



Universidad de Guanajuato

Departamento de Ingeniería en Minas, Metalurgia y Geología

Exploración de la Falla Veta Madre: Programa de Exploración con Perforación de
Diamante en el Nivel 390 de la Mina Los Pozos. Guanajuato, México.

Tesis

Que para obtener el título de:
Ingeniero Geólogo

Presenta: María Guadalupe Valtierra Millán

Director de Tesis

Dr. Edgar Ángeles Moreno

Guanajuato, Guanajuato, México _ de _ de 2022

Dedicatorias

A Dios, por acompañarme, guiarme y permitirme llegar a estas instancias de mi vida.

A mis papas, Leticia Millán Álvarez y Roberto Valtierra Ramírez por creer en mí y por su esfuerzo para darme siempre un poco más; para poder llegar a cumplir esta meta, que representa la culminación de una cadena de esfuerzo, preparación y estudios continuos a lo largo de mi formación educativa. A ellos quiero agradecer por enseñarme con el ejemplo el valor del trabajo, la persistencia, empeño, dedicación, honestidad y responsabilidad.

A las personas que a lo largo de este tiempo me han acompañado en el proceso de realización y término de este trabajo de tesis, en especial mención a Roberto, Fernando, Juan Pablo, Fátima e Isaac (mis hermanos), a Alfonso por su amor, complicidad, apoyo y aliento en cada momento, gracias; a mis compañeros de trabajo Ing. Rodrigo Gallardo Flores y Ing. Eduardo Rodríguez Castillo por su colaboración y apoyo en todo momento.

En especial mención a mi asesor de Tesis el Doctor Edgar Ángeles Moreno, por ser un excelente profesionalista y persona, gracias por la paciencia, empeño y dedicación puestos en este trabajo que realicé con su dirección y asesoría.

A mis revisores sinodales la Ingeniera Lucila Martínez, Ingeniero Juan José Martínez Reyes y Dr. Raúl Miranda, por su apoyo y colaboración para que este trabajo fuera posible.

Y por último, pero no menos importantes, a mí, por la paciencia, empeño, persistencia y constantes esfuerzos para crear este trabajo de tesis y llegar a su culminación con éxito.

Gracias.

Índice

1. Capítulo 1: Introducción	
1.1. Planteamiento y Justificación del problema	Pág. 1
1.2. Hipótesis	Pág. 1
1.3. Objetivos	Pág. 2
1.3.1.General	
1.3.2.Específicos	
2. Capítulo 2: Generalidades	
2.1. Historia de la Minería y su desarrollo en Guanajuato, específicamente Veta Madre	Pág. 3
2.2. Área de Estudio	Pág. 4
2.2.1.Ubicación del Área de estudio	Pág. 4
2.2.2. Mina Los Pozos	Pág. 6
3. Capítulo 3: Marco Geológico	
3.1 Geología Regional	Pág. 8
3.1.1. Estratigrafía del Distrito Minero de Guanajuato (DMG)	Pág. 11
3.1.2. Geología Estructural	Pág. 16
3.2. Yacimientos Minerales	Pág. 17
3.2.1. Yacimientos Epitermales	Pág. 18
3.2.2. Veta Madre	Pág. 21
4. Capítulo 4: Metodología	
4.1. Método Científico	Pág. 26
4.1.1. Planteamiento del Problema	Pág. 26
4.1.2. Hipótesis	Pág. 27
4.1.3. Experimentación/Metodología	Pág. 27
4.1.4. Resultados	Pág. 27
4.2. Geología de Gabinete	Pág. 28
4.2.1. Investigación y análisis documental de estudios académicos Previos	Pág. 28
4.2.2. Recopilación de Cartografía Geológica-Minera y de muestreo antiguo	Pág. 28
4.2.3. Análisis y comparación de información/ Clasificación de la información	Pág. 28
4.3. Geología de Campo	Pág. 28
4.3.1. Reconocimiento del área (topografía y zonas de interés con muestreo antiguo)	Pág. 28
4.3.2. Levantamiento geológico en interior mina/ marcaje de muestreo en zonas de interés	Pág. 28

4.4.1. Elaboración de plantas geológicas y de muestreo	Pág. 29
4.4.2. Metodología del programa de barrenación	Pág. 31
4.4.3 Elaboración de secciones longitudinales	Pág. 31
4.4.4. Elaboración de secciones transversales	Pág. 31
4.4.5. Diseño de propuesta de programa de barrenación	Pág. 32
5. Capítulo 5: Resultados	
5.1.1. Geología de Superficie	Pág. 33
5.1.1.1. Conglomerado Guanajuato	Pág. 34
5.1.1.2. Falla Veta Madre	Pág. 39
5.1.1.2.1 Brecha Epitermal	Pág. 40
5.1.1.3. Formación Esperanza	Pág. 43
5.1.2. Geología y ensayos Geoquímicos en interior mina	Pág. 48
5.1.2.1. Bloque del bajo de Veta Madre	Pág. 48
5.1.2.2. Bloque del alto de Veta Madre	Pág. 49
5.1.2.3. Falla Veta Madre	Pág. 49
5.1.3. Isovalores y ensayos Geoquímicos	Pág. 52
5.2.1. Infraestructura existente y Propuesta	Pág. 55
5.2.2. Programa de Barrenación Propuesto	Pág. 57
6. Capítulo 6: Discusión	
6.1. Objetivo de Barrenación y corte de Veta Madre	Pág. 72
6.2. Tipos de estructuras mineralizadas y la interpretación de la continuidad de la mineralización de Veta Madre.	Pág. 73
6.3. La Veta Madre a Profundidad.	Pág. 76
7. Capítulo 7: Conclusiones	Pág. 79
8. Bibliografía	Pág. 80 - 87
9. Anexos	Pág. 88 - 93

Lista de Tablas y Figuras

Figura 2.1. Ubicación de la Sierra de Guanajuato y del Distrito Minero de Guanajuato (DMG) en el contexto de la Mesa Central (Figura modificada por Ángeles-Moreno, 2018).	Pág. 5
Figura 2.2. Ubicación de las propiedades mineras de Great Panther Mining Limited en el contexto de la Sierra de Guanajuato (Brown et al., 2020).	Pág. 6
Figura 2.3. Localización de la mina Los Pozos (cruz roja) en el grupo de lotes del proyecto Guanajuato de Great Panther Mining Limited (GPML) (Brown et al., 2020).	Pág. 7
Figura 3.1. Mapa de la República Mexicana con la ubicación general de los terrenos Tectonoestratigráficos relacionados a la Sierra de Guanajuato (figura tomada de Gómez-Tuena et al., 2005).	Pág. 8
Figura 3.2. Ubicación de la Faja Volcánica Transmexicana señalada en gris, con especificación de los tres sectores en lo que se divide, y de las principales provincias geológicas de México y las placas tectónicas actuales. Gómez-Tuena et. al. (2005).	Pág. 10
Figura 3.3. Distribución de las unidades geológicas en la Sierra de Guanajuato (Angeles-Moreno, 2018).	Pág. 12
Figura 3.4. Columna estratigráfica del Distrito Minero de Guanajuato (Imagen extraída de Orozco-Villaseñor, 2014).	Pág. 15
Figura 3.5. Fallas del Distrito Minero de Guanajuato. I Veta Madre, II vetas de la Sierra, III vetas de La Luz y fallas transversales (Figura de Echegoyen-Sánchez et al., 1970 y Gross, 1975 en Nieto-Samaniego, 1994).	Pág. 17
Figura 3.6. Diagrama de correlación y de relación entre la fugacidad de azufre con la temperatura para mostrar los campos de los estados de sulfuración de los fluidos hidrotermales en el ambiente de formación de sistemas de mineralización epitermales y de tipo pórfido; en concordancia también con los campos de estabilidad de los minerales y las rutas de sulfuración de ambiente geotermal y magmático hidrotermal (Einaudi et al., 2003; Camprubí y Albinson, 2007).	Pág. 20
Figura 3.7. Distribución de las alteraciones hidrotermales asociadas con mineralización de baja sulfuración y alta sulfuración; la veta principal es localizada en el paleoconducto o conducto alimentador del fluidos hidrotermales (Hedenquist et al., 1996).	Pág. 21

Figura 3.8. Muestra la traza de la Falla Veta Madre y con los distintos tiros y minas a lo largo de su traza (Modificado de la Alvarado-Méndez et al., 1998 en Brown y Nourpour, 2020).	Pág. 22
Figura 3.9. Sección longitudinal de la Falla Veta Madre con los diferentes clavos mineralizados, tiros importantes entre la mina Cebada y Rayas y distintos niveles estratigráficos (Figura de Randall et al., 1994 en Brown y Nourpour, 2020).	Pág. 23
Figura 3.10. Sección longitudinal de la Falla Veta Madre con la ubicación de los distintos clavos minerales y la definición de tres niveles de mineralización (Gross, 1975).	Pág. 24
Figura 3.11. Localización de los barrenos de producción, exploración y programados, en datos de información minera compilada por la empresa Great Panther (Brown y Nourpour, 2020).	Pág. 25
Figura 4.1. Esquema Metodológico.	Pág. 30
Figura 5.1.1.1. Tiro de Rayas perteneciente a las instalaciones de la empresa minera Great Panther Mining Limited ubicado en la carretera panorámica.	Pág. 33
Figura 5.1.1.2. En el Punto 2; Afloramiento de Conglomerado sobre carretera Panorámica representativo de la formación Conglomerado Rojo de Guanajuato donde se aprecian las tonalidades de la roca además de fallas locales y algunas vetillas delgadas de cuarzo, calcita. A) 170°/65°SW, B) 168°/60°SW, C) 158°/40°SW, D) 145°/67°SW, E) 130°/59°SW, F) 162°/50°SW.	Pág. 35
Figura. 5.1.1.3 Se observa afloramiento del Conglomerado Guanajuato (punto 17) tomado frente a las instalaciones de la clínica 50 de IMSS donde se logró reconocer formalmente la formación del Conglomerado Rojo de Guanajuato, con una estratificación de 22°/10°SE (B) bien definida con grosor de 10 a 20 centímetros y orientados en la misma dirección y con presencia de facies finas estratificadas de arenisca y una falla normal (A) con 195°/78°NW.	Pág. 36
Figura. 5.1.1.5 Afloramiento de la Formación Conglomerado Guanajuato (Punto 04) localizado a lo largo de la carretera Panorámica a unos metros del Socavón de San Vicente. Se observan dos fallas identificadas con A) 120°/43°SW, y B) 205°/70°, marcadas con línea de color azul, y en círculo rojo la pequeña Cata. Datos estructurales de rumbo azimutal y echado y dirección de echado.	Pág. 36
Figura. 5.1.1.6 Bloque del alto a la Falla Veta Madre (Punto 08). En esta parte aflora la formación del Conglomerado Guanajuato; se observan fracturas bien definidas (marcadas en línea color azul) con actitudes estructurales: A) 124°/50°SW, B) 103°/65°SW, C) 95°/49°SW.	Pág. 37

Figura. 5.1.1.7 (Punto 23) donde se logró reconocer formalmente la formación del Conglomerado Rojo de Guanajuato, y donde se observa una falla normal que recorre el afloramiento.	Pág. 38
Figura. 5.1.1.8 Reliz de la Falla Veta Madre (Punto 06) en las cercanías de la Mina San Vicente. Se observan vetas y vetillas de cuarzo, calcita y limonitas encajonadas en la Formación Esperanza; esta formación presenta rocas como lutita y filita color negro-gris oscura.	Pág. 38
Figura 5.1.1.9. Falla Veta Madre con brecha hidrotermal perteneciente a la Veta Madre (Punto 12). Se observa que la roca que encajona a la Veta Madre es la formación Esperanza, que comprende filitas pelíticas y filitas calcáreas que encajonan brecha hidrotermal y zonas de brechas de falla.	Pág. 40
Figura. 5.1.1.10 Brecha hidrotermal de la Veta Madre en la zona de Falla Veta Madre (Punto 12) con rumbo NW-SE y echado variable de 45° a 50° al SW. Los fragmentos de la brecha y la roca encajonante son filitas y pizarras pelíticas de la Formación Esperanza. Los límites de la Brecha Hidrotermal (BX) con cuarzo, calcita y pirita es señalada con línea roja. Texturas de espacio abierto, cuarzo drúsico, texturas de relleno y texturas de cockade en cuarzo son visibles en el recuadro superior con una imagen más cercana de la brecha expuesta en superficie.	Pág. 41
Figura 5.1.1.11 Se aprecia a la formación Esperanza, con rocas como la lutita y la filita de color negro-gris oscura (punto 10), que como se observa presenta foliación con orientación 160°/38° SW y vetilleo de cuarzo blanco muy delgado con orientaciones como 270°/68°N y 78°/77° SE que cortan a la foliación, aunque hay vetillas de calcita que son paralelas con la orientación de los planos de foliación.	Pág. 41
Figura. 5.1.1.12 (A) , Punto 6 en la formación Esperanza, con presencia de hidróxidos supergénicos y sulfuros oxidados en rocas Lutita y la Filita de color negro-gris oscura; Fig. 5.1.1.11 (B), adicionado a lo anterior se observan limolitas, azufre nativo además de jarosita y goetita.	Pág. 45
Figura 5.1.1.13. Afloramiento de la Formación Esperanza (Punto 20, ver mapa geológico de la figura 5.1.1.14) en la formación Esperanza, con presencia de colores verdosos a grisáceos y patina de óxido en planos de foliación bien definidos con 106°-38°SW.	Pág. 46
Figura 5.1.1.14. Mapa geológico de superficie donde se muestra el contacto entre la Formación Esperanza y Conglomerado de Guanajuato que corresponde con la falla Veta Madre y que contiene a Veta Madre. Se muestran algunas obras mineras importantes y estructuras de deformación y mineralización cartografiadas en campo. En el Anexo 1 (Tabla AN1) se muestran datos estructurales de las estructuras de deformación mostradas en el mapa geológico.	Pág. 47

