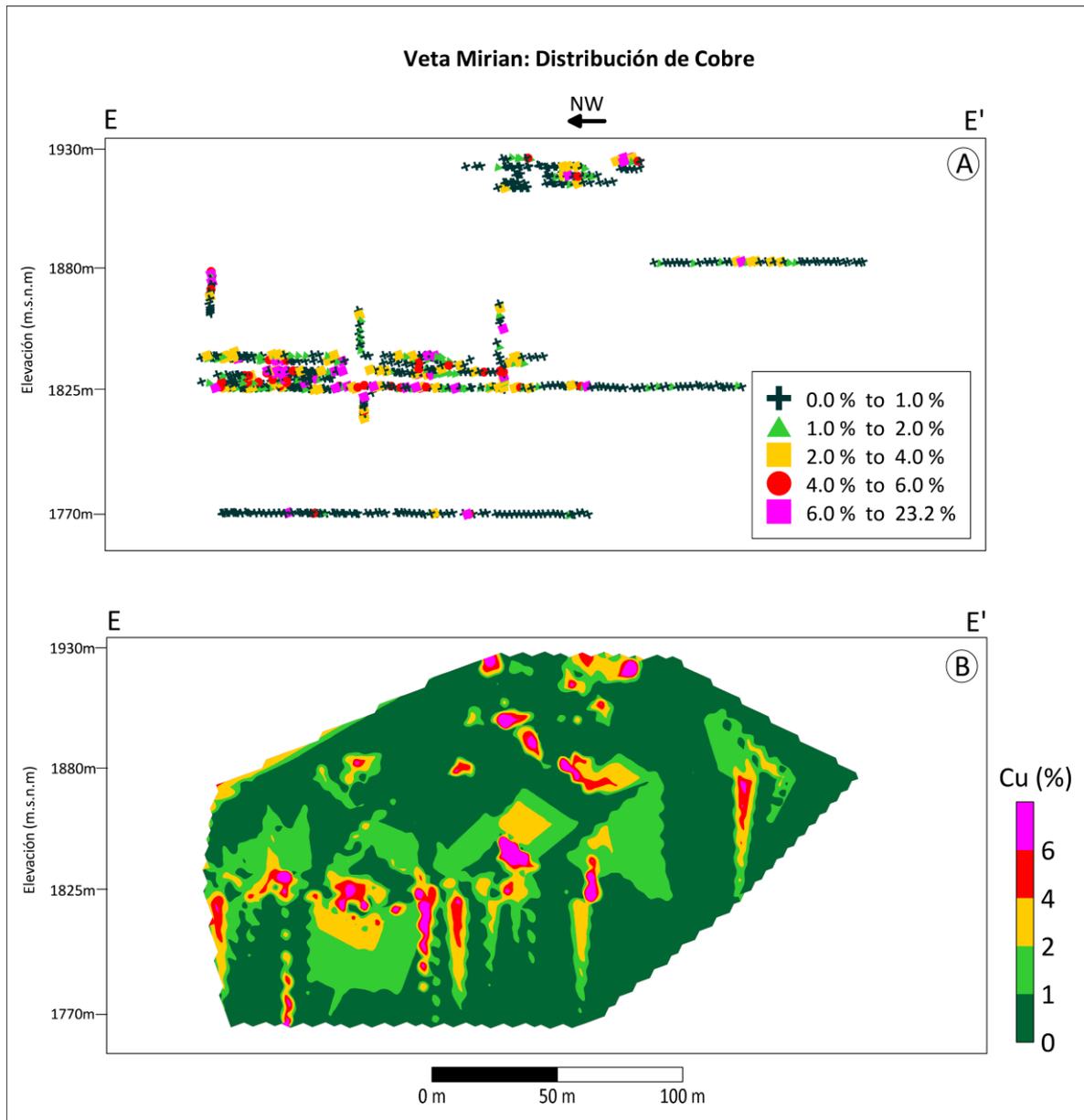


Figura 52. Veta Mirian mostrando isovalores de Cobre.

A) Distribución de mineral de cobre en %, a lo largo de toda la sección longitudinal E - E' de veta Mirian, B) Interpolación lineal de acuerdo a las clasificaciones de leyes, el eje vertical concuerda con la elevación en metros sobre el nivel del mar (m.s.n.m.). (Fuente: Elaboración propia. En Surfer).

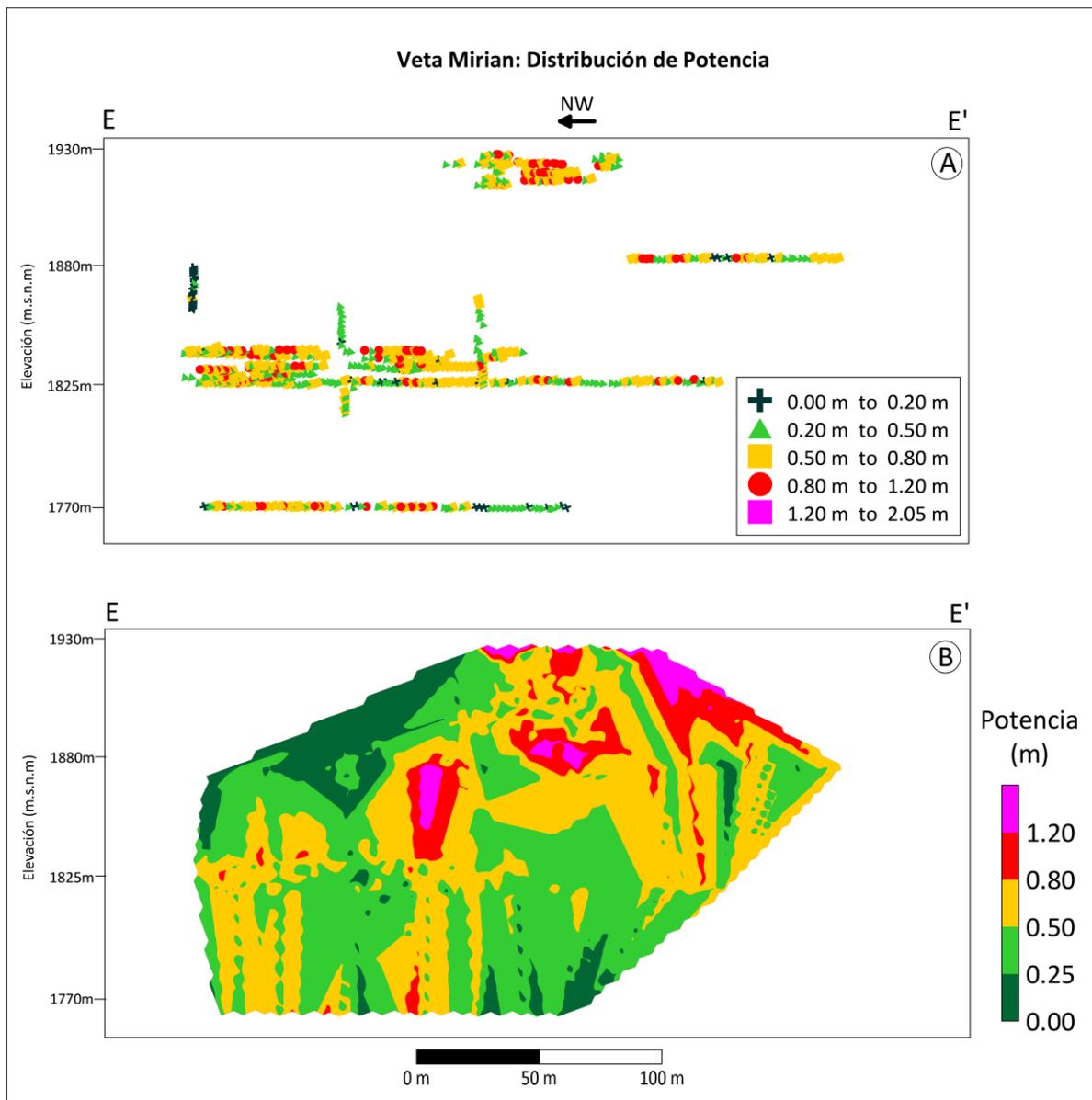


Figura 53. Veta Mirian mostrando contornos de anchos.

A) Distribución de potencia en metros a lo largo de toda la sección E - E' de veta Mirian B) Interpolación lineal de acuerdo a las clasificaciones de isopotencia, el eje vertical concuerda con la elevación en metros sobre el nivel del mar (m.s.n.m.).

(Fuente: Elaboración propia. En Surfer).



4.6. ALTERACIÓN HIDROTERMAL

La alteración hidrotermal presente en las rocas encajonantes consiste silicificación, fílica, argílica y propilítica, las alteraciones hidrotermales han afectado fuerte a moderado la roca encajonante mostrándose cierto paralelismo a la estructura y dependiendo su influencia al grado e intensidad del flujo mineralizante.

Generalmente la alteración fílica de intensidad fuerte a moderado afectaron las rocas dioríticas, monzonitas; la alteración propilítica se muestra de manera sobreimpuesta a la fílica y de forma moderado alterando a las rocas andesitas porfiríticas.

La silicificación de las cajas en la veta Gisela lado Noroeste es una característica relacionada a la cercanía del stock riolítico de forma irregular que instruye a rocas diorita, monzonita.

Las alteraciones hidrotermales predominantes se caracterizan mediante los ensambles mineralógicos: alteración fílica (cuarzo-sericita), alteración propilítica (clorita-epidota-calcita-pirita), alteración argílica (caolinita-motmorillonita).

Los clavos de mineral están asociados principalmente a la alteración Fílica - Propilítica.

4.7. CONTROLES DE LA MINERALIZACIÓN

El resultado de los métodos utilizados para el análisis del comportamiento geológico del yacimiento es la base para determinar los controles geológicos.

4.7.1. Control Litológico

Se ha determinado como control litológico favorable a la mineralización las rocas diorita, andesita porfirítica; en menor grado la monzonita, microdiorita y riolita.

La diorita es más fracturable y las fallas que atraviesan estas rocas son más abiertas, creando zonas favorables para la deposición.

La monzonita y microdiorita son rocas más duras y crean vetas más angostas, por la poca fragilidad que tienen estas rocas.

Las rocas con presencia de alteración hidrotermal fílica, podrían constituirse en una guía litológica.

4.7.2. Control Estructural

El sistema de fracturas de rumbos NW–SE y buzamientos generalmente al SW son características que dominan y son favorables para la mineralización, sobre todo en las vetas principales (Gisela, Mirian), otro sistema se enmarca en rumbos preferentes E–W y buzamientos hacia el Sur (vetas tensionales como: Gisela Techo, Carmen, Esperanza, Esperanza Este, Rosa, Promesa), (Figura 30).

Las fallas longitudinales y paralelas a la veta se convierten como guías estructurales en tramos de veta estrangulada, asimismo constituye una guía el desplazamiento sinextral de la veta en fallas diagonales y transversales (Figura 22, 23).

Los tramos de intersección de estructuras son favorables para la mineralización (Figura 25).

4.7.3. Control Mineralógico

El cuarzo gris a hialino, bandeado micro fracturado y azucarado, es característico de zonas con contenido alto de oro.

Las bandas y diseminaciones de pirita adyacentes a las bandas de cuarzo, constituyen una guía principal de contenidos potenciales de oro.

El cuarzo masivo generalmente implica un flujo único de mineralización, por lo tanto, la presencia de valores de oro y cobre es menor.

La brecha de la estructura dentro del conducto de la mineralización refiere estadios de removilización y deposición perturbada, por lo tanto, la presencia de valores de oro y cobre se sujetan en valores puntuales.

4.8. PARAGÉNESIS Y ZONEAMIENTO DE MINERAL DE LAS VETAS

GISELA, MIRIAN, GISELA TECHO.

Para el estudio de paragénesis y zoneamiento de mineral se hicieron análisis un total de 16 muestras en secciones pulidas para las tres vetas. Estas muestras fueron tomadas en los diferentes niveles como 1930, 1880, 1825, 1770.

4.8.1. Veta Gisela

La calcopirita ocurre como cristales anhedrales, relícticos, (0.05mm.) están diseminados en la ganga, rellenando porosidades en la pirita, estando ambos minerales muy asociados; los bordes de la calcopirita se alteran a covelina (Figura 55A).

La pirita presenta cristales de formas anhedrales y subhedrales, con tamaños menores a 0.35mm. Se le puede encontrar diseminado en la ganga y remplazado parcialmente por la calcopirita a través de las fracturas y bordes de granos. (Figura 55F), la pirita está siendo parcialmente alterado por la hematita en los bordes y fracturas de los granos. (Figura 56B)

La covelina es un sulfuro secundario de cobre, se presenta como alteración de la calcopirita, lo altera a partir de los bordes y de sus abundantes microfracturas. En total representa el 3% de la muestra (Figura 55D, C).

El oro nativo tiene formas irregulares y tamaños hasta de 60 micras se encuentran rellenando fracturas y porosidades en la pirita (Figura 56A, B), también se observa

diseminado en la ganga (GGs) de cuarzo teñida por hematita, rodeados por óxidos de Fe como , hematita (Figura 56C, D).

Atacamita y posiblemente malaquita, estos minerales están rellenoando fracturas e intersticios entre los granos de cuarzo de la estructura; estos óxidos representan el 5% de la muestra (Figura 55E).

La hematita – goethita se presentan como cristales anhedrales, con tamaños variables, se les ubican rellenoando fracturas e intersticios entre los granos de cuarzo, los bordes de algunos granos de goethita están en contacto con la atacamita, la goethita es más abundante que la hematita (Figura 55E).

En resumen, la secuencia de paragénesis de la veta Gisela (Figura 54)

| Minerales | I Fase Hipógena | II Fase Hipógena | Supérgena |
|---------------------|--------------------|--------------------|--------------------|
| Sericita | Red horizontal bar | Red horizontal bar | |
| Cloritas | Red horizontal bar | Red horizontal bar | |
| Epidota | Red horizontal bar | | |
| Carbonatos | Red horizontal bar | Red horizontal bar | |
| Cuarzo | Red horizontal bar | Red horizontal bar | |
| Pirita cristalizada | Red horizontal bar | | |
| Pirita amorfa | | Red horizontal bar | |
| Calcopirita | | Red horizontal bar | |
| Oro Nativo | Red horizontal bar | Red horizontal bar | |
| Gohethita | | | Red horizontal bar |
| Hematita | | | Red horizontal bar |
| Tenorita | | | Red horizontal bar |
| Atacamita | | | Red horizontal bar |
| Crisocola | | | Red horizontal bar |
| Calcosina | | | Red horizontal bar |
| Covelina | | | Red horizontal bar |

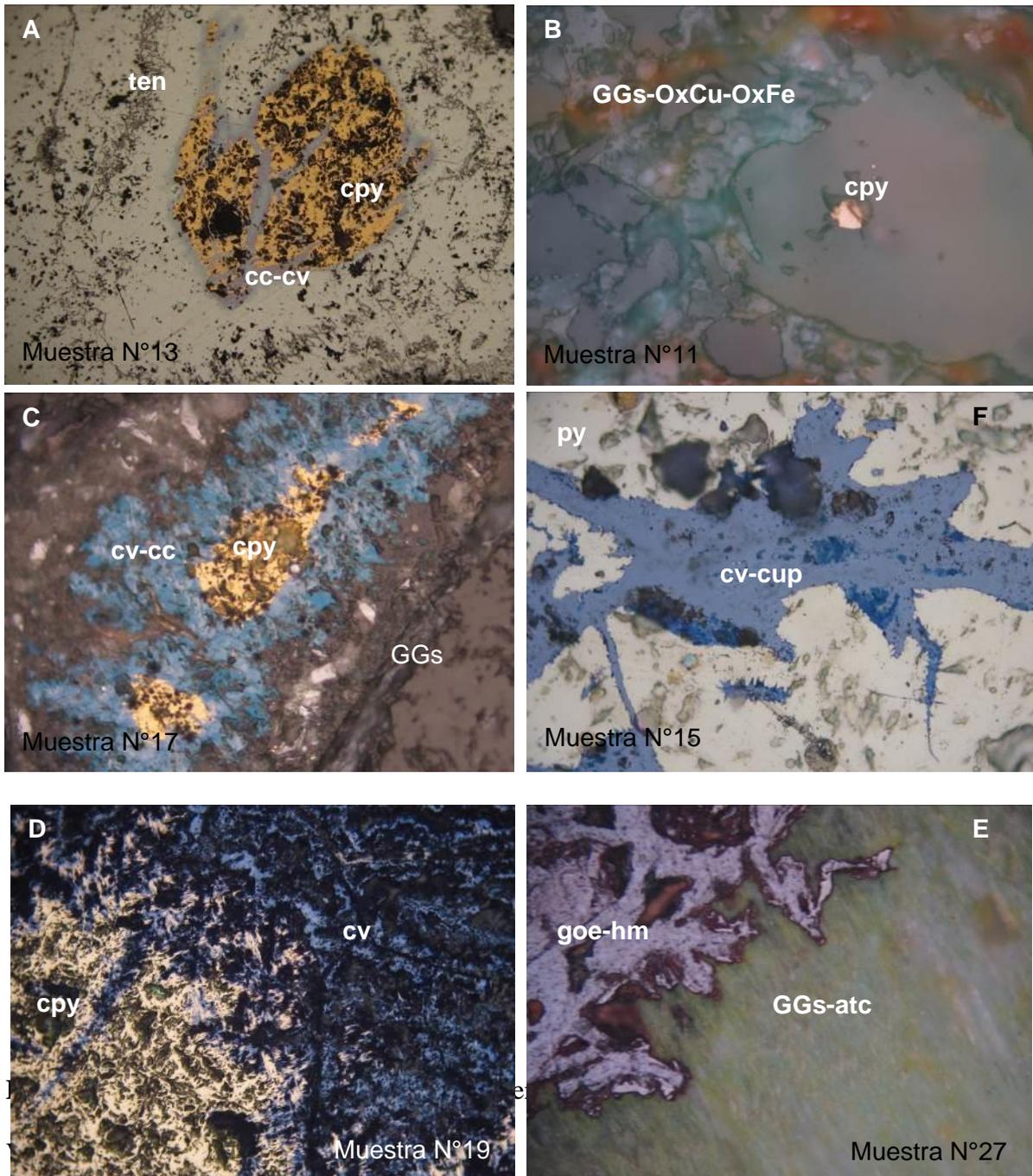
Figura 54. Secuencia paragenética de veta Gisela. (Fuente: Elaboración propia).

La primera fase hipógena está representada por minerales de alteración hidrotermal como las arcillas, sericita, clorita, epidota; y luego de minerales como cuarzo lechoso, pirita cristalizada, Calcita.



Segunda fase hipógena se caracteriza por presencia de minerales calcopirita, piritita amorfa, cuarzo, calcita, oro nativo, aún continúan los minerales de alteración hidrotermal en cantidades menores.

La fase supérgeno está constituida por minerales de sulfuros secundarios de cobre calcosina, covelina y óxidos de cobre (atacamita, cuprita, azurita).



A.- La calcopirita rodeada por la tenorita, calcosina y covelina en las fracturas de la calcopirita. B.- calcopirita rodeada por los óxidos de Cu y Fe, los cuales tiñen la ganga, la calcopirita mide 0.035mm C.- calcopirita reléctica y covelina con escasa calcosina, el grano ocurre diseminado en la ganga. D.- grano de calcopirita alterado

por covelina y muy escasa calcosina, la alteración ocurre en los bordes y fracturas de la calcopirita. E.- óxidos de Fe, como la hematita con la goethita y al lado derecho la ganga teñida por la atacamita. F.- fracturas en la pirita rellenas por minerales secundarios de cobre la covelina. (Fuente: Geo Services Alberto Aranda E.I.R.L.).

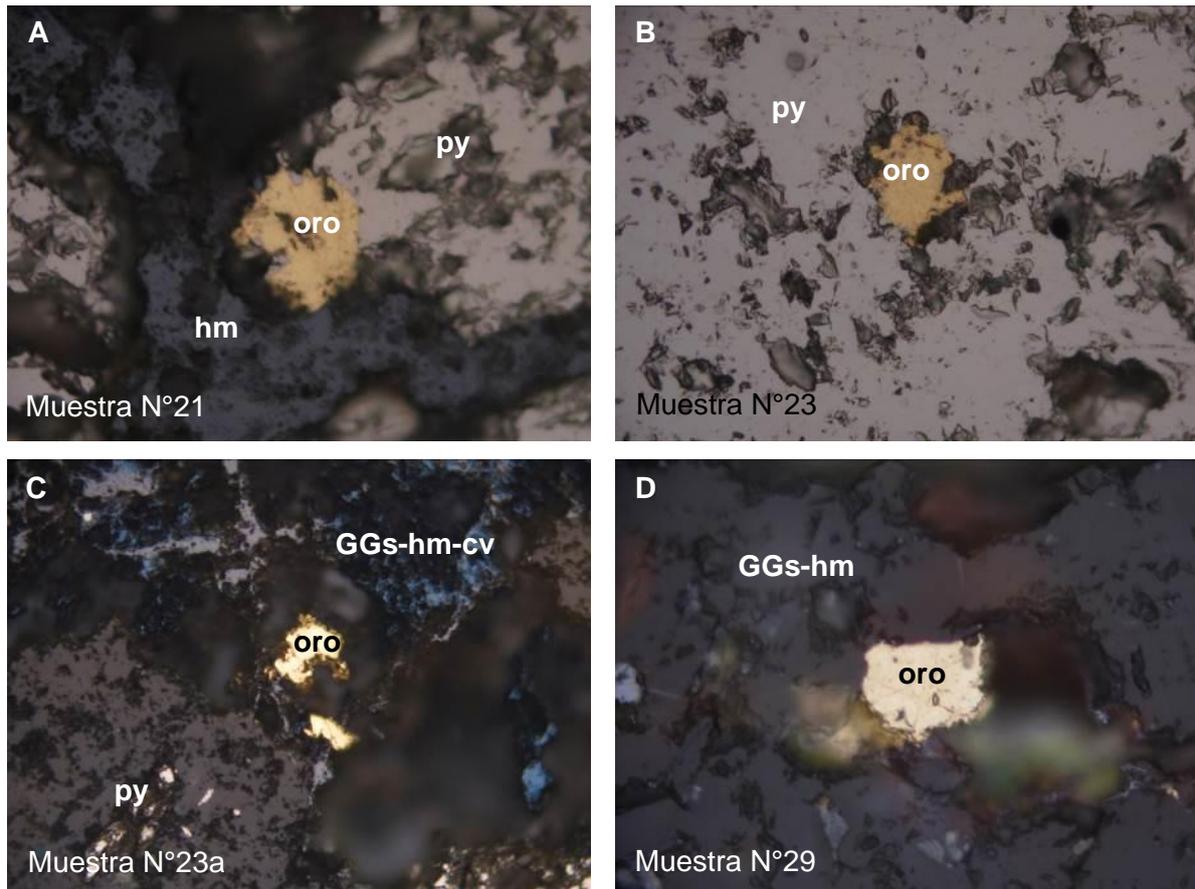


Figura 56. Fotomicrografía mostrando ocurrencia de oro de veta Gisela.

A.- Grano de oro nativo en el borde de la pirita y en contacto con la hematita. El grano de oro mide 0.06 mm. B.- oro relleno una porosidad en la pirita. El grano de oro mide 0.075 mm. C.- oro diseminados en la ganga (GGs) de cuarzo, junto a la covelina y hematita. A la izquierda, hay relictos de pirita. D.- grano de oro el cual llega a medir 0.09 mm., diseminado en la ganga (GGs) de cuarzo teñida por hematita, producto de la alteración de la pirita. (Fuente: Geo Services Alberto Aranda E.I.R.L.).

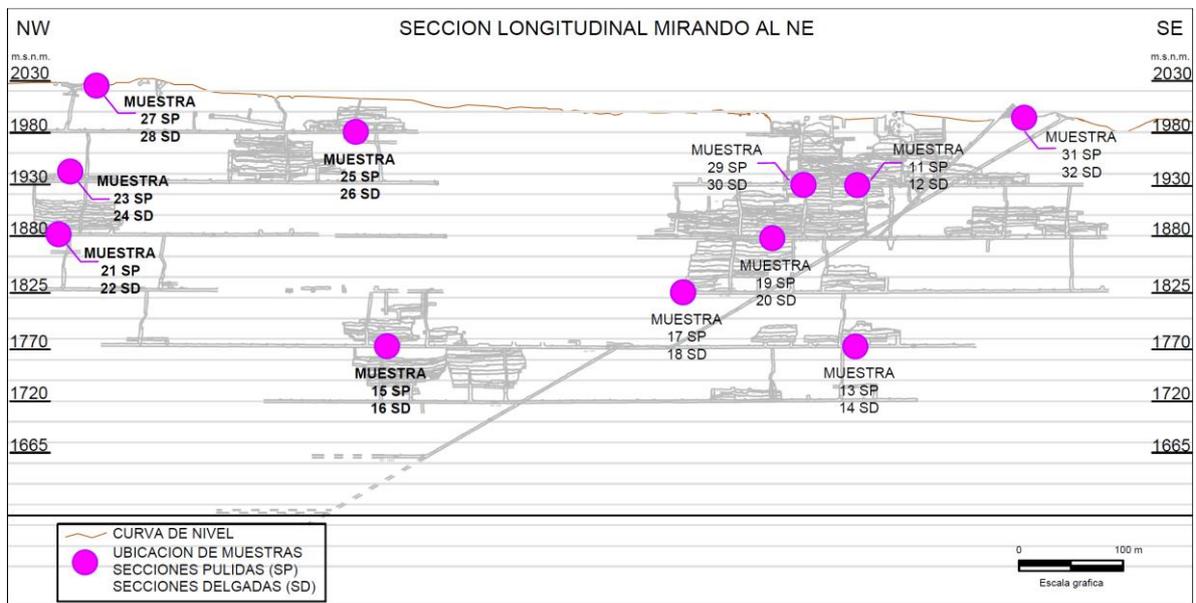


Figura 57. Sección longitudinal de la veta Gisela mostrando ubicación de muestras de secciones pulidas y secciones delgadas. (Fuente: Minera Croacia E.I.R.L.).

Para zonificar el mineral en veta Gisela se realizó una distribución de contornos o isovalores de ley equivalente, el zoneamiento de mineral muestra las fases cupríferas: de 0.00 a 80 m. zona de óxidos (cuprita, atacamita, azurita, crisocola), de 80 m. a 280.0 m., zona de sulfuros secundarios (calcosina, covelina, calcopirita), mayores a 280.0 m., de profundidad zona de sulfuros primarios (bornita, calcopirita, piritita), se observa cobre en profundidad y oro en parte periférica de la veta (Figura 58).

