



ACTUALIZACIÓN Y CALIBRACIÓN DE DOMINIOS ESTRUCTURALES DEL YACIMIENTO ESPERANZA, MINERA CENTINELA, REGIÓN DE ANTOFAGASTA, CHILE

Felipe Andrés Godoy Villegas

Profesor Guía: Mcs. Abraham Elías González Martínez
Profesores Comisión: Sr. Ramiro Ulises Bonilla Parra
Dr. Luis Arturo Quinzio Sinn

Resumen

El yacimiento Esperanza ha sido subdividido en 8 dominios estructurales y el presente trabajo tiene como fin actualizar y comparar nueva información con datos históricos.

A partir de los levantamientos estructurales-geotécnicos y escaneos de las actuales paredes expuestas en el yacimiento durante los años 2017 y 2018 se creó una base de datos con 141.380 diaclasas y 1.121 fallas, a nivel de banco.

La actualización de los dominios estructurales con esta información de diaclasas, permitieron establecer 12 nuevos sets, mientras que 20 sets previos no fueron reconocidos de la base de datos histórica.

A partir de observaciones en terreno de estructuras límites de dominios con poca continuidad, a la similitud en los sets de diaclasas de los dominios estructurales y de isoconcentraciones de polos de diaclasas similares en secciones entorno a fallas límites, se establece una propuesta de 6 dominios estructurales para el yacimiento en este estudio.

Se recomienda complementar este trabajo con datos de diaclasas y fallas de campañas de sondajes futuras, para disminuir sesgos en la información, así como también verificar la continuidad de estructuras límites, especialmente en torno al dominio 1.

(Palabras claves: diaclasas, dominios estructurales, I-Site, yacimiento Esperanza)

1. Introducción

1.1. Objetivo General

Actualización, calibración y comparación con información histórica de los dominios estructurales del yacimiento Esperanza, Minera Centinela.

1.2. Objetivos Específicos

- Revisar los límites de dominios estructurales en los levantamientos realizados en el yacimiento Esperanza durante los años 2017 y 2018.
- Ajustar dominios estructurales en base a la última actualización de fallas mayores.
- Determinar los sets de diaclasas y fallas para cada dominio estructural del yacimiento.
- En caso de ser necesario, proponer nuevas definiciones de dominios estructurales con la información de levantamientos estructurales-geotécnicos y escaneos I-Site.

2. Marco Geológico

2.1. Generalidades

El yacimiento Esperanza es un depósito tipo Pórfido Cuprífero de Cu-Au del Eoceno Medio-Superior (Perelló *et al.* 2000), que se ubica en la Franja de

Pórfidos Cupríferos del Eoceno Superior-Oligoceno Inferior del norte de Chile (Camus, 2003).

2.2. Rocas Estratificadas

Corresponden a una secuencia estratificada, inclinada 30° a 40°W, constituida de base a techo por:

- lavas andesíticas, de probable edad Triásico Superior-Jurásico Inferior (“Estratos de Las Lomas”),
- rocas sedimentarias carbonáticas que incluyen, en el techo, un nivel de anhidrita, pertenecientes al Grupo Caracoles del Jurásico Medio a Superior, y
- lavas andesíticas a dacíticas y horizontes volcano-sedimentarios del Cretácico Superior (Formación Quebrada Mala) (Bisso *et al.* 2009).

2.3. Rocas Intrusivas

Corresponden a un complejo de stocks menores y diques, de pórfidos dacíticos, emplazados en forma paralela a las fallas mayores, que intruyen a las lavas andesíticas y dacíticas del Cretácico Superior (Bisso *et al.* 2009).

2.4. Estructuras

El rasgo estructural más importante del yacimiento Esperanza, es el Sistema de Fallas Domeyko (FDS) definido por Mpodozis *et al.* (1993), el cual corresponde a una amplia zona de fallas que se extiende desde Collahuasi hasta Copiapó. El depósito se encuentra en el segmento más septentrional del FDS.

El modelo geométrico-cinemático propuesto por Carrizo *et al.* (2013) para el depósito, expone un arreglo de dos grandes fallas: Esperanza y Telégrafo, de orientación N20°-40°E que limitan el bloque tectónico Esperanza.

La Falla Esperanza tiene orientación N25°E con manteo 70°SE y limita el margen oriental del yacimiento Fue reconocida por Marquadt *et al.* (2012), como una falla inversa regional que desliza rocas jurásicas sobre cretácicas.

La Falla Telégrafo, de orientación NE-SW, se ubica al NW del yacimiento Esperanza, es reconocida por Perelló *et al.* (2004) como una falla inversa regional a la que se asocian otras fallas inversas.

Además de estas dos estructuras principales, al interior del bloque Esperanza se reconocen fallas inversas, las cuales se denominan, Sonrisa; Pirita; Neumático y Túnel, todas ellas de orientación NE-SW con indicios de movimientos de rumbo dextral con desplazamiento inverso (Carrizo *et al.* 2013) asociadas a las dos fallas límites Esperanza y Telégrafo.

2.5. Dominios Estructurales

El yacimiento Esperanza ha sido dividido en 8 dominios estructurales (Herrera, 2017) (Figura 1), cuyos límites corresponden a fallas mayores (Falla Esperanza y Falla Sonrisa) e intermedias (Falla BP-1, Falla BC-3, Traza Sur Falla Esperanza, Falla Negra, Falla BC-6 y Falla BC-Cuña).