Figura 5.2.1.1. Se muestran los mapeos geológicos en planta y localización de algunas muestras de los niveles 275N, 310N, 345N y 365N, de la mina Los Pozos. Se observan los bloques del alto y bajo, así como la Veta Madre. Los datos geoquímicos que se muestran en intervalos de valores son representativos.	Pág. 50
Figura 5.2.1.2. Mapa geológico del nivel 390N de la mina Los Pozos, donde se observa la geología de los paralelos 00 a 400N de interés para el estudio. Se muestra desarrollo de obra minera, geología en los bloques del alto y bajo a la Veta Madre y muestreos y algunos resultados geoquímicos que se pueden observar en la tabla anexa en la imagen (ANII). En el mapa también se puede observar el desarrollo del crucero al alto en conglomerado.	Pág. 51
Figura 5.1.3.1. Sección longitudinal de la mina de Los Pozos que muestra el comportamiento mineral basado en los valores geoquímicos y en los desarrollos de obra minera. Se interpretan en la sección longitudinal dos zonas con mayor tendencia mineral, y las flechas azules que indican la dirección de mineralización a profundidad	Pág. 52
Figura 5.1.3.2. Planta del Nivel 390N de la mina de Los Pozos que muestra el comportamiento mineral basado en un promedio arrojado en las fajillas con muestreo de valores geoquímicos (anexo 1). Se puede ver un comportamiento de concentración de valores económicos por plata equivalente en un sector de la estructura mineralizada.	Pág. 53
Figura 5.1.3.3(A), 5.1.3.3 (B) Resultado de interpolación en software Surfer V.10 de valores de plata equivalente. Resultado referido a la planta del Nivel 390N de la mina de Los Pozos de los paralelos 00 al 400N que muestra el comportamiento mineral basado en plata equivalente (Ag Eq); como se observa en la ilustración hay una concentración mineral concéntrica, para el caso B) visto en sólido.	Pág. 54
Figura 5.2.1.1. Nivel 390N de la mina de Los Pozos de los Paralelos 00 al 400N. Se muestra el desarrollo de obra propuesto para ampliar en línea de color azul y cuatro plazas de barrenación; dos de estas plazas de barrenación están localizadas a lo largo de la ampliación del desarrollo.	Pág. 56
Tabla 5.2.2.1. Barrenos prioritarios con los datos básicos de cada barreno. Estos se propusieron y clasificaron considerando las zonas con mayor potencial con una proyección de tendencia mineral favorable.	Pág. 59
Tabla 5.2.2.2. Se muestran los barrenos condicionados a los resultados de la primera fase de barrenación.	Pág. 59
Tabla 5.2.2.3. Barrenos con desarrollo de obra dentro del programa de barrenación propuesto en este trabajo condicionada al desarrollo de obra propuesto; así también dependerá completamente del resultado de la barrenación principal y condicionada.	Pág. 60

Figura 5.2.2.4. Barrenos programados como parte del programa de barrenación visto en planta. Se muestra las plazas de barrenación, los barrenos prioritarios (color morado), barrenos condicionados (color rojo) y barrenos propuestos en la obra propuesta para desarrollo (color verde)	Pág. 61
Figura 5.2.2.5. Barrenos programados (prioritarios, condicionados, condicionados en obra de desarrollo) mostrados en sus cortes en sección longitudinal orientada NW-SE. La sección longitudinal muestra los niveles superiores al nivel 390, las secciones transversales, así como los clavos mineralizados ya explotados en línea naranja. Los colores de los cortes de barrenos indican la barrenación clasificada por prioridad: en color morado, barrenos prioritarios con un mayor grado de posibilidad de cortes positivos, en color rojo es la barrenación condicionada con un pronóstico alentador del corte en Veta Madre, y en color verde son aquellos barrenos donde sería necesario un desarrollo de obra y dependerán del resultado de la barrenación antes propuesta y condicionada.	Pág. 63
Figura 5.2.2.6. Sección transversal correspondiente al paralelo 00 con orientación N56°E-S56°W viendo al Norte, que muestra la interpretación litológica a partir de mapeos de interior de mina, también se muestran los contactos inferidos de estos y los posibles cortes o intersecciones de los barrenos propuestos BM01y BMc1 (barreno condicionado).	Pág. 64
Figura 5.2.2.7. Sección transversal correspondiente al paralelo 50N con orientación N56°E-S56°W viendo al Norte, que muestra la interpretación litológica y estructuras mineralizadas en la mina de Los Pozos. Se muestran también los contactos inferidos de estos y los cortes o intersecciones de los barrenos propuestos BM2, BM3 y BMc2 (barreno condicionado).	Pág. 65
Figura 5.2.2.8. Sección transversal correspondiente al paralelo 100N con orientación N56°E-S56°W viendo al Norte. La sección muestra los contactos litológicos, la interpretación litológica en la mina de Los Pozos, y los cortes de barrenos propuestos BM4, BM5 y BMc3 (barreno condicionado).	Pág. 66
Figura 5.2.2.9. Sección Transversal correspondiente al paralelo 150N con orientación N56°E-S56°W viendo al Norte. Muestra los contactos litológicos y su interpretación. A profundidad se infieren los contactos. Se muestran los cortes de los barrenos propuestos BM6, BM7 y BMc4 (barreno condicionado).	Pág. 67
Figura 5.2.2.10. Sección transversal correspondiente al paralelo 190N con orientación N56°E-S56°W viendo al Norte. La sección muestra los contactos litológicos y de estructuras mineralizadas, así como la interpretación de los contactos inferidos. Se muestran también los cortes de intersecciones a la estructura de los barrenos propuestos BMC6 y BMC7 y BMC8 (condicionado).	Pág. 68

<p>Figura 5.2.2.11. Sección transversal correspondiente al paralelo 220N con orientación N56°E-S56°W viendo al Norte. Esta sección muestra los contactos litológicos y de estructura mineralizada, así como la interpretación litológica y los contactos inferidos. La sección también muestra los cortes de intersección de cada barreno en la estructura mineralizada, estos barrenos son los barrenos propuestos BM8, BM9 y BMc5 (barreno condicionado).</p>	<p>Pág. 69</p>
<p>Figura 5.2.2.12. Sección Transversal correspondiente al paralelo 320N con orientación N56°E-S56°W viendo al Norte. La sección muestra los contactos litológicos y de estructura mineralizada, así como los contactos inferidos. Se muestran también los cortes de intersección de cada uno de los barrenos a la estructura mineralizada, estos barrenos mostrados son los barrenos con desarrollo de obra: BMd1, BMd2 y BMd3.</p>	<p>Pág. 70</p>
<p>Figura 5.2.2.13. Sección transversal correspondiente al paralelo 350N con orientación N56°E-S56°W viendo al Norte. La sección muestra los contactos litológicos y de la estructura mineralizada, así como los contactos inferidos de estos. Se muestran las intersecciones a la estructura mineralizada de los barrenos en desarrollo de obra: BMd4 y BMd5.</p>	<p>Pág. 71</p>
<p>Figura 6.1.1. Se muestra la proyección de los clavos mineralizados de la Mina de Cata en la estructura mineralizada de Veta Madre y la falla que la encajona en la Mina Los Pozos (Brown y Nourpour, 2020).</p>	<p>Pág. 73</p>
<p>Figura 6.2.1. Esquema de un modelo conceptual en 3D de las estructuras de mineralización, estructuras de deformación y texturas de mineralización en el segmento de la Falla Veta Madre estudiado en este trabajo de tesis. Este modelo conceptual está basado en los resultados de este trabajo de tesis (cartografía geológico-minera de superficie, plantas geológicas en mina, secciones transversales y longitudinales).</p>	<p>Pág. 75</p>
<p>Figura 6.3.1. Clavos mineralizados de la Veta Madre en la sección longitudinal desde la mina Valenciana hasta la mina Purísima (Gross, 1975).</p>	<p>Pág. 77</p>
<p>Figura 6.3.2. Zona de mineralización interpretadas con base en la barrenación de exploración de la compañía Great Panther Mining (Brown y Nourpour, 2020). A, zonas mineralizadas vistas en planta; B, zonas mineralizadas mostradas en la sección longitudinal.</p>	<p>Pág. 79</p>

Resumen

La mina Los Pozos se encuentra dentro del municipio de Guanajuato, dentro también del Distrito Minero de Guanajuato (DMG) y en la parte central de la Falla Veta Madre. El sector central de la Veta Madre es de importancia histórica en la minería por la presencia de clavos mineralizados importantes como Valenciana, Cata, Mellado y Rayas; la mina de Los Pozos se ubica específicamente, entre la mina de Cata y la mina de Rayas que comprende lotes de la compañía minera Great Panther Mining Limited. El objetivo principal de este trabajo comprendió la elaboración de un programa de exploración con barrenación a diamante en interior mina (nivel 390) para la mina de Los Pozos, integrando y analizando información de cartografía geológico-minera, muestreos geoquímicos e información de desarrollos. Lo mencionado anteriormente para permitir evaluar la posibilidad de determinar la continuidad de la mineralización y/o descubrimiento de nuevos clavos para la compañía Great Panther Mining Limited. La información geológico-minera fue proporcionada por el departamento de exploraciones de la compañía minera, que consistió en algunos levantamientos geológicos-mineros y ensayos geoquímicos de muestreo. Esta información permitió como parte de los resultados de este trabajo también definir y determinar las características que definen el comportamiento y características de la Veta Madre.

Los resultados de este trabajo presentan un programa de barrenación para la Mina Los Pozos en el nivel 390 que consiste en tres grupos de barrenos, prioritarios, condicionados y de desarrollo de obra. El programa de barrenación estuvo basado en los resultados de este trabajo de geología de superficie, geología de interior de mina, muestreos y ensayos geoquímicos, las tendencias de las estructuras de mineralización y geoquímicas ha echado de la de la Falla Veta Madre, así como información de los desarrollos. Este análisis también permite establecer una posibilidad de la continuidad de la mineralización y/o descubrimiento de nuevos clavos para la Veta Madre en la mina Los Pozos.

Así mismo el trabajo de tesis se complementó con un estudio de geología de superficie en la zona de la mina Los Pozos. Los resultados del estudio de geología de campo muestran el comportamiento espacial y geométrico de Veta Madre en superficie, la cual se correlaciona muy bien con el comportamiento a profundidad en los niveles 275N, 310N, 345N, 365N donde se puede corroborar una relación de rocas encajonantes metasedimentarias de la Formación Esperanza al bajo de la Veta Madre y con conglomerados y areniscas de la Formación del Conglomerado de Guanajuato al alto, y observando características de mineralización del yacimiento que se define como un yacimiento

epitermal de intermedia a baja sulfuración. En la mina Los Pozos se definen cuatro elementos geológicos mineros importantes como son el Conglomerado Guanajuato, Falla Veta Madre, brecha epitermal y la Formación Esperanza. La Veta Madre se encuentra encajonada dentro de la Falla Veta Madre y está definida por las estructuras de mineralización de brechas, stockworks y vetas de cuarzo. Las estructuras y texturas de mineralización en conjunto con los resultados de concentración de los valores geoquímicos de plata definen una zona de interés preferentemente y las correlaciones espaciales de los clavos profundos adyacentes en la misma Veta Madre como en Cata, Promontorio y Valenciana muestra alta factibilidad de haya clavos mineralizados al mismo nivel estratigráfico y a profundidad a lo largo del nivel 390.

Abstract

The Los Pozos mine is located within the municipality of Guanajuato, also Los Pozos mine belongs to the Guanajuato Mining District (DMG) and specifically located in the central part of the Veta Madre Fault. The central sector of the Veta Madre has a mining historical importance due to the presence of important ore shoots such as Valenciana, Cata, Mellado and Rayas; The Los Pozos mine is specifically located between the Cata mine and the Rayas mine, where several claims belong to the mining company Great Panther Mining Limited. The main objective of this work included the development of a diamond drilling exploration program inside the level 390 of the mine, this result was supported by integration and analysis of information derived from geological-mining mapping, geochemical sampling, and mining infrastructure. The foregoing allowed us to evaluate the possibility of determining the continuity of the mineralization and/or discovery of new ore shoots for the company Great Panther Mining Limited. The selective geological-mining information was provided by the exploration department of the mining company, which consisted of some geological-mining surveys and geochemical sampling tests. This information allowed us to define and determine certain geological characteristics and behavior as the behavior and characteristics of the Veta Madre.

The results of this work present a drilling program for the Los Pozos Mine at level 390 that consists of three groups of holes: priority, conditioned and work development. The drilling program was based on the results of this work as: surface geology, geology inside the mine, sampling and geochemical tests, the trends of the mineralization and geochemical structures of the Veta Madre Fault, as well as information of the developments. Also, this analysis allows to establish a possibility of the continuity of the mineralization and/or discovery of new ore shoots for the Veta Madre in the Los Pozos mine.

Likewise, the thesis work was complemented with a surface geology in the Los Pozos mine area. The results of the field geology show a particular behavior of Veta Madre on the surface, which correlates very well with the Veta Madre behavior at depth in levels 275N, 310N, 345N, 365N, where a relationship of metasedimentary encasing rocks of the Esperanza Formation at the bottom of the Veta Madre and with conglomerates and sandstones of the Guanajuato Conglomerate Formation at the top, and observing mineralization characteristics of the deposit that is defined as an epithermal deposit of intermediate to low sulfidation. In the Los Pozos mine, four important mining

geological elements were defined, such as the Guanajuato Conglomerate, Veta Madre Fault, epithermal breccia, and the Esperanza Formation. The Veta Madre is encased within the Veta Madre Fault, and this is defined by the mineralization structures of breccia, stockworks and quartz veins. Considering structures and textures of mineralization together with the results of the distribution of concentration of values of silver equivalent in a preferential area and the spatial correlations of the adjacent deep ore shoots in the same Veta Madre as in Cata, Promontorio and Valenciana, all together show us high probability to find ore shoots at the same stratigraphic level and at depth along level 390.