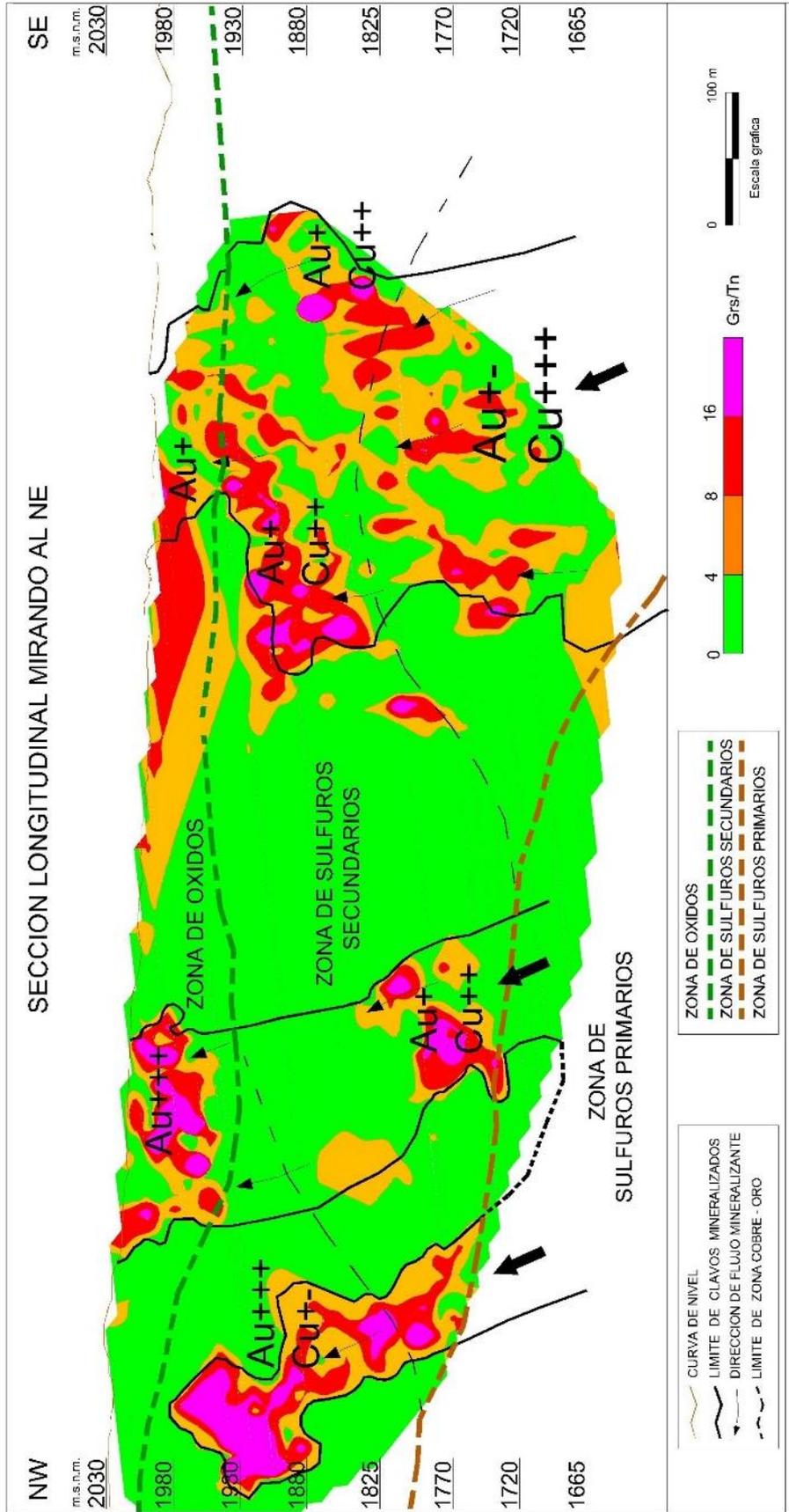


Figura 58. Zoneamiento de mineral para la veta Gisela. (Fuente: Elaboración propia).

4.8.2. Veta Gisela Techo

Se han localizado granos de cobre nativo, con formas anhedrales y tamaños menores a 0.08 mm., ocurren diseminados en la ganga, a nivel de trazas.

La cuprita se presenta como cristales anhedrales con tamaños menores a 0.1 mm.

Se encuentran diseminados en la roca, casi siempre cerca al cobre nativo, sin estar en contacto, trazas.

Atacamita es un mineral secundario de cobre, el cual ocurre en forma anhedral o amorfa, rellenando fracturas y espacios entre los granos de la ganga, parece que tiene relación con el cobre nativo, mineral que algunas veces queda incluido o rodeado por la atacamita, lo mismo que con los óxidos de Fe.

Algunos granos de pirita, con tamaños menores a 0.02 mm. ocurren diseminados en la ganga, sin tener relación con los demás minerales de la muestra. Si bien la pirita es escasa, se han localizado algunos granos relacionados con los óxidos de Fe, trazas.

Calcopirita es aún más escasa que la pirita y se presenta en granos con tamaños menores a 0.01mm, también diseminada en la ganga sin tener ninguna relación con los demás minerales de la muestra. Se observa un grano casi en contacto con la atacamita, trazas.

Óxidos de Fe, se presentan minerales como la hematita, goethita, limonitas, los cuales se encuentran rellenando fracturas y tiñendo la ganga. Escasamente se encuentra mezclado con la atacamita. Estos óxidos de Fe, siendo el más abundante la goethita (Figura 60A)

Oxidados de Cobre, se pueden observar fracturas en la estructura rellenas parcialmente por atacamita (Figura 60B).

| Minerales | I Fase Hipógena | II Fase Hipógena | Supérgena |
|-------------|-----------------|------------------|-----------|
| Cuarzo | ————— | | |
| Pirita | ————— | | |
| Calcopirita | | ————— | |
| Oro Nativo | ————— | ————— | |
| Gohethita | | | ————— |
| Hematita | | | ————— |
| Atacamita | | | ————— |
| Cuprita | | | ————— |
| Cu Nativo | | | ————— |
| Calcosina | | | ————— |
| Covelina | | | ————— |

Figura 59. Secuencia paragenética de la veta Gisela Techo. (Fuente: Elaboración propia).

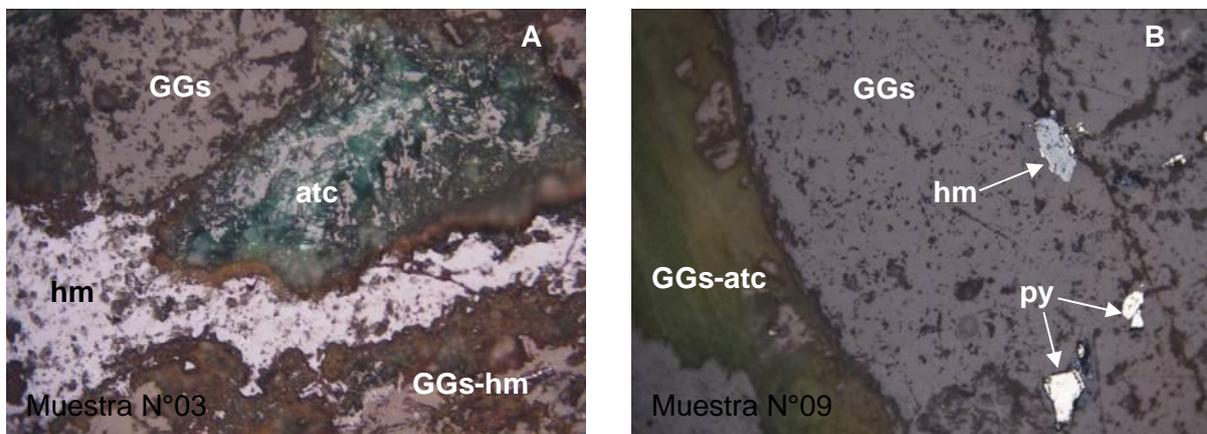


Figura 60. Fotomicrografía mostrando ocurrencia de la calcopirita y pirita de veta Gisela Techo.

A.- fractura rellena por hematita (hm) y una cavidad rellena por atacamita (atc), parte de la ganga (GGs) se encuentra teñida por hematita (GGs-hm). B.- pirita (py) relíctica, diseminada en la ganga (GGs). Pseudomorfos de hematita (hm) con pirita en los bordes, fractura rellena por ganga con atacamita (atc). (Fuente: Geo Services Alberto Aranda E.I.R.L.).

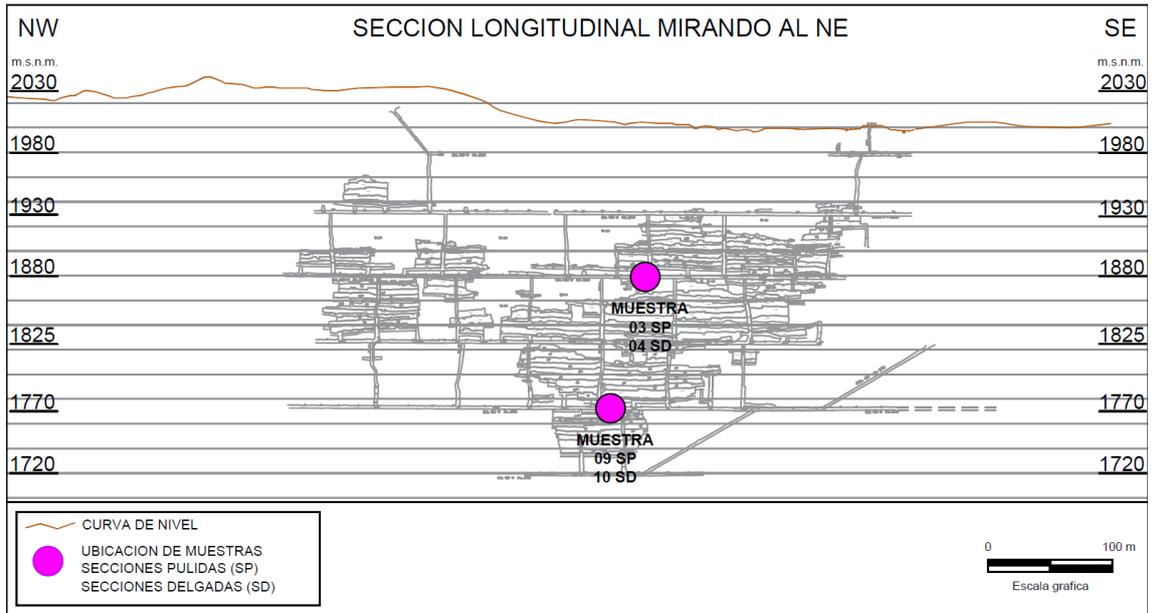


Figura 61. Sección longitudinal de la veta Gisela Techo mostrando ubicación de muestras de secciones pulidas y secciones delgadas. (Fuente: Minera Croacia E.I.R.L.).

Para zonificar el mineral en la veta Gisela Techo se realizó una distribución de ley equivalente, el zoneamiento de mineral muestra las fases cupríferas: de 0.00 a 80 m. zona de óxidos (cuprita, atacamita, azurita, crisocola), de 80 a 240 m., zona de sulfuros secundarios (calcosina, covelina, calcopirita), mayores a 240 m., de profundidad zona de sulfuros primarios (bornita, calcopirita, pirita), se observa cobre en profundidad y oro en parte periférica de la veta (Figura 62).

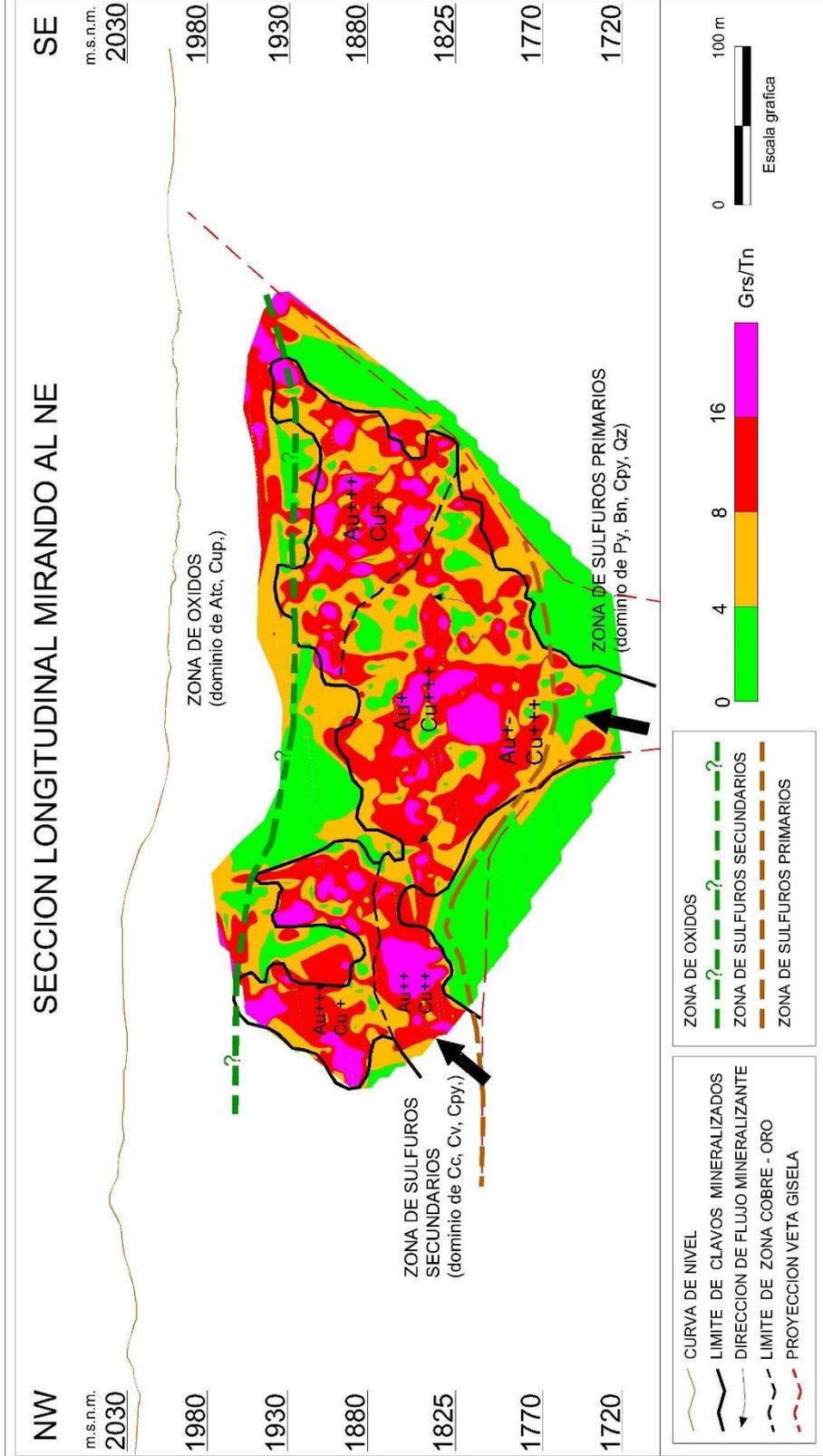


Figura 62. Zoneamiento de mineral para la veta Gisela Techo. (Fuente: Elaboración propia).

4.8.3. Veta Mirian

La pirita se presenta como cristales relícticos, anhedrales a subhedrales, los cuales llegan a medir hasta 0.03 mm. Ocurren dentro de las microfrazas y escasamente diseminado en el cuarzo. No tiene relación con los demás minerales de la muestra trazas.

Calcopirita se les observa como cristales anhedrales, relícticos, los cuales llegan a medir hasta 0.015 mm. Solo han sido observados dentro del material cementante, trazas. (Fig. 64A)

Óxidos de Fe, se presentan como agregados amorfos y como parte del material cementante, y en microfrazas; estando acompañado por esporádicos granos relícticos de pirita y calcopirita junto con óxidos de Cu (crisocola, atacamita). Hay escasos pseudomorfos de pirita alterados por hematita.

Óxidos de Cu, se presentan como relleno de microfrazas y parte del relleno que constituye el material cementante. Estos óxidos son posteriores a los óxidos de Fe, notándose una microfrazca rellena por estos óxidos de Cu, cortando a fracturas rellenas por los óxidos de Fe.

| Minerales | I Fase Hipógena | II Fase Hipógena | Supérgena |
|-------------|-----------------|------------------|-----------|
| Cuarzo | | | |
| Pirita | | | |
| Calcopirita | | | |
| Oro Nativo | | | |
| Carbonatos | | | |
| Gohethita | | | |
| Hematita | | | |
| Atacamita | | | |
| Crisocola | | | |
| Calcosina | | | |
| Covelina | | | |

Figura 63. Secuencia paragenética de veta Mirian. (Fuente: Elaboración propia).

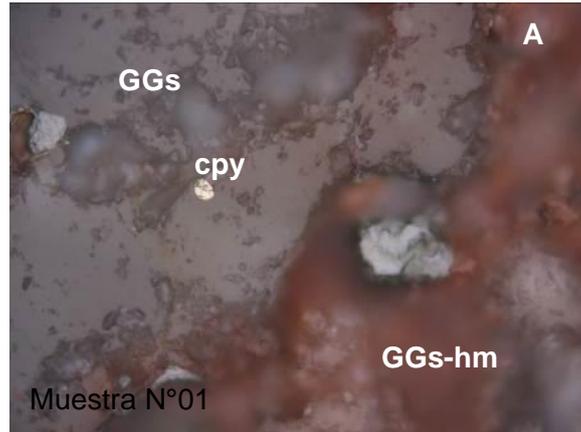


Figura 64. Fotomicrografía mostrando ocurrencia de calcopirita de la veta Mirian.

A). - Calcopirita (Cpy) relíctica diseminado en la ganga (GGs). El grano mide 0.025mm. La ganga se encuentra teñida por la hematita (hm). (Fuente: Geo Services Alberto Aranda E.I.R.L.).

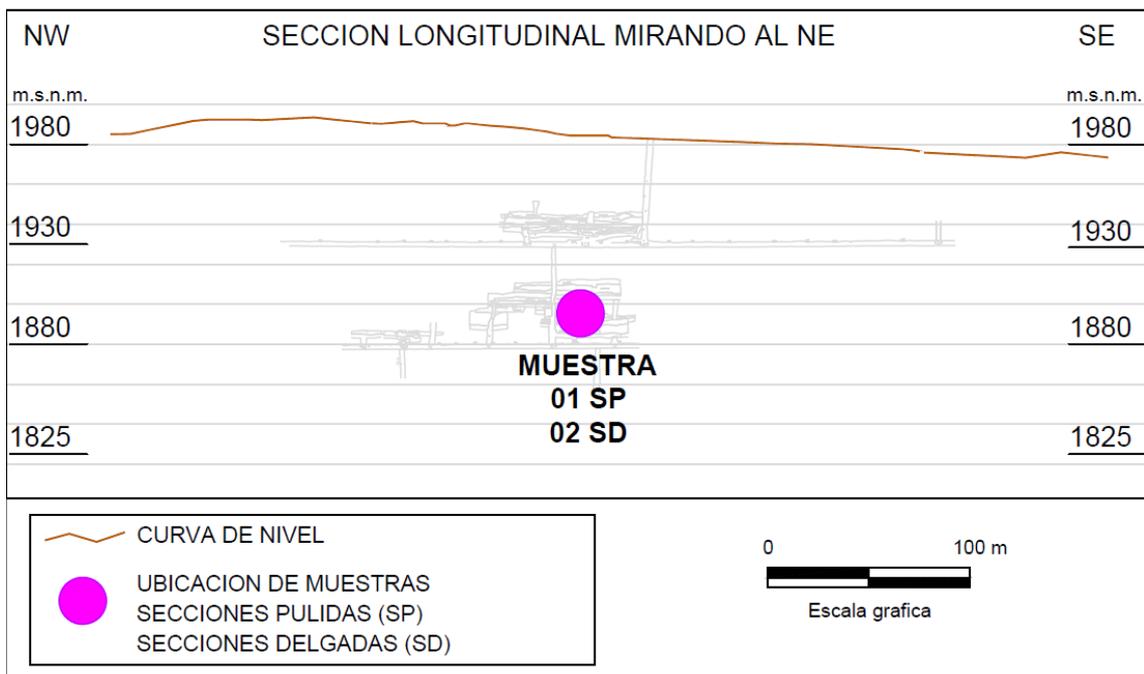


Figura 65. Sección longitudinal de la veta Mirian mostrando ubicación de muestras de secciones pulidas y secciones delgadas. (Fuente: Minera Croacia E.I.R.L.).

Para zonificar el mineral en veta Mirian se realizó una distribución de ley equivalente, muestras las fases cupríferas de 0.00 a 70.00 m, zona de óxidos de Cu, óxidos de Fe, de 70.00 a 220.0 m, zona de sulfuros secundarios (calcosina, covelina) calcopirita, la zona de sulfuros primarios aún no es evidente (Figura 66).

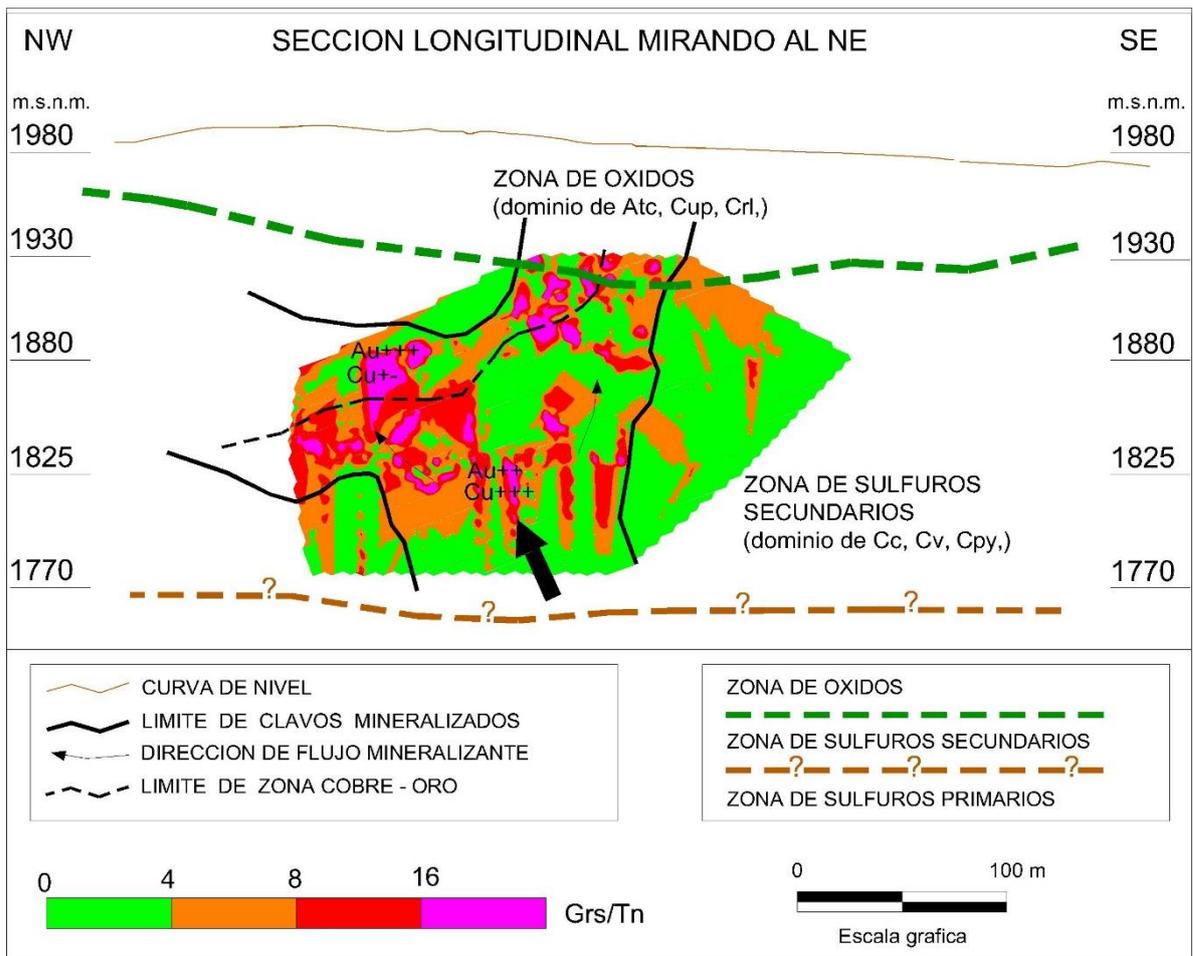


Figura 66. Zonamiento de mineral para la veta Mirian. (Fuente: Elaboración propia).



4.9. ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE LAS PRINCIPALES CARACTERÍSTICAS GEOECONÓMICAS DE LAS VETAS DE LA ZONA GISELA

Comparación de vetas de rumbo NW – SE con vetas de dirección E-W

- Las vetas de dirección NW – SE (integran veta Gisela y Mirian), estas estructuras son paralelas distanciados 215 metros; son de mayor extensión en longitud sobrepasan 1.0 km. (Fig. A.4), con potencia que varían hasta 3.45 m., en vertical alcanza los 350 metros (Fig. A.2, A.3) y los clavos mineralizados están distribuidos de manera errática que alberga tramos aproximadamente 30 a 60 metros con altas concentraciones de oro y cobre. (Figura 35 y 36).
- Mientras las vetas de dirección E-W en comparación con vetas NW-SW, son menores a 0.80 km. con potencias relativamente menores entre 0.10 a 1.45 metros, pero de manera continua en cuanto a la distribución de mineralización de oro y cobre tal como muestra la veta Gisela Techo (Figura 38 y 39), veta Gisela Split (Figura 42 y 43); y de manera errática la veta Carmen.
- La mineralización en ambas sistema de vetas manifiesta una zonación vertical de minerales de cobre en profundidad y el oro se encuentra distribuido en la parte alta o periférica de los clavos mineralizados de cobre esto por una razón de diferenciación de temperatura (oro a menor temperatura, y cobre a mayor temperatura), lo manifiestan las distribuciones de isovalores.
- Según el comportamiento estructural de zona Gisela las vetas de dirección NW – SE según modelo Riedel sintético pertenecen a cizallamiento principal, por tal razón presentan mayor extensión en profundidad y longitud con mineralización económica, albergando clavos mineralizados de oro y cobre, distribuidos de manera errática.



- Mientras las vetas de dirección E-W pertenecen a cizallamiento de segundo orden, son estructuras continuas de menor potencia y extensión, están controlados por estructuras de primer orden de dirección NW – SE.

Comparación de dirección con la distribución del oro y cobre de la veta Gisela

Comparando las figuras de dirección de veta y buzamiento (Fig. A.15A), con la distribución de oro (Figura 35) y distribución de cobre (Figura 36) se observa que el oro se encuentra principalmente:

- En el “clavo mineralizado extremo Oeste”, cuando la estructura tiene una dirección SE (Azimut 120°) y buzamientos de alto ángulo (70° SW)
- “Clavo mineralizado Este”, cuando la estructura tiene una dirección EW (Azimut 85°) y buzamiento bajo ángulo (60° SE).