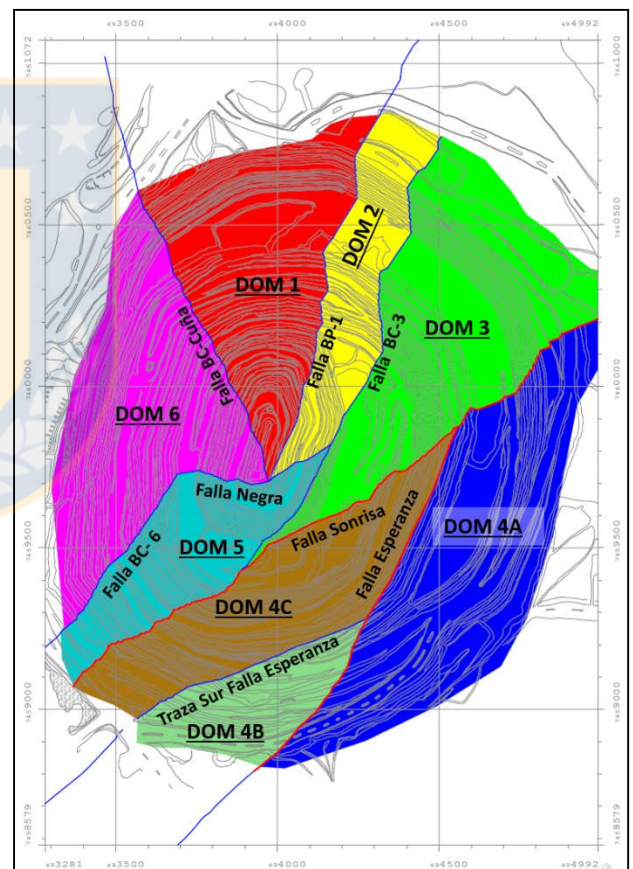


Figura 1. Yacimiento Esperanza con los dominios estructurales y sus fallas límites. Líneas de color azul son fallas intermedias y en color rojo fallas mayores (Actualización 2017).

La categorización de fallas fue realizada por Carrizo *et al.* (2013), determinándose lo siguiente:

- Las fallas mayores son estructuras visibles a más de 30 m de distancia del banco, con potencias mayores a 15 cm y comprometen gran parte del yacimiento, dando origen a bloques estructurales bien definidos, ya que marcan límites geológicos.
- Las fallas intermedias poseen potencias de 5 a 15 cm, visualmente son evidentes a moderadas; se presentan como subordinadas en expresión superficial a los bloques estructurales limitados por fallas mayores. Representan discontinuidades que pueden configurar escenarios con inestabilidades geotécnicas (al interactuar con sistemas de diaclasas y el desconfinamiento del macizo por el desarrollo de la mina).

3. Metodología

3.1. Etapa de Trabajo en Terreno

Se realizaron levantamientos estructurales-geotécnicos de bancos durante el año 2017 y 2018, en las fases 4; 5; 6 y 8 del yacimiento Esperanza, que estuvieron en operación durante dichos periodos.

La toma de información en terreno se llevó a cabo mediante el uso de cartillas de mapeos y brújula geológica, principalmente para las fallas a nivel de banco. Se complementó el trabajo con tomas de escaneos I-Site, procedimiento que consiste en realizar una captura de imagen de alta resolución de la pared del talud, en forma de nube de puntos georeferenciada.

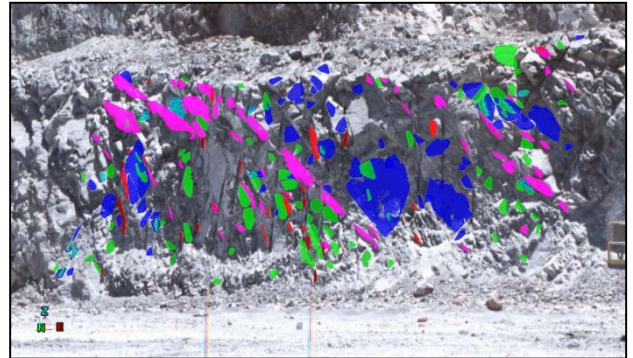
Finalmente, se hicieron chequeos en el lugar de estudio de la presencia de estructuras límites de los dominios ya definidos, así como también se ajustaron algunos de ellos, en base a los nuevos modelamientos de fallas mayores límites.

3.2. Etapa de Trabajos en Gabinete

La información de los escaneos I-Site fue procesada mediante el software I-Site Studio 8.0, el cual permite identificar discontinuidades del tipo diaclasas con sus actitudes en los bancos del yacimiento (Fotografía 1).

La ventaja advertida en la realización del proceso fue la gran cantidad de discontinuidades en las paredes de la mina en un corto periodo de tiempo, siendo esto de gran ayuda para los tiempos limitados del trabajo en mina. Por otro lado, como desventaja del escaneo

I-Site es la dificultad que tiene la toma de datos de estructuras perpendiculares a la fotografía.



Fotografía 1. Pared de banco, Fase 5, yacimiento Esperanza en software I-Site Studio, con planos de diaclasas de igual color con similares orientaciones.

Luego se recopiló información preexistente de los dominios estructurales con sus respectivos límites y sets de diaclasas.

La definición de los sets de diaclasas se determinó mediante proyecciones estereográficas de todas las estructuras, mediante el software DIPS 6.0. Las mayores agrupaciones de polos representarán los sistemas principales de estructuras y para ello se emplea la distribución de Fisher, con un tamaño de círculo de conteo del 1%. También, se trabajó con la corrección de Terzaghi, por lo tanto, cada estructura empleada se asocia a una travesa o línea de mapeo, que indica la orientación de los levantamientos estructurales y escaneos I-Site en los cuales fueron medidas las estructuras, para así evitar sesgos en la información, en cuanto a la ocurrencia real de cada estructura.

4. Actualización de Dominios Estructurales de Yacimiento Esperanza.

En el estudio de los dominios estructurales se utilizaron 73 escaneos I-Site (Figura 2), de los cuales se obtuvieron 141.380 diaclasas y 1.121 fallas, a nivel de banco.

Para la interpretación de los sistemas de diaclasas y las fallas en los dominios estructurales resultantes, se consideró la última actualización del modelo geológico 2018 de las nuevas trazas de fallas límites de dominios, junto con información del actual desarrollo del yacimiento (Figura 3).

Se actualizó la información de sets de diaclasas y fallas a nivel de banco para cada dominio definido previamente (Tabla 1 y Tabla 2, fuera de texto).