Capítulo I

1.1. Planteamiento y justificación del problema

La Veta Madre es la principal de las estructuras mineralizadas en el Distrito Minero de Guanajuato (DMG) con cerca de 25 km de longitud de su traza en superficie, esta estructura se continúa explorando a profundidad y a lo largo de su rumbo. En el sector central de la Veta Madre de importancia histórica en la minería por la presencia de clavos mineralizados importantes como Valenciana, Cata, Mellado y Rayas, se ubica la mina de Los Pozos a su vez ubicada, específicamente, entre Cata y Rayas (Wunder 2018; Brown y Nourpour, 2020). El clavo de Rayas fue el segundo descubrimiento en Au-Ag (1550) después de La Luz en el DMG (1548) y la mayor producción en el DMG empezó con el descubrimiento de Valenciana en 1771 (Gross, 1975). La necesidad de evaluar y explorar el potencial mineral de los lotes mineros antiguos que enfrentan casi todas las empresas mineras y como lo menciona Orozco et al. (2015), específicamente del distrito minero de Guanajuato del cual se pensaba que había agotado sus riquezas minerales desde el año 1960, últimamente se ha impulsado a renovar esfuerzos de exploración y a desarrollar nuevos estudios geológicos para identificar zonas con oportunidad de explotación de nuevos horizontes minerales. La exploración mediante barrenación de diamante en interior de mina en el nivel 390 en la mina Los Pozos es de interés en la exploración de tipo Brownfield (Haldar, 2013), ya que es un nivel profundo y se ha visto que hay tendencias de mineralización a profundidad (Wunder, 2018; Brown y NourPour, 2020), esto podría dar pie a descubrimiento de clavos a profundidad en la Veta Madre en un sector histórico de producción en el DMG.

1.2. Hipótesis

Los actuales modelos de bloques construidos con información de datos de barrenación y resultados geoquímicos de muestreos realizados a profundidad en el nivel 390 de la mina Los Pozos muestran posibles tendencias de mineralización en varias direcciones, el programa de barrenación planteado en este trabajo podría servir para lograr la identificación de nuevos clavos de mineralización en alguna de las direcciones a partir del nivel 390.

1.3. Objetivos

1.3.1. Objetivo general.

Elaborar un programa de exploración con barrenación a diamante en interior mina (nivel 390) para la mina de Los Pozos, integrando y analizando información de cartografía geológico-minera, muestreos geoquímicos e información de desarrollos. Esto permitirá evaluar la posibilidad de determinar la continuidad de la mineralización y/o descubrimiento de nuevos clavos para la compañía Great Panther Mining Limited.

1.3.2. Objetivos específicos.

Realizar una recopilación y análisis de información de tipo geológico-minera, topográfica y ensayos geoquímicos de la mina Los Pozos mediante uso de las metodologías de investigación documental para tener una integración completa y adecuada.

Realizar una evaluación de la información integrada para discriminar lo útil y establecer relaciones espaciales adecuadas que permitan generar planos geológico-mineros de soporte del programa de barrenación planteado.

Elaboración de plantas y secciones (transversales y longitudinales) de la Veta Madre en el contexto del nivel 390, mediante uso de técnicas básicas de geología minera y que permitan establecer barrenos con sus correspondientes objetivos.

Capítulo 2: Generalidades

2.1. Historia de la minería y su desarrollo en Guanajuato, específicamente Veta Madre

La historia del Distrito Minero de Guanajuato data de 1548 cuando fue descubierto un afloramiento de veta (Ramos-Arrollo et al., 2004). Los arrieros transitaban comúnmente por caminos de terracería en donde los minerales de oro y plata se encontraban en la superficie (Orozco et al., 2015). Las primeras vetas de mineral se descubrieron en lo que ahora es la comunidad de la Luz a las afueras de la ciudad de Guanajuato donde descubrieron la mineralización que ahí afloraba y que posteriormente comenzó un desarrollo minero por parte de los españoles colonizadores llamándola Veta de San Bernabé del sistema de Vetas de la Luz (Orozco et al., 2015; Gross, 1975). Según datos históricos dos años más tarde Juan de Rayas encontró el afloramiento de Veta Madre en lo que ahora es la mina de Rayas (Orozco et al., 2015).

La minería en Guanajuato en los años siguientes tuvo un desarrollo limitado a causa de la falta de infraestructura y vías de acceso. En 1700 con el descubrimiento de la pólvora facilitó el desarrollo de túneles que marco un aumento significativo en la capacidad productiva. En el siglo XVIII Antonio Obregón y Alcocer financiaron el desarrollo de la mina de Valenciana la cual tuvo un excelente desarrollo y así obtuvo el título de Conde de Valenciana (Brown, 2015). El desarrollo de la minería en el DMG fue detenida hasta el año de 1816 en donde se detuvieron las operaciones y cerraron varias instalaciones mineras debido a la Guerra de Independencia de México. Las minas del Distrito Minero de Guanajuato fueron reabiertas en 1868 con capital británico, que se mantuvo a flote solo por 10 años puesto que se enfrentaban a problemáticas económicas y de transporte por la falta de vías ferroviarias lo cual obligaba al acarreo del mineral a través de burros de carga; posteriormente debido a los bajos precios en el mercado, la producción minera disminuyó y fue adquirida por una empresa estadounidense quien reactivó la infraestructura. En 1910 con inicios de la Guerra de la Revolución Mexicana afectó drásticamente el desarrollo y producción en el DMG (Brown, 2015).

A mediados de la década de 1930, las demandas de salarios más altos y mejores condiciones de trabajo dieron como resultado que las minas fueran entregadas a la Sociedad Cooperativa Minera Metalúrgica Santa Fe de Guanajuato (la Cooperativa), que según testimonios de personal de la compañía que ha trabajado en la empresa por generaciones la empresa se mantuvo a flote dando

muy buenas prestaciones a sus trabajadores y beneficiando a la población de la ciudad con la implementación de una granja, una escuela, un club deportivo, una clínica entre otras cosas. En 1960 se pensaba que “el distrito minero había agotado sus riquezas, pero nuevos estudios geológicos y renovados esfuerzos de exploración dieron como resultado el descubrimiento de los minerales básicos y preciosos del Clavo de Rayas... a lo largo de Veta Madre”. Y así la Cooperativa operó varias minas en el distrito durante la segunda mitad del siglo XX (Orozco et al., 2015).

En 2005 la empresa *Great Panther Mining Limited* adquirió las minas de Guanajuato pertenecientes a la Cooperativa a través de la subsidiaria de la Minera Mexicana El Rosario SA de CV (MMR). La operación incluyó dos propiedades principales (reclamos de Guanajuato y San Ignacio), una planta, talleres e instalaciones administrativas, infraestructura minera, equipos y ciertos derechos de superficie (bienes raíces).

Al momento de la compra, la operación sufría de falta de inversión y capital de trabajo, y no había funcionado a una plena capacidad desde 1991. Por ello *Great Panther Mining Limited* reanudó la producción en 2006 y ha funcionado continuamente desde entonces (Brown, 2015).

2.2. Área de Estudio

2.2.1. Ubicación del Área de estudio

La mina Los Pozos se encuentra dentro del municipio de Guanajuato, dentro también del Distrito Minero de Guanajuato (DMG) y en la parte central de la Falla Veta Madre. El municipio de Guanajuato se localiza en la porción Centro del estado de Guanajuato, colindando con los municipios siguientes: al Norte, con el municipio San Felipe; al Este, con el municipio Dolores Hidalgo; al Sur, con los municipios de Irapuato y Salamanca; y al Oeste, con los municipios de Silao y León. El municipio tiene una extensión territorial de 993.843 Km², equivalente al 3.26 % de la superficie del estado (Sánchez et al., 2004).

El Distrito Minero de Guanajuato (DMG) es parte de la Sierra de Guanajuato que a su vez se encuentra en la parte sur de la provincia fisiográfica de la Mesa Central (Figura 2.1).

Las propiedades mineras (fundos mineros) de la empresa *Great Panther Mining Limited* están situadas dentro y al norte de la ciudad de Guanajuato. Estas propiedades consisten en 52 lotes mineros contiguos y no contiguos que cubren aproximadamente 22,786.3415 ha en área. Los lotes mineros se encuentran protegiendo parte de los sistemas de vetas La Luz, Veta Madre, algunas vetas

al alto y bajo de la Veta Madre, algunas vetas del sistema de vetas de la Sierra y vetas en la zona de Comanja de Corona. La compañía *Great Panther* ha agrupado sus lotes mineros en los proyectos: Guanajuato, San Ignacio, Santa Rosa y El Horcón (Figura 2.2) (Wunder, 2018).

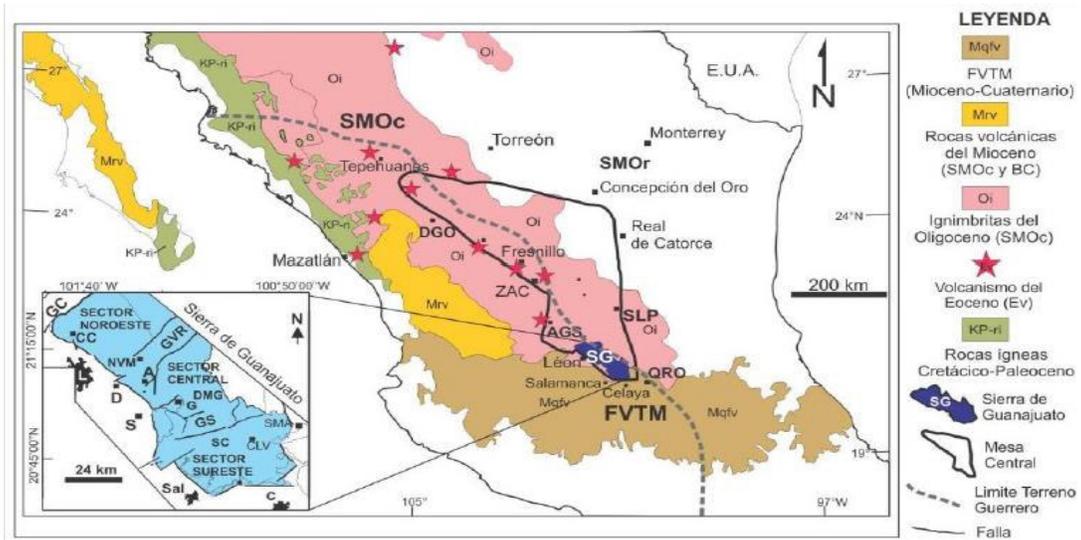


Figura 2.1. Ubicación de la Sierra de Guanajuato y del Distrito Minero de Guanajuato (DMG) en el contexto de la Mesa Central (modificada por Angeles-Moreno, 2018).

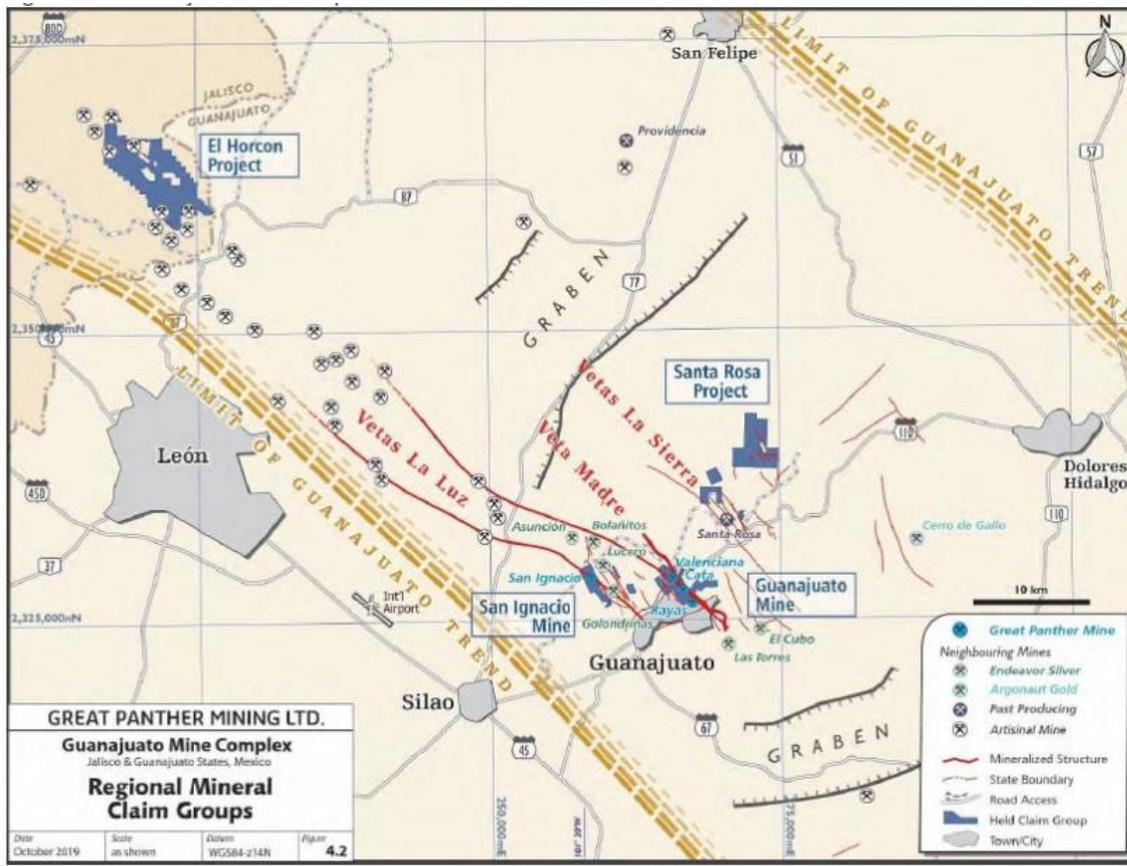


Figura 2.2. Ubicación de las propiedades mineras de Great Panther Mining Limited en el contexto de la Sierra de Guanajuato Brown et al., (2020).