Comparación de buzamiento con la distribución de oro, cobre de la veta Gisela

Se aprecia un ligero control del buzamiento de alto ángulo en los niveles inferiores, ya que muestra disminución en las leyes de oro.

En el caso del cobre el comportamiento que se observa al comparar con la dirección y buzamiento (Fig. A.15B) de la veta Gisela:

- Cuando la estructura tiene una dirección SE y buzamientos de alto ángulo, es desfavorable en el “clavo mineralizado extremo Oeste”
- En el “Clavo mineralizado Este”, se relaciona más con direcciones EW y buzamiento bajo ángulo.

Se aprecia un control del buzamiento de alto ángulo en los niveles inferiores, ya que muestra disminución en las leyes de cobre.



Interpretación de los resultados de perforación diamantina en las vetas de zona

Gisela

Los dos impactos de los sondajes GI-DDH-M15-069, 070 interceptan la veta Gisela con valores de cobre (Tabla B.12 y B.13) esto debido a la ubicación del sondaje en la columna del clavo mineral indicando la continuidad a profundidad, mientras los otros siete impactos a veta Gisela muestran sin valores.

Los dos impactos a veta Carmen muestran sin valores esto por la distribución irregular de los clavos mineralizados y/o conocido como horizonte pobre; a mayor profundidad los sondajes GI-DDH-M117-080, 082 interceptan la veta con valores de oro (Tabla B.16 y B.18), esto indica que la mineralización aún sigue profundizando. El sondaje GI-DDH-M117-083 impacta la veta Karina con valores de oro (Tabla B.19) en el nivel 1665 y se relaciona la veta con la reinterpretación del taladro GI-DDH-M117-083-032 ubicado el impacto en el nivel 1910, lo cual comprueba la continuidad de la mineralización aproximadamente un desnivel de 200 metros.

Los dos sondajes GI-DDH-M15-069, 071 perforados a veta Camila con valor de oro y cobre (Tabla B.12 y B.14), mientras 01 sondaje sin valor.

El sondaje perforado a veta Rosa, Futuro se ha encontrado veta sin valores.

El sondaje GI-DDH-M17-087 ejecutado desde la cámara 164 del nivel 1720, intercepta la veta Gisela con baja ley y al piso una veta con mineralización polimetálica 3.90 % Pb, 0.33 Oz Ag, 0.08 % Zn y trazas de Au, Cu; esto complementa el ensamble mineralógico del tipo de yacimiento. También se ha encontrado roca riolita muy silicificada se asume como el portador de la solución mineralizante.

De un total de 13 sondajes diamantinos ejecutados en interior mina (Tabla B.8), seis taladros interceptaron vetas sin valores y siete taladros impactaron a vetas con valores de oro y cobre.



Comparación de análisis geoquímico ICP con la distribución de oro en las vetas de zona Gisela

El oro es correlacionable con los elementos cobre (Cu) 68%, azufre (S) 66%, Cromo (Cr) 63%, Hierro (Fe) 58% (Tabla 10), las muestras ubicadas al lado Oeste de zona Gisela carecen de elementos guía los valores son muy bajos de igual manera la ley de oro. Mientras las muestras ubicadas al lado Este de zona Gisela manifiestan valores altos de cromo con valores bajos de azufre, hierro, cobre, por lo tanto, baja ley de oro. Los resultados de las muestras tomadas del centro de zona Gisela contienen elementos guía Cu, S, Cr, Fe, tienen valores altos, también la ley de oro aumenta progresivamente.

La geoquímica nos indica que al no haber elemento guía no hay contenido de oro, los resultados de sondajes diamantinos del lado Oeste también muestran valores auríferos bajos, en la (Figura 11), se ha dividido los valores de cromo entre 10, para que el gráfico sea didáctico.

Comparación de clavos mineralizados de oro entre clavos mineralizados de cobre en las vetas de zona Gisela

Los clavos mineralizados de oro en las vetas Gisela, Gisela Techo, Mirian, Gisela Split, Carmen se manifiestan de manera general en la parte periférica de los clavos mineralizados de cobre esto se debería al cambio geoquímico progresivo por diferente temperatura de formación de minerales con iones metálicos.

La variación en cuanto a la extensión y continuidad de los clavos mineralizados de oro y cobre son producto de cambios mineralógicos y fases presentes debidas a controles litológicos, estructurales o variaciones físico-químicas sufridas por los fluidos al circular a través de la roca.



Comparación de isopotencia entre las vetas de zona Gisela

La mayor potencia posee las vetas Gisela y Mirian, alcanzan hasta 3.45 metros de potencia, con contenido metálico económico, esto se debe por ser las estructuras principales de cizalla; las vetas tensionales como Gisela techo, Carmen, Esperanza, tienen potencias menores entre 0.10 a 1.45 metros de potencia; de manera independiente la veta Gisela Split es de menor potencia de toda la zona Gisela, su potencia oscila entre 0.10 a 0.40 metros, es la estructura con mayor contenido de ley de oro (14.61 gr/Tn Au hasta 67.30 gr/Tn Au).

La potencia de la veta no es controlada por la litología, al cruzar la estructura el horizonte de diorita y andesita se conserva la potencia, mientras la estructura al cruzar por roca monzonita reduce de potencia, pero mantienen el contenido metálico de oro y cobre.

4.10. MODELO DE MINERALIZACIÓN Y ESTRUCTURAL DE ZONA

GISELA

Este tipo de trampas estructurales son el modelo ideal para la deposición de mineral, la solución mineralizante que sube por la falla basamento, al encontrar estas fracturas tensionales que se desprenden de la veta principal, son rellenadas de forma continua y extensas con mineralización metálica de oro y cobre, formando vetas de 200 m. hasta 400 m. de extensión.

En la vertical las fallas basamento tienen una inclinación de 60° SW, de ella se desprenden estas vetas tensionales que tienen rumbos de N80° a 100°E y buzamientos verticales.

La mineralización se ha visto que las vetas tensionales se mineralizan mejor por encima de la veta basamento y en algunos casos también por debajo (Figura 67, 17).

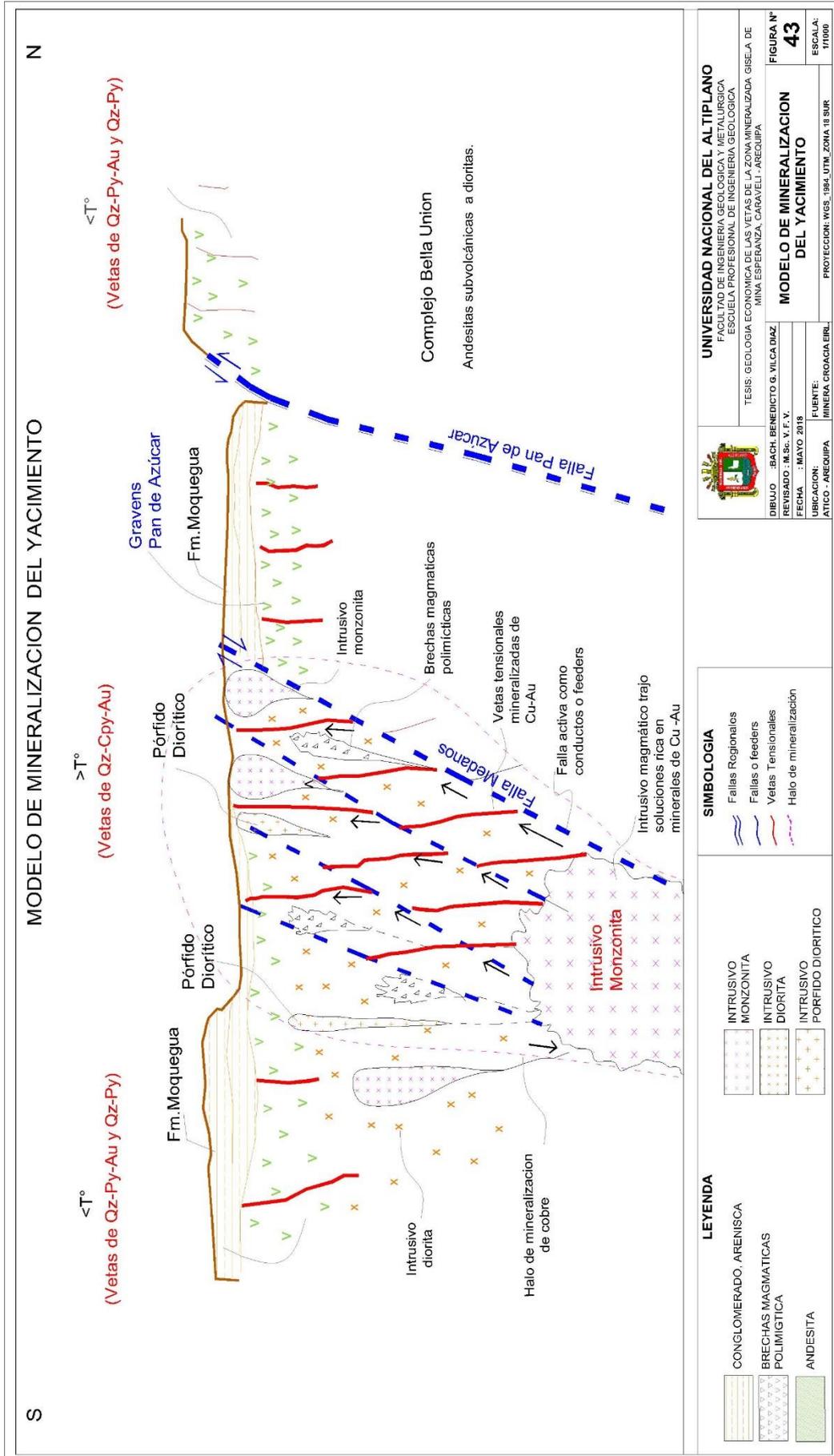


Figura 67. Modelo de mineralización mina Esperanza - zona Gisela. (Fuente: Minera Croacia E.I.R.L.).

4.11. INVENTARIO DE RECURSOS Y RESERVAS MINERALES

La cubicación de mineral y preparación de la mina encamina paralelamente a la explotación o extracción de mineral, de tal modo se cumple con la reposición de mineral por cada tonelada extraída, se repone una tonelada de reserva.

4.11.1. Distribución de reservas minerales por vetas

El inventario de reservas minerales a diciembre del año 2017, se conoce reservas probadas y probables son 60,820.00 TM, con leyes de 5.17 gr/TM Au y 1.11 %Cu, los recursos inferidos ascienden a 63,000.00 TM, con leyes de 4.94 gr/TM Au y 1.09 %Cu, ver anexo B (Tabla B.4), de los cuales el 40% de las reservas se encuentra en veta Carmen, seguida con 26% veta Mirian y 23% veta Gisela, 6% veta Esperanza, 3% veta Promesa, 2% veta Gisela Techo. (Figura 68 y 69), ver anexo A (Figura A.5, A.6, A.7), también anexo B (Tabla B.1, B.2, B.3).



Figura 68. Reserva mineral de zona Gisela. (Fuente: Minera Croacia E.I.R.L.).



Figura 69. Recurso Mineral de zona Gisela. (Fuente: Minera Croacia E.I.R.L.).

4.11.2. Reserva y producción mineral histórica en zona Gisela.

En zona Gisela se observa a partir del año 2014 disminución paulatina de reserva; a inicios del 2017 inicia el incremento de reserva mineral. (Tabla 14), (Figura 70).

Tabla 14. Registro histórico de reserva y producción mineral 2012 al 2017

| AÑO | PRODUCCION (TMS) | RESERVA | | | RECURSO | | |
|------|------------------|---------|-------|------|---------|-------|------|
| | | TMS | gr Au | % Cu | TMS | gr Au | % Cu |
| 2012 | 35,072 | 47,285 | 3.75 | 1.93 | 73,069 | 3.02 | 2.12 |
| 2013 | 32,364 | 35,180 | 3.89 | 2.49 | 80,619 | 3.16 | 2.71 |
| 2014 | 29,122 | 29,770 | 6.95 | 1.38 | 24,630 | 5.05 | 2.19 |
| 2015 | 32,400 | 29,300 | 5.44 | 1.82 | 39,420 | 2.94 | 2.13 |
| 2016 | 35,349 | 26,960 | 5.62 | 1.51 | 25,870 | 4.02 | 1.41 |
| 2017 | 38,716 | 60,820 | 5.17 | 1.11 | 63,000 | 4.94 | 1.09 |

Fuente: Minera Croacia E.I.R.L.

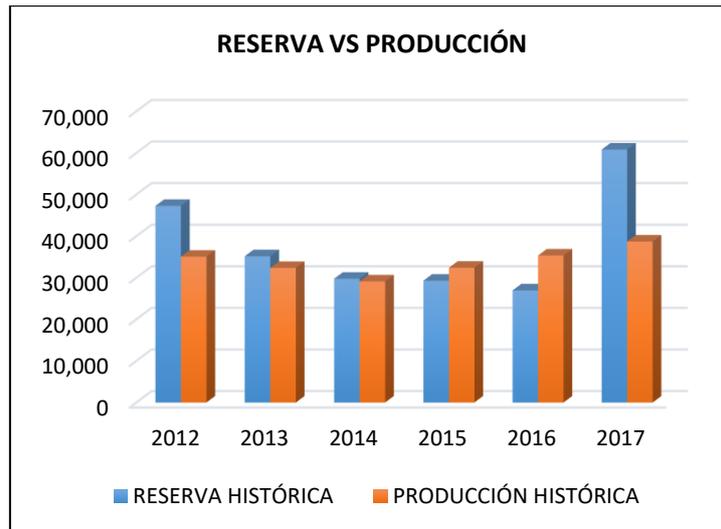


Figura 70. Comparación de reserva y producción mineral 2012 al 2017. (Fuente: Minera Croacia E.I.R.L.).

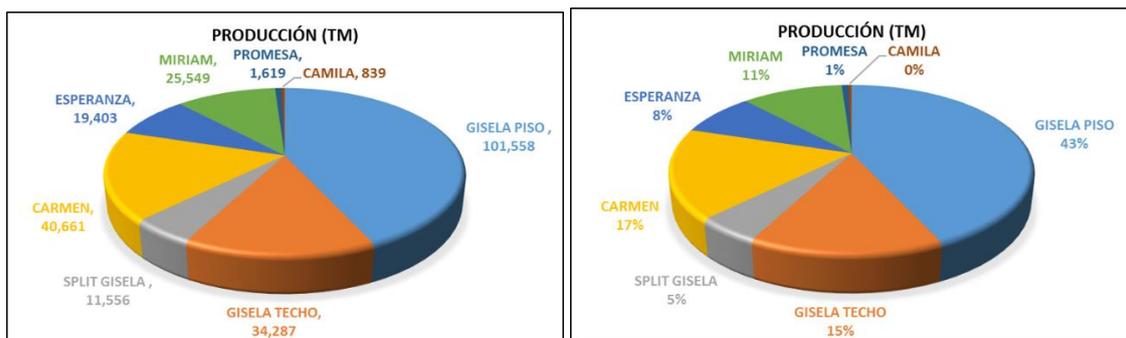


Figura 71. Producción histórica general en zona Gisela desde 2007 al 2017. (Fuente: Minera Croacia E.I.R.L.).

Producción histórica (Figura 71) desde 2007 al 2017, en total 235,489.70 TMS, con mayor aporte veta Gisela 43%, seguida de veta Carmen 17% y Gisela Techo 15%, Mirian 11%, Esperanza 8%, Split Gisela 5%, Promesa 1%. Ver anexo B (Tabla B.5).

4.11.3. Ratio de cubación y reposición

En zona Gisela la ratio de cubicación promedio es 8.75 TM/m y la ratio de reposición fluctúa en 1.11 TM.; el yacimiento minero Esperanza es errática en cuanto a mineralización por presentar clavos mineralizados y filones angostas. (Figura 72 y 73), ver anexo B (Tabla B.6).

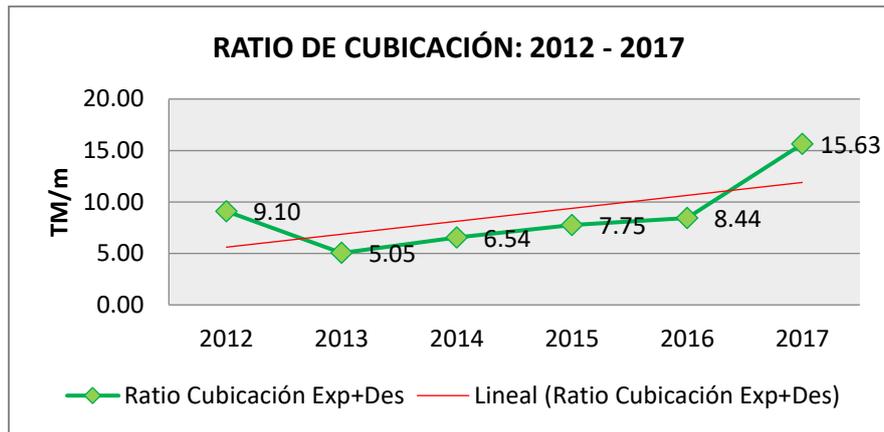


Figura 72. Ratio de cubicación mineral 2012 al 2017. (Fuente: Minera Croacia E.I.R.L.).

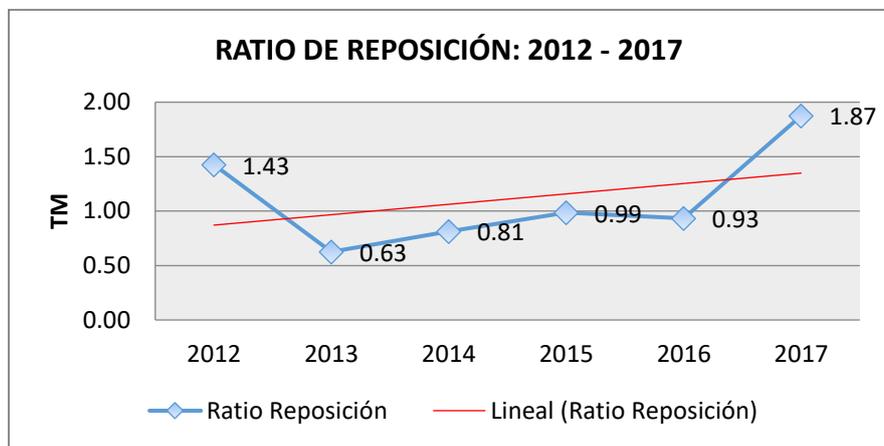


Figura 73. Ratio de reposición mineral 2012 al 2017. (Fuente: Minera Croacia E.I.R.L.).



V. CONCLUSIONES

La zona Gisela es un depósito filoniano de metales preciosos de oro y cobre de comportamiento lenticular tanto horizontal como vertical, se encuentra emplazado en rocas intrusivos dioríticos, monzoníticos de super unidad Linga y subvolcánicas andesíticos del complejo Bella Unión, formando parte de la franja aurífera Nazca – Ocoña.

Estructuralmente la zona presenta dos sistemas de fracturamiento, uno de dirección N70°W con buzamiento 65°-75°SW conformado por vetas paralelas Gisela y Mirian son de mayor extensión en longitud sobrepasan 1.0 km, en vertical alcanzan los 350 m. con potencias que llegan hasta 3.45 m., pertenecen a las fracturas principales de cizalla tipo dextral y otro de dirección N85°E con buzamientos 75°-80° hacia el Noreste y Suroeste conformado por vetas tensionales como Gisela Techo, Carmen, Esperanza, Gisela Split son menores a 0.80 km. de longitud y las potencias varían 0.10 m. a 1.45 m, en las cuales se emplazó la mineralización presentando la siguiente secuencia paragenética: cuarzo-pirita-calcopirita-oro-calcosina-covelina, dividida en zonas, una de óxidos con predominancia de fierro, de sulfuros secundarios y otro de sulfuros primarios; el zoneamiento vertical está definido oro en la parte periférica de los clavos mineralizados de cobre.

Los controles de la mineralización identificados; control mineralógico, el oro se encuentra rellenando las fracturas y porosidades en la pirita, mineral al cual está asociado; también en bordes de hematita, cuprita, cuarzo y como control estructural los cambios de rumbo y buzamiento originan lazos cimoides y las zonas de intersección de dos sistemas estructurales generan mayor concentración de valores de oro, además se ha definido guías



de exploración, la alteración fílica y silicificación, la correlación de oro con los elementos azufre 66% y cromo 63% asociados a clavos mineralizados.

La elaboración de isovalores ha determinado la distribución y la geometría de los clavos mineralizados, en la veta Gisela - Mirian los clavos mineralizados están distribuidos de manera errática que alberga tramos aproximadamente 30 a 60 metros con altas concentraciones de oro y cobre; mientras en vetas Gisela Techo, Gisela Split, Carmen tienen un comportamiento continuo de 80 a 100 metros de clavo mineralizado.

Las reservas probadas y probables son 60,820.00 TM, con leyes de 5.17 gr/TM Au y 1.11 %Cu, los recursos inferidos ascienden a 63,000.00 TM, con leyes de 4.94 gr/TM Au y 1.09 %Cu, de los cuales el 40% de las reservas se encuentra en veta Carmen, seguida con 26% veta Mirian y 22% veta Gisela, Esperanza 6%, Gisela techo 2%, Promesa 3%.



VI. RECOMENDACIONES

- Realizar trabajos de exploración superficial y subterránea, con muestreo sistemático y cartografiado, aún favorecen los elementos guía que acompañan al oro en las vetas que se encuentran al Este de la zona Gisela.
- Continuar con trabajos de exploración en interior mina con perforación diamantina hacia las vetas reconocidas a fin de confirmar las reservas; y perforación packsack en labores de exploración para definir los lazos cimoides y ramales paralelos a estructuras principales; en superficie donde la cobertura cuaternaria es intensa aplicar métodos de prospección geofísica para definir la continuidad de las estructuras mineralizadas.
- Explorar con labor subterránea sobre la veta Karina en el nivel 1665 con galería hacia lado Oeste una longitud de 100 m. y hacia lado Este hasta la intersección con la veta Gisela aproximadamente 450 m., posteriormente en nivel 1720 y 1770 realizar crucero con dirección hacia Sur, una longitud de 170 m. en cada uno de los niveles hasta interceptar la estructura; en total 890.0 metros.
- Analizar el estudio geológico de manera ordenada y precisa respetando las normas vigentes tanto nacionales como extranjeras, para que los resultados de cada uno de los pasos del ensayo resulten favorables para los demás profesionales que toman como referencia muchos trabajos ya realizados.



VII. REFERENCIAS

- Abreu, J. L. (2012). Hipótesis, método y diseño de investigación. *Daena*.
- Acosta, J. (2009). *Mapa metalogenético del Perú y franja metalogenética IX. depósitos de Au-Pb-Zn-Cu relacionadas con intrusivos del cretácico superior*. Arequipa.
- Acosta, J. (2009). *Publicación de mapa Metalogenético del Perú, y franja metalogenética IX. Depósitos de Au-Pb-Zn-Cu relacionadas con intrusivos del Cretácico superior*. Ingemmet.
- Agar & Lebel, R. (1978). AGAR, R. (1978). *La mineralización de cobre y la Súper Unidad de Linga del Batolito de la Costa, IV Congreso Peruano de Geología. Boletín Sociedad Geológica del Perú, Tomo N° 62*.
- Arias Gonzales, J. L. (2020). *Método de investigación*. Arequipa.
- Bellido & Narvaez, S. (1960). *Geología del cuadrángulo de Atico, Carta geológica nacional, Boletín N° 2 de serie A*.
- Caldas, V. (1980). *Metallogenesis associated with the coastal batholith of Peru: a review. Magmatism at a Plate Edge: The Peruvian Andes, 243-249P*.
- Carrasco Diaz, S. (2019). *Metodología de la investigación científica. pautas metodológicas para diseñar y elaborar el proyecto de investigación*. Lima: Editorial San Marcos E.I.R.L TDA.
- Carrasco, S. (2006). *Metodología de la investigación científica pautas metodológicas para diseñar y elaborar el proyecto de investigación*. Lima: San Marcos.
- Chara Chambi, J. E. (2017). Geología económica del yacimiento minero aurífero mina Orión, Chala - Arequipa. *Universidad Nacional del Altiplano*. Puno.
- Chara Villanueva, M. (2020). Características geológicas y profundización de la veta Nancy, minera aurífera cuatro de enero - Caravelí - Arequipa. *Universidad Nacional del Altiplano*. Puno.
- Fernandez Valdivia, C. P. (2018). Geología y caracterización geomecánica en la veta sangre de toro I y II en la empresa minera la soledad - Chalhuané S.A.C. Condesuyos - Arequipa. *Universidad Nacional del Altiplano*. Puno.
- Mamani & Rivera, F. (2011). Sistema de fallas Iquipi- Clavelinas: zona de transición cortical e implicancias para el emplazamiento de depósitos minerales. *Sociedad Geológica del Perú*. Lima. . pp. 37-50.
- Ñaupas, H., Valdivia, M., Palacios, J., & Romero, H. (2018). *Metodología de la investigación cuantitativa - cualitativa y redacción de la tesis* (quinta ed.). Bogotá, Colombia: Ediciones de la U.
- Olchanski, E. (1980). *Levantamiento geológico sistemático del Perú*.
- Oyarzún, J. (2009). *Léxico de Geología Económica*". *Universidad de la Serena*. Chile.



- Pampa Chura, J. A. (2019). geología y caracterización de minerales de las vetas, la escondida e isabel. en ola conseción minera isabel, provincia de condesuyos, departamento de Arequipa. *Universidad Nacional de San Agustín de Arequipa*. Arequipa.
- Sandoval Gonzales, J. C. (2014). Geología y geoestadística para la evaluación mineral del proyecto magistral Ancash - Perú. *Universidad Nacional San Agustín de Arequipa*. Arequipa.
- Ticona Hallasi, J. L. (2015). Estudio geológico y perforación diamantina del proyecto de exploración mina Marta Huando - Huancavelica. *Universidad Nacional de San Agustín de Arequipa*. Arequipa.
- Tumialán, P. (2003). *Compendio de yacimientos minerales del Perú*.
- Valenzuela tello, G. L., & Buendía Marmanillo, C. A. (2020). Evaluación geológica para el cálculo de reservas y estimación de recursos minerales del prospecto minero Chaupiloma 2007. *Universidad Continental*. Huancayo.
- Valera, J. (1987). *Geología de los Depósitos de minerales Metálicos*. UNMSM. Lima - Peru.
- Vereau Jave, J. E. (2019). Zoneamiento genético de la mineralización y su relación con la extracción y recuperación de minerales en el área del yacimiento Corona. *Universidad Nacional Mayor de San Marcos*. Lima.
- Velasco, C. (2014). Clasificación de Yacimientos Minerales, Qualicon Latam. 02p.

ANEXOS

ANEXO A.