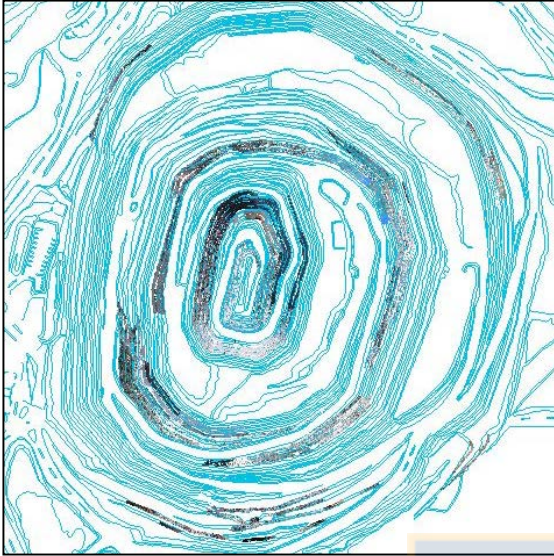


Figura 2. Proyección de las imágenes de los escaneos utilizados en la actualización de dominios estructurales en el yacimiento Esperanza.

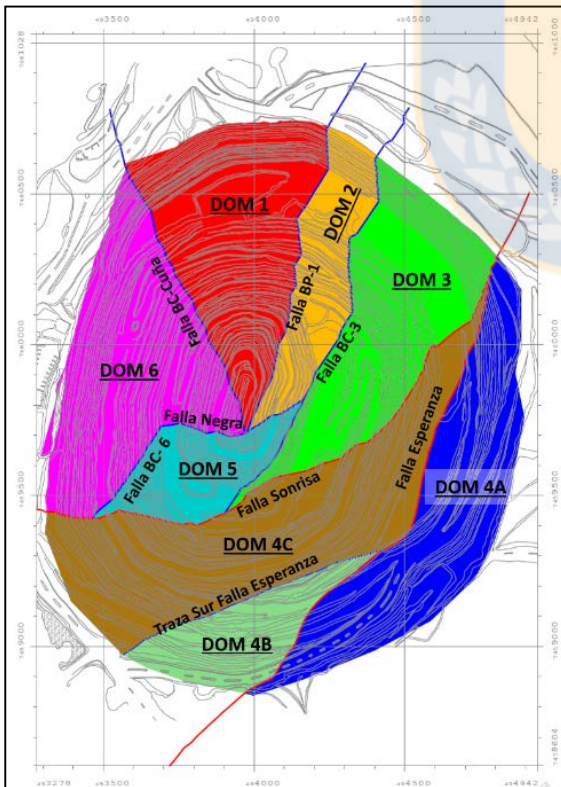


Figura 3. Dominios estructurales y estructuras límites en el yacimiento Esperanza. Líneas rojas son fallas mayores actualizadas y líneas azules son fallas intermedias.

4.1. Dominio 1

Dominio limitado por las estructuras intermedias Falla BC-Cuña, al oeste, y por Falla BP-1, al este (Figura 3). Litológicamente consiste en tobas andesíticas, dacitas y pórfidos granodioríticos, con alteraciones argílica, sericita-clorita, cuarzo-sericita y potásica.

Se distinguen 5 sets diaclasas (Tabla 1, fuera de texto) con manteos principalmente hacia el sur, que representan el 62,3% de 13.551 datos de fracturas. En las fallas, a nivel de banco, se reconocen 4 orientaciones preferenciales en Dip/Dip Direction son $48^{\circ}/152^{\circ}$; $59^{\circ}/112^{\circ}$; $85^{\circ}/77^{\circ}$ y $66^{\circ}/229^{\circ}$ (Tabla 2, fuera de texto), que equivalen al 38,1% de 113 fallas registradas.

4.2. Dominio 2

Este dominio se encuentra restringido al oeste por Falla BP-1, al este por Falla BC-3 y al sur por Falla Negra (Figura 3). Constituido por tobas andesíticas, dacitas y pórfidos granodioríticos, con alteraciones potásica, sericita-clorita, cuarzo-sericita y argílica.

Se reconocen 6 sets de diaclasas (Tabla 1, fuera de texto) que representan el 71,8% de 6.695 fracturas, y en las fallas a nivel de banco se distinguen 4 orientaciones preferenciales en Dip/Dip Direction son $80^{\circ}/77^{\circ}$; $67^{\circ}/96^{\circ}$; $72^{\circ}/184^{\circ}$ y $60^{\circ}/155^{\circ}$ (Tabla 2, fuera de texto) que corresponde al 47,8% de 67 estructuras registradas.

4.3. Dominio 3

La Falla BC-3 limita su lado oeste y la Falla Sonrisa el sur y este (Figura 3 y Fotografía 2). En este sector se encuentran tobas andesíticas y, en menor proporción, dacitas y pórfidos granodioríticos. La alteración es sericita-clorita, potásica, argílica y cuarzo-sericita.



Fotografía 2. Yacimiento Esperanza vista al Este, con Dominios 3, 4A, 4B y 4C, trazas de fallas Esperanza, Sonrisa y Traza Sur Falla Esperanza.

Se distinguen 3 sets de diaclasas (Tabla 1, fuera de texto) que equivalen al 40,1% de 24.172 fracturas registradas, mientras que en las fallas a nivel de banco tienen 5 orientaciones preferenciales en Dip/Dip Direction son 67°/103°; 61°/170°; 70°/69°; 79°/312° y 72°/265° (Tabla 2, fuera de texto) que equivalen al 46,8% de 222 estructuras medidas.

4.4. Dominio 4A

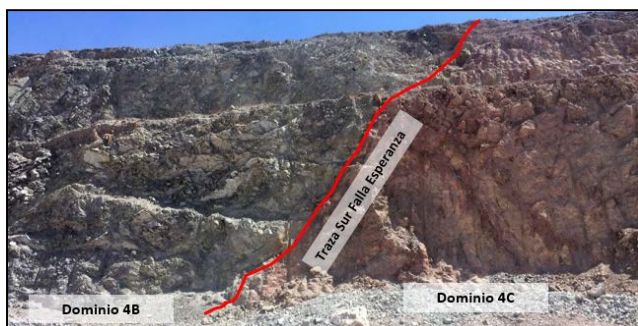
Dominio limitado al oeste por Falla Esperanza. Se caracteriza por ser un bloque compuesto por unidades sedimentarias del Jurásico (lutitas, areniscas calcáreas, yeso-anhidrita y brechas de fallas) (Figura 3 y Fotografía 2).