2.2.2. Mina Los Pozos

La mina de Los Pozos está ubicada dentro del grupo de lotes del proyecto Guanajuato de la compañía Great Panther Mining. Se encuentra en la posición intermedia entre los tiros Cata General y Rayas. Las coordenadas en UTM-WGS84 de estos tiros son: Tiro de Cata con 265773.879 mE y 2327551.130 mN; tiro de Rayas 266345.638 mE, 2326910.942 mN. Específicamente se encuentra dentro del lote Rayas (Figura 2.3, Anexo 2) (Wunder, 2018).

En la mina Los Pozos, actualmente la principal vía de acceso es el socavón de San Vicente, por la rampa general de acceso y pasando previamente por la mina de Promontorio. El acceso al nivel 390 de la mina Los Pozos y a otros niveles es por medio de la rampa general además de algunos atajos mediante contrapozos bien conocidos por el personal de más experiencia. La mina Los Pozos cuenta

además en los accesos generales con conexiones de agua, electricidad y ventilación que son adaptables a los desarrollos de obra.

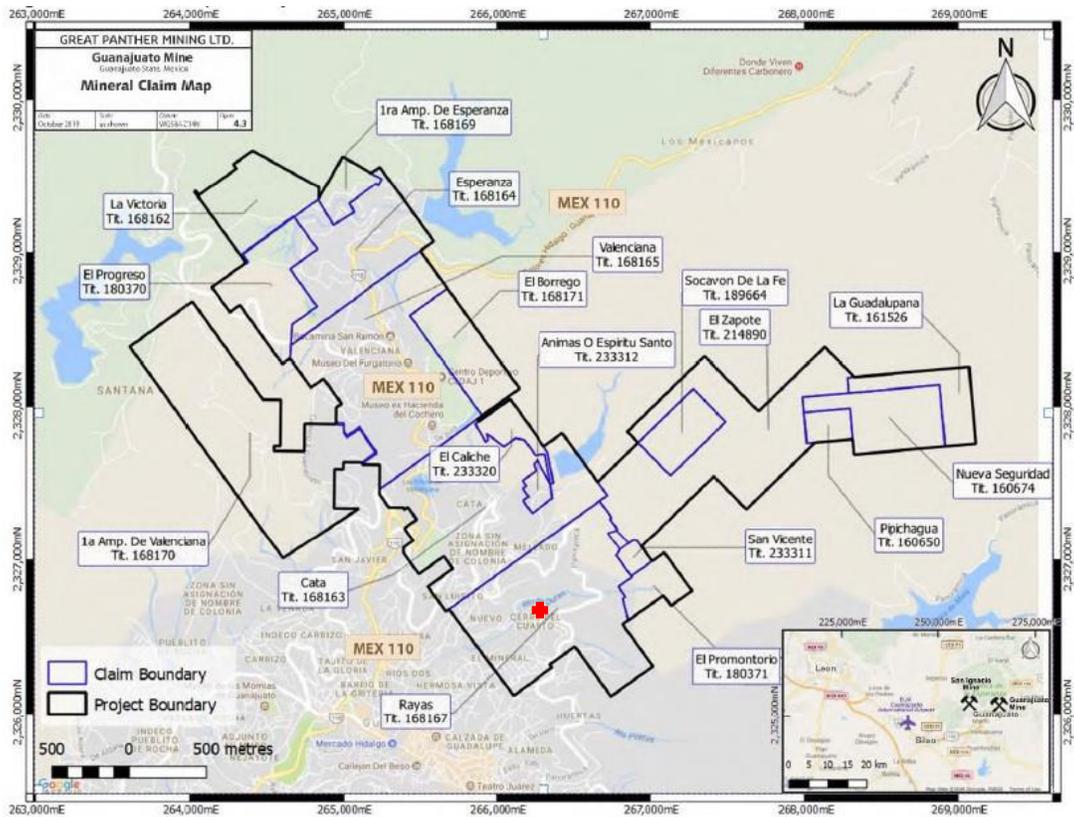


Figura 2.3. Localización de la mina Los Pozos (cruz roja) en el grupo de lotes del proyecto Guanajuato de Great Panther Mining Limited (GPML) (Figura tomada de Brown et al., 2020).

Capítulo 3: Marco Geológico

3.1. Geología Regional

Mina Los Pozos pertenece al Distrito Minero de Guanajuato (DMG) y este a su vez se encuentra dentro del Terreno Guerrero. El Terreno Guerrero está compuesto por rocas volcánicas, volcanoclásticas de afinidad oceánica a continental y rocas sedimentarias marinas (Centeno-García et al., 1993). En México cubre una extensión cercana a 700,000 km² (Figura 3.1). La secuencia litológica a la base del terreno Guerrero refleja un ambiente marino profundo, relativamente cercano al continente, sobre el cual se emplazó un arco de islas intraoceánico que fue acrecionado a la placa de Norteamérica durante el Cretácico Superior (Centeno-García et al. 1993).

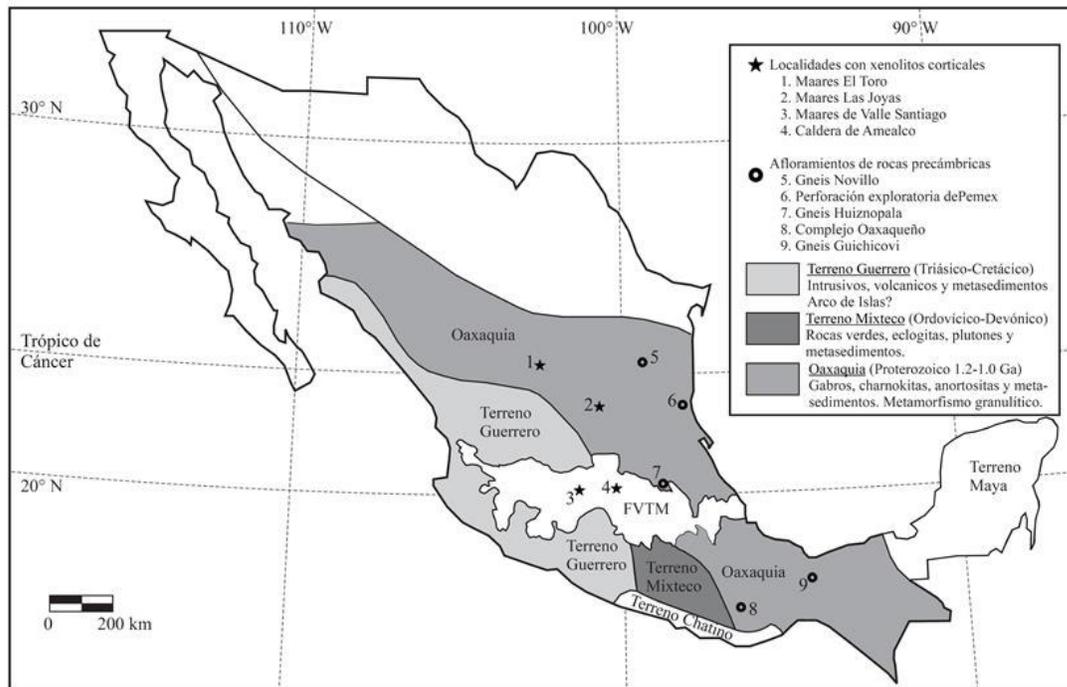


Figura 3.1. Mapa de la República Mexicana con la ubicación general de los terrenos Tectonoestratigráficos relacionados a la Sierra de Guanajuato (figura tomada de Gómez-Tuena et al., 2005).

En el contexto regional del Mesozoico y Cenozoico el Distrito Minero de Guanajuato (DMG), al cual pertenece Mina Los Pozos, se ubica en el traslape de varias provincias geológicas como son la Mesa Central, la Faja Volcánica Transmexicana, Sierra Madre Occidental y la Sierra Madre Oriental (Figura 3.2).

El DMG se ubica en la parte sur de la Mesa Central. La Mesa Central (MC) es limitada por las provincias geológicas Sierra Madre Occidental, Sierra Madre Oriental y la Faja Volcánica Transmexicana. Los límites de la MC son límites tectónicos representados por fallas geológicas (Nieto-Samaniego et al., 2005). Por ejemplo, el límite norte de la MC, es un sistema montañoso con dirección ENE-WSW constituido por pliegues en rocas mesozoicas que pertenece a la Sierra Madre Oriental, y que es interpretado que representa una gran estructura cenozoica (Aranda-Gómez et al., 2005; Chávez-Cabello et al., 2005). El límite sur de la MC es un límite también tectónico con fallas y en el que se ubican bloques y depresiones estructurales, y uno de estos bloques es la Sierra de Guanajuato que contiene al DMG (Angeles-Moreno, 2018). En el registro geológico de la Mesa Central se han identificado secuencias estratigráficas mesozoicas que pertenecen al Terreno Guerrero y otras secuencias que pertenecen al Terreno Sierra Madre que es basamento de la Sierra Madre Oriental (Centeno-García y Silva-Romo, 1997)

La Sierra de Guanajuato junto con el DMG contienen litologías del Terreno Guerrero están cerca de un límite de acreción con el Terreno Sierra Madre (Figura 3.1) y un evento que está registrado en el basamento mesozoico es la Orogenia Laramide. Es interesante mencionar que el evento Laramide fue posterior a la estructura de acortamientos relacionados a la creación de conjuntos volcanosedimentarios marinos que se consideran parte del terreno Guerrero (Quintero-Legorreta, 1992; Martini et al., 2016). La orogenia Laramide es considerada una orogenia más compleja que finalizó alrededor de los 44 Ma (Fitz-Díaz et al., 2014).

De acuerdo con Angeles-Moreno (2018) en la Sierra de Guanajuato se han identificado cuatro eventos de deformación:

Evento D1 consiste en estructuras de acortamiento laramídicas que se encuentran registradas en el basamento mesozoico de la Sierra de Guanajuato y con direcciones de acortamiento NE-SW.

Evento D2 comprende a un fallamiento lateral orientado NW-SE, con eje principal de acortamiento orientado NE-SW y horizontal con edad de 51 Ma y ca. 48 Ma.

Evento D3 en general es un evento de deformación que se divide en dos fases de deformación D3F1 y D3F2.

Fase D3F1 produjo fallas normales en el conglomerado eocénico y las rocas del grupo Ypresiano. Las fallas generaron un basculamiento de 40° a 80° de las rocas eocénicas. Se infiere una edad del Lutetiano-Priaboniano

Fase D3F2 es una fase de deformación de tipo extensional y que además produjo un alargamiento NE-SW; este evento fue acompañado de una migración de magmatismo de composición riolítica de edad entre ca. 33 Ma y ca. 27 Ma.

Evento D4. Este evento es caracterizado por ser un evento extensional en el Mioceno con fallas Normales acompañadas con de vulcanismo basáltico y andesítico que ocurrió en un intervalo entre los 14 Ma y 7 Ma. Este evento de deformación es contemporáneo al vulcanismo de la Faja de Volcánica Transmexicana (FVTM) (Figura 3.2).

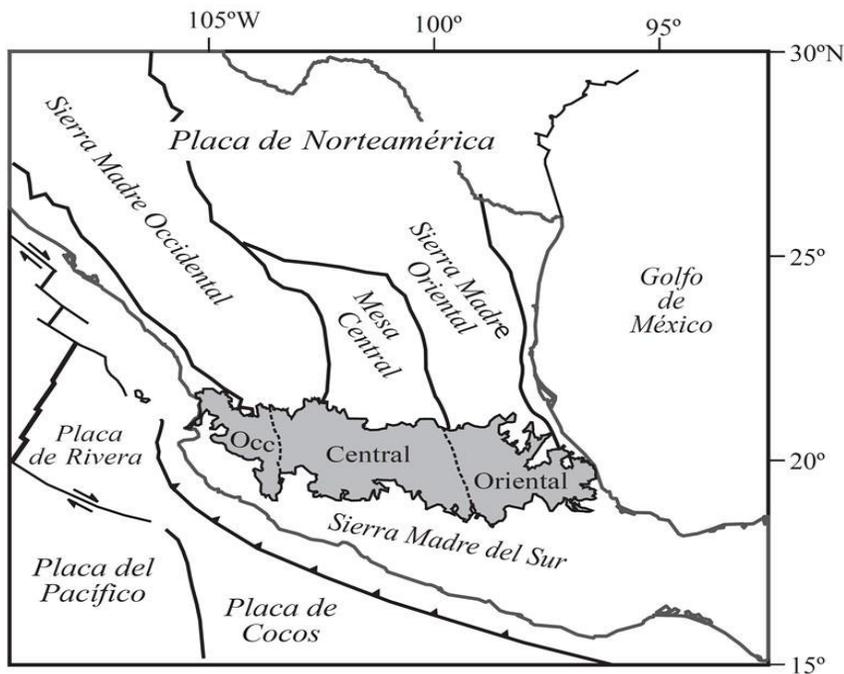


Figura 3.2 Ubicación de la Faja Volcánica Trasmexicana señalada en gris, con especificación de los tres sectores en lo que se divide, y de las principales provincias geológicas de México y las placas tectónicas actuales. Gómez-Tuena et. al. (2005).