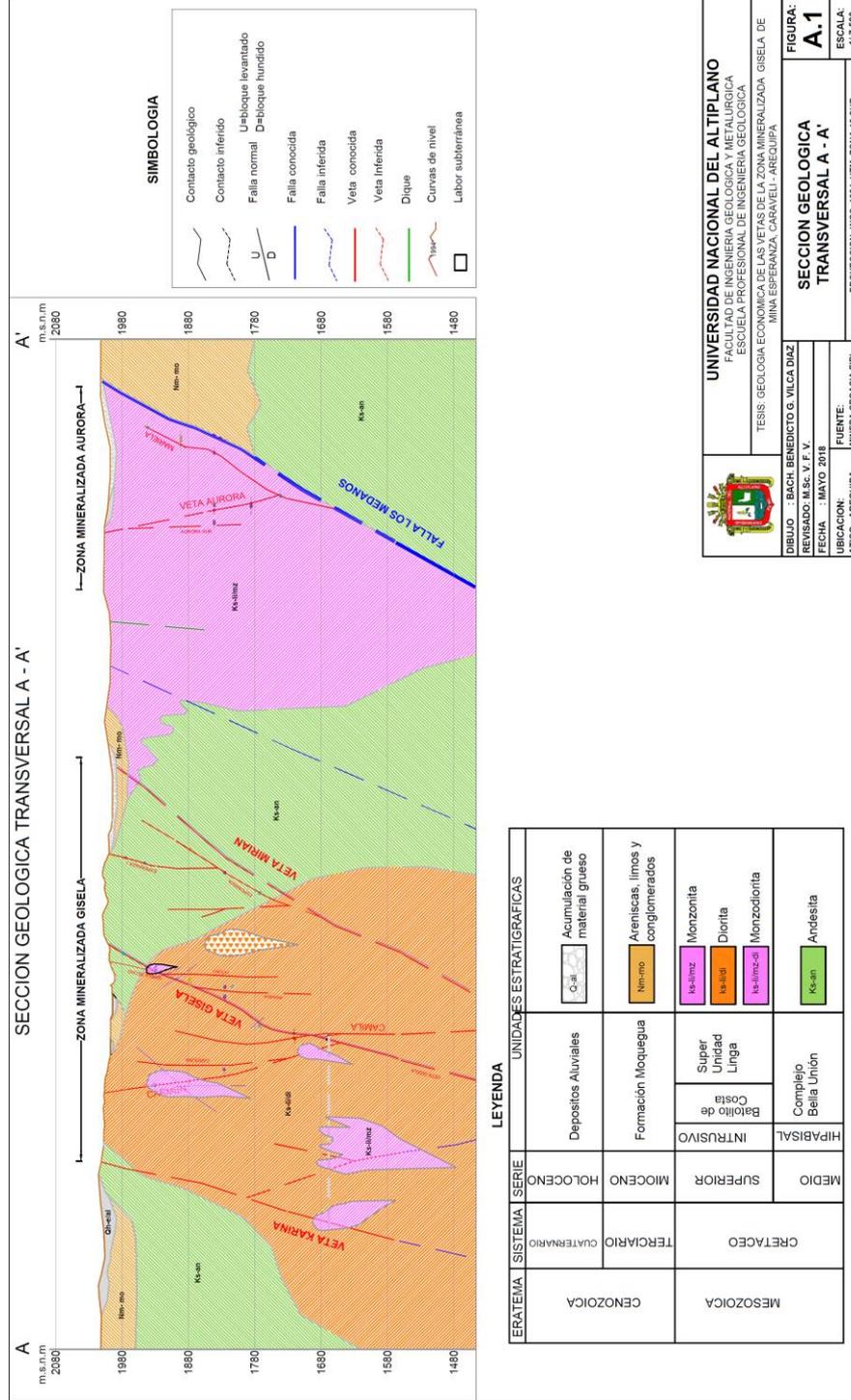


Fig. A.1: SECCIÓN GEOLÓGICA TRANSVERSAL A – A’ (Fuente: Elaboración propia)

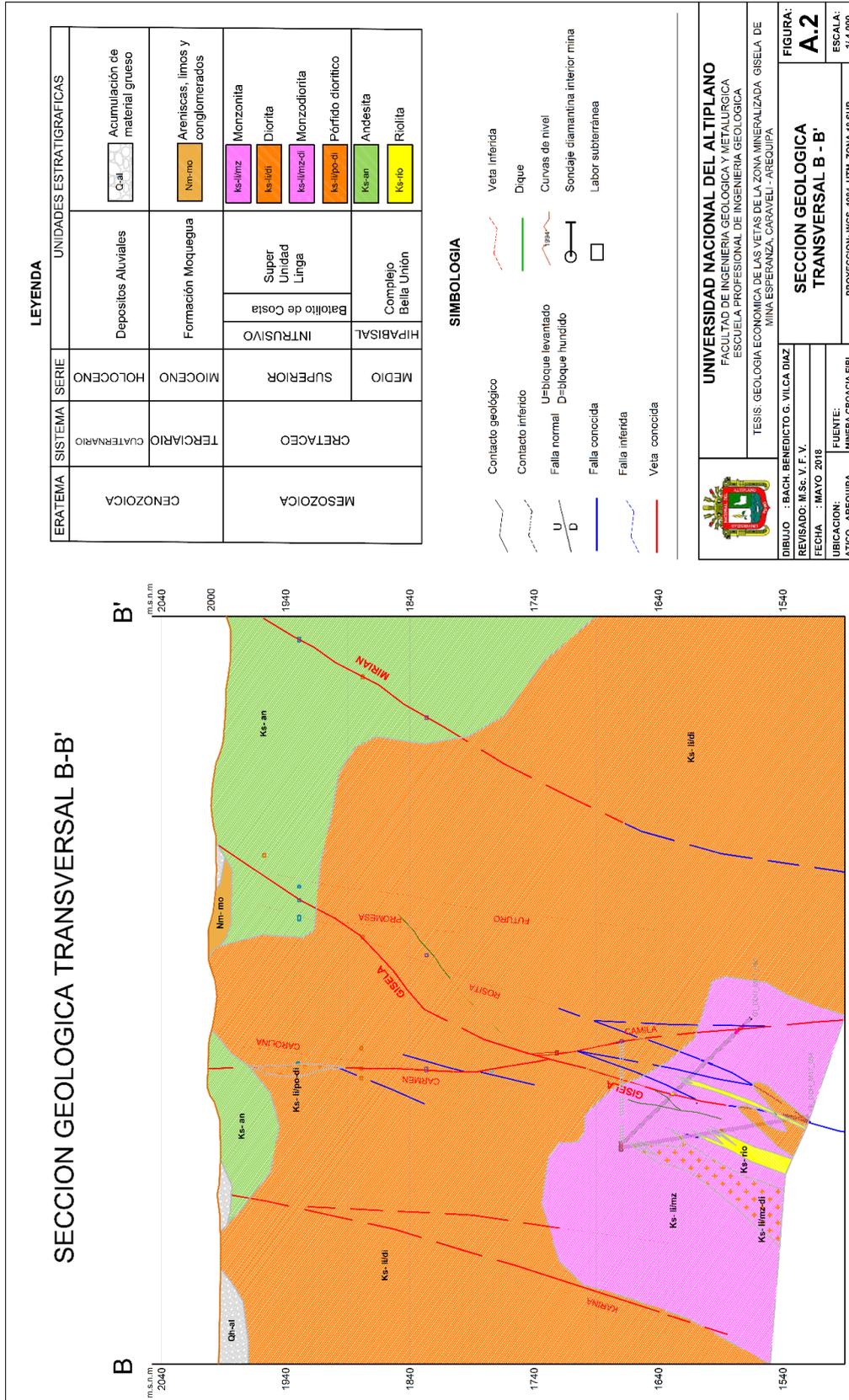


Fig. A.2: SECCIÓN GEOLÓGICA TRANSVERSAL B – B' (Fuente: Elaboración propia)

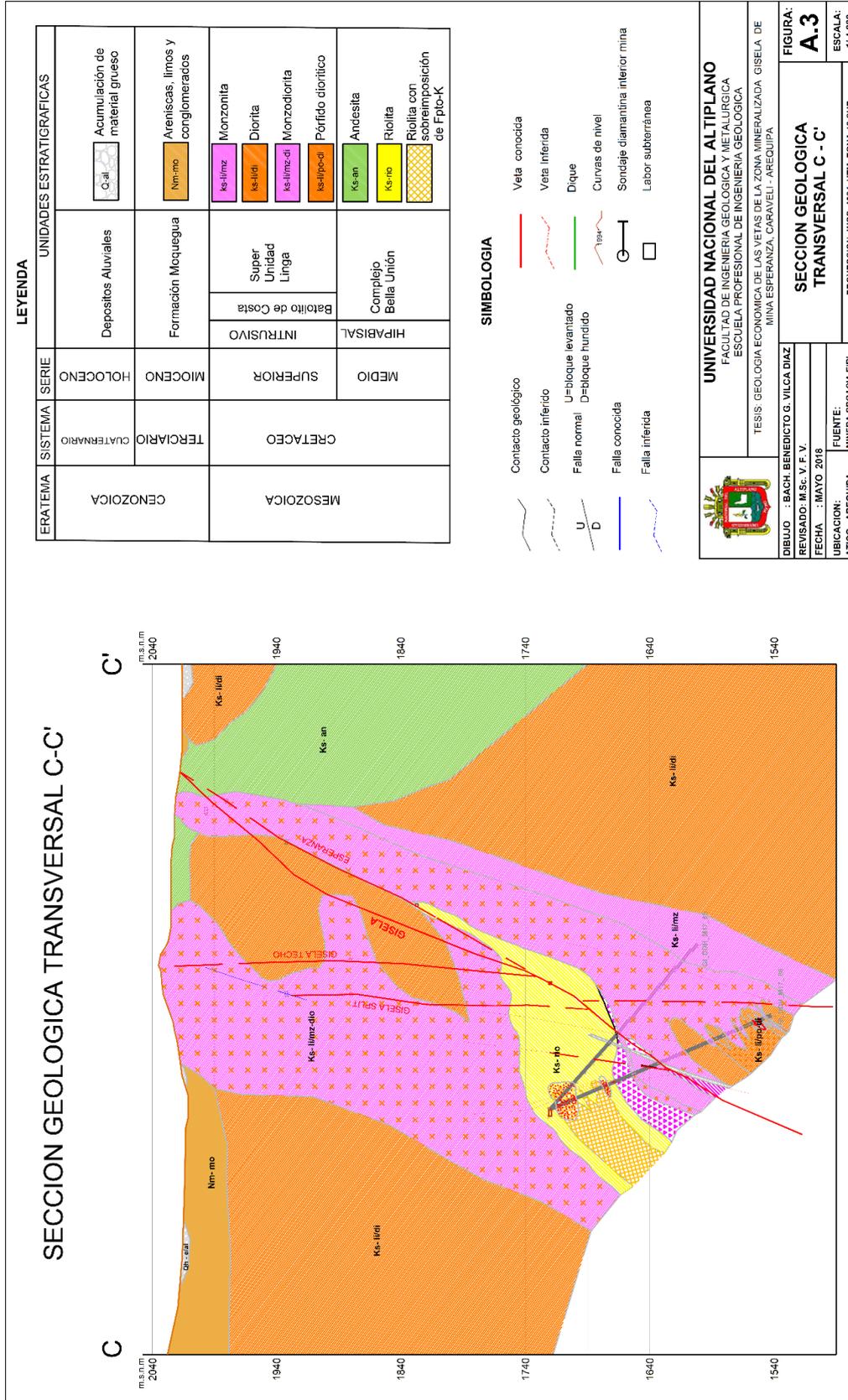


Fig. A.3: SECCIÓN GEOLÓGICA TRANSVERSAL C – C' (Fuente: Elaboración propia)

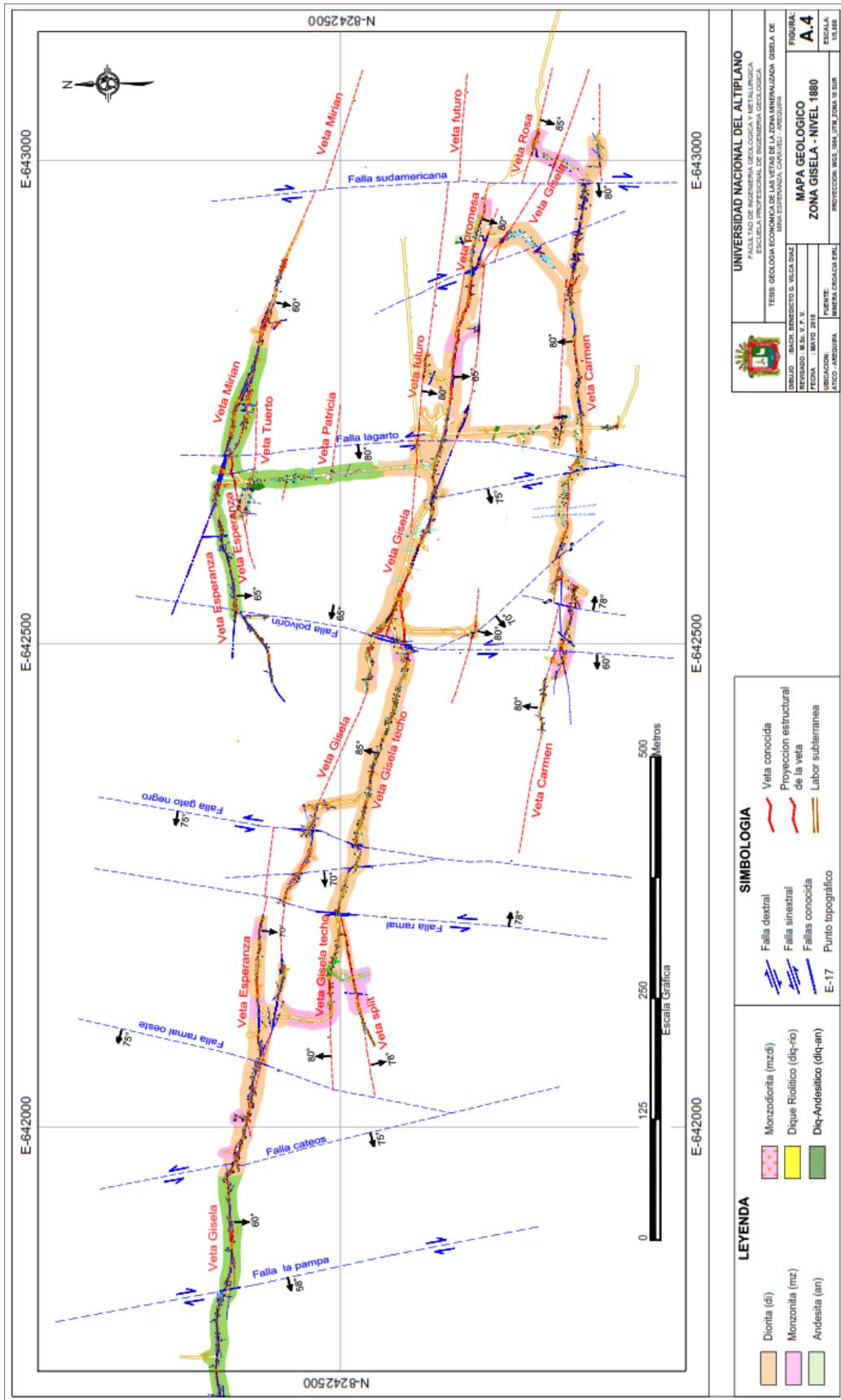


Fig. A.4: MAPA GEOLÓGICA ZONA GISELA NIVEL 1880 (Fuente: Minera Croacia E.I.R.L.)

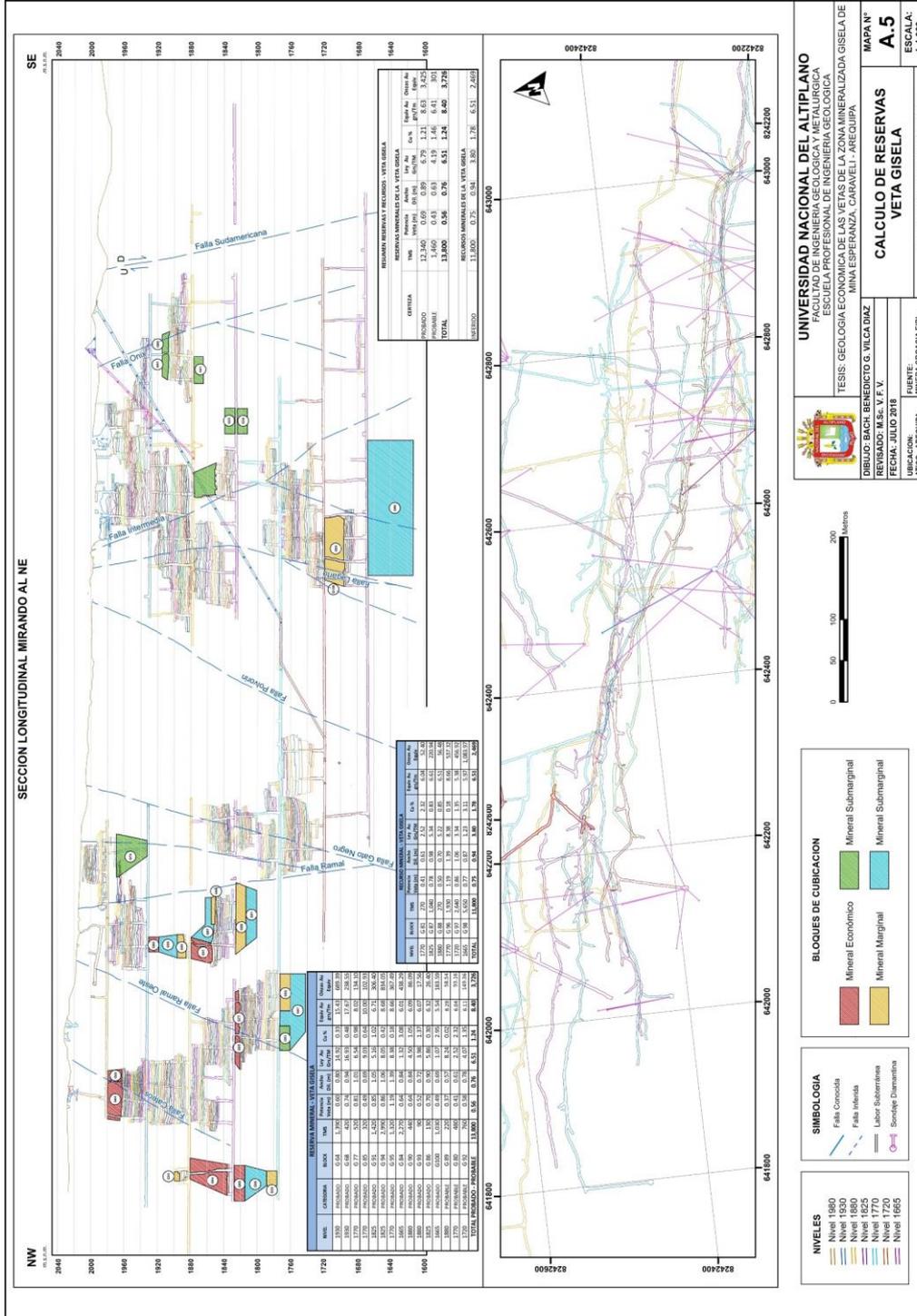


Fig. A.5: MAPA CÁLCULO DE RESERVAS VETA GISELA (Fuente: Minera Croacia E.I.R.L.)

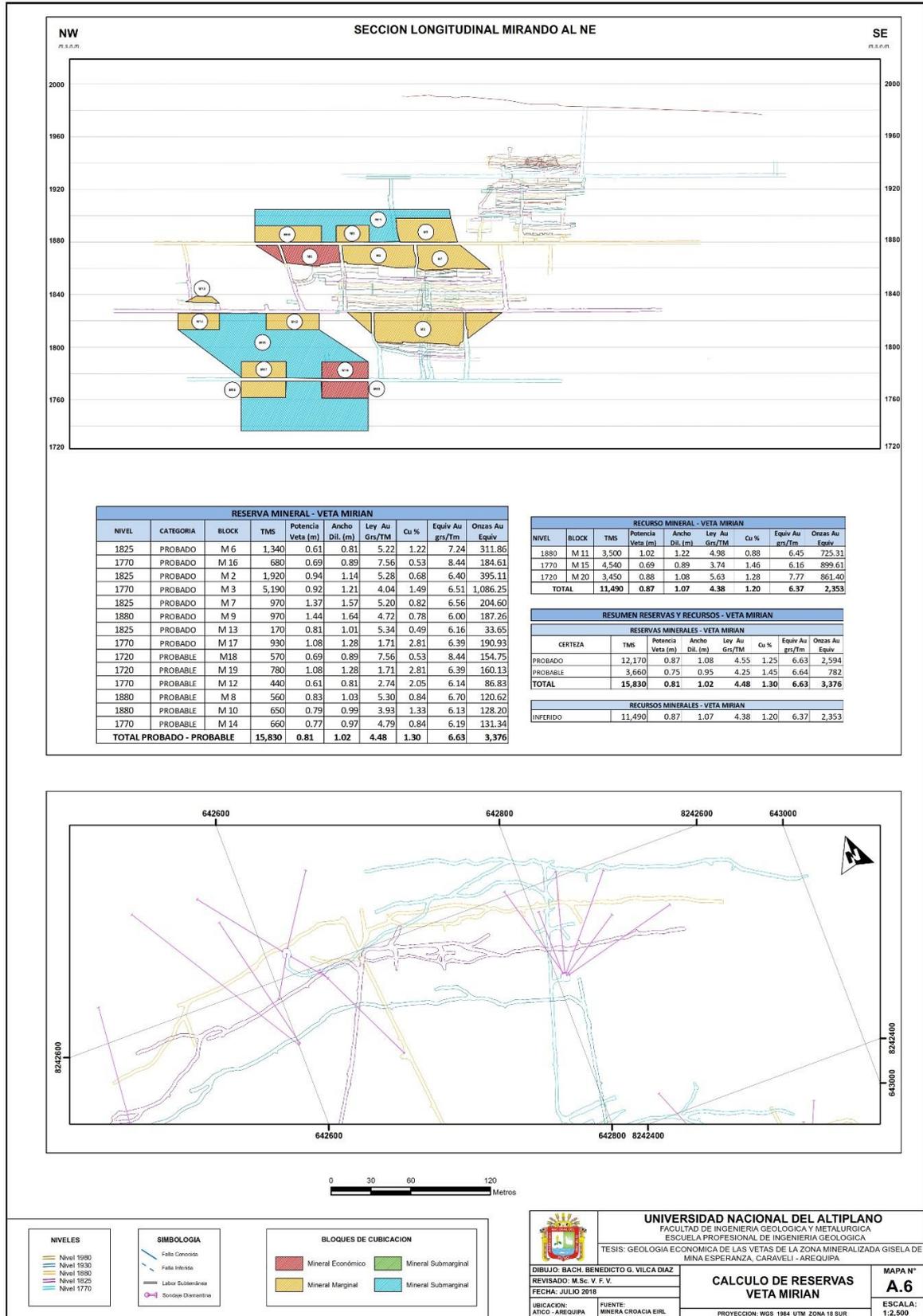


Fig. A.6: MAPA CÁLCULO DE RESERVAS VETA MIRIAN (Fuente: Minera Croacia E.I.R.L.)