Los afloramientos de esta zona se localizan principalmente en el sector oriental del yacimiento, en fase 6 y 8.

En este sector, se distinguen 5 sets de diaclasas que abarcan el 66,1% de los 3.274 datos (Tabla 1, fuera de texto) y en las fallas a nivel de banco se reconocen 3 orientaciones principales en Dip/Dip Direction son 70°/110°; 84°/123° y 81°/156° (Tabla 2, fuera de texto) que representan el 25,4% de las 173 fallas registradas en el dominio.

4.5. Dominio 4B

Aflora en el sector sur del yacimiento y está limitado por la Traza Sur de Falla Esperanza, al norte, y por Falla Esperanza, al este (Figura 3 y Fotografía 3).



Fotografía 3. Banco 2.296, Fase 8, yacimiento Esperanza con estructura Traza Sur Falla Esperanza limitando el dominio 4B (Tobas propilíticas) con Dominio 4C (Tobas argilizadas y lixiviadas).

El área que comprende este dominio ha sido definida como la zona de influencia de la Falla Esperanza (Herrera, 2016). Se caracteriza por tobas andesíticas del Cretácico Superior, con alteración propilítica, principalmente.

Se reconocen 4 sets de diaclasas con manteos principalmente hacia el norte, que equivalen al 56% de los 8.018 datos (Tabla 1, fuera de texto). Las fallas a nivel de banco tienen 3 orientaciones preferenciales en Dip/Dip Direction son 84°/40°; 72°/66° y 62°/330° (Tabla 2, fuera de texto) que equivalen al 31,5% de las 200 fallas registradas.

4.6. Dominio 4C

Su límite norte es la Falla Sonrisa, el este la Falla Esperanza y el sur la Falla Traza Sur Esperanza (Figura 3) (Fotografía 3). Las rocas del sector consisten principalmente en tobas andesíticas con alteración propilítica y, en menor medida, dacitas y tobas andesíticas del Cretácico Superior con alteraciones cuarzo-sericita y argilización en los niveles más someros.

Se reconocen 4 sets de diaclasas que representan al 33% de los 37.533 datos de fracturamientos (Tabla 1, fuera de texto) y las fallas a nivel de banco presentan 4 orientaciones preferenciales en Dip/Dip Direction son 57°/148°; 77°/173°; 66°/199° y 64°/4° (Tabla 2, fuera de texto) que equivalen al 34,4% de las registradas.

4.7. Dominio 5

Los límites de este dominio son: norte, por Falla La Negra; este, por Falla BC-3; sur, por Falla Sonrisa y oeste, por Falla BC-6. Se caracteriza por la presencia de tobas andesíticas del Cretácico Superior y pórfidos del Eoceno con alteraciones potásica, sericita-clorita y en menor medida la ocurrencia de cuarzo-sericita.

Se reconocen 4 sets de diaclasas con manteos hacia el este y norte, principalmente, equivalentes al 49,5% de 16.013 datos de fracturamientos (Tabla 1, fuera de texto) y las fallas a nivel de banco poseen 3 orientaciones preferenciales en Dip/Dip Direction son 81°/70°; 59°/206° y 53°/156° (Tabla 2, fuera de texto) que corresponden al 66,7% de las 45 registradas.

4.8. Dominio 6

Dominio limitado al norte por Falla BC-Cuña y al sur por las fallas Negra, BC-6 y Sonrisa (Figura 3). En el sector se encuentran principalmente, tobas andesíticas y dacitas con alteraciones sericita-clorita, potásica, argílica y cuarzo-sericita.

Se distinguen 2 sets de diaclasas en Dip/Dip Direction son $66^{\circ}/99^{\circ}$ y $71^{\circ}/76^{\circ}$ con manteos principalmente hacia el este (Tabla 1, fuera de texto) que representan un 48,6% de los 32.124 datos de fracturas y las fallas a nivel de banco se concentran principalmente en 2 direcciones preferenciales $76^{\circ}/71^{\circ}$ y $58^{\circ}/143^{\circ}$ (Tabla 2, fuera de texto) que representan el 38,5% de 91 registradas.

5. Análisis de Resultados

A partir del análisis de la información de diaclasas por dominios recabada en los escaneos I-Site realizados en el actual avance de yacimiento Esperanza, se estableció una equivalencia con 21 sets, se reconocieron 12 nuevos sets y 20 sets previos no fueron encontrados en esta actualización (Tabla 3, fuera de texto).

Al agrupar las diaclasas en cuadrantes se puede distinguir que los escaneos I-Site registraron información preferentemente planar (Figura 4), es decir, estructuras relativamente paralelas al talud y con manteos en el mismo sentido que la pared del banco, siendo estas fracturas las de mayor cuidado en el tema de estabilidad de taludes en el yacimiento Esperanza.

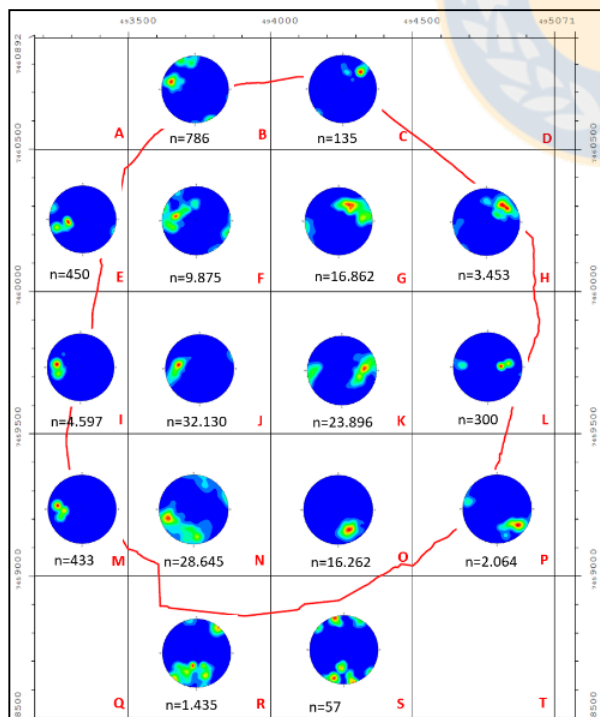


Figura 4. Polígono de color rojo es el borde del Yacimiento Esperanza. Isoconcentraciones de polos de diaclasas por cuadrantes con nombres desde la letra A a la T. "n" corresponde al número de datos de diaclasas.