En el contexto de la Faja Volcánica Transmexicana (FVTM) el DMG se ubica en la parte norte de la parte central (Figura 3.2) cerca del límite con la parte sur de la Mesa Central. En el contexto solo de las partes de la FVTM propuesta por (Pasquaré et al. 1988., Demant (1978) el DMG y por ende el proyecto de Mina Los Pozos se ubica en la parte central. La FVTM contiene fallas tectónicas internas que definen bloques de rocas, algunas de estas fallas dividen al arco volcánico en otras porciones a lo largo de su orientación E-W, por ejemplo, fallas de la junta triple que controlan la formación de los rifts de Zacoalco, Chapala y Colima (Allan, 1986). El sistema de fallas Taxco-San Miguel de Allende (SFTSMA) que fue definido por Alaniz-Álvarez et al. (2002) limita a la Sierra de Guanajuato en su parte oriental con rocas de la Sierra Madre Oriental; este límite tectónico cenozoico parece atravesar a la FVTM de parte a sur ya que existen características en fallamiento similares entre las fallas que se ubican al norte de la FVTM con las fallas al sur de la FVTM.

3.1.1. Estratigrafía del Distrito Minero de Guanajuato (DMG)

La estratigrafía del DMG se puede agrupar en dos conjuntos de rocas de acuerdo con su edad, rocas mesozoicas y rocas cenozoicas (figura 3.3). El basamento mesozoico se divide en dos conjuntos de secuencias alóctonas de acuerdo con Ortiz-Hernández et al., 1992 y Martínez-Reyes, 1992., una secuencia es de afiliación volcano-plutónica y la otra de naturaleza volcano-sedimentaria. La secuencia volcanosedimentaria es de origen marino con metamorfismo y esta intensamente deformada. El basamento mesozoico ha sido asignado a la provincia tectono-estratigráfica conocida como terreno Guerrero (Aranda y Vassallo, 2007).

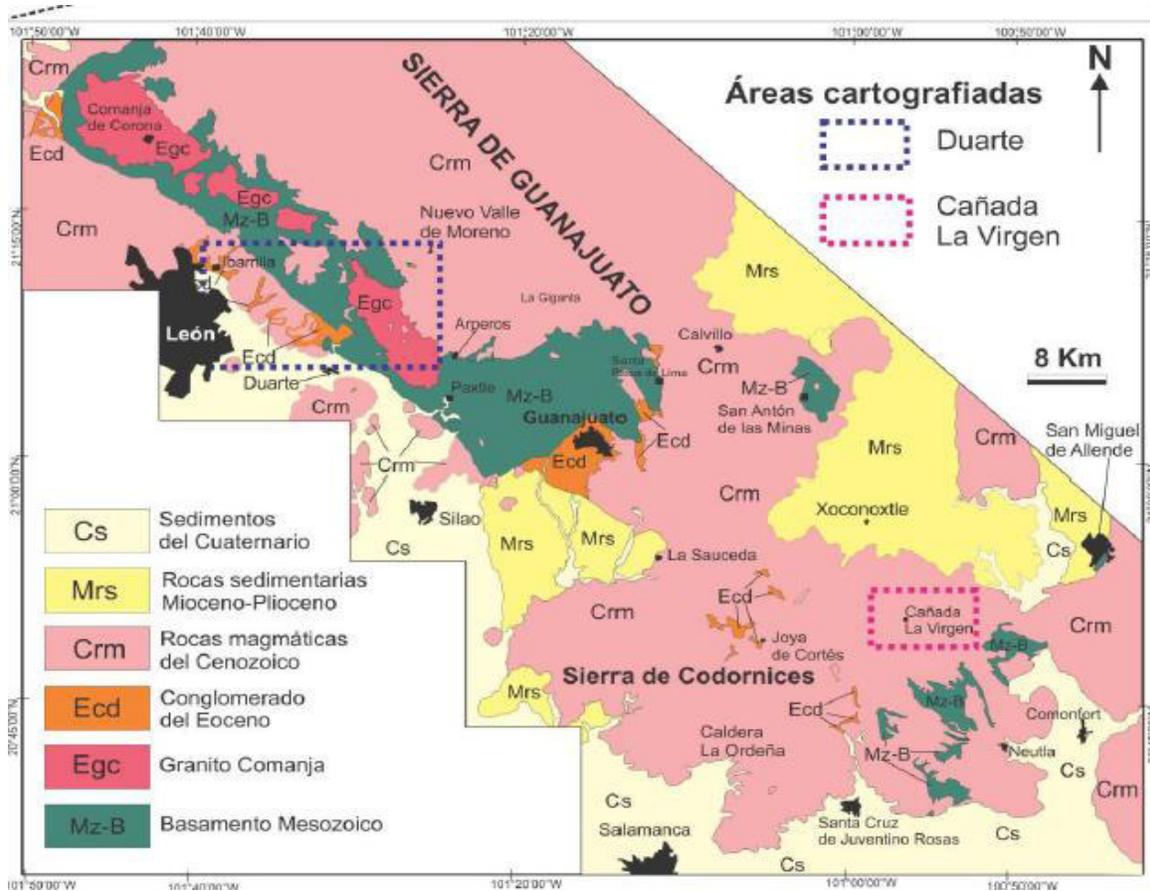


Figura 3.3 Distribución de las unidades geológicas en la Sierra de Guanajuato (Angeles-Moreno, 2018).

En la columna del Distrito Minero de Guanajuato (DMG) el basamento mesozoico contiene a la Formación Esperanza (Figura 3.4) que contiene lutitas carbonosas, calizas micríticas en estratos delgados, pedernal y areniscas (Figura 3.4). En contacto estructural con la Formación Esperanza se encuentra la Formación La Luz que consta de rocas ígneas marinas como, lavas submarinas con estructura masiva y en almohadillas de composición basáltica, así como tobas (Orozco, 2014).

El conjunto de rocas cenozoicas en la Sierra de Guanajuato se presenta con una amplia distribución y alcance en área como puede verse en el mapa geológico de la figura 3.3., se pueden describir las diferentes unidades siguiendo el orden de la columna estratigráfica del Distrito Minero de Guanajuato (DMG) (figura 3.4), estas unidades abarcan en tiempo desde el paleoceno al Mioceno-Plioceno y en las que se han identificado discordancias erosionales o angulares (Angeles-Moreno, 2018). De acuerdo con la columna del DMG esta se ha ido precisando por varios trabajos geológicos y geológicos mineros que se han realizado en el distrito (Wandke y Martínez, 1928; Echegoyen-

Sánchez et al., 1970; Nieto-Samaniego et al., 2015; Angeles-Moreno, 2018; Del Río-Varela et al., 2020) la unidad más antigua del Cenozoico es el Granito Comanja que es considerado de edad Eoceno (Angeles-Moreno, et al., 2017). El emplazamiento del granito fue seguido de sedimentación, así como de vulcanismo andesítico y riolítico (Angeles-Moreno, 2018). En la sedimentación clástica está el Conglomerado Rojo de Guanajuato, que es una roca sedimentaria de tipo continental, caracterizada por la presencia de clastos y bloques de rocas diversas que van desde fragmentos de guijarros, areniscas y aluviales mal clasificados (Edwards, 1970; Miranda-Avilés et al., 2016). Esta sedimentación se ha interpretado que fue originada por acumulaciones en abanicos aluviales situados en la base de las montañas con fallamiento de bloques por elevación rápida con falla normal (Miranda-Avilés et al., 2016). Los depósitos del Conglomerado Guanajuato se han interpretado que tienen una edad que va del Eoceno a Oligoceno (Aranda y McDowell, 1998; Angeles-Moreno, 2018).

Sobreyaciendo discordantemente al Conglomerado Guanajuato se encuentra la Formación Loseros que fue definida por Echevoyen-Sánchez et al. (1970), y que está constituida de sedimentos de tipo continental fino como areniscas bien clasificadas en estratos delgados a medianos, que se emplazan con una orientación bien definida y colores característicos que van de verde claro a rojo, esta formación es muy interesante puesto que indica la transición de los emplazamientos sedimentarios a volcánicos, con muchas evidencias de sedimentación de origen fluvial (Puy-Alquiza et al., 2014).

Formación La Bufo, que fue mencionada con este nombre por Echevoyen-Sánchez et al. (1970). Esta formación está constituida de flujos piroclásticos de composición riolítica, caracterizada por su color rosa y presencia de cristales de plagioclasas y fragmentos líticos volcánicos rojizos, con un espesor máximo de 350 metros según lo menciona Orozco-Villaseñor (2014). Nieto-Samaniego et al. (2015) menciona que tiene depósitos ignimbríticos con pómez intercalados con capas de ceniza volcánica y fecha cristales de sanidinos por el método de Ar-Ar con una edad de ca. 33.53 Ma.

Formación Calderones mencionada por Echevoyén-Sánchez (1970), y descrita formada por una secuencia de areniscas, conglomerados, brechas y tobas que varían de composiciones andesíticas a dacíticas. En Nieto-Samaniego et al. (2015) es descrita como una formación compuesta de depósitos piroclásticos, brechas volcánicas y conglomerados polimicticos. De acuerdo con Vassallo (1996) está conformada de rocas piroclásticas de composición andesítica de color verde, el nombre de la formación hace alusión a la zona donde más aflora que es en un poblado a las afueras de la ciudad

de Guanajuato capital y se ha estimado un espesor aproximado de 400 metros. La formación es sobreyacida concordantemente por la Formación Cedro. Esta formación se fechó con U-Pb en ca. 31.84 Ma (Nieto-Samaniego et al., 2015).

Formación Cedros definida por Echevoyen-Sánchez et al. 1970. Es descrita como flujos de lava de andesita con estructura masiva principalmente (Nieto-Samaniego et al, 2015). En el trabajo de Nieto-Samaniego (1992) menciona que se trata de una traquiandesita muy rica en Potasio, y en la zona centro del DMG se menciona que la andesita es de color verde a gris, que contienen fenocristales, la matriz es microcristalina con plagioclasas y minerales maficos muy oxidados. Se habla también que esta formación es intrusionada por domos y diques rioliticos de la Formación Chichindro, con una edad estimada del Oligoceno (Nieto-Samaniego, 1992).

Formación Chichindaro definida con este nombre por Echevoyen-Sánchez et al. (1970), fue descrita como lavas riolitas con brechas y depósitos piroclásticos. En el trabajo de Nieto-Samaniego et al. (2015) es descrita como domos riolíticos con flujos lávicos y depósitos piroclásticos. De acuerdo con Labarthe-Hernández et al. (1995) en Orozco-Villaseñor (2014), la formación está compuesta por riolita con miembros tobáceos que se asocia con la formación de domos; se habla de varias etapas de formación, por ejemplo, en la primera etapa se distingue un grosor de 12 metros con textura porfídica, con fenocristales euhedrales de cuarzo y feldespatos potásicos, en una matriz criptomicrocristalina de composición félsica acida. La unidad presenta alteraciones de argilización y cloritización en la zona de Rayas (Orozco-Villaseñor, 2014), y presenta buena estratificación por parte de las estructuras de flujo con un color característico de blanco o rosa (Orozco-Villaseñor, 2014). Su espesor se estima de 400 metros (Nieto-Samaniego, 1992) y con una edad de 30.36 Ma con fechamiento de uranio-plomo en zircón (Nieto-Samaniego et al., 2015).

Intrusivo Peregrina. La primera descripción de esta unidad es realizada por Echevoyen-Sánchez et al. (1970). Es descrita como una roca porfídica con una textura holocristalina con fenocristales euhedrales de plagioclasas y anedrales de cuarzo, con matriz cristalina de grano fino (Orozco-Villaseñor, 2014). La edad del intrusivo se interpreta que es post-Chichíndaro ya que se observa que intrusiona a la Riolita Chichíndaro (Orozco-Villaseñor, 2014).

3.1.2. Geología Estructural

Las estructuras de deformación en el DMG son fracturas y fallas geológicas que tienen direcciones NW-SE, NE-SW, E-W y N-S (Figura 3.5) (Nieto-Samaniego, 1994; Angeles-Moreno, 2018). Las fallas más importantes, ello por una longitud mayor y presencia de clavos mineralizados mayores, son las fallas con direcciones NW-SE; estas fallas comprenden a los sistemas de vetas de La Luz, Falla Veta Madre, y las vetas de La Sierra (Wandke y Martínez, 1928; Echegoyen-Sánchez et al., 1970). Una gran cantidad de fallas contienen vetas epitermales con mineralizaciones de interés económico como oro y plata. La Falla Veta Madre es una estructura mineralizada que tiene una longitud de cerca 16 km (Angeles-Moreno, 2018). La mina de Pozos se localiza a lo largo de esta estructura entre los tiros de Cata y de Rayas. Las fallas cortan a rocas de las formaciones del grupo volcánico Guanajuato (Nieto-Samaniego et al., 2015) y a la riolita Chichíndaro (Nieto-Samaniego et al., 2015). Nieto-Samaniego (1992) interpretó que las fallas podrían estar relacionadas a cuatro eventos de deformación y que el primer evento pudo estar relacionado con las fallas NE-SW como la falla Aldana y con sedimentación en el Conglomerado Guanajuato durante el Paleoceno-Eoceno. Angeles-Moreno et al. (2017) encontraron relaciones cinemáticas entre fallas NE-SW y fallas NW-SE que se relacionan a un evento de fallamiento lateral en el Eoceno.

Nieto-Samaniego (1992) interpretó un segundo evento de deformación y tectónico identificado con la falla de San Nicolás que tiene orientación preferente NW-SE y que corta al Conglomerado Rojo de Guanajuato y no afecta a la formación Calderones y por lo tanto infirió una edad del Oligoceno temprano.