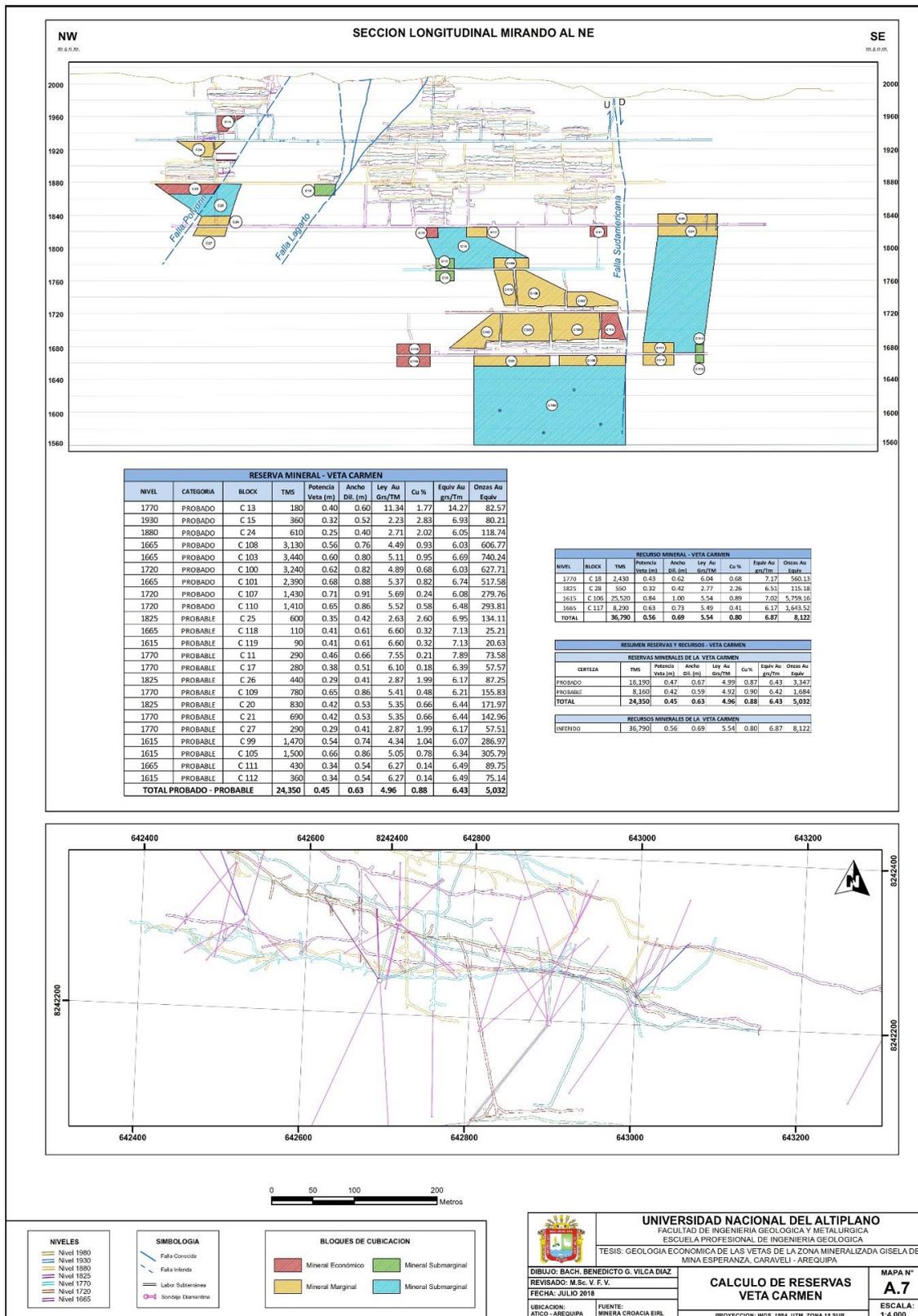
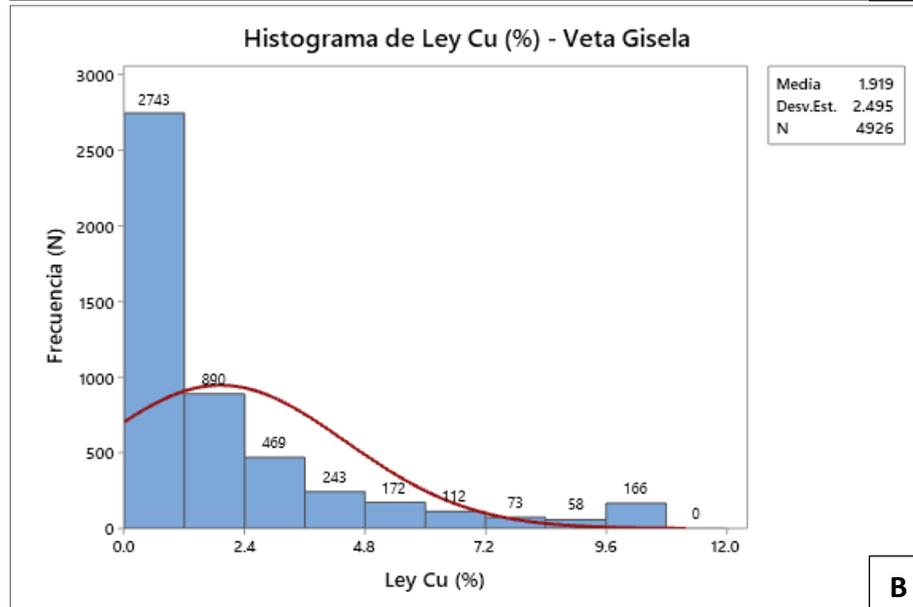
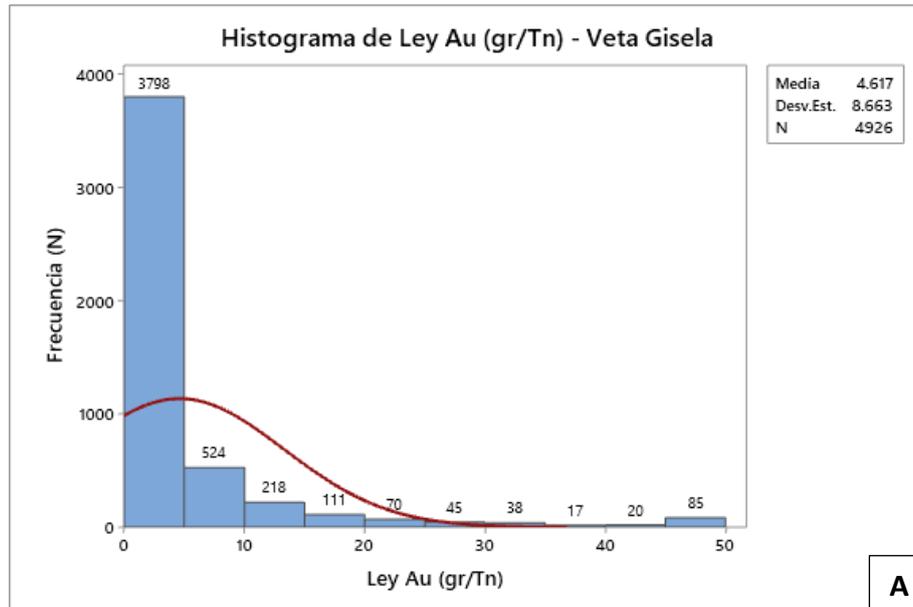


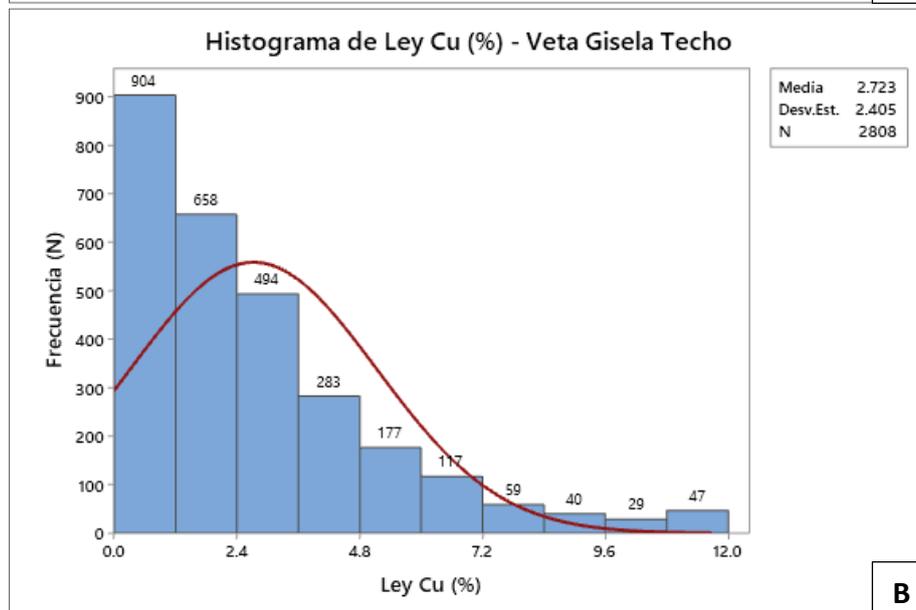
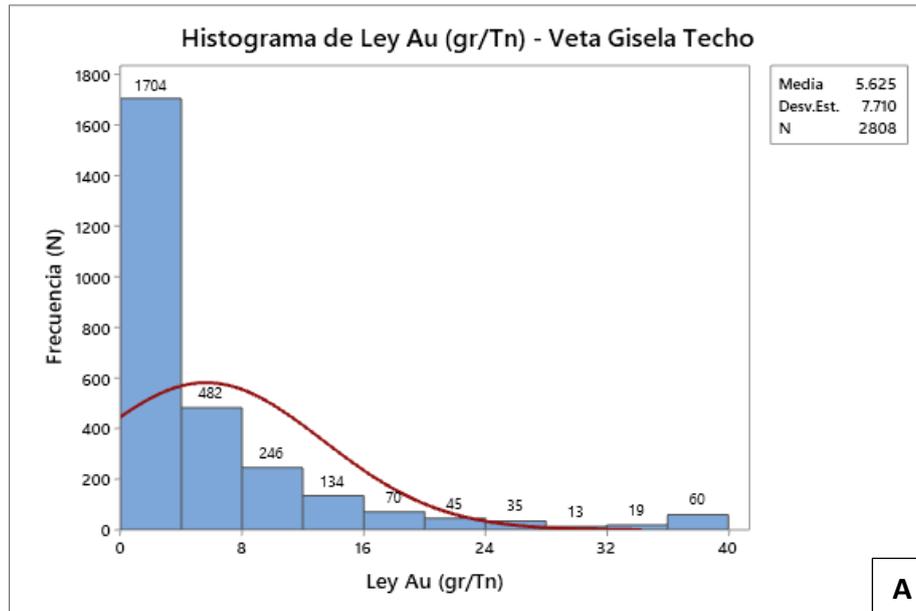
Fig. A.7: MAPA CÁLCULO DE RESERVAS VETA CARMEN (Fuente: Minera Croacia E.I.R.L.)



Resumen estadístico descriptivo de veta Gisela

| Variable | N | Media | Desv.Est. | Mínimo | Mediana | Máximo | Moda |
|---------------|------|-------|-----------|--------|---------|--------|------|
| Ley Au(gr/Tn) | 4926 | 4.62 | 8.66 | 0.01 | 1.40 | 49.23 | 0.10 |
| Ley Cu(%) | 4926 | 1.92 | 2.49 | 0.01 | 0.95 | 10.57 | 0.01 |
| Potencia (m) | 4926 | 0.52 | 0.29 | 0.05 | 0.47 | 3.45 | 0.40 |

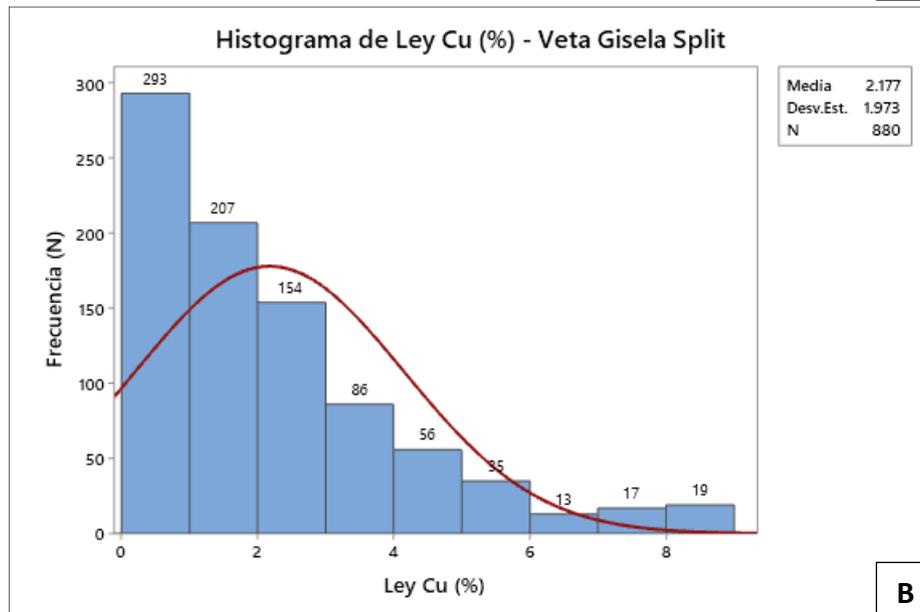
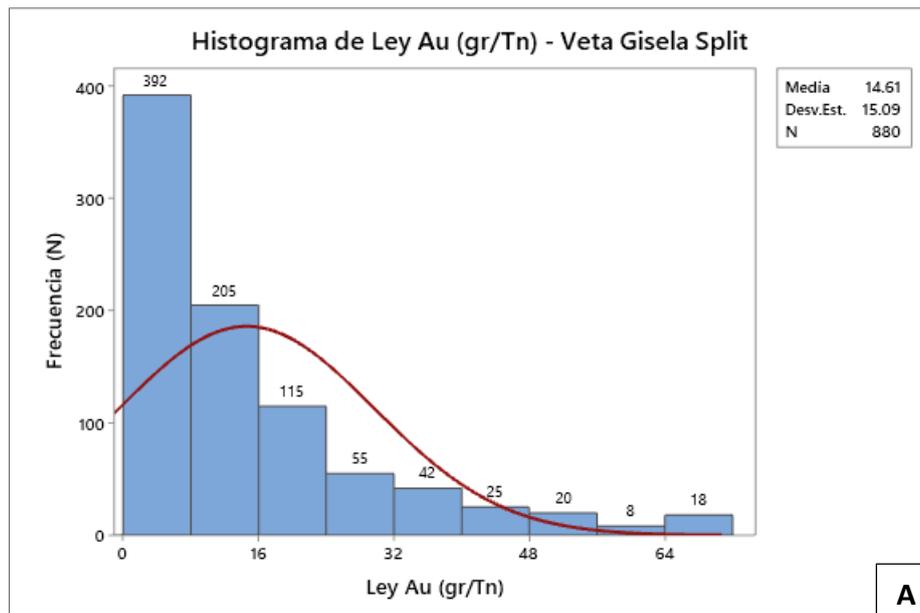
Fig. A.8: A) HISTOGRAMA DE LEY DE ORO DE VETA GISELA. B) HISTOGRAMA DE LEY DE COBRE DE VETA GISELA. (Fuente: Elaboración propia. En Minitab).



Resumen estadístico descriptivo de veta Gisela Techo

| Variable | N | Media | Desv.Est. | Mínimo | Mediana | Máximo | Moda |
|---------------|------|-------|-----------|--------|---------|--------|-------|
| Ley Au(gr/Tn) | 2808 | 5.63 | 7.71 | 0.02 | 2.59 | 37.31 | 0.05 |
| Ley Cu(%) | 2808 | 2.72 | 2.40 | 0.01 | 2.09 | 10.80 | 10.80 |
| Potencia (m) | 2808 | 0.32 | 0.17 | 0.08 | 0.30 | 1.45 | 0.20 |

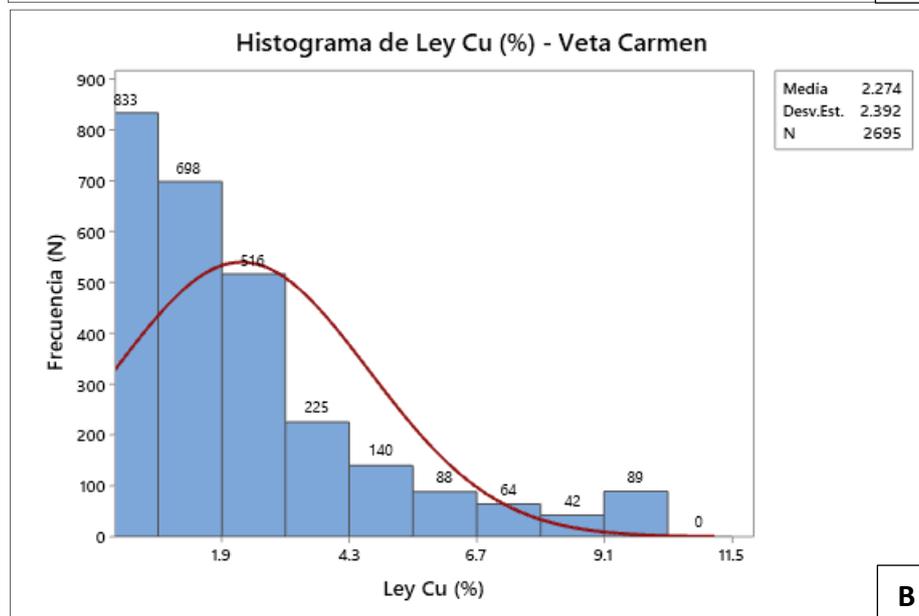
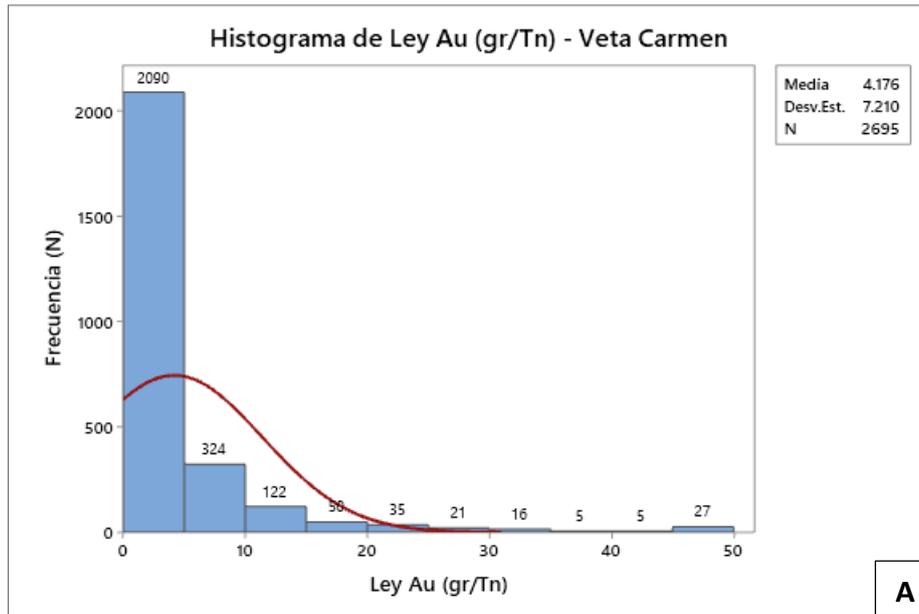
Fig. A.9: A) HISTOGRAMA DE LEY DE ORO DE VETA GISELA TECHO. B) HISTOGRAMA DE LEY DE COBRE DE VETA GISELA TECHO. (Fuente: Elaboración propia. En Minitab).



Resumen estadístico descriptivo de veta Gisela Split

| Variable | N | Media | Desv.Est. | Mínimo | Mediana | Máximo | Moda |
|---------------|-----|-------|-----------|--------|---------|--------|-------|
| Ley Au(gr/Tn) | 880 | 14.61 | 15.09 | 0.05 | 9.70 | 67.30 | 67.30 |
| Ley Cu(%) | 880 | 2.18 | 1.97 | 0.00 | 1.75 | 8.66 | 0.03 |
| Potencia (m) | 880 | 0.20 | 0.12 | 0.02 | 0.16 | 0.90 | 0.20 |

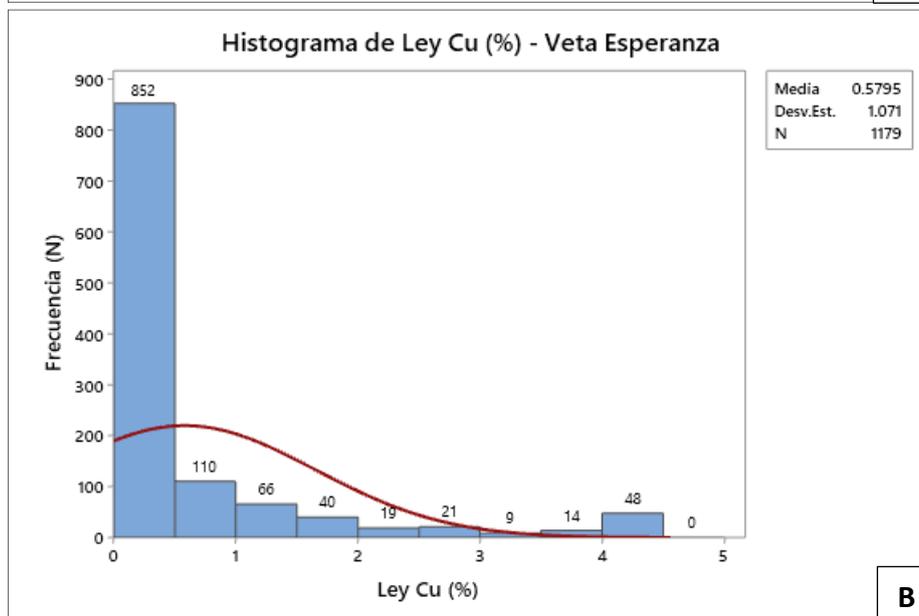
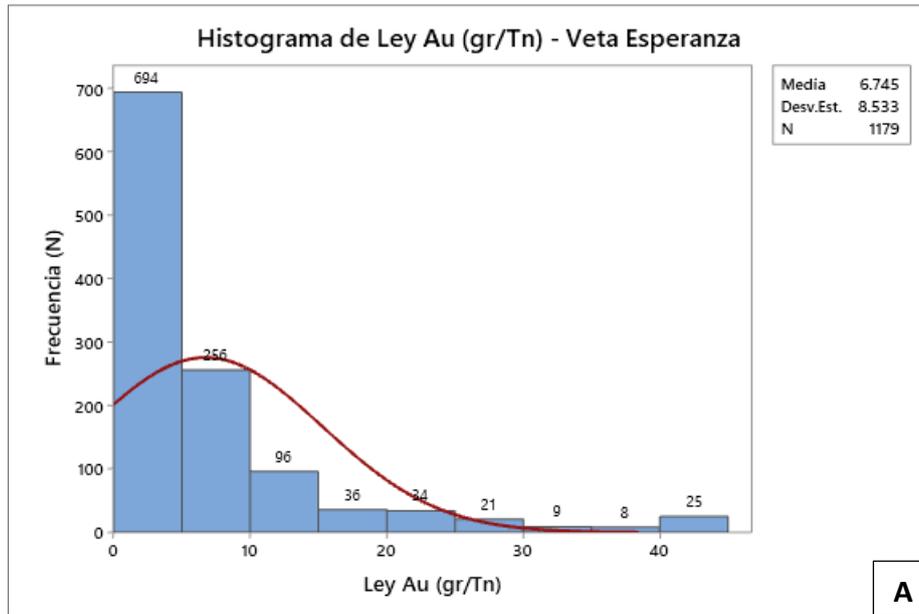
Fig. A.10: A) HISTOGRAMA DE LEY DE ORO DE VETA GISELA SPLIT. B) HISTOGRAMA DE LEY DE COBRE DE VETA GISELA SPLIT. (Fuente: Elaboración propia. En Minitab).



Resumen estadístico descriptivo de veta Carmen

| Variable | N | Media | Desv.Est. | Mínimo | Mediana | Máximo | Moda |
|---------------|------|-------|-----------|--------|---------|--------|------|
| Ley Au(gr/Tn) | 2695 | 4.18 | 7.21 | 0.03 | 1.67 | 48.01 | 0.03 |
| Ley Cu(%) | 2695 | 2.27 | 2.39 | 0.01 | 1.49 | 10.26 | 2.36 |
| Potencia (m) | 2695 | 0.40 | 0.22 | 0.01 | 0.35 | 1.20 | 0.30 |

Fig. A.11: A) HISTOGRAMA DE LEY DE ORO DE VETA CARMEN. B) HISTOGRAMA DE LEY DE COBRE DE VETA CARMEN. (Fuente: Elaboración propia. En Minitab).



Resumen estadístico descriptivo de veta Esperanza

| Variable | N | Media | Desv.Est. | Mínimo | Mediana | Máximo | Moda |
|---------------|------|-------|-----------|--------|---------|--------|------|
| Ley Au(gr/Tn) | 1179 | 6.75 | 8.53 | 0.03 | 4.00 | 41.33 | 0.05 |
| Ley Cu(%) | 1179 | 0.58 | 1.07 | 0.01 | 0.06 | 4.37 | 0.01 |
| Potencia (m) | 1179 | 0.37 | 0.19 | 0.05 | 0.35 | 1.35 | 0.20 |

Fig. A.12: A) HISTOGRAMA DE LEY DE ORO DE VETA ESPERANZA. B) HISTOGRAMA DE LEY DE COBRE DE VETA ESPERANZA. (Fuente: Elaboración propia. En Minitab).

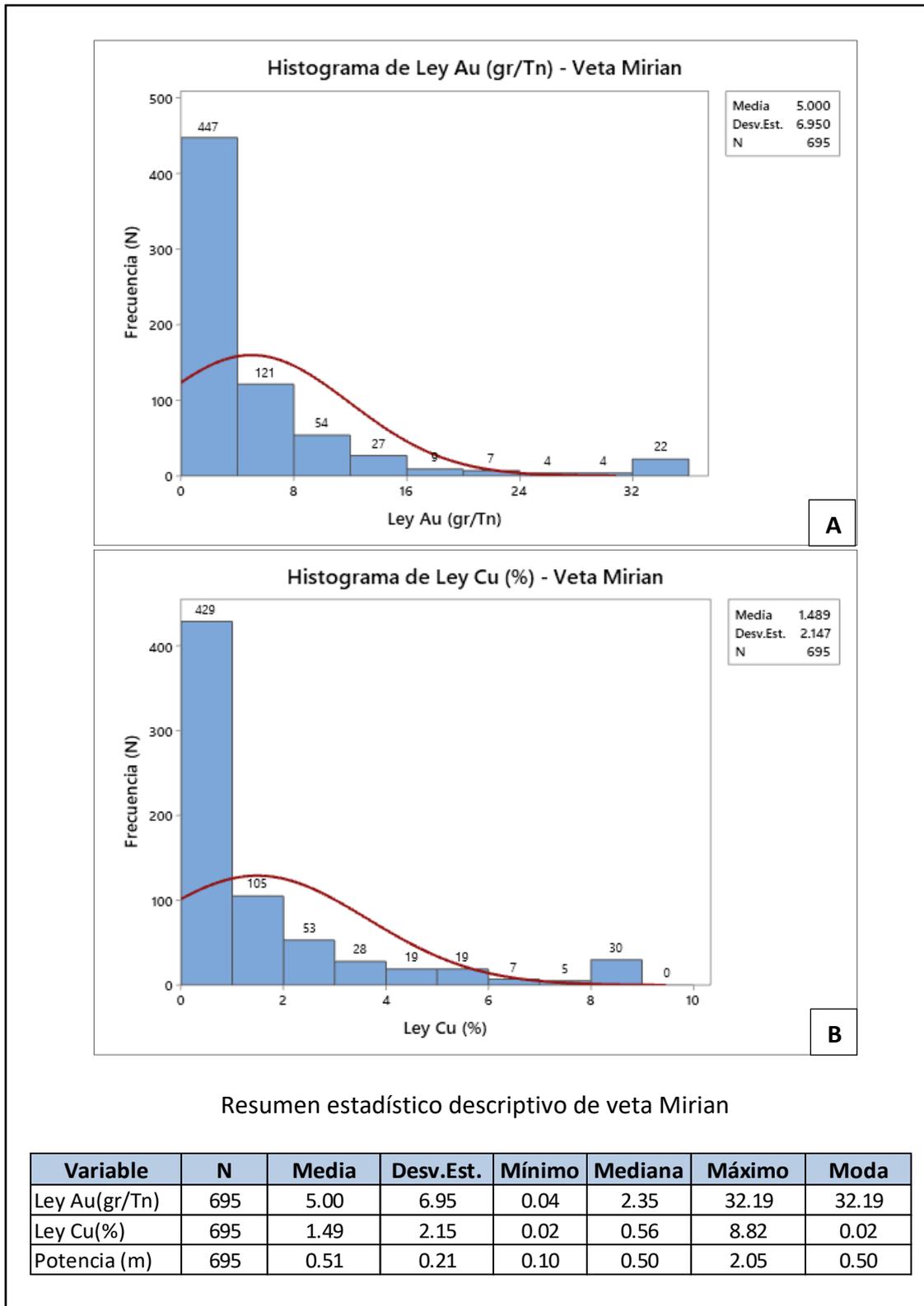


Fig. A.13: A) HISTOGRAMA DE LEY DE ORO DE VETA MIRIAN. B) HISTOGRAMA DE LEY DE COBRE DE VETA MIRIAN. (Fuente: Elaboración propia. En Minitab).