De las validaciones hechas en terreno, solo se logró identificar en los levantamientos estructurales-geotécnicos a las estructuras límites, las cuales corresponden a Falla Esperanza, Traza Sur Falla Esperanza y Falla Sonrisa.

Mediante secciones este-oeste y norte-sur se evaluaron las diferencias en torno a las cercanías de las estructuras límites de dominios (Figura 5).

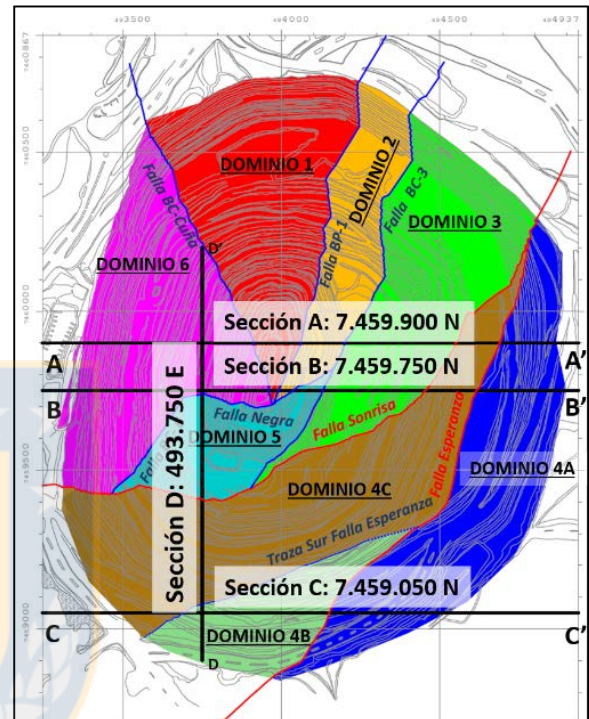


Figura 5. Plano de dominios estructurales con la distribución de las secciones.

En la sección A (Figura 5 y Figura 6) se reconoce una similitud entre el dominio 2 y 3, con estructuras que mantean hacia el este y oeste. Si bien existe una semejanza de éstos con el dominio 1, se distinguen algunas agrupaciones de polos menores que mantean hacia el sur y que en los diagramas de isoconcentraciones generales de este dominio (Tabla 1, fuera de texto) estos sets con manteos hacia el sur adquieren mayor importancia. El dominio 6, en esta sección, es diferente a los demás, puesto que sólo tiene sets de estructuras manteando hacia el este.

En la sección B (Figura 5 y Figura 7) se distinguen isoconcentraciones de polos similares en torno a la Falla Sonrisa, donde ambos dominios tienen estructuras con manteos hacia el oeste, sin embargo, el bloque yacente (Dominio 3) posee una agrupación

de polos más que el dominio 4C, con dirección de manteo hacia el este.

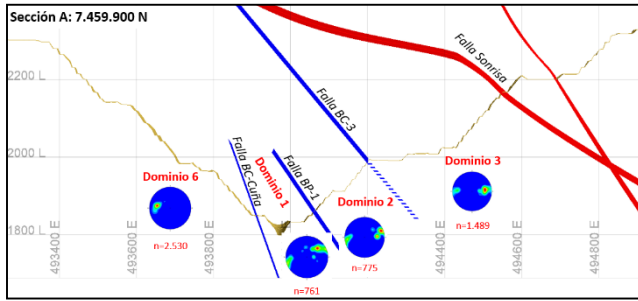


Figura 6. Sección A: 7.459.900 N (vista al N) con isoconcentraciones de polos en los dominios 6; 1; 2 y 3.

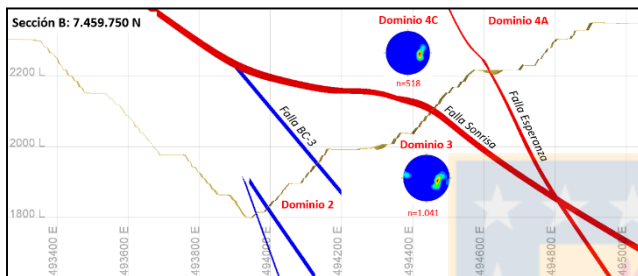


Figura 7. Sección B: 7.459.750 N (vista al N) con isoconcentraciones de polos en los dominios 3 y 4C.

En la sección C (Figura 5 y Figura 8) principalmente hay estructuras planares, con cierto grado de diferencia entre el dominio 4C y 4B; donde el dominio 4C tiene estructuras con manteos hacia el norte y este, mientras que el 4B los manteos están más concentrados hacia el norte.

El dominio 4A, al este de la Falla Esperanza, presentó cierta similitud con el dominio 4B, no obstante, existe una escasez de información en este dominio 4A y corresponde a un bloque estructural constituido por rocas jurásicas, a diferencia de las del dominio 4C, que son cretácicas.

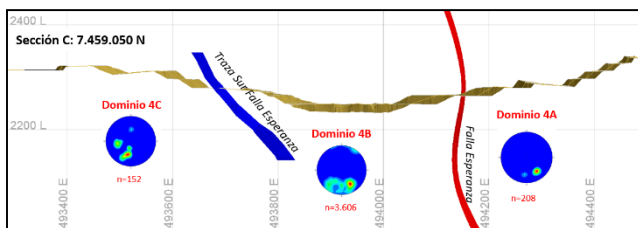


Figura 8. Sección C: 7.459.050 N (vista al N) con isoconcentraciones de polos en los dominios 4A; 4B y 4C.