Nieto-Samaniego (1992) propuso que el tercer evento tectónico estaba identificado con la Falla Veta Madre con una orientación general de rumbo N45°W e inclinación de 45°SW y que se relacionó con una actividad de la falla relacionada con el emplazamiento de la Formación Chichíndaro

El cuarto evento de deformación de acuerdo con Nieto-Samaniego (1992), corresponde a la Falla del Bajío que se sitúa al bajo de Veta Madre, y delimita la zona de montañas, y da paso a la planicie del bajío, la cual tiene una orientación paralela a la de Veta Madre y que tiene una edad del Plioceno-Pleistoceno.

En trabajos de Nieto-Samaniego (1994) y Vassallo (1996) interpretaban que la última etapa de tectonismo correspondía con estructuras NE-SW que limitan a la Falla Veta Madre en la parte sur de la estructura y que de acuerdo a (Vassallo, 1996) es la que impide la migración de la mineralización más allá de la zona de concentración mineralógica. Se interpretó que algunas de las estructuras NE-SW son de edad del cuaternario.

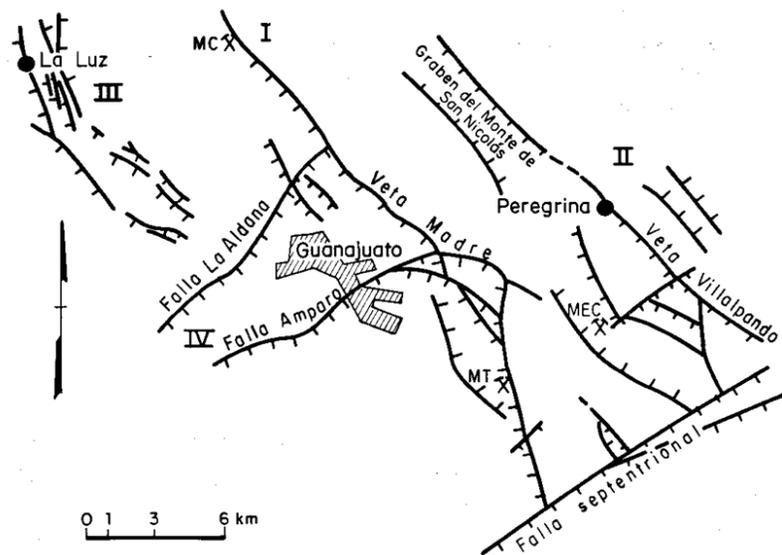


Figura 3.5 Fallas del Distrito Minero de Guanajuato. I Veta Madre, II vetas de la Sierra, III vetas de La Luz y fallas transversales (Figura de Echegoyen-Sánchez et al., 1970 y Gross, 1975 en Nieto-Samaniego, 1994).

En el trabajo de Angeles-Moreno (2018) propuso cuatro eventos de deformación, el evento más antiguo determinado por fallas laterales NW-SE y NE-SW del Ypresiano, seguido de otro evento de fallamiento entre el Ypresiano-Priaboniano, antes del Oligoceno. Otro evento de extensión entre 33 y 28 Ma (Rupeliano) y el último evento en el Mioceno. Estos eventos se relacionaron con sedimentación y vulcanismo contemporáneo desde el Eoceno hasta el mioceno (Angeles-Moreno, 2018).

3.2. Yacimiento Minerales

La historia minera del Distrito Minero de Guanajuato (DMG) data del descubrimiento de mineral en La Luz en 1548 y después siguió el descubrimiento de Rayas en 1550 (Antunez, 1964 en Gross, 1975). El distrito ha continuado su actividad minera por más de 400 años y hoy día prueba de ello es este trabajo en la Mina Los Pozos. Una gran cantidad de trabajos publicados existen referentes a la geología minera y los yacimientos minerales todos estos citados en el trabajo de tesis de Orozco Villaseñor (2014) como, por ejemplo, Wandke y Martínez, 1928; Wiser, 1928; Guiza et al., 1949;

Wilson et al., 1950; Edwards, 1955; Echegoyén-Sánchez et al., 1970; Petruck y Owens, 1974; Gross, 1975; Buchanan, 1979, 1980 y 1981; Randall, 1979, 1990 y 1994; Mango, 1988 y 1992. Muchos trabajos de exploración minera se han realizado por compañías mineras que han realizado trabajos en el distrito como por ejemplo Minera El Cubo, Endeavour Silver, Peñoles, Fresnillo PLC, etc. La mineralización fue establecida como de tipo epitermal de oro y plata de acuerdo con el modelo de Lindgreen de 1928 citado en Gross (1975). El oro y plata está en las vetas y en stockworks en cuarzo, calcita y adularia que se depositaron en fallas normales (Gross, 1975). Posteriormente Buchanan entre 1979 a 1980 realiza estudios de inclusiones fluidas entre estos en algunos de los clavos de Rayas y propone un modelo de exploración que contiene alteraciones hidrotermales, profundidades de paragénesis de mineralización y geometría de las vetas. Entre los años 1980 y 1990 en el DMG se desarrollan estudios geológicos por conocer mejor la estratigrafía, geología básica (Vasallo et al., 1989; Aranda-Gómez et al., 1989; Nieto-Samaniego, 1992; Martínez-Reyes, 1992; Randall et al., 1994) y trabajos de geología minería desarrollados por el antiguo Consejo de Recursos Minerales hoy Servicio Geológico Mexicano.

3.2.1. Yacimientos epitermales

En 1990 White y Hedenquist proponen la clasificación de yacimientos minerales en baja sulfuración y alta sulfuración. Estos autores presentan que las características de los sistemas epitermales de baja sulfuración son las siguientes:

Roca encajonante: Rocas volcánicas ácidas a intermedias

Controles de localización: Fracturas o fallas relacionadas a centros volcánicos

Profundidad de formación: 0 m a 1000 m.

Temperatura de formación: 100°C a 320°C (principalmente 150°C a 250°C).

Características de los fluidos: Baja salinidad, aguas meteóricas a veces interacción con fluidos magmáticos, pH neutral pero puede ser alcalino cercano a ebullición; cuando hay separación de gases puede dar pie a un fluido con pH ácido. El contenido total de azufre (S) es bajo y bajo contenido de metales base.

Alteración hidrotermal asociada: propilítica extensiva y argílica

Carácter de la mineralización: espacios abiertos, relleno de cavidades, contactos claros y precisos de la veta con la roca encajonante, bandeamientos en la veta con bandas de rellenos y con

multietapas de brechamiento. En las cercanías de la superficie muestra estructura en stockwork o un carácter diseminado la mineralización, y esto depende de la permeabilidad primaria o secundaria.

Características texturales: bandeamiento crustificado, cuarzo en textura de peine, bandeamiento coloforme, calcedonia y cuarzo bandeado, cavidades con cuarzo drusado, espacios abiertos, vetas brechadas, pseudomorfos de sílice formados después de calcita de textura hojosa (Blade).

Características mineralógicas: vetas de calcedonia es común, mineral de adularia en vetas y en forma diseminada es común, el mineral alunita y pirofilita a veces aparece, pero es raro, y la enargita-luzonita es ausente.

En el trabajo de White y Hedenquist (1990) ya mencionan a Guanajuato por la consulta de uno de los trabajos de Buchanan como ejemplo por las estructuras de stockwork en la mina Las Torres.

En el trabajo de Albinson y Camprubí (2007) realiza una compilación de los yacimientos epitermales de México colocándolos en el esquema de la clasificación empírica de baja sulfuración e intermedia propuesto por Einaudi, et al. (2003) (Figura 3.6), mencionando tres tipos de mineralización A, B y C. En la mineralización de tipo A están los yacimientos formados a grandes profundidades con alta salinidad con salmueras no saturadas y contienen sulfuración intermedia con un carácter polimetálico; estos son de sulfuración intermedia. La mineralización tipo B comprende aquellos depósitos que exhiben características dominantes de baja sulfuración, pero raíces profundas de intermedia sulfuración con mineralización con Pb-Zn-Cu; estos comparten baja sulfuración y sulfuración intermedia. Guanajuato es considerado se encuentra en este tipo de mineralización. El tipo C comprende a baja sulfuración solamente con ebullición a profundidades someras de fluidos de baja salinidad con alta cantidad de metales preciosos y baja cantidad de metales base. Así también Albinson y Camprubí (2007) mencionan que el tipo A y B muestran evidencias mineralógicas y de inclusiones fluidas de ebullición (Figura 3.6). En este contexto el DMG se clasifica como como un yacimiento epitermal de mineralización tipo B en donde presenta características de baja e intermedia sulfuración coexistiendo en las mismas estructuras de mineralización.

En general los depósitos epitermales de baja sulfuración se caracterizan por ser un depósito metalífero que está cerca de la superficie, donde los brotes de mineral dentro de las vetas gradualmente se desvanecen en modestas profundidades (Gross, 1975). De acuerdo con Taylor

(1971) en Orozco-Villaseñor (2014) el origen de la mineralización tiene su origen con aguas termales mineralizadas provenientes de las cámaras magmáticas y por tal razón directamente asociada con las rocas ígneas que generalmente son asociados con andesita/riolita. Que por emplazamiento generalmente se alojan en fisuras y stockworks que se relacionan con montañas jóvenes con volcanismo asociado.

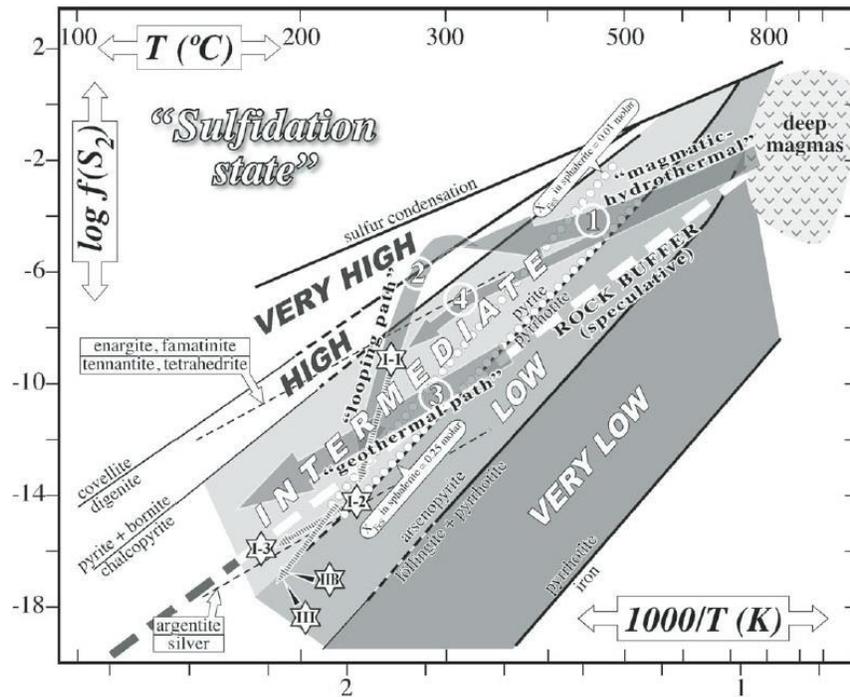


Figura 3.6 Diagrama de correlación y de relación entre la fugacidad de azufre con la temperatura para mostrar los campos de los estados de sulfuración de los fluidos hidrotermales en el ambiente de formación de sistemas de mineralización epitermales y de tipo pórfido; en concordancia también con los campos de estabilidad de los minerales y las rutas de sulfuración de ambiente geotermal y magmático hidrotermal (Einaudi et al., 2003; Camprubí y Albinson, 2007).

De acuerdo con Hedenquist et al. 1996, la aplicación de los diferentes estilos de estructuras de mineralización, así como sus geometrías de los yacimientos epitermales, como, por ejemplo, estructura masiva, vetas ramaleadas, stockwork y brechas hidrotermales, se puede combinar con la distribución de los minerales de alteración hidrotermal pueden llevar a reconstruir un sistema hidrotermal extinto; estos minerales de alteración permiten definir el tipo de sulfuración en un depósito epitermal. La asociación en baja sulfuración es producida por aguas termales con pH

cercano a neutro, la temperatura disminuye con la disminución de la profundidad y el alejamiento de las fuentes alimentadoras (Figura 3.7).

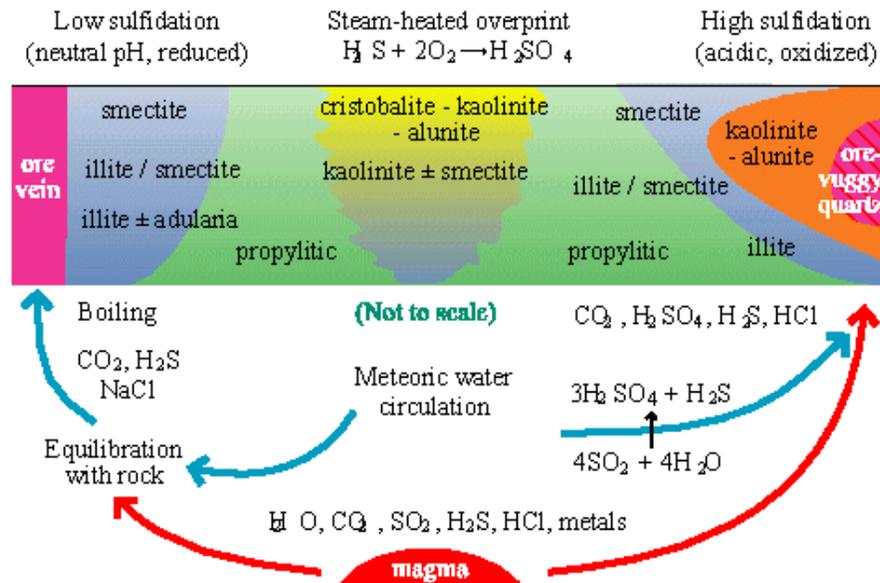


Figura 3.7 Distribución de las alteraciones hidrotermales asociadas con mineralización de baja sulfuración y alta sulfuración; la veta principal es localizada en el paleoconducto o conducto alimentador de los fluidos hidrotermales (Hedenquist et al., 1996).