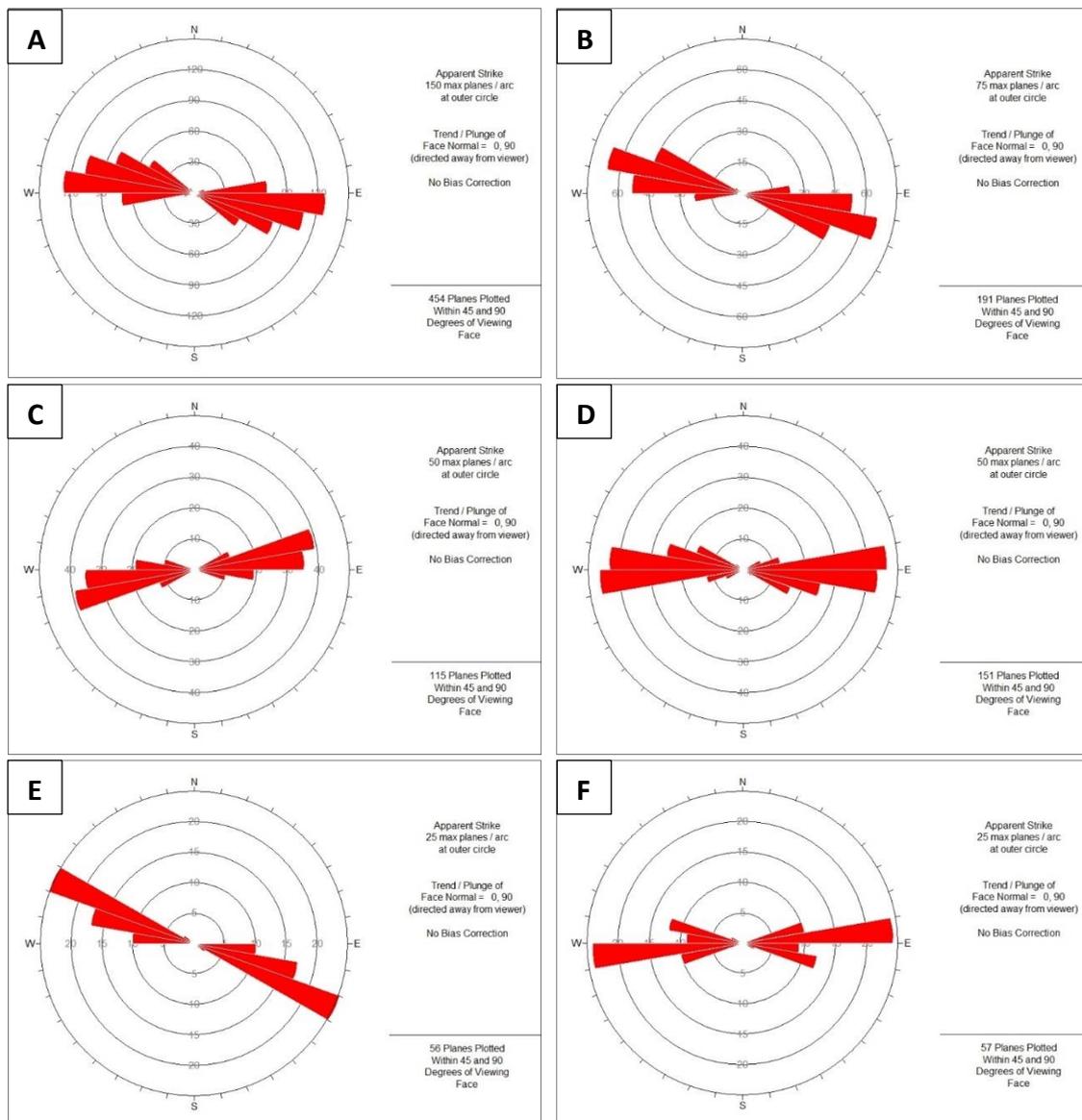


Fig. A.14: DIAGRAMA DE ROSETAS DE DIRECCION DE VETAS A) VETA GISELA. B) VETA GISELA TECHO. C) VETA GISELA SPLIT. D) VETA CARMEN. E) VETA MIRIAN. F) VETA ESPERANZA. (Fuente: Elaboración propia. En Dips).

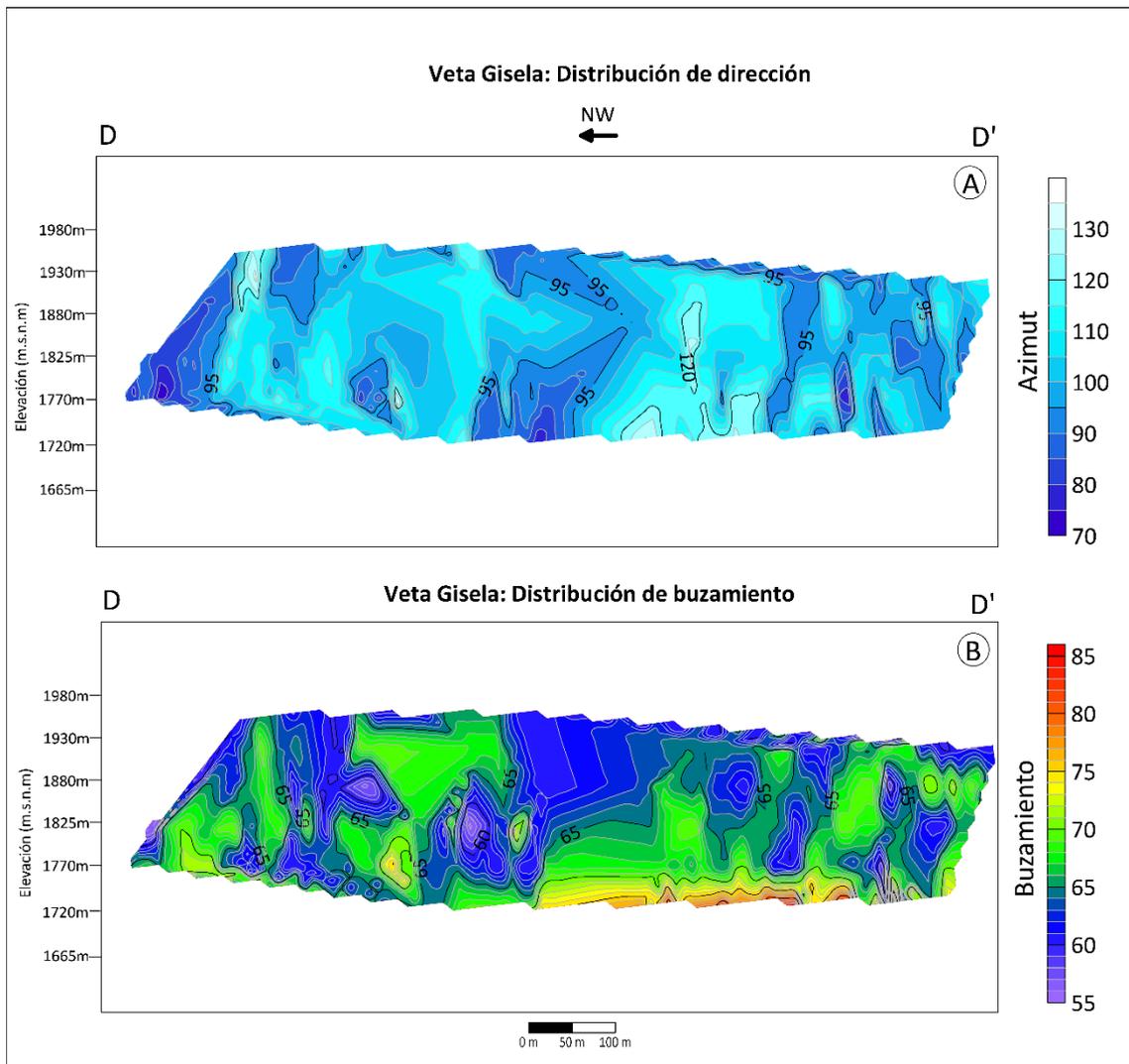


Fig. A.15: A) DISTRIBUCIÓN DE DIRECCIÓN DE VETA GISELA. B) DISTRIBUCIÓN DE BUZAMIENTO DE VETA GISELA. (Fuente: Elaboración propia. En Surfer).

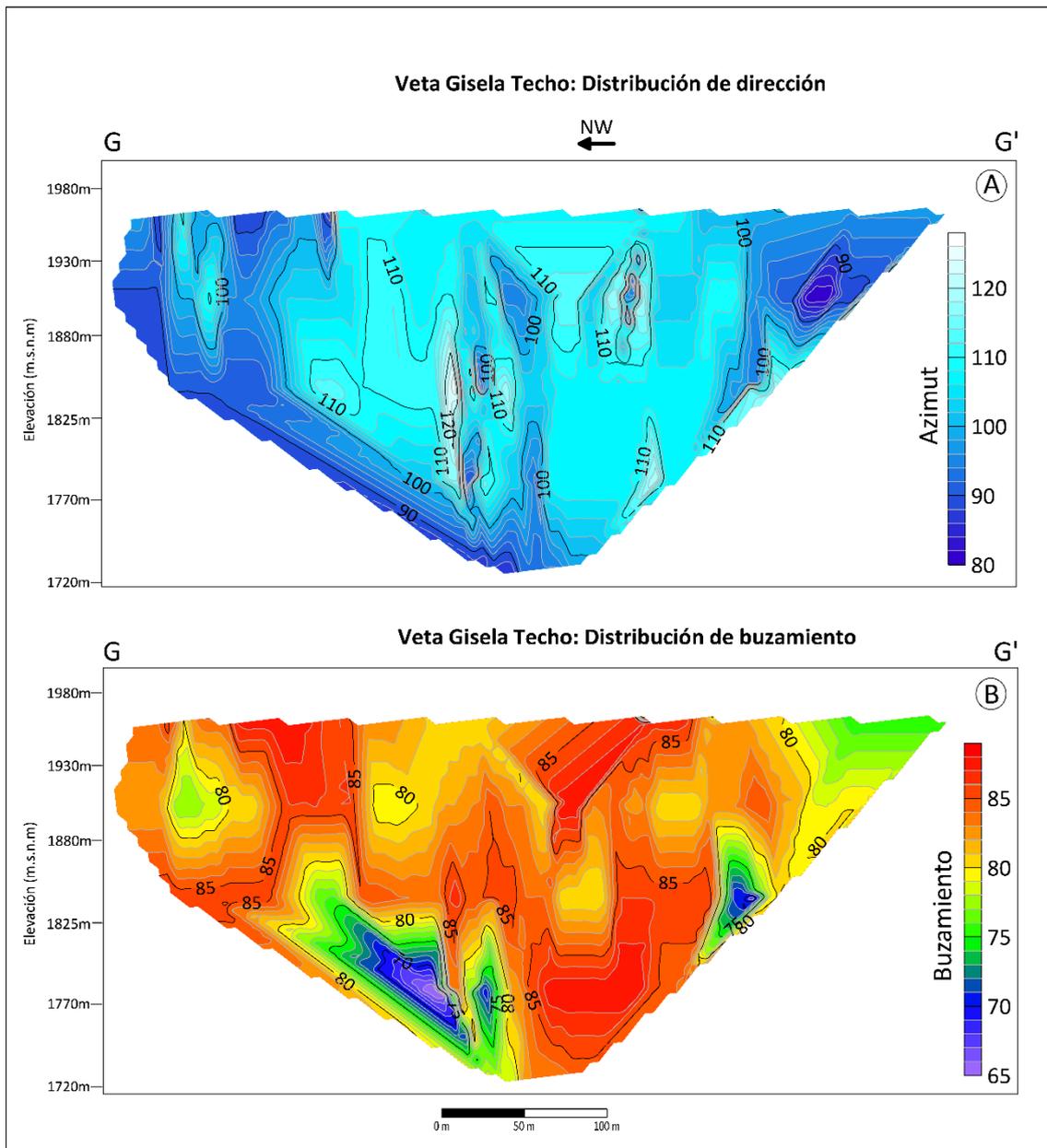


Fig. A.16: A) DISTRIBUCIÓN DE DIRECCIÓN DE VETA GISELA TECHO. B) DISTRIBUCIÓN DE BUZAMIENTO DE VETA GISELA TECHO. (Fuente: Elaboración propia. En Surfer).

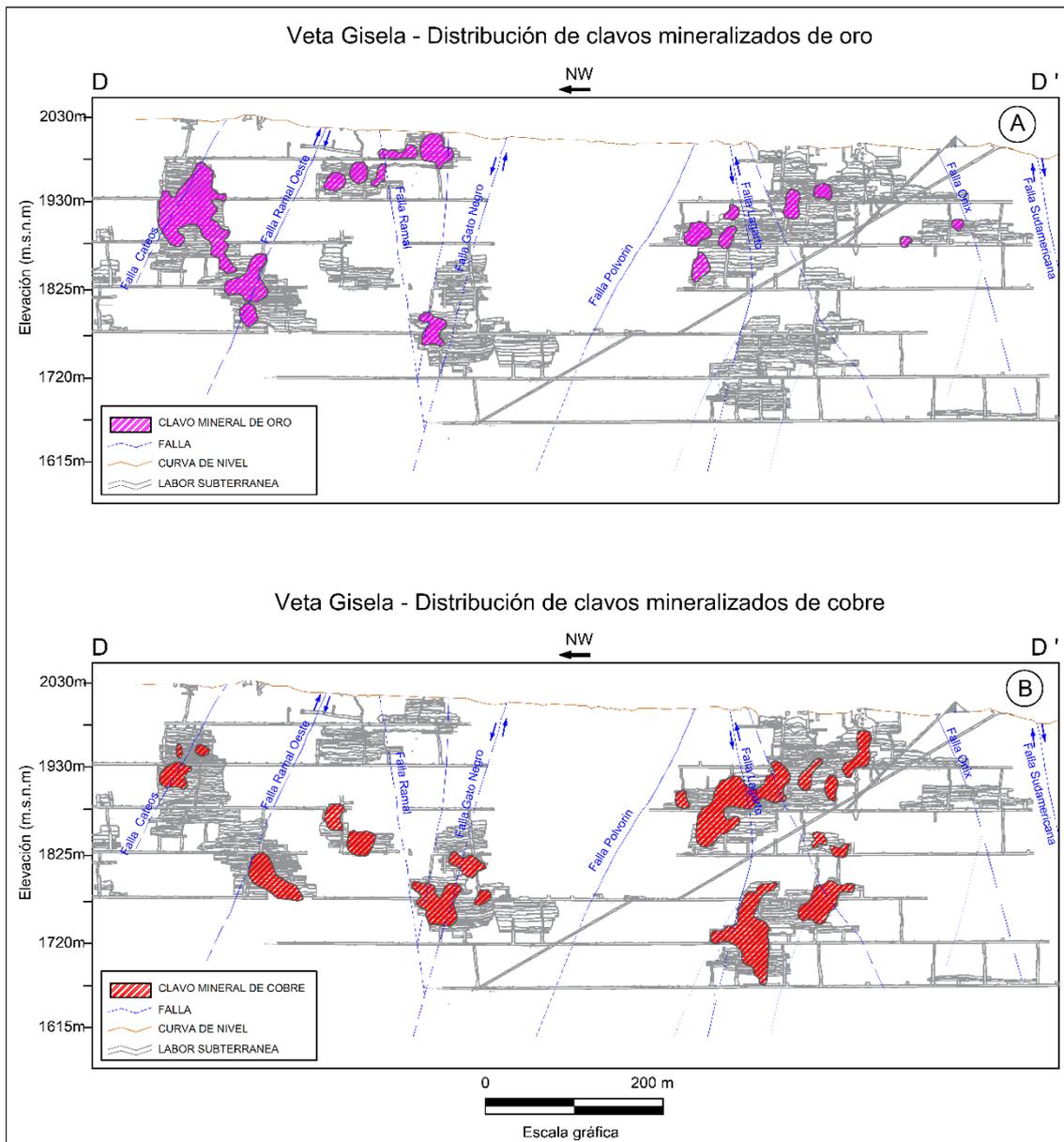


Fig. A.17: A) DISTRIBUCIÓN DE CLAVOS MINERALIZADOS DE ORO DE VETA GISELA CON LEY MAYOR A 7.0 GR/TN AU. B) DISTRIBUCIÓN DE CLAVOS MINERALIZADOS DE COBRE DE VETA GISELA CON LEY MAYOR A 3.0% CU. (Fuente: Elaboración propia. En Surfer).

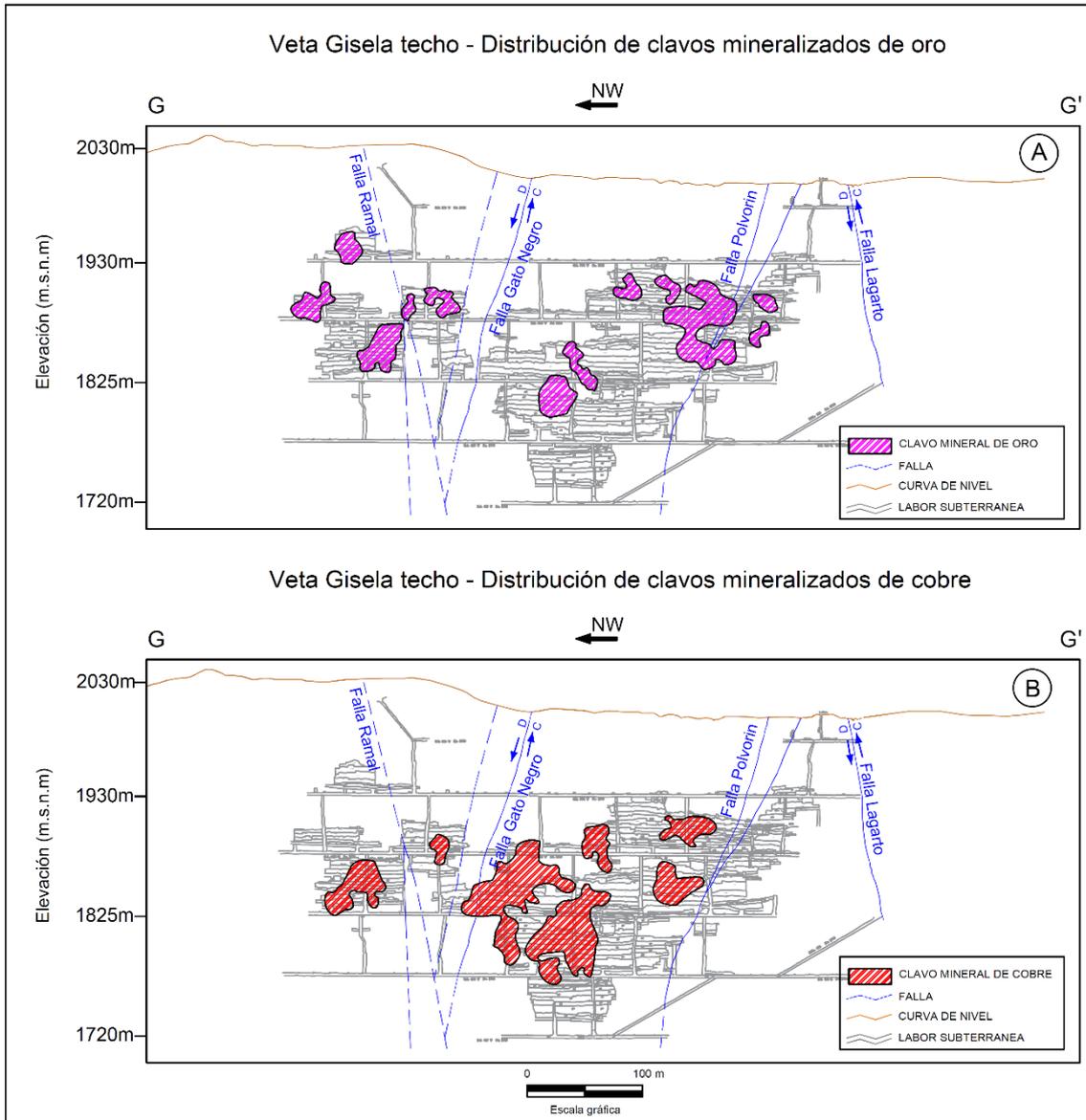


Fig. A.18: A) DISTRIBUCIÓN DE CLAVOS MINERALIZADOS DE ORO DE VETA GISELA TECHO CON LEY MAYOR A 8.0 GR/TN AU. B) DISTRIBUCIÓN DE CLAVOS MINERALIZADOS DE COBRE DE VETA GISELA TECHO CON LEY MAYOR A 4.0% CU. (Fuente: Elaboración propia. En Surfer).

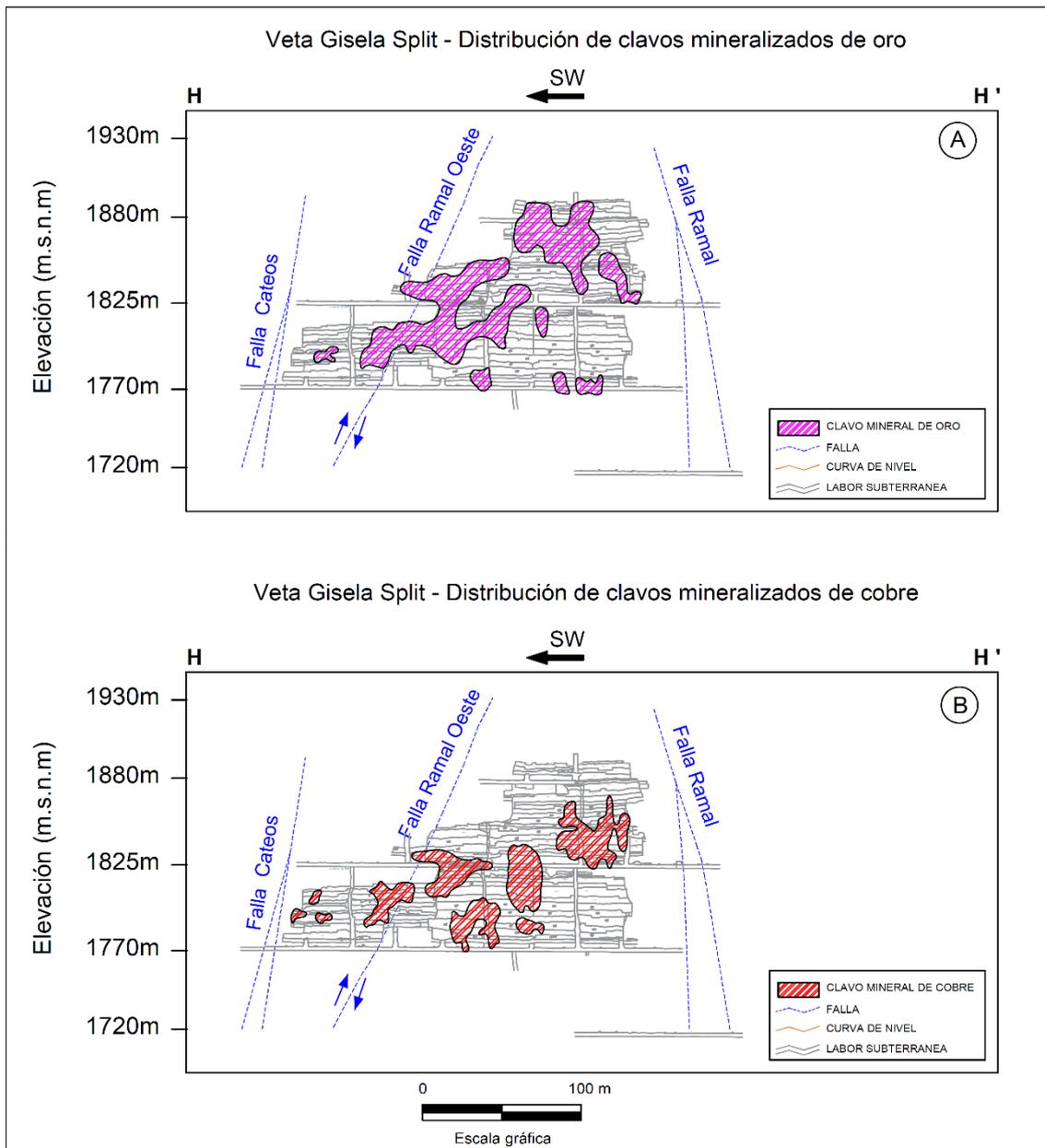


Fig. A.19: A) DISTRIBUCIÓN DE CLAVOS MINERALIZADOS DE ORO DE VETA GISELA SPLIT CON LEY MAYOR A 15.0 GR/TN AU. B) DISTRIBUCIÓN DE CLAVOS MINERALIZADOS DE COBRE DE VETA GISELA SPLIT CON LEY MAYOR A 3.0% CU. (Fuente: Elaboración propia. En Surfer).

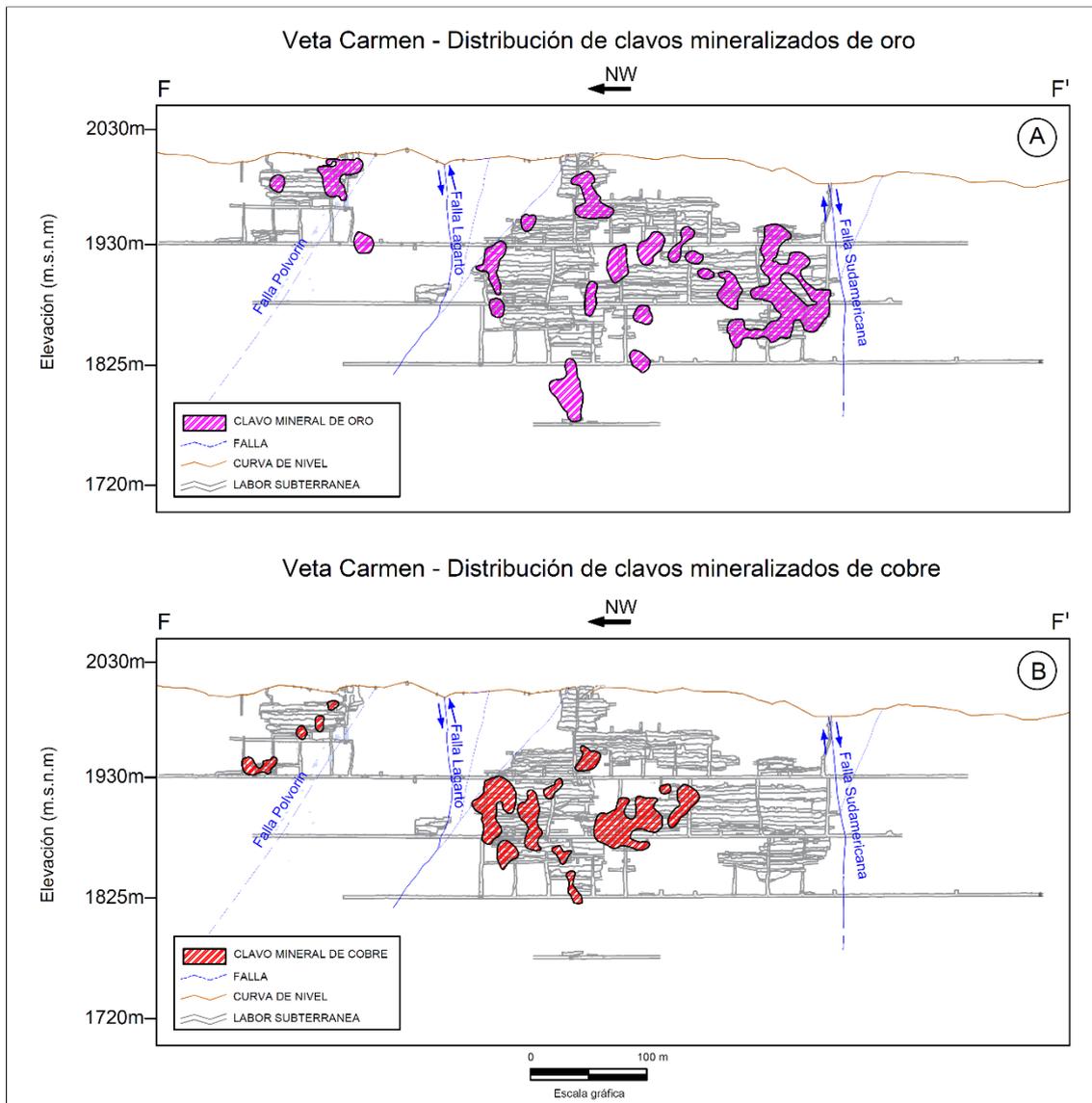


Fig. A.20: A) DISTRIBUCIÓN DE CLAVOS MINERALIZADOS DE ORO DE VETA CARMEN CON LEY MAYOR A 5.0 GR/TN AU. B) DISTRIBUCIÓN DE CLAVOS MINERALIZADOS DE COBRE DE VETA CARMEN CON LEY MAYOR A 4.0% CU. (Fuente: Elaboración propia. En Surfer).