En la sección D (Figura 5 y Figura 9) las agrupaciones de polos son muy similares en los dominios 5 y 6, con sets de diaclasas manteando hacia el este, entorno a Falla La Negra.

En base al análisis de las isoconcentraciones de polos de diaclasas en dominios estructurales, sin continuidad observada en terreno de fallas límites BC-3, Negra y BC-6 y similitudes en secciones, se propone la unión de los dominios 2 y 3 y otra unión de los dominios 5 y 6 (Figura 10).

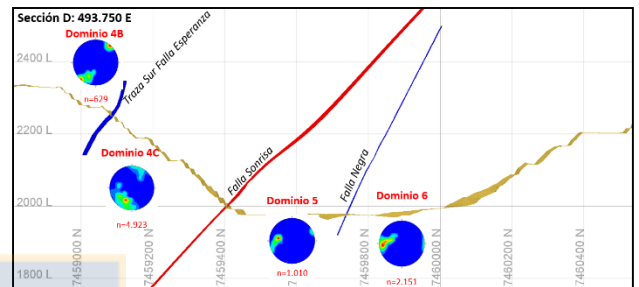


Figura 9. Sección D: 493.750 E (vista al W) con isoconcentraciones de polos en los dominios 4B; 4C; 5 y 6.

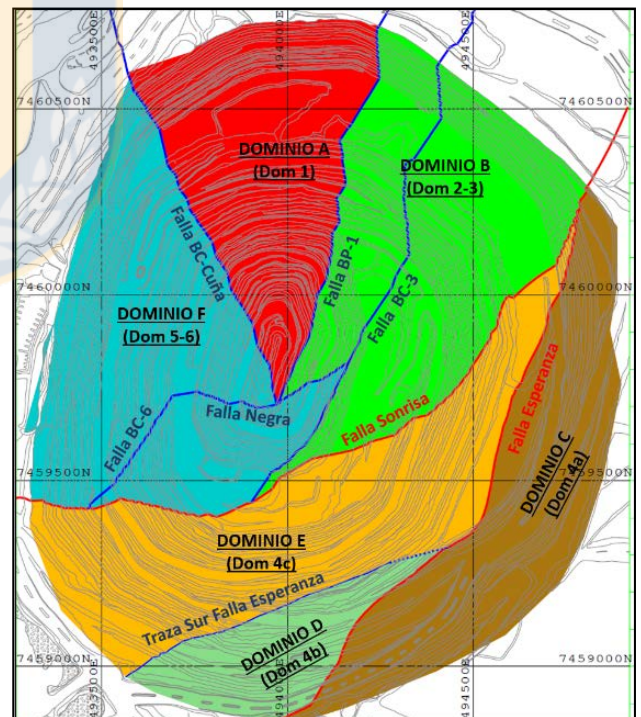


Figura 10. Propuesta de nuevos dominios estructurales 2018.

Dominio 1 (Dominio A), se propone mantener esta zona estructural, aunque está limitado por estructuras intermedias sin una notoria continuidad, puesto que posee diferencias en sets de diaclasas con los dominios vecinos.

De esta manera se obtiene una propuesta con 6 dominios estructurales (Tabla 4, fuera de texto) donde el Dominio A es equivalente al Dominio 1; Dominio B a los dominios 2 y 3; Dominio C a Dominio 4A; Dominio D a Dominio 4B; Dominio E a Dominio 4C; y, finalmente, el Dominio F es igual a la unión de los dominios 5 y 6.

6. Conclusiones y Recomendaciones

Del presente trabajo se concluye un modelo estructural con 6 dominios (en vez de 8 como estaba definido antes de este estudio), donde resulta necesario unificar los dominios 2 con el 3 y el dominio 5 con el 6, debido a que las estructuras intermedias que los limitan no presentan continuidad en el actual avance del yacimiento. Además, las agrupaciones de polos de diaclasas de los dominios 2 y 3, y del 5 con el 6, son similares, respectivamente.

El dominio A (Dominio 1) se mantiene, aun cuando sus estructuras límites no tienen gran continuidad. Éste difiere en los sets de diaclasas con los dominios cercanos. Por otra parte, estos mismos sets poseen principalmente una configuración de inestabilidad tipo planar, con manteos hacia el sur, lo que debe ser considerado para el diseño del desarrollo del yacimiento.

Asimismo, se propone complementar esta información con los datos de diaclasas y fallas en campañas de sondajes futuras, para disminuir con ello, sesgos de información con especial énfasis en determinar la continuidad de las estructuras límites del dominio A (dominio 1).

Finalmente, se debe mejorar el modelamiento de Falla Telégrafo, para determinar si efectivamente aflora en el yacimiento, dado que en los bancos que fueron accesibles y estudiados, no se reconoce. Esta estructura, al desplazar bloques con unidades

cretácicas y terciarias, podría dar origen a un nuevo dominio estructural en el desarrollo del yacimiento, así como también, adicionar información respecto de diaclasas y fallas en el mismo lugar.

7. Referencias

Bisso, C.; Lazcano, E.; Guzmán, J. & González, S. 2009. Geología y desarrollo del yacimiento Esperanza, Distrito Centinela, Antofagasta. XII Congreso Geológico Chileno. S11-029: 4 pp. Santiago.

Camus F. 2003. Geología de los sistemas porfíricos en los Andes de Chile. CODELCO y SERNAGEOMIN: 255 pp. Santiago.

Carrizo, D. & Espinoza, R. 2013. Validación y actualización del modelo estructural de la mina Esperanza: reconocimiento de fallas intermedias. Informe interno, inédito: 56 pp. Santiago.

Herrera, R. 2016. Caracterización geotécnica-estructural, Esperanza. Informe interno, inédito: 64 pp. Santiago.

Herrera, R. 2017. Actualización dominios estructurales. Rajo Esperanza. Informe interno, inédito: 5 pp. Santiago.