3.2.2. Veta Madre

La Falla Veta Madre es la mayor estructura mineralizada en el Distrito Minero de Guanajuato con una longitud de cerca 20 Km, que sigue un rumbo general NW-SE y que presenta echados variables de 45° a 60° hacia el SW. La mineralización esta encajonada en una falla que es una falla de tipo normal con un desplazamiento a echado de 1700 m y desplazamientos verticales de cerca 500 m de acuerdo con la estratigrafía (Gross, 1975). Esta falla corta la Tonalita Cerro Pelón, la Formación Esperanza, el Conglomerado Guanajuato, Formación Bufa, Formación Calderones, Formación Cedro, y Riolita Chichíndaro (Randall et al., 1994). En su parte norte parece terminar contra la Tonalita Cerro Pelón y con la intersección de fallas regionales NE-SW. La parte central corresponde a la zona de minas de Cata y Rayas, en esta parte está localizada la mina Los Pozos (Figura 3.8).

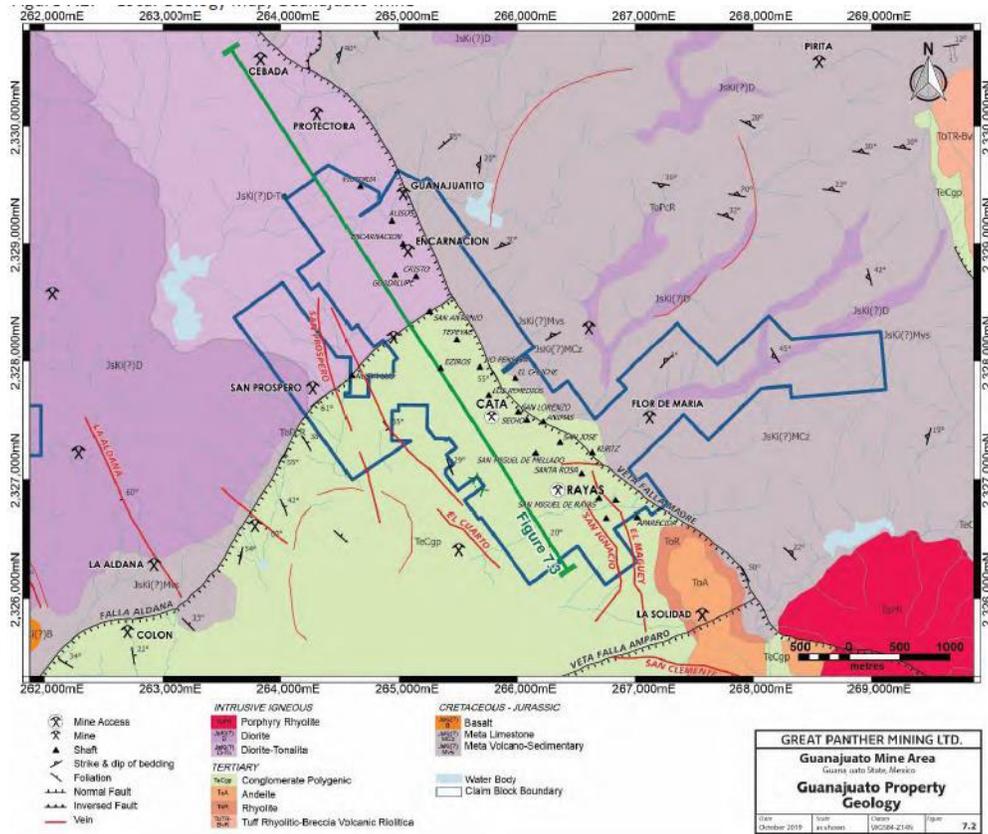


Figura 3.8 que muestra la traza de la Falla Veta Madre y con los distintos tiros y minas a lo largo de su traza (Modificado de la Alvarado-Méndez et al., 1998 en Brown y Nourpour, 2020).

A lo largo de esta estructura mineralizada se localizan los tiros Cebada, Protectora, Guanajuatito, Encarnación, Valenciana, Tepeyac, Cata, Mellado y Rayas (Figura 3.9). Se puede ver cortando distintos niveles estratigráficos, en la parte norte se introduce en la parte del basamento mesozoico y hacia el sur penetra en la estratigrafía de unidades del Cenozoico. La Falla Veta Madre presenta vetas falla que están mineralizadas al alto y bajo (Brown y Nourpour, 2020), estas vetas son las vetas Guanajuatito, Valenciana, Cata, Los Pozos, Santa Margarita, San Cayetano, y Promontorio. De acuerdo con Brown y Nourpour (2020) las vetas Los Pozos se encuentran en el área de Mina Los Pozos entre los tiros de Rayas y Cata que son seis vetas con estructuras de stockwork y brechas a la base de un dique diorítico y dentro de la Formación Esperanza; en el bloque de alto aparece dique diorítico en contacto con el Conglomerado Guanajuato.

Figure 7.3: Long Section along the plane of the Veta Madre for the Guanajuato Mines

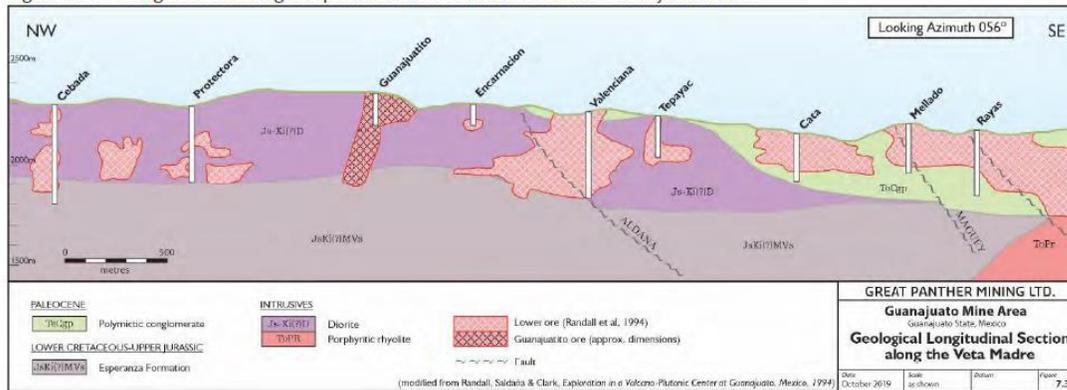


Figura 3.9 Sección longitudinal de la Falla Veta Madre con los diferentes clavos mineralizados, tiros importantes entre la mina Cebada y Rayas y distintos niveles estratigráficos (Figura de Randall et al., 1994 en Brown y Nourpour, 2020).

Gross en 1975 realiza una integración de la distribución de los clavos mineralizados a lo largo de una sección longitudinal de la Falla Veta Madre mostrando tres niveles de mineralización en función de las cotas sobre el nivel del mar (Figura 3.10). El nivel más profundo inicia a una cota de 1700 m, el nivel inferior esta entre las cotas de elevación de 1700m y 2100 m y el nivel somero de 2100 m a la superficie. Se menciona en este trabajo de Gross (1975) que en el nivel más profundo debajo de 1800 m en la mina de Rayas se encontró un clavo con calcopirita, esfalerita y galena argentífera. Los resultados de inclusiones fluidas de cerca 850 muestras de Moncada et al. (2012) del área de Rayas y el área Santa Margarita muestran zonas de ebullición de entre 2100m snm y 1500 m snm, siendo 1500 m un nivel de barrenación profunda (Brown y Nourpour, 2020).

La distribución de mineralogía de acuerdo a Orozco-Villaseñor (2014) es en la zona superior está constituida por oro, plata nativos, electrum, cinabrio, embolita, cerargirita y otros, seleniuros, sulfoseleniuros, y otras sulfosales. En la zona inferior acantita, argentita, argirodita, aguilarita, polibasita, estefanita, tetraedrita, y guanajuatita. En la zona profunda argentita, calcopirita, esfalerita y galena.

De acuerdo con Orozco-Villaseñor, (2014), la mineralogía se presenta entre rocas con un zoneamiento vertical de la mineralogía clasificado en función de la elevación relacionada con tres etapas de mineralización:

Yacimiento Superior; de 2550-2250 msnm con presencia de minerales nativos; seleniuros y haluros acompañados de carbonatos, arcillas y rara vez sulfatos; Yacimiento Bajo, de 2350-1800 msnm con presencia de sulfosales y sulfuros de plata. Yacimientos profundos, 1800-1650 msnm, caracterizado por la presencia de metales base. Los cuales presentan las mismas características minerales de mena y ganga en diferentes proporciones dependiendo la altura.

La mineralización en el Distrito Minero de Guanajuato se presenta en brechas y stockworks en filones rellenos de fisuras tabulares y poco reemplazamiento de rocas encajonantes con texturas de intercrecimiento y bandeamiento como capas delgadas combinadas con capas estériles de cuarzo y calcita que son los minerales de ganga más comunes. La mineralización se encuentra en zonas de bonanza en las partes altas, emplazadas en Conglomerado Guanajuato al alto de veta Madre y en la formación Esperanza al bajo. En el Distrito Minero de Guanajuato las brechas se encuentran en la zona central de Veta Madre relacionado con la cercanía de la fuente de calor (Arroyo, 2004 en Orozco-Villaseñor, 2014).

De acuerdo con Orozco-Villaseñor (2014), el Clavo de Rayas fue descubierto de manera casual al ir explorando al sureste a la profundidad del nivel 345 en uno de los sitios en donde la estructura se adelgaza y en donde es estéril para después de aquí se amplía hasta alcanzar un ancho de 40 m y que no se encontró en el nivel 320 por encima.

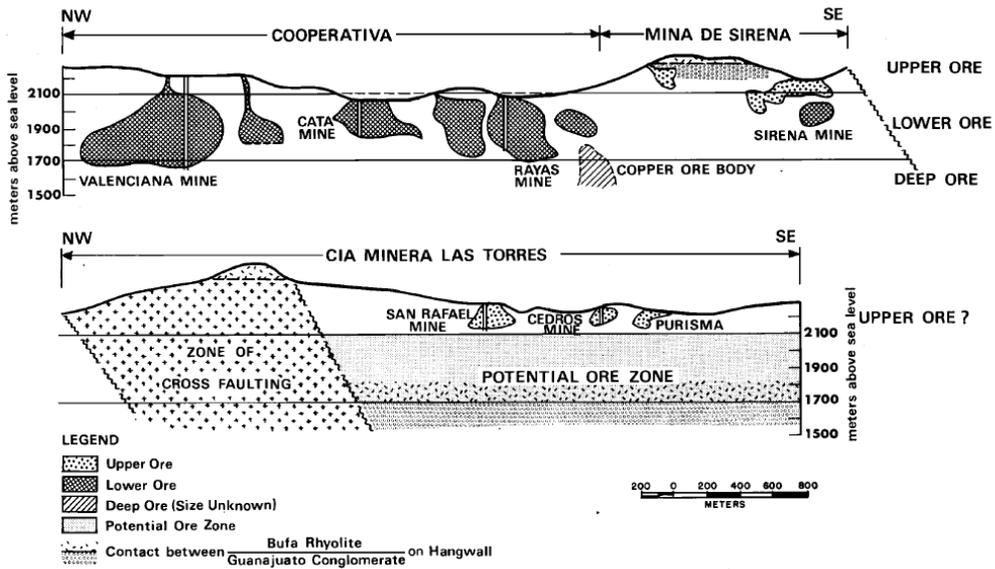


Figura 3.10 Sección longitudinal de la Falla Veta Madre con la ubicación de los distintos clavos minerales y la definición de tres niveles de mineralización (Gross, 1975).

Los estudios de exploración de la parte central de la Falla Veta Madre continúan con la exploración de niveles profundos por la compañía Great Panther entre las cotas de 1800 m snm y 1600 m snm (Figura 3.11). Las barrenaciones exploratorias a partir de 2019 se han enfocado en los clavos de Promontorio, Los Pozos y Valenciana.

Figure 10.1: Drill Hole Location Plan Map, Guanajuato Mine

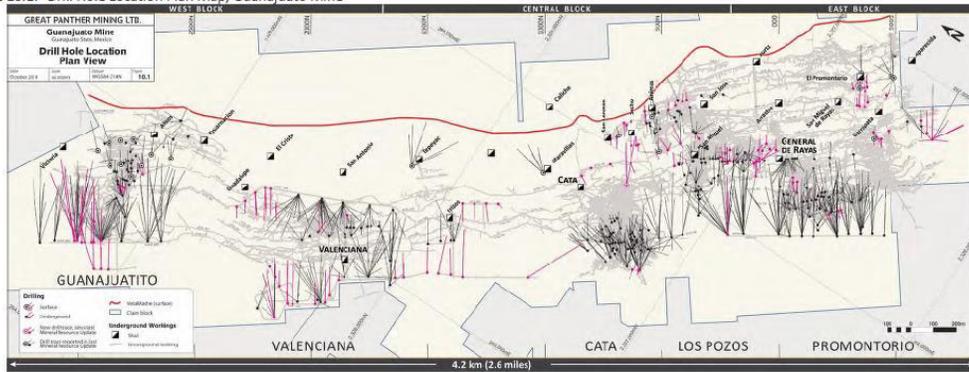


Figure 10.2: Longitudinal Section with Drill Holes, Guanajuato Mine

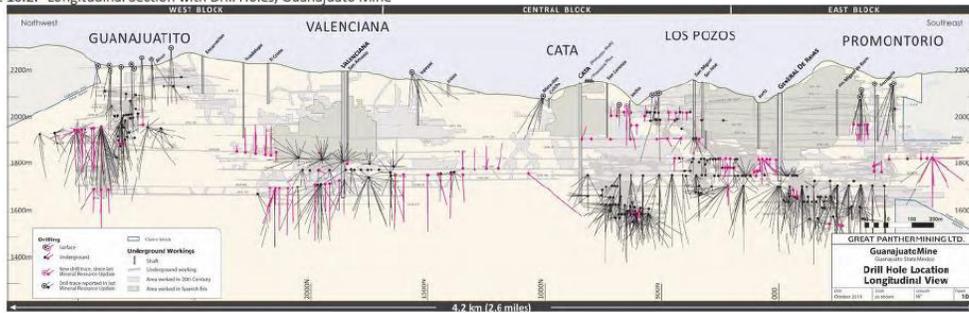


Figura 3.11 Localización de los barrenos de producción, exploración y programados, en datos de información minera compilada por la empresa Great Panther (Brown y Nourpour, 2020).