ANEXO B

Tabla B.1: ESTIMACIÓN DE RESERVAS MINERALES VETA GISELA A DICIEMBRE 2017

RESERVAS DE MINERAL
PROBADOS Y PROBABLES ECONOMICOS
SUB TOTAL GENERAL

| NIVEL | ACCESIB. | BLOCK | MINERAL PROBADO ECONOMICO | | | | | MINERAL PROBABLE ECONOMICO | | | | | TOTAL RESERVA ECONOMICO | | | | | | |
|--------------|---------------|-------|---------------------------|-------------------|----------------|---------------|-------------|----------------------------|-------------------|----------------|---------------|-------------|-------------------------|-------------------|----------------|---------------|-------------|-----------------|----------------|
| | | | TMS | Potencia Veta (m) | Ancho Dil. (m) | Ley Au Grs/TM | Cu % | TMS | Potencia Veta (m) | Ancho Dil. (m) | Ley Au Grs/TM | Cu % | TMS | Potencia Veta (m) | Ancho Dil. (m) | Ley Au Grs/TM | Cu % | Equiv Au grs/Tm | Onzas Au Equiv |
| 1930 | Accesible | G 64 | 1,390 | 0.60 | 0.80 | 14.92 | 0.33 | | | | | | | | | | | | |
| 1930 | Accesible | G 68 | 420 | 0.74 | 0.94 | 16.93 | 0.48 | | | | | | | | | | | | |
| 1770 | Accesible | G 77 | 520 | 0.81 | 1.01 | 6.54 | 0.98 | | | | | | | | | | | | |
| 1770 | Accesible | G 85 | 320 | 0.49 | 0.69 | 9.03 | 0.64 | | | | | | | | | | | | |
| 1825 | Accesible | G 91 | 1,420 | 0.85 | 1.05 | 5.16 | 1.02 | | | | | | | | | | | | |
| 1825 | Accesible | G 94 | 2,990 | 0.86 | 1.06 | 8.05 | 0.42 | | | | | | | | | | | | |
| 1770 | Accesible | G 95 | 1,320 | 1.19 | 1.39 | 8.38 | 0.18 | | | | | | | | | | | | |
| 1880 | Ev. Accesible | G 89 | | | | | | 220 | 0.37 | 0.57 | 8.24 | 0.02 | 220 | 0.37 | 0.57 | 8.24 | 0.02 | 8.28 | 58.54 |
| TOTAL | | | 8,380 | 0.79 | 0.99 | 9.14 | 0.51 | 220 | 0.37 | 0.57 | 8.24 | 0.02 | 8,600 | 0.74 | 0.94 | 9.12 | 0.50 | 9.88 | 2,731 |

RESERVAS DE MINERAL
PROBADOS Y PROBABLES MARGINAL
SUB TOTAL GENERAL

| NIVEL | ACCESIB. | BLOCK | MINERAL PROBADO MARGINAL | | | | | MINERAL PROBABLE MARGINAL | | | | | TOTAL RESERVA MARGINAL | | | | | | |
|--------------|---------------|-------|--------------------------|-------------------|----------------|---------------|-------------|---------------------------|-------------------|----------------|---------------|-------------|------------------------|-------------------|----------------|---------------|-------------|-----------------|----------------|
| | | | TMS | Potencia Veta (m) | Ancho Dil. (m) | Ley Au Grs/TM | Cu % | TMS | Potencia Veta (m) | Ancho Dil. (m) | Ley Au Grs/TM | Cu % | TMS | Potencia Veta (m) | Ancho Dil. (m) | Ley Au Grs/TM | Cu % | Equiv Au grs/Tm | Onzas Au Equiv |
| 1665 | Accesible | G 84 | 2,270 | 0.64 | 0.84 | 1.32 | 3.08 | | | | | | | | | | | | |
| 1880 | Accesible | G 90 | 440 | 0.64 | 0.84 | 4.50 | 1.05 | | | | | | | | | | | | |
| 1880 | Accesible | G 93 | 90 | 0.52 | 0.72 | 3.98 | 1.37 | | | | | | | | | | | | |
| 1825 | Accesible | G 86 | 130 | 0.70 | 0.90 | 5.86 | 0.30 | | | | | | | | | | | | |
| 1665 | Accesible | G100 | 1,030 | 0.49 | 0.69 | 1.07 | 2.95 | | | | | | | | | | | | |
| 1770 | Ev. Accesible | G 80 | | | | | | 480 | 0.41 | 0.61 | 2.52 | 2.32 | 480 | 0.41 | 0.61 | 2.52 | 2.32 | 6.04 | 93.16 |
| 1720 | Ev. Accesible | G 92 | | | | | | 760 | 0.58 | 0.78 | 4.07 | 1.35 | 760 | 0.58 | 0.78 | 4.07 | 1.35 | 6.11 | 149.36 |
| TOTAL | | | 3,960 | 0.60 | 0.80 | 1.82 | 2.69 | 1,240 | 0.49 | 0.69 | 3.47 | 1.72 | 5,200 | 0.57 | 0.77 | 2.21 | 2.46 | 5.95 | 994 |

| MINERAL PROBADO | | | | | | | |
|------------------|---------------|-------------------|----------------|---------------|-------------|-----------------|----------------|
| CATEGORIA | TMS | Potencia Veta (m) | Ancho Dil. (m) | Ley Au Grs/TM | Cu % | Equiv Au grs/Tm | Onzas Au Equiv |
| ECONOMICO | 8,380 | 0.79 | 0.99 | 9.14 | 0.51 | 9.92 | 2,673 |
| MARGINAL | 3,960 | 0.60 | 0.80 | 1.82 | 2.69 | 5.91 | 752 |
| SUB TOTAL | 12,340 | 0.69 | 0.89 | 6.79 | 1.21 | 8.63 | 3,425 |

| MINERAL PROBABLE | | | | | | | |
|------------------|--------------|-------------------|----------------|---------------|-------------|-----------------|----------------|
| CATEGORIA | TMS | Potencia Veta (m) | Ancho Dil. (m) | Ley Au Grs/TM | Cu % | Equiv Au grs/Tm | Onzas Au Equiv |
| ECONOMICO | 220 | 0.37 | 0.57 | 8.24 | 0.02 | 8.28 | 59 |
| MARGINAL | 1,240 | 0.49 | 0.69 | 3.47 | 1.72 | 6.08 | 243 |
| SUB TOTAL | 1,460 | 0.43 | 0.63 | 4.19 | 1.46 | 6.41 | 301 |

| RESUMEN RESERVAS Y RECURSOS - VETA GISELA | | | | | | | |
|---|---------------|-------------------|----------------|---------------|-------------|-----------------|----------------|
| RESERVAS MINERALES DE LA VETA GISELA | | | | | | | |
| CERTEZA | TMS | Potencia Veta (m) | Ancho Dil. (m) | Ley Au Grs/TM | Cu % | Equiv Au grs/Tm | Onzas Au Equiv |
| PROBADO | 12,340 | 0.69 | 0.89 | 6.79 | 1.21 | 8.63 | 3,425 |
| PROBABLE | 1,460 | 0.43 | 0.63 | 4.19 | 1.46 | 6.41 | 301 |
| TOTAL | 13,800 | 0.56 | 0.76 | 6.51 | 1.24 | 8.40 | 3,726 |

| RECURSOS MINERALES DE LA VETA GISELA | | | | | | | |
|--------------------------------------|--------|-------------------|----------------|---------------|------|-----------------|----------------|
| INFERIDO | TMS | Potencia Veta (m) | Ancho Dil. (m) | Ley Au Grs/TM | Cu % | Equiv Au grs/Tm | Onzas Au Equiv |
| INFERIDO | 11,800 | 0.75 | 0.94 | 3.80 | 1.78 | 6.51 | 2,469 |



Tabla B.2: ESTIMACIÓN DE RESERVAS MINERALES VETA MIRIAN A
DICIEMBRE 2017

RESERVAS DE MINERAL
PROBADOS Y PROBABLES ECONOMICOS
TOTAL GENERAL

| NIVEL | ACCESIB. | BLOCK | MINERAL PROBADO ECONOMICO | | | | MINERAL PROBABLE ECONOMICO | | | | TOTAL RESERVA ECONOMICO | | | | | | | | |
|--------------|---------------|-------|---------------------------|-------------------|----------------|---------------|----------------------------|------------|-------------------|----------------|-------------------------|-------------|--------------|-------------------|----------------|---------------|-------------|-----------------|----------------|
| | | | TMS | Potencia Veta (m) | Ancho Dil. (m) | Ley Au Grs/TM | Cu % | TMS | Potencia Veta (m) | Ancho Dil. (m) | Ley Au Grs/TM | Cu % | TMS | Potencia Veta (m) | Ancho Dil. (m) | Ley Au Grs/TM | Cu % | Equiv Au grs/Tm | Ozcas Au Equiv |
| 1825 | Accesible | M 6 | 1,340 | 0.61 | 0.81 | 5.22 | 1.22 | | | | | 1,340 | 0.61 | 0.81 | 5.22 | 1.22 | 7.24 | 311.86 | |
| 1770 | Accesible | M 16 | 680 | 0.69 | 0.89 | 7.56 | 0.53 | | | | 680 | 0.69 | 0.89 | 7.56 | 0.53 | 8.44 | 184.61 | | |
| 1720 | Ev. Accesible | M18 | | | | | | 570 | 0.69 | 0.89 | 7.56 | 0.53 | 570 | 0.69 | 0.89 | 7.56 | 0.53 | 8.44 | 154.75 |
| TOTAL | | | 2,020 | 0.65 | 0.85 | 6.01 | 0.99 | 570 | 0.69 | 0.89 | 7.56 | 0.53 | 2,590 | 0.67 | 0.87 | 6.35 | 0.89 | 7.82 | 651 |

RESERVAS DE MINERAL
PROBADOS Y PROBABLES MARGINAL
TOTAL GENERAL

| NIVEL | ACCESIB. | BLOCK | MINERAL PROBADO MARGINAL | | | | MINERAL PROBABLE MARGINAL | | | | TOTAL RESERVA MARGINAL | | | | | | | | |
|--------------|---------------|-------|--------------------------|-------------------|----------------|---------------|---------------------------|--------------|-------------------|----------------|------------------------|-------------|---------------|-------------------|----------------|---------------|-------------|-----------------|----------------|
| | | | TMS | Potencia Veta (m) | Ancho Dil. (m) | Ley Au Grs/TM | Cu % | TMS | Potencia Veta (m) | Ancho Dil. (m) | Ley Au Grs/TM | Cu % | TMS | Potencia Veta (m) | Ancho Dil. (m) | Ley Au Grs/TM | Cu % | Equiv Au grs/Tm | Ozcas Au Equiv |
| 1825 | Accesible | M 2 | 1,920 | 0.94 | 1.14 | 5.28 | 0.68 | | | | | 1,920 | 0.94 | 1.14 | 5.28 | 0.68 | 6.40 | 395.11 | |
| 1770 | Accesible | M 3 | 5,190 | 0.92 | 1.21 | 4.04 | 1.49 | | | | 5,190 | 0.92 | 1.21 | 4.04 | 1.49 | 6.51 | 1,086.25 | | |
| 1825 | Accesible | M 7 | 970 | 1.37 | 1.57 | 5.20 | 0.82 | | | | 970 | 1.37 | 1.57 | 5.20 | 0.82 | 6.56 | 204.60 | | |
| 1880 | Accesible | M 9 | 970 | 1.44 | 1.64 | 4.72 | 0.78 | | | | 970 | 1.44 | 1.64 | 4.72 | 0.78 | 6.00 | 187.26 | | |
| 1825 | Accesible | M 13 | 170 | 0.81 | 1.01 | 5.34 | 0.49 | | | | 170 | 0.81 | 1.01 | 5.34 | 0.49 | 6.16 | 33.65 | | |
| 1770 | Ev. Accesible | M 17 | 930 | 1.08 | 1.28 | 1.71 | 2.81 | | | | 930 | 1.08 | 1.28 | 1.71 | 2.81 | 6.39 | 190.93 | | |
| 1720 | Ev. Accesible | M 19 | | | | | | 780 | 1.08 | 1.28 | 1.71 | 2.81 | 780 | 1.08 | 1.28 | 1.71 | 2.81 | 6.39 | 160.13 |
| 1770 | Ev. Accesible | M 12 | | | | | | 440 | 0.61 | 0.81 | 2.74 | 2.05 | 440 | 0.61 | 0.81 | 2.74 | 2.05 | 6.14 | 86.83 |
| 1880 | Ev. Accesible | M 8 | | | | | | 560 | 0.83 | 1.03 | 5.30 | 0.84 | 560 | 0.83 | 1.03 | 5.30 | 0.84 | 6.70 | 120.62 |
| 1880 | Ev. Accesible | M 10 | | | | | | 650 | 0.79 | 0.99 | 3.93 | 1.33 | 650 | 0.79 | 0.99 | 3.93 | 1.33 | 6.13 | 128.20 |
| 1770 | Ev. Accesible | M 14 | | | | | | 660 | 0.77 | 0.97 | 4.79 | 0.84 | 660 | 0.77 | 0.97 | 4.79 | 0.84 | 6.19 | 131.34 |
| TOTAL | | | 10,150 | 1.09 | 1.31 | 4.26 | 1.31 | 3,090 | 0.82 | 1.02 | 3.63 | 1.61 | 13,240 | 0.97 | 1.18 | 4.11 | 1.38 | 6.40 | 2,725 |

| MINERAL PROBADO | | | | | | | |
|------------------|---------------|-------------------|----------------|---------------|-------------|-----------------|----------------|
| CATEGORIA | TMS | Potencia Veta (m) | Ancho Dil. (m) | Ley Au Grs/TM | Cu % | Equiv Au grs/Tm | Ozcas Au Equiv |
| ECONOMICO | 2,020 | 0.65 | 0.85 | 6.01 | 0.99 | 7.64 | 496 |
| MARGINAL | 10,150 | 1.09 | 1.31 | 4.26 | 1.31 | 6.43 | 2,098 |
| SUB TOTAL | 12,170 | 0.87 | 1.08 | 4.55 | 1.25 | 6.63 | 2,594 |

| MINERAL PROBABLE | | | | | | | |
|------------------|--------------|-------------------|----------------|---------------|-------------|-----------------|----------------|
| CATEGORIA | TMS | Potencia Veta (m) | Ancho Dil. (m) | Ley Au Grs/TM | Cu % | Equiv Au grs/Tm | Ozcas Au Equiv |
| ECONOMICO | 570 | 0.69 | 0.89 | 7.56 | 0.53 | 8.44 | 155 |
| MARGINAL | 3,090 | 0.82 | 1.02 | 3.63 | 1.61 | 6.31 | 627 |
| SUB TOTAL | 3,660 | 0.75 | 0.95 | 4.25 | 1.45 | 6.64 | 782 |

| RESUMEN RESERVAS Y RECURSOS - VETA MIRIAN | | | | | | | |
|---|---------------|-------------------|----------------|---------------|-------------|-----------------|----------------|
| RESERVAS MINERALES - VETA MIRIAN | | | | | | | |
| CERTEZA | TMS | Potencia Veta (m) | Ancho Dil. (m) | Ley Au Grs/TM | Cu % | Equiv Au grs/Tm | Ozcas Au Equiv |
| PROBADO | 12,170 | 0.87 | 1.08 | 4.55 | 1.25 | 6.63 | 2,594 |
| PROBABLE | 3,660 | 0.75 | 0.95 | 4.25 | 1.45 | 6.64 | 782 |
| TOTAL | 15,830 | 0.81 | 1.02 | 4.48 | 1.30 | 6.63 | 3,376 |

| RECURSOS MINERALES - VETA MIRIAN | | | | | | | |
|----------------------------------|--------|-------------------|----------------|---------------|------|-----------------|----------------|
| CATEGORIA | TMS | Potencia Veta (m) | Ancho Dil. (m) | Ley Au Grs/TM | Cu % | Equiv Au grs/Tm | Ozcas Au Equiv |
| INFERIDO | 11,490 | 0.87 | 1.07 | 4.38 | 1.20 | 6.37 | 2,353 |



Tabla B.3: ESTIMACIÓN DE RESERVAS MINERALES VETA CARMEN A
DICIEMBRE 2017

RESERVAS DE MINERAL
PROBADOS Y PROBABLES ECONOMICOS
TOTAL GENERAL

| NIVEL | ACCESIB. | BLOCK | MINERAL PROBADO ECONOMICO | | | | MINERAL PROBABLE ECONOMICO | | | | TOTAL RESERVA ECONOMICO | | | | | | | | |
|--------------|---------------|-------|---------------------------|-------------------|----------------|---------------|----------------------------|--------------|-------------------|----------------|-------------------------|-------------|--------------|-------------------|----------------|---------------|-------------|-----------------|----------------|
| | | | TMS | Potencia Veta (m) | Ancho Dil. (m) | Ley Au Grs/TM | Cu % | TMS | Potencia Veta (m) | Ancho Dil. (m) | Ley Au Grs/TM | Cu % | TMS | Potencia Veta (m) | Ancho Dil. (m) | Ley Au Grs/TM | Cu % | Equiv Au grs/Tm | Onzas Au Equiv |
| 1770 | Accesible | C 13 | 180 | 0.40 | 0.60 | 11.34 | 1.77 | | | | | 180 | 0.40 | 0.60 | 11.34 | 1.77 | | | |
| 1930 | Ev. Accesible | C 15 | 360 | 0.32 | 0.52 | 2.23 | 2.83 | | | | | 360 | 0.32 | 0.52 | 2.23 | 2.83 | 6.93 | 80.21 | |
| 1825 | Accesible | C 25 | | | | | | 600 | 0.35 | 0.42 | 2.63 | 2.60 | 600 | 0.35 | 0.42 | 2.63 | 2.60 | 6.95 | 134.11 |
| 1665 | Accesible | C 118 | | | | | | 110 | 0.41 | 0.61 | 6.60 | 0.32 | 110 | 0.41 | 0.61 | 6.60 | 0.32 | 7.13 | 25.21 |
| 1615 | Ev. Accesible | C 119 | | | | | | 90 | 0.41 | 0.61 | 6.60 | 0.32 | 90 | 0.41 | 0.61 | 6.60 | 0.32 | 7.13 | 20.63 |
| 1770 | Ev. Accesible | C 111 | | | | | | 290 | 0.46 | 0.66 | 7.55 | 0.21 | 290 | 0.46 | 0.66 | 7.55 | 0.21 | 7.89 | 73.58 |
| TOTAL | | | 540 | 0.36 | 0.56 | 5.27 | 2.48 | 1,090 | 0.41 | 0.58 | 4.67 | 1.55 | 1,630 | 0.39 | 0.57 | 4.87 | 1.85 | 7.94 | 416 |

RESERVAS DE MINERAL
PROBADOS Y PROBABLES MARGINAL
TOTAL GENERAL

| NIVEL | ACCESIB. | BLOCK | MINERAL PROBADO MARGINAL | | | | MINERAL PROBABLE MARGINAL | | | | TOTAL RESERVA MARGINAL | | | | | | | | |
|--------------|---------------|-------|--------------------------|-------------------|----------------|---------------|---------------------------|--------------|-------------------|----------------|------------------------|-------------|---------------|-------------------|----------------|---------------|-------------|-----------------|----------------|
| | | | TMS | Potencia Veta (m) | Ancho Dil. (m) | Ley Au Grs/TM | Cu % | TMS | Potencia Veta (m) | Ancho Dil. (m) | Ley Au Grs/TM | Cu % | TMS | Potencia Veta (m) | Ancho Dil. (m) | Ley Au Grs/TM | Cu % | Equiv Au grs/Tm | Onzas Au Equiv |
| 1880 | Accesible | C 24 | 610 | 0.25 | 0.40 | 2.71 | 2.02 | | | | | 610 | 0.25 | 0.40 | 2.71 | 2.02 | 6.05 | 118.74 | |
| 1665 | Accesible | C 108 | 3,130 | 0.56 | 0.76 | 4.49 | 0.93 | | | | | 3,130 | 0.56 | 0.76 | 4.49 | 0.93 | 6.03 | 606.77 | |
| 1665 | Accesible | C 103 | 3,440 | 0.60 | 0.80 | 5.11 | 0.95 | | | | | 3,440 | 0.60 | 0.80 | 5.11 | 0.95 | 6.69 | 740.24 | |
| 1720 | Accesible | C 100 | 3,240 | 0.62 | 0.82 | 4.89 | 0.68 | | | | | 3,240 | 0.62 | 0.82 | 4.89 | 0.68 | 6.03 | 627.71 | |
| 1665 | Accesible | C 101 | 2,390 | 0.68 | 0.88 | 5.37 | 0.82 | | | | | 2,390 | 0.68 | 0.88 | 5.37 | 0.82 | 6.74 | 517.58 | |
| 1720 | Accesible | C 107 | 1,430 | 0.71 | 0.91 | 5.69 | 0.24 | | | | | 1,430 | 0.71 | 0.91 | 5.69 | 0.24 | 6.08 | 279.76 | |
| 1720 | Accesible | C 110 | 1,410 | 0.65 | 0.86 | 5.52 | 0.58 | | | | | 1,410 | 0.65 | 0.86 | 5.52 | 0.58 | 6.48 | 293.81 | |
| 1770 | Accesible | C 17 | | | | | | 280 | 0.38 | 0.51 | 6.10 | 0.18 | 280 | 0.38 | 0.51 | 6.10 | 0.18 | 6.39 | 57.57 |
| 1825 | Accesible | C 26 | | | | | | 440 | 0.29 | 0.41 | 2.87 | 1.99 | 440 | 0.29 | 0.41 | 2.87 | 1.99 | 6.17 | 87.25 |
| 1770 | Accesible | C 109 | | | | | | 780 | 0.65 | 0.86 | 5.41 | 0.48 | 780 | 0.65 | 0.86 | 5.41 | 0.48 | 6.21 | 155.83 |
| 1825 | Ev. Accesible | C 20 | | | | | | 830 | 0.42 | 0.53 | 5.35 | 0.66 | 830 | 0.42 | 0.53 | 5.35 | 0.66 | 6.44 | 171.97 |
| 1770 | Ev. Accesible | C 21 | | | | | | 690 | 0.42 | 0.53 | 5.35 | 0.66 | 690 | 0.42 | 0.53 | 5.35 | 0.66 | 6.44 | 142.96 |
| 1770 | Ev. Accesible | C 27 | | | | | | 290 | 0.29 | 0.41 | 2.87 | 1.99 | 290 | 0.29 | 0.41 | 2.87 | 1.99 | 6.17 | 57.51 |
| 1615 | Ev. Accesible | C 99 | | | | | | 1,470 | 0.54 | 0.74 | 4.34 | 1.04 | 1,470 | 0.54 | 0.74 | 4.34 | 1.04 | 6.07 | 286.97 |
| 1615 | Ev. Accesible | C 105 | | | | | | 1,500 | 0.66 | 0.86 | 5.05 | 0.78 | 1,500 | 0.66 | 0.86 | 5.05 | 0.78 | 6.34 | 305.79 |
| 1665 | Ev. Accesible | C 111 | | | | | | 430 | 0.34 | 0.54 | 6.27 | 0.14 | 430 | 0.34 | 0.54 | 6.27 | 0.14 | 6.49 | 89.75 |
| 1615 | Ev. Accesible | C 112 | | | | | | 360 | 0.34 | 0.54 | 6.27 | 0.14 | 360 | 0.34 | 0.54 | 6.27 | 0.14 | 6.49 | 75.14 |
| TOTAL | | | 15,650 | 0.58 | 0.78 | 4.98 | 0.81 | 7,070 | 0.43 | 0.59 | 4.96 | 0.80 | 22,720 | 0.49 | 0.67 | 4.97 | 0.81 | 6.32 | 4,615 |

| MINERAL PROBADO | | | | | | | |
|------------------|---------------|-------------------|----------------|---------------|-------------|-----------------|----------------|
| CATEGORIA | TMS | Potencia Veta (m) | Ancho Dil. (m) | Ley Au Grs/TM | Cu % | Equiv Au grs/Tm | Onzas Au Equiv |
| ECONOMICO | 540 | 0.36 | 0.56 | 5.27 | 2.48 | 9.38 | 163 |
| MARGINAL | 15,650 | 0.58 | 0.78 | 4.98 | 0.81 | 6.33 | 3,185 |
| SUB TOTAL | 16,190 | 0.47 | 0.67 | 4.99 | 0.87 | 6.43 | 3,347 |

| MINERAL PROBABLE | | | | | | | |
|------------------|--------------|-------------------|----------------|---------------|-------------|-----------------|----------------|
| CATEGORIA | TMS | Potencia Veta (m) | Ancho Dil. (m) | Ley Au Grs/TM | Cu % | Equiv Au grs/Tm | Onzas Au Equiv |
| ECONOMICO | 1,090 | 0.41 | 0.58 | 4.67 | 1.55 | 7.23 | 254 |
| MARGINAL | 7,070 | 0.43 | 0.59 | 4.96 | 0.80 | 6.29 | 1,431 |
| SUB TOTAL | 8,160 | 0.42 | 0.59 | 4.92 | 0.90 | 6.42 | 1,684 |

| RESUMEN RESERVAS Y RECURSOS - VETA CARMEN | | | | | | | |
|---|---------------|-------------------|----------------|---------------|-------------|-----------------|----------------|
| RESERVAS MINERALES DE LA VETA CARMEN | | | | | | | |
| CERTEZA | TMS | Potencia Veta (m) | Ancho Dil. (m) | Ley Au Grs/TM | Cu % | Equiv Au grs/Tm | Onzas Au Equiv |
| PROBADO | 16,190 | 0.47 | 0.67 | 4.99 | 0.87 | 6.43 | 3,347 |
| PROBABLE | 8,160 | 0.42 | 0.59 | 4.92 | 0.90 | 6.42 | 1,684 |
| TOTAL | 24,350 | 0.45 | 0.63 | 4.96 | 0.88 | 6.43 | 5,032 |
| RECURSOS MINERALES DE LA VETA CARMEN | | | | | | | |
| INFERIDO | 36,790 | 0.56 | 0.69 | 5.54 | 0.80 | 6.87 | 8,122 |