Marquardt, C.; Caceres, M.; Mpodozis, C.; Cornejo, P. & Lazcano, E. 2012. Falla Esperanza: cabalgamiento post-mineral del Eoceno Superior-Oligoceno, Distrito Centinela, Norte de Chile. Informe Interno, inédito: 171-173. Santiago.

Mpodozis C., Marinovic N., Smoje I., Cuitiño L., 1993. Estudio geológico- estructural de la Cordillera de Domeyko entre la Sierra Limón Verde y Sierra Mariposas, Región de Antofagasta. Servicio Nacional de Geología y Minería, Informe Registrado IR-93-04, 281p. Santiago.

Perelló, J.; Brockway, H.; Martini, R. & Mora, R. 2000. Geología del pórfido de Cu-Au Esperanza, Proyecto Santa Carmen, II Región, Chile. Informe Inédito, Inédito. Anaconda Chile: 79 pp. Santiago.

Perelló, J.; Brockway, H. & Martini, R. 2004. Discovery and geology of the Esperanza porphyry copper-gold deposit, Antofagasta Region, Northern Chile. Society of Economic Geologist, Special Publication. Vol. 11: 167-187. Santiago.

Tabla 1. Actualización 2018 de sets de diaclasas de dominios estructurales del yacimiento Esperanza.

DIACLASAS	DOMINIO 1	Polos	Diagrama de Rosas	Diagrama Isoconcentraciones	Sistemas Principales	Set	Dip	Dip Direccion	N Polos	% Ocurrencia	% Ocurrencia Relativa	Varabilidad (95,44%)
						J1	65	232	2.735	20,2	32,4	16,9
						J2	47	177	2.818	20,8	33,4	16,0
						J3	46	141	1.371	10,1	16,2	13,6
						J4	62	105	1.026	7,6	12,1	11,9
						J5	85	248	497	3,7	5,9	9,3
						Otros			5.104	37,7		
						Total			13.551	100,0		
						Set	Dip	Dip Direccion	N Polos	% Ocurrencia	% Ocurrencia Relativa	Varabilidad (95,44%)
						J1	83	248	1.138	17,0	23,7	11,1
				J2	82	82	953	14,2	19,8	11,1		
				J3	63	219	1.140	17,0	23,7	16,2		
				J4	65	265	641	9,6	13,3	11,2		
				J5	53	174	478	7,1	9,9	18,2		
				J6	53	314	456	6,8	9,5	15,7		
				Otros			1.889	28,2				
				Total			6.695	100,0				
				Set	Dip	Dip Direccion	N Polos	% Ocurrencia	% Ocurrencia Relativa	Varabilidad (95,44%)		
				J1	71	263	5.445	22,5	56,2	16,7		
				J2	59	222	3.071	12,7	31,7	17,8		
				J3	78	94	1.180	4,9	12,2	12,4		
				Otros			14.476	59,9				
				Total			24.172	100,0				
				Set	Dip	Dip Direccion	N Polos	% Ocurrencia	% Ocurrencia Relativa	Varabilidad (95,44%)		
				J1	70	311	1.032	31,5	47,7	17,3		
				J2	68	344	504	15,4	23,3	18,4		
				J3	43	240	299	9,1	13,8	13,6		
				J4	82	104	213	6,5	9,8	10,6		
				J5	74	238	115	3,5	5,3	10,7		
				Otros			1.111	33,9				
				Total			3.274	100,0				
				Set	Dip	Dip Direccion	N Polos	% Ocurrencia	% Ocurrencia Relativa	Varabilidad (95,44%)		
				J1	63	329	1.989	24,6	43,8	19,1		
				J2	46	18	1.489	18,3	32,7	17,6		
				J3	73	44	809	10,1	18,0	18,6		
				J4	79	13	247	3,1	5,5	12,1		
				Otros			3.524	44,0				
				Total			8.018	100,0				
				Set	Dip	Dip Direccion	N Polos	% Ocurrencia	% Ocurrencia Relativa	Varabilidad (95,44%)		
				J1	65	333	7.705	20,5	62,3	18,9		
				J2	73	68	3.218	8,6	26,0	16,9		
				J3	77	203	845	2,3	6,8	15,0		
				J4	66	263	607	1,6	4,9	16,0		
				Otros			25.158	67,0				
				Total			37.533	100,0				
				Set	Dip	Dip Direccion	N Polos	% Ocurrencia	% Ocurrencia Relativa	Varabilidad (95,44%)		
				J1	79	76	3.353	20,9	42,3	14,1		
				J2	64	100	1.970	12,3	24,8	12,9		
				J3	72	6	1.780	11,1	22,4	11,4		
				J4	51	342	831	5,2	10,5	11,8		
				Otros			8.079	50,5				
				Total			16.013	100,0				
				Set	Dip	Dip Direccion	N Polos	% Ocurrencia	% Ocurrencia Relativa	Varabilidad (95,44%)		
				J1	66	99	10.520	32,7	67,4	13,2		
				J2	71	76	5.091	15,8	32,6	12,4		
				Otros			16.513	51,4				
				Total			32.124	100,0				

Tabla 2. Actualización 2018 de sets de fallas de dominios estructurales del yacimiento Esperanza.