Capítulo 4: Metodología

Para lograr los objetivos del presente trabajo y resolver el problema planteado se han empleado las metodologías de método científico, geología de gabinete y análisis de datos de geología de campo en interior de mina. La secuencia de la aplicación de estas metodologías se muestra en la figura 4.1 de esquema metodológico.

4.1. Método Científico

De acuerdo con Jurado-Rojas (2005), el método es un medio para alcanzar un objetivo, pero cuando recibe la denominación de científico, implica la descripción y predicción de un fenómeno de estudio y su esencia es obtener con mayor facilidad un conocimiento exacto y riguroso sobre el mismo. El método científico hace referencia a una serie de pasos establecidos desde que se realizan en una investigación los cuales son útiles para obtener un orden y estructuramiento definido que conducirán a un resultado secuencial Ruiz (2007) En la gran parte de la estructuración de este trabajo de tesis se han empleado parte de los pasos del método como son el planteamiento del problema, hipótesis, metodología y resultados. En general se describen las características de estos pasos de acuerdo con Asuad et al. (2014) este trabajo de tesis:

4.1.1. Planteamiento del Problema

Consiste en la observación de alguna situación o fenómeno que sea relevante o provoqué la inquietud de ser solucionado por el interesado, en el caso particular de este trabajo la empresa Great Panther Mining Limited está explorando a niveles más profundos la Falla Veta Madre y en los clavos mineralizados tradicionales y antiguos como el caso de la zona de las vetas Los Pozos (Brown y Nourpour, 2020).

4.1.2. Hipótesis

Es la posible solución de nuestra interrogante, basada en la suposición entre los hechos y fenómenos involucrados en el planteamiento del problema, que se comprueba como parte del desarrollo de este trabajo. La hipótesis fue planteada en la parte de introducción en donde la información minera antecedente es relevante para mostrar posibles tendencias de la mineralización en niveles inferiores.

4.1.3. Experimentación/ Metodología

Es el procedimiento mediante el cual de manera ordenada se pretende obtener o comprobar el objetivo de la investigación, y puede ser de tipo: bibliográfico o experimental. En la geología minera es difícil realizar experimentos controlados en un laboratorio ya que las escalas de los procesos terrestres o de yacimientos son enormes, pero en la exploración minera se busca plantear hipótesis que se someten a prueba y en este caso la hipótesis de este trabajo está basada en información valiosa de interior de mina que busca comprobar o no la hipótesis de la existencia de mineral a profundidad que tiene importancia económica.

4.1.4. Resultados

Los resultados permiten determinar si la hipótesis es correcta o no, para sustentar o refutar su veracidad. Para el estudio del caso de nuestro interés analizando la información geológico-minera antecedente permiten entender el comportamiento de la mineralización de la Veta Madre en niveles superiores y con base en ello se propuso un programa de exploración a profundidad para confirmar o descartar la continuidad mineral en la mina Los Pozos.

4.2. Geología de gabinete

4.2.1. Investigación y análisis documental de estudios académicos previos

Esta etapa consistió en la investigación y consulta de fuentes de investigación en la biblioteca del Departamento de Ingeniería en Minas, Metalurgia y Geología, así como en sitios de internet que estuvieran relacionadas a antecedentes de este trabajo y los clavos mineralizados de Veta Madre. Se buscó que esta información fuera confiable y certera.

4.2.2. Recopilación de cartografía geológica-minera y de muestreo antiguos

Esta etapa consistió en una recopilación de información específica del área a tratar, la cual amablemente fue proporcionada por la empresa, donde se incluían planos geológicos y de resultados químicos de muestreos antiguos de obras mineras subterráneas y barrenos de diamante.

4.2.3. Análisis y comparación de información / Clasificación de la información

La información recopilada del paso anterior se ordenó y clasificó en función de lo necesario al objetivo principal de este trabajo de tesis. A esta información se le evaluó el grado de utilidad de la información que mostraba buscando siempre depurar la información repetida o menos actualizada de la zona.

4.3 Geología minera de campo

La geología minera es una geología aplicada a la minería, en la se usan las herramientas geológicas en las diversas actividades de la industria minera en donde se requiera por ejemplo en la exploración minera que de acuerdo con Scott y Whateley (2006) (capítulo en Moon y Evans, 2006) una compañía minera puede estar buscando nuevos yacimientos (*greenfield*) o evaluar la extensión de una mina (*Brownfield*). En este trabajo es vista la geología minera de

campo como una metodología en la necesidad de lograr los objetivos. La geología minera tiene un papel importante en la exploración de tipo Brown Field que es definida como una exploración en un proyecto minero antiguo que busca ampliar sus reservas a rumbo y en dirección al echado de la estructura mineralizada y en donde la infraestructura minera existente es un factor que minimiza los costos económicos (Haldar, 2013). El trabajo de la geología minera consistió en emplear la información resultado de etapas como el reconocimiento del área, levantamiento geológico en interior de mina, elaboración de plantas geológicas con ubicación de muestras.

4.3.1. Reconocimiento del área (topografía y zonas de interés con muestreo)

En referencia con nivel 390, parte de la información proviene de recorridos a los niveles superiores 275, 310, 345 y 365 y sobre el mismo nivel 390 de la zona de interés con el objetivo de estudiar el comportamiento litológico e identificar las zonas de interés ubicadas previamente en el muestreo.

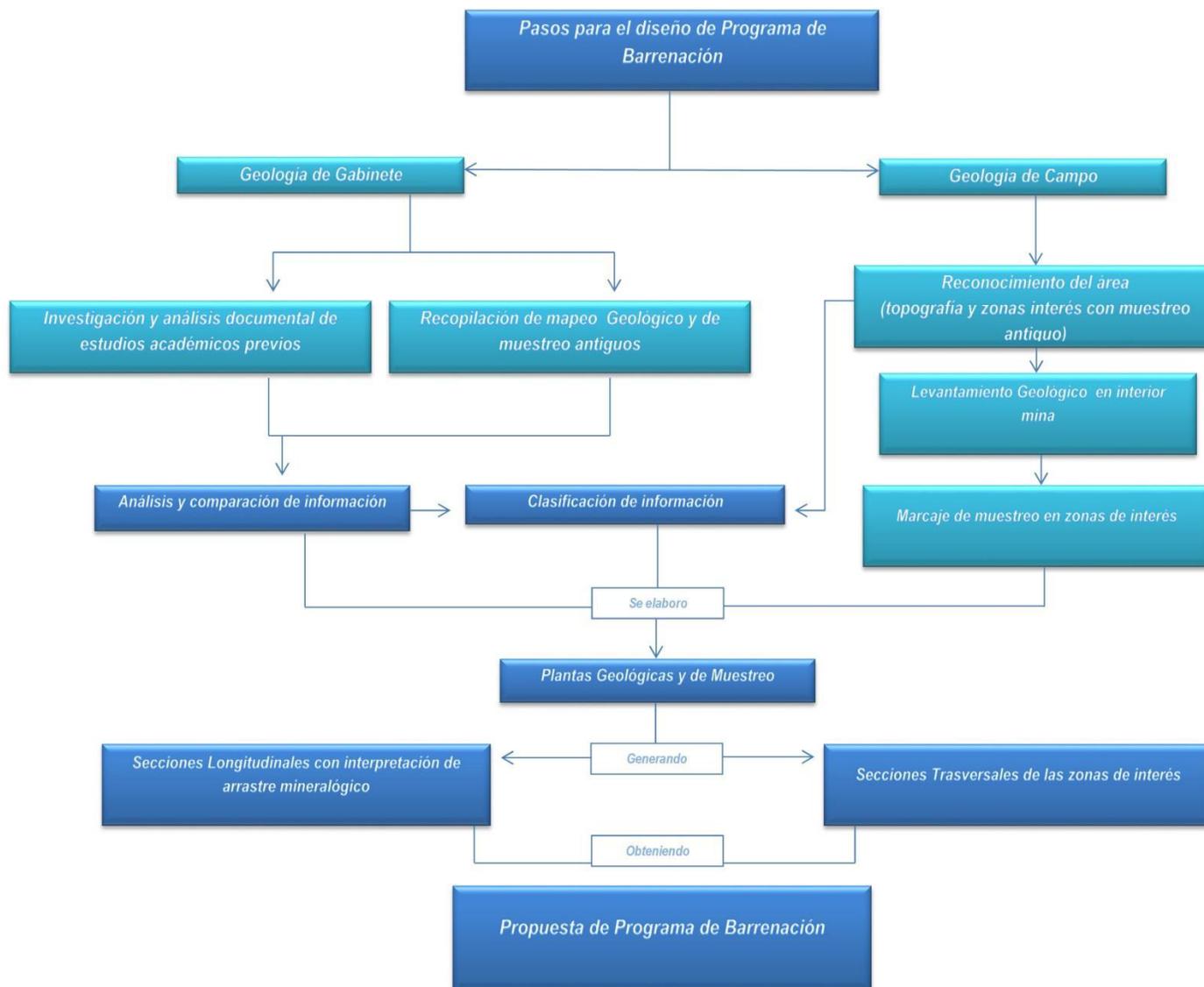
4.3.2. Levantamiento Geológico en interior mina/ Marcaje de muestreo en zonas de interés

La información del levantamiento geológico minero comprende usar mapas base topográficos de escala de mina o de detalle para plasmar litologías, estructuras mineralizadas o de deformación, alteraciones hidrotermales y la ubicación de muestras. Se levantó y marco muestreo y geología con el criterio de complementación o corroboración de la información recabada.

4.4.1. Elaboración de plantas Geológicas y de muestreo

La información empleada de la Mina Los Pozos para este trabajo de tesis también comprende el empleo de algunas plantas de levantamientos geológicos mineros con muestreos indicados. Con la información clasificada y ordenada y la complementación de los levantamientos geológicos y el marcaje de muestreo se analizaron plantas geológicas y de muestreo del área

de interés para la elaboración del programa de barrenación, cuidando que la información fuera lo más reciente posible.



4.1 Esquema Metodológico que muestra metodologías y actividades para lograr el objetivo del trabajo.

4.4.2. Metodología del Programa de Barrenación.

Un programa de barrenación con fines de exploración minera en interior de mina es una metodología de exploración minera (Marjoriebanks, 2010) integrada en un negocio de valor de la exploración y que contiene procesos y actividades que busca probar hipótesis y objetivos planteados con base en la información integrada geológico-minera que ayuda a predecir clavos mineralizados a profundidad o en una posición oculta, como Marjoriebanks (2010) lo dice, es la última prueba a todas las ideas planteadas. Las partes que soportan e integran un programa de barrenación son el análisis de la información minera compilada, la elaboración de secciones longitudinales con información geológico-minera, elaboración de secciones transversales, interpretar las relaciones de las secciones y la propuesta del programa de barrenación.

4.4.3. Elaboración de Secciones Longitudinales

Teniendo elaboradas las cartografías geológico-mineras de planos de plantas con información de muestreo integrada se facilitó el análisis de la información. A partir de estos datos se realizaron dos secciones longitudinales: una sección que muestra la tendencia mineral y la otra con datos en curvas de Isovalores de elementos químicos de interés. La sección de tendencia mineral permite determinar direcciones de parámetros positivos en cuando a las asociaciones minerales en relación con el espesor dentro del alto de la Veta Madre. La sección longitudinal de curvas de Isovalores de elementos químicos de interés permite ver la tendencia de concentraciones favorables espacialmente apoyándose de las asociaciones de afinidad geoquímica entre elementos o de elementos guía de exploración.

4.4.4. Elaboración de Secciones Transversales

Las secciones transversales al rumbo de la Falla Veta Madre permiten diseñar el barreno colocando una ubicación tanto en esta sección como en la longitudinal, así como permiten la orientación al barreno de exploración. El número de secciones transversales fueron acorde a las condiciones de

infraestructura minera, de lo mostrado con la información geológico minera integrada y considerando una sección transversal por uno o dos barrenos.

4.4.5. Diseño de propuesta de programa de barrenación

A partir de las secciones longitudinal y transversales con proyecciones relacionadas se integran los parámetros de la barrenación como coordenadas de localización, longitud del barreno, ángulo de barrenación, profundidad de corte del objetivo de interés y profundidad total del barreno. A cada barreno se le asignó un orden de realización dependiendo de su importancia con respecto a las características geológico mineras consideradas. A partir del programa de barrenación como metodología de exploración minera se diseñó un esquema de comportamiento de mineralización en relación con la geometría de las estructuras mineralizadas.

Capítulo 5: Resultados

5.1.1 Geología de