Tabla B.4: RESUMEN DE RESERVAS Y RECURSOS MINERALES DE ZONA GISELA A DICIEMBRE 2017

| VETA | RESERVAS | | | | | | TOTAL RESERVAS POR VETA | RESERVAS | | | RECURSOS | | | | | |
|--------------|---------------|-------------|-------------|-----------------------|---------------|-------------|-------------------------------|-------------|---------------|-----------------------|-------------|-------------|---------------|-----------------------|-------------|-------------|
| | PROBADO | | | PROBABLE | | | | gr Au | % Cu | Equiv Au gr /TM | TMS | gr Au | % Cu | Equiv Au gr /TM | | |
| | TMS | gr Au | % Cu | Equiv Au gr /TM | TMS | gr Au | | | | | | | | | % Cu | |
| GISELA | 12,340 | 6.79 | 1.21 | 8.80 | 1,460 | 4.19 | 1.46 | 6.62 | 13,800 | 6.51 | 1.24 | 8.57 | 11,800 | 3.80 | 1.78 | 6.76 |
| GISELA TECHO | 1,440 | 5.01 | 1.37 | 7.28 | | | | | 1,440 | 5.01 | 1.37 | 7.28 | | | | |
| MIRIAN | 12,170 | 4.55 | 1.25 | 6.63 | 3,660 | 4.25 | 1.45 | 6.64 | 15,830 | 4.48 | 1.30 | 6.63 | 11,490 | 4.38 | 1.20 | 6.37 |
| PROMESA | 710 | 4.09 | 2.27 | 7.87 | 1,040 | 2.94 | 2.09 | 6.41 | 1,750 | 3.41 | 2.16 | 7.00 | 870 | 1.46 | 3.07 | 6.55 |
| ESPERANZA | 3,650 | 5.29 | 0.71 | 6.47 | | | | | 3,650 | 5.29 | 0.71 | 6.47 | 2,050 | 5.43 | 0.88 | 6.88 |
| CARMEN | 16,190 | 4.99 | 0.87 | 6.43 | 8,160 | 4.92 | 0.90 | 6.42 | 24,350 | 4.96 | 0.88 | 6.43 | 36,790 | 5.54 | 0.80 | 6.87 |
| TOTAL | 46,500 | 5.36 | 1.09 | 7.16 | 14,320 | 4.53 | 1.19 | 6.50 | 60,820 | 5.17 | 1.11 | 7.01 | 63,000 | 4.94 | 1.09 | 6.25 |

Tabla B.5: PRODUCCIÓN HISTÓRICA DE MINA ESPERANZA

| ZONA | VETAS | 2007 | 2008 | 2009 | 2010 | 2011 | 2012 | 2013 | 2014 | 2015 | 2016 | 2017 | TOTAL |
|-------------|------------------|--------------|----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|------------------|
| ZONA AURORA | AURORA | 500.0 | 4,300.0 | 13,289.0 | 21,406.9 | 20,251.0 | 16,895.0 | 5,309.0 | | | | | 81,950.82 |
| | MARIELA | | | | 438.0 | 54.0 | | | | | | | 492.00 |
| ZONA COILA | COILA | | | 531.0 | 76.0 | 384.5 | 326.0 | 606.5 | | | 749.8 | 2,313 | 4,986.45 |
| | GISELA | 202.0 | 408.0 | 2,527.0 | 2,637.0 | 7,414.0 | 11,490.0 | 7,908.0 | 5,455.5 | 18,389.1 | 25,612.8 | 19,515 | 101,558.39 |
| | GISELA TECHO | | | | | | 7,874.0 | 17,249.0 | 7,013.7 | 2,030.6 | 120.0 | | 34,287.23 |
| | SPLIT GISELA | | | | | | 751.6 | 7,425.7 | 7,425.7 | 3,132.7 | 245.8 | | 11,555.69 |
| ZONA GISELA | CARMEN | 100.0 | | 466.0 | 3,332.0 | 8,383.0 | 15,130.1 | 6,279.0 | 3,018.3 | 0.0 | 236.6 | 3,716 | 40,660.62 |
| | ESPERANZA | 100.0 | | 246.0 | 574.0 | 2,398.0 | 578.3 | 176.0 | 4,056.1 | 5,252.0 | 2,808.4 | 3,214 | 19,403.21 |
| | MIRIAM | | | 60.0 | 2,998.0 | 622.0 | | | 972.8 | 3,139.8 | 6,325.1 | 11,432 | 25,549.50 |
| | PROMESA | | | | | | | | 1,162.8 | 456.4 | | | 1,619.19 |
| | CAMILA | | | | | | | | | | | 839 | 838.55 |
| | CORINA | | | | | | | | 17.3 | | | | 17.31 |
| | AVANCES/CANCHAS | | | | | | 1,000.0 | 1,225.0 | 6,755.0 | 6,619.4 | 4,499.4 | 6,003 | 26,101.94 |
| | TOTAL | 902.0 | 4,708.0 | 17,119.0 | 31,462.0 | 39,507.0 | 53,293.0 | 39,504.0 | 35,877.1 | 39,019.8 | 40,597.8 | 47,031.4 | 349,021.2 |
| | Ley Equiv. (g/t) | 18.3 | 12.7 | 11.0 | 10.6 | 9.6 | 8.5 | 7.5 | 8.17 | 8.51 | 8.13 | 8.00 | 10.09 |
| | Kilos Au Equiv. | 17 | 60 | 188 | 335 | 378 | 453 | 298 | 287 | 331 | 330 | 383 | 3,059 |
| | Onzas Oro Equiv. | 531 | 1,919 | 6,054 | 10,762 | 12,160 | 14,564 | 9,580 | 9,214 | 10,634 | 10,605 | 12,304 | 98,327 |

Tabla B.6: REGISTRO HISTÓRICO DE RATIO DE CUBICACIÓN Y REPOSICIÓN DE ZONA GISELA

| AÑO | Reserva Inicial TM | Reserva Final TM | Balance (+)(-) | Producción TM | Total Ganado TM | Avance Total (m) | Avance Expl + Des | Ratio Cubicación Exp+Des | Ratio Reposición |
|-----------------|--------------------|------------------|----------------|---------------|-----------------|------------------|-------------------|--------------------------|------------------|
| 2012 | 32,379 | 47,285 | 14,906 | 35,072 | 49,979 | 8,579 | 5,492 | 9.10 | 1.43 |
| 2013 | 47,285 | 35,180 | -12,105 | 32,364 | 20,258 | 6,159 | 4,015 | 5.05 | 0.63 |
| 2014 | 35,180 | 29,770 | -5,410 | 29,122 | 23,712 | 5,671 | 3,625 | 6.54 | 0.81 |
| 2015 | 29,770 | 29,300 | -470 | 32,400 | 31,930 | 5,264 | 4,120 | 7.75 | 0.99 |
| 2016 | 29,300 | 26,960 | -2,340 | 35,349 | 33,009 | 5,442 | 3,911 | 8.44 | 0.93 |
| 2017 | 26,960 | 60,820 | 33,860 | 38,716 | 72,576 | 6,107 | 4,644 | 15.63 | 1.87 |
| PROMEDIO | | | | | | | | 8.75 | 1.11 |

Donde:

Expl: Exploración

Des: Desarrollo



Tabla B.7: REGISTRO DE LEVANTAMIENTO ESTRUCTURAL

| ID | AZ | BZ | DBZ | PITCH | DIR MOV | ESTRUCTURA |
|----|-----|----|-----|-------|-----------|--------------------|
| 1 | 80 | 68 | 160 | 5 | Dextral | Veta Gisela |
| 2 | 99 | 72 | 183 | 30 | Dextral | Veta Gisela |
| 3 | 114 | 60 | 202 | 22 | Dextral | Veta Gisela |
| 4 | 102 | 72 | 188 | 17 | Dextral | Veta Gisela |
| 5 | 137 | 78 | 228 | 10 | Dextral | Veta Gisela |
| 6 | 101 | 74 | 188 | 17 | Dextral | Veta Gisela |
| 7 | 110 | 60 | 200 | 17 | Dextral | Veta Gisela |
| 8 | 104 | 68 | 195 | 20 | Sinextral | Veta Esperanza |
| 9 | 92 | 78 | 178 | 27 | Sinextral | Veta Esperanza |
| 10 | 114 | 64 | 219 | 40 | Dextral | Veta Mirian |
| 11 | 118 | 60 | 202 | 15 | Dextral | Veta Mirian |
| 12 | 115 | 68 | 200 | 15 | Sinextral | Veta Mirian |
| 13 | 113 | 62 | 198 | 18 | Dextral | Veta Mirian |
| 14 | 100 | 63 | 189 | 20 | Dextral | Veta Mirian |
| 15 | 100 | 68 | 183 | 42 | Dextral | Veta Teresa |
| 16 | 115 | 80 | 206 | 10 | Dextral | Veta Gisela Techo |
| 17 | 117 | 88 | 20 | 20 | Dextral | Veta Carmen |
| 18 | 105 | 73 | 196 | 5 | Sinextral | Veta Carmen |
| 19 | 350 | 82 | 262 | 10 | Sinextral | Falla polvorín |
| 20 | 10 | 63 | 284 | 13 | Sinextral | Falla polvorín |
| 21 | 20 | 68 | 285 | 10 | Dextral | Falla lagarto |
| 22 | 35 | 60 | 135 | 7 | Sinextral | Falla lagarto |
| 23 | 7 | 80 | 94 | 18 | Sinextral | Falla Sudamericana |
| 24 | 354 | 83 | 269 | 6 | Sinextral | Falla gato negro |
| 25 | 353 | 88 | 80 | 9 | Sinextral | Falla ramal |
| 26 | 10 | 73 | 274 | 5 | Sinextral | Falla ramal Oeste |
| 27 | 345 | 75 | 266 | 23 | Sinextral | Falla cateos |

Donde:

AZ: Azimut

BZ: Buzamiento

DBZ: Dirección de buzamiento

DIR MOV: Dirección de movimiento y/o cinemática.

Tabla B.8: SONDAJES DIAMANTINOS EJECUTADOS EN INTERIOR MINA ZONA GISELA

| SONDAJE | COLLAR SONDAJE DIAMANTINO | | | | | | | | | |
|----------------|---------------------------|-------|--------|------------|--------------|----------|----------------|-------------------|----------------|--|
| | AÑO | NIVEL | CAMARA | ESTE | NORTE | COTA | AZIMUT | INCLINACION | LONG. (m.) | |
| GI-DDH-M11-025 | 2011 | 1930 | 975 | 642996.683 | 8242227.117 | 1930.319 | 212° 13' 21" | (-)20° 16' 48" | 143.80 | |
| GI-DDH-M11-032 | 2011 | 1930 | 758 | 642755.672 | 8242205.721 | 1928.779 | 180° 54' 36" | (-)30° 27' 36" | 149.00 | |
| GI-DDH-M13-068 | 2013 | 1880 | 255 | 643,019.99 | 8,242,239.69 | 1,879.01 | 289° 56' 39" | (-)44° 34' 05" | 240.00 | |
| GI-DDH-M15-069 | 2015 | 1770 | 324 | 642,689.86 | 8,242,243.07 | 1,772.50 | 355° 36' 4.7" | (-)51° 23' 02" | 135.05 | |
| GI-DDH-M15-070 | 2015 | 1770 | 324 | 642,688.46 | 8,242,242.49 | 1,772.58 | 324° 22' 39.8" | (-)54° 45' 21" | 204.65 | |
| GI-DDH-M15-071 | 2015 | 1770 | 324 | 642,689.84 | 8,242,243.33 | 1,773.15 | 354° 56' 36" | (-)41° 04' 05" | 120.15 | |
| GI-DDH-M17-079 | 2017 | 1665 | 890 | 642,898.23 | 8,242,200.53 | 1,669.97 | 15° 58' 27" | (-)31° 10' 1" | 114.05 | |
| GI-DDH-M17-080 | 2017 | 1665 | 890 | 642,895.11 | 8,242,200.69 | 1,669.37 | 350° 34' 16" | (-)45° 31' 14" | 144.85 | |
| GI-DDH-M17-081 | 2017 | 1665 | 890 | 642,894.66 | 8,242,200.34 | 1,670.05 | 326° 18' 35" | (-)29° 01' 52.07" | 150.80 | |
| GI-DDH-M17-082 | 2017 | 1665 | 890 | 642,898.52 | 8,242,200.35 | 1,670.82 | 35° 04' 47" | (-)43° 36' 49.22" | 157.60 | |
| GI-DDH-M17-083 | 2017 | 1665 | 890 | 642,895.14 | 8,242,194.63 | 1,670.62 | 216° 06' 05" | (+)00° 05' 30" | 200.65 | |
| GI-DDH-M17-084 | 2017 | 1665 | 890 | 642,895.74 | 8,242,197.60 | 1,669.00 | 351° 05' 06" | (-)80° 22' 12" | 151.40 | |
| GI-DDH-M17-087 | 2017 | 1720 | 164 | 642,148.75 | 8,242,389.37 | 1,719.27 | 71° 18' 09" | (-)57° 38' 54.94" | 140.10 | |
| | | | | | | | | TOTAL | 2052.10 | |

Tabla B.9: ANÁLISIS GEOQUÍMICO DEL SONDAJE GI-DDH-M11-025

| Tramo | N° Muestra | Desde (m) | Hasta (m) | Ancho (m) | Au (gr) | Cu (%) | Observación |
|-------|-------------------------|-----------|-----------|-----------|---------|-------------|-------------|
| 01 | 48612 | 73.25 | 73.65 | 0.40 | 0.43 | 0.00 | Veta Karina |
| | Error de muestreo (10%) | | | | | 0.39 | 0.00 |

Tabla B.10: ANÁLISIS GEOQUÍMICO DEL SONDAJE GI-DDH-M13-032

| Tramo | N° Muestra | Desde (m) | Hasta (m) | Ancho (m) | Au (gr) | Cu (%) | Observación |
|-------|-------------------------|-----------|-----------|-----------|---------|-------------|-------------|
| 01 | 45449 | 39.93 | 40.00 | 0.07 | 0.09 | 2.81 | Veta |
| | Error de muestreo (10%) | | | | | 0.08 | 2.53 |
| 02 | 45451 | 40.20 | 40.35 | 0.15 | 6.48 | 0.44 | Veta Karina |
| | Error de muestreo (10%) | | | | | 5.83 | 0.40 |

Tabla B.11: ANÁLISIS GEOQUÍMICO DEL SONDAJE GI-DDH-M13-068

| Tramo | N° Muestra | Desde (m) | Hasta (m) | Ancho (m) | Au (gr) | Cu (%) | Observación | |
|-------|-------------------------|-----------|-----------|-----------|-------------|-------------|-------------|--|
| 01 | 23931 | 82.7 | 83.52 | 0.82 | 0.74 | 0.02 | Veta Rosa | |
| | 23932 | 83.52 | 84.3 | 0.78 | 0.33 | 0.02 | Veta Rosa | |
| | 23933 | 84.3 | 84.51 | 0.21 | 0.60 | 0.02 | Veta Rosa | |
| | Promedio | | | | 1.81 | 0.55 | 0.02 | |
| | Error de muestreo (10%) | | | | | 0.49 | 0.02 | |
| 02 | 23934 | 174.38 | 175.28 | 0.90 | 0.04 | 0.01 | Veta Futuro | |
| | 23935 | 178.98 | 179.15 | 0.17 | 0.70 | 0.01 | Veta Futuro | |
| | Promedio | | | | 1.07 | 0.14 | 0.01 | |
| | Error de muestreo (10%) | | | | | 0.13 | 0.01 | |
| 03 | 23936 | 223.00 | 223.48 | 0.48 | 0.42 | 0.08 | Veta Norte | |
| | Error de muestreo (10%) | | | | | 0.38 | 0.07 | |

Tabla B.12: ANÁLISIS GEOQUÍMICO DEL SONDAJE GI-DDH-M15-069

| Tramo | N° Muestra | Desde (m) | Hasta (m) | Ancho (m) | Au (gr) | Cu (%) | Observación | |
|-------|-------------------------|-----------|-----------|-----------|-------------|-------------|-------------|--|
| 01 | 30185 | 102.4 | 102.6 | 0.20 | 0.10 | 5.86 | Veta Gisela | |
| | 30186 | 102.6 | 102.8 | 0.20 | 0.10 | 2.55 | Veta Gisela | |
| | Promedio | | | | 0.40 | 0.10 | 4.20 | |
| | Error de muestreo (10%) | | | | | 0.09 | 3.78 | |
| 02 | 30190 | 128.6 | 129 | 0.40 | 6.60 | 0.04 | Veta Camila | |
| | Error de muestreo (10%) | | | | | 5.94 | 0.04 | |

Tabla B.13: ANÁLISIS GEOQUÍMICO DEL SONDAJE GI-DDH-M15-070

| Tramo | N° Muestra | Desde (m) | Hasta (m) | Ancho (m) | Au (gr) | Cu (%) | Observación |
|-------|-------------------------|-----------|-----------|-----------|---------|--------|-------------|
| 01 | 30389 | 164 | 164.45 | 0.45 | 0.20 | 6.64 | Veta Gisela |
| | Error de muestreo (10%) | | | | | 0.18 | 5.98 |
| 02 | 30412 | 177.85 | 178.45 | 0.60 | 0.10 | 1.23 | Veta Camila |
| | Error de muestreo (10%) | | | | | 0.09 | 1.11 |

Tabla B.14: ANÁLISIS GEOQUÍMICO DEL SONDAJE GI-DDH-M15-071

| Tramo | N° Muestra | Desde (m) | Hasta (m) | Ancho (m) | Au (gr) | Cu (%) | Observación |
|-------|-------------------------|-----------|-----------|-----------|---------|--------|-------------|
| 01 | 30428 | 89.65 | 90.25 | 0.60 | 1.80 | 0.42 | Veta Gisela |
| | Error de muestreo (10%) | | | | | 1.62 | 0.38 |
| 02 | 30995 | 96.8 | 97.4 | 0.60 | 0.30 | 4.79 | Veta Camila |
| | Error de muestreo (10%) | | | | | 0.27 | 4.31 |

Tabla B.15: ANÁLISIS GEOQUÍMICO DEL SONDAJE GI-DDH-M17-079

| Tramo | N° Muestra | Desde (m) | Hasta (m) | Ancho (m) | Au (gr) | Cu (%) | Observación | |
|-------------------------|-------------------------|-----------|-----------|-----------|---------|--------|-------------|--|
| 01 | 44193 | 44.95 | 45.25 | 0.30 | 0.47 | 0.02 | Veta Gisela | |
| | 44194 | 45.25 | 45.45 | 0.20 | 0.32 | 0.03 | Veta Gisela | |
| | Promedio | | | | 0.50 | 0.41 | 0.02 | |
| | Error de muestreo (10%) | | | | | 0.37 | 0.02 | |
| 02 | 44197 | 83.1 | 83.2 | 0.10 | 0.22 | 0.02 | Veta Carmen | |
| | 44198 | 83.2 | 83.36 | 0.16 | 0.21 | 0.01 | Veta Carmen | |
| | 44199 | 83.36 | 83.63 | 0.27 | 0.51 | 0.03 | Veta Carmen | |
| | 44200 | 83.63 | 83.8 | 0.17 | 0.42 | 0.06 | Veta Carmen | |
| | 44201 | 83.94 | 84.11 | 0.17 | 0.59 | 0.01 | Veta Carmen | |
| | Promedio | | | | 0.87 | 0.42 | 0.03 | |
| Error de muestreo (10%) | | | | | 0.38 | 0.02 | | |

Tabla B.16: ANÁLISIS GEOQUÍMICO DEL SONDAJE GI-DDH-M17-080

| Tramo | N° Muestra | Desde (m) | Hasta (m) | Ancho (m) | Au (gr) | Cu (%) | Observación |
|-------------------------|-------------------------|-----------|-----------|-------------|-------------|-------------|-------------|
| 01 | 44242 | 56.36 | 56.7 | 0.34 | 0.05 | 0.02 | Veta Gisela |
| | 44243 | 56.7 | 56.95 | 0.25 | 0.05 | 0.02 | Veta Gisela |
| | 44244 | 56.95 | 57.15 | 0.20 | 0.05 | 0.01 | Veta Gisela |
| | Promedio | | | 0.79 | 0.05 | 0.02 | |
| Error de muestreo (10%) | | | | 0.05 | 0.02 | | |
| 02 | 44470 | 132.43 | 132.9 | 0.47 | 4.85 | 0.02 | Veta Carmen |
| | Error de muestreo (10%) | | | | 4.37 | 0.02 | |

Tabla B.17: ANÁLISIS GEOQUÍMICO DEL SONDAJE GI-DDH-M17-081

| Tramo | N° Muestra | Desde (m) | Hasta (m) | Ancho (m) | Au (gr) | Cu (%) | Observación |
|-------|-------------------------|-----------|-----------|-------------|-------------|-------------|-------------|
| 01 | 44249 | 73 | 73.3 | 0.30 | 0.05 | 0.01 | Veta Gisela |
| | 44250 | 73.3 | 73.69 | 0.39 | 0.05 | 0.01 | Veta Gisela |
| | Promedio | | | 0.69 | 0.05 | 0.01 | |
| | Error de muestreo (10%) | | | | 0.05 | 0.01 | |
| 02 | 44478 | 140.4 | 140.85 | 0.45 | 0.09 | 0.01 | Veta Carmen |
| | 44479 | 140.85 | 141.3 | 0.45 | 0.57 | 0.01 | Veta Carmen |
| | Promedio | | | 0.90 | 0.33 | 0.01 | |
| | Error de muestreo (10%) | | | | 0.30 | 0.01 | |

Tabla B.18: ANÁLISIS GEOQUÍMICO DEL SONDAJE GI-DDH-M17-082

| Tramo | N° Muestra | Desde (m) | Hasta (m) | Ancho (m) | Au (gr) | Cu (%) | Observación |
|-------------------------|-------------------------|-----------|-----------|--------------|--------------|-------------|-------------|
| 01 | 44482 | 48.9 | 49.15 | 0.25 | 0.08 | 0.01 | Veta Gisela |
| | Error de muestreo (10%) | | | | 0.07 | 0.01 | |
| 02 | 44487 | 124.87 | 125.00 | 0.13 | 1.40 | 0.01 | Veta Carmen |
| | 44488 | 125.00 | 125.1 | 0.10 | 3.00 | 0.01 | Veta Carmen |
| | 44489 | 125.1 | 125.3 | 0.20 | 24.71 | 0.12 | Veta Carmen |
| | 44490 | 125.3 | 125.55 | 0.25 | 20.96 | 0.01 | Veta Carmen |
| | 44491 | 125.55 | 125.7 | 0.15 | 41.22 | 0.04 | Veta Carmen |
| | Promedio | | | 0.83 | 20.30 | 0.04 | |
| Error de muestreo (10%) | | | | 18.27 | 0.04 | | |

Tabla B.19: ANÁLISIS GEOQUÍMICO DEL SONDAJE GI-DDH-M17-083

| Tramo | N° Muestra | Desde (m) | Hasta (m) | Ancho (m) | Au (gr) | Cu (%) | Observación |
|-------|-------------------------|-----------|-----------|-------------|--------------|-------------|---------------|
| 01 | 44662 | 110.55 | 111.05 | 0.50 | 2.20 | 0.02 | Veta Carminia |
| | 44663 | 111.05 | 111.6 | 0.55 | 0.41 | 0.03 | Veta Carminia |
| | Promedio | | | 1.05 | 1.26 | 0.03 | |
| | Error de muestreo (10%) | | | | 1.14 | 0.02 | |
| 02 | 44859 | 149.15 | 149.42 | 0.27 | 0.46 | 0.05 | Alteración |
| | 44860 | 149.42 | 149.6 | 0.18 | 69.40 | 1.83 | Veta Karina |
| | 44861 | 149.6 | 149.85 | 0.25 | 4.72 | 2.58 | Veta Karina |
| | 44862 | 149.85 | 150.05 | 0.20 | 0.34 | 0.02 | Alteración |
| | Promedio | | | 0.90 | 15.40 | 1.10 | |
| | Error de muestreo (10%) | | | | 13.86 | 0.99 | |

Tabla B.20: ANÁLISIS GEOQUÍMICO DEL SONDAJE GI-DDH-M17-084

| Tramo 01 | N° Muestra | Desde (m) | Hasta (m) | Ancho (m) | Au (gr) | Cu (%) | Observación |
|-------------------------|------------|-----------|-------------|-------------|-------------|--------|-------------|
| | 44865 | 140.45 | 140.85 | 0.40 | 0.22 | 0.01 | Veta Gisela |
| | 44866 | 140.85 | 141.65 | 0.80 | 0.27 | 0.01 | Veta Gisela |
| | 44867 | 144.15 | 144.7 | 0.55 | 0.33 | 0.02 | Veta Gisela |
| | 44868 | 146.1 | 146.4 | 0.30 | 0.18 | 0.01 | Veta Gisela |
| | 44869 | 146.4 | 147 | 0.60 | 0.43 | 0.01 | Veta Gisela |
| | 44870 | 147.65 | 147.9 | 0.25 | 0.12 | 0.01 | Veta Gisela |
| Promedio | | | 2.90 | 0.29 | 0.01 | | |
| Error de muestreo (10%) | | | | 0.26 | 0.01 | | |

Tabla B.21: ANÁLISIS GEOQUÍMICO DEL SONDAJE GI-DDH-M17-087

| Tramo | N° Muestra | Desde (m) | Hasta (m) | Ancho (m) | Au (gr) | Cu (%) | Ag (Oz) | Pb (%) | Zn (%) | Observación |
|-------|-------------------------|-----------|-----------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|
| 01 | 45553 | 105.9 | 106.3 | 0.40 | 0.11 | 0.01 | | | | Veta Gisela |
| | 45556 | 107 | 107.1 | 0.10 | 0.62 | 0.01 | | | | Veta Gisela |
| | Promedio | | | 0.50 | 0.21 | 0.01 | | | | |
| | Error de muestreo (10%) | | | | 0.19 | 0.01 | | | | |
| 02 | 45550 | 128.65 | 129.4 | 0.75 | 0.05 | 0.01 | 0.18 | 0.02 | 0.02 | Veta Ramal |
| | 45551 | 129.4 | 130.15 | 0.75 | 0.05 | 0.01 | 0.33 | 3.90 | 0.08 | Veta Ramal |
| | Promedio | | | 1.50 | 0.05 | 0.01 | 0.26 | 1.96 | 0.05 | |
| | Error de muestreo (10%) | | | | 0.05 | 0.01 | 0.23 | 1.76 | 0.05 | |