FALLAS	DOMINIO 1	Polos	Diagrama de Rosas	Diagrama Isoconcentraciones	Sistemas Principales	Set	Dip	Dip Direction	N Polos	% Ocurrencia	%Ocurrencia Relativa	Variabilidad (95.44%)
						F1	48	152	16	14,2	37,2	13,5
						F2	59	112	12	10,6	27,9	12,2
						F3	85	77	8	7,1	18,6	12,9
						F4	66	229	7	6,2	16,3	6,6
						Otras			70	61,9		
						Total			113	100,0		
						Set	Dip	Dip Direction	N Polos	% Ocurrencia	%Ocurrencia Relativa	Variabilidad (95.44%)
						F1	80	77	10	14,9	31,3	11,9
						F2	67	96	8	11,9	25,0	14,7
				F3	72	184	8	11,9	25,0	14,3		
				F4	60	155	6	9,0	18,8	15,8		
				Otras			35	52,2				
				Total			67	100,0				
				Set	Dip	Dip Direction	N Polos	% Ocurrencia	%Ocurrencia Relativa	Variabilidad (95.44%)		
				F1	67	103	44	19,8	42,3	16,5		
				F2	61	170	19	8,6	18,3	14,1		
				F3	70	69	15	6,8	14,4	18,3		
				F4	79	312	14	6,3	13,5	17,9		
				F5	72	265	12	5,4	11,5	20,4		
				Otras			118	53,2				
				Total			222	100,0				
				Set	Dip	Dip Direction	N Polos	% Ocurrencia	%Ocurrencia Relativa	Variabilidad (95.44%)		
				F1	70	110	19	11,0	43,2	16,1		
				F2	84	123	13	7,5	29,5	9,4		
				F3	81	156	12	6,9	27,3	13,0		
				Otras			129	74,6				
				Total			173	100,0				
				Set	Dip	Dip Direction	N Polos	% Ocurrencia	%Ocurrencia Relativa	Variabilidad (95.44%)		
				F1	84	40	27	13,5	42,9	15,3		
				F2	72	66	18	9,0	28,6	14,4		
				F3	62	330	18	9,0	28,6	16,5		
				Otras			137	68,5				
				Total			200	100,0				
				Set	Dip	Dip Direction	N Polos	% Ocurrencia	%Ocurrencia Relativa	Variabilidad (95.44%)		
				F1	57	148	39	13,0	37,9	19,7		
				F2	77	173	19	6,4	18,4	13,0		
				F3	66	199	33	11,0	32,0	18,1		
				F4	64	4	12	4,0	11,7	14,4		
				Otras			196	65,6				
				Total			299	100,0				
				Set	Dip	Dip Direction	N Polos	% Ocurrencia	%Ocurrencia Relativa	Variabilidad (95.44%)		
				F1	81	70	14	31,1	46,7	14,9		
				F2	59	206	10	22,2	33,3	15,5		
				F3	53	156	6	13,3	20,0	15,3		
				Otras			15	33,3				
				Total			45	100,0				
				Set	Dip	Dip Direction	N Polos	% Ocurrencia	%Ocurrencia Relativa	Variabilidad (95.44%)		
				F1	76	71	18	19,8	51,4	15,8		
				F2	58	143	17	18,7	48,6	20,1		
				Otras			56	61,5				
				Total			91	100,0				

Tabla 3. Comparación de diagramas de rosas e isoconcentraciones de polos de diaclasas de dominios estructurales del 2017 con la actualización 2018.

Dominio Estructural	Actualización 2018		Dominio Estructural	Actualización 2017	
	Diagrama de Rosas	Diagrama Isoconcentraciones		Diagrama de Rosas	Diagrama Isoconcentraciones
Dominio 1 n=13.551			Dominio 1 n=24.460		
Dominio 2 n=6.695			Dominio 2 n=11.712		
Dominio 3 n=24.172			Dominio 3 n=6.999		
Dominio 4A n=3.274			Dominio 4A n=9.129		
Dominio 4B n=8.018			Dominio 4B n=3.806		
Dominio 4C n=37.533			Dominio 4C n=13.615		
Dominio 5 n=25.911			Dominio 5 n=25.911		
Dominio 6 n=16.013			Dominio 6 n=23.279		

Tabla 4. Sets de diaclasas dominios estructurales propuestos para el yacimiento Esperanza.

DIACLASAS	DOMINIO A	Polos	Diagrama de Rosas	Diagrama Isoconcentraciones	Sistemas Principales	Set	Dip	Dip Direction	N Polos	% Ocurrencia	% Ocurrencia Relativa	Variabilidad (95,44%)
						J1	65	232	2.735	20,2	32,4	16,9
						J2	47	177	2.818	20,8	33,4	16,0
						J3	46	141	1.371	10,1	16,2	13,6
						J4	62	105	1.026	7,6	12,1	11,9
						J5	85	248	497	3,7	5,9	9,3
						Otros			5.104	37,7		
				Total			13.551	100,0				
	DOMINIO B					Set	Dip	Dip Direction	N Polos	% Ocurrencia	% Ocurrencia Relativa	Variabilidad (95,44%)
		J1	71	264	6.124	19,8	52,2	16,9				
		J2	59	217	5.617	18,2	47,8	20,4				
		Otros			19.126	62,0						
		Total			30.867	100,0						
		J1	70	311	1.032	31,5	47,7	17,3				
		J2	68	344	504	15,4	23,3	18,4				
	J3	43	240	299	9,1	13,8	13,6					
	J4	82	104	213	6,5	9,8	10,6					
	J5	74	238	115	3,5	5,3	10,7					
	Otros			1.111	33,9							
	Total			3.274	100,0							
	DOMINIO D					Set	Dip	Dip Direction	N Polos	% Ocurrencia	% Ocurrencia Relativa	Variabilidad (95,44%)
		J1	63	329	1.969	24,6	43,8	19,1				
		J2	46	18	1.469	18,3	32,7	17,6				
		J3	73	44	809	10,1	18,0	18,6				
		J4	79	13	247	3,1	5,5	12,1				
		Otros			3.524	44,0						
		Total			8.018	100,0						
	DOMINIO E					Set	Dip	Dip Direction	N Polos	% Ocurrencia	% Ocurrencia Relativa	Variabilidad (95,44%)
		J1	65	333	7.705	20,5	62,3	18,9				
		J2	73	68	3.218	8,6	26,0	16,9				
		J3	77	203	845	2,3	6,8	15,0				
		J4	66	263	607	1,6	4,9	16,0				
		Otros			25.158	67,0						
		Total			37.533	100,0						
	DOMINIO F					Set	Dip	Dip Direction	N Polos	% Ocurrencia	% Ocurrencia Relativa	Variabilidad (95,44%)
		J1	65	99	14.973	31,1	67,8	15,1				
		J2	74	77	7.104	14,8	32,2	12,0				
		Otros			26.060	54,1						
		Total			48.137	100,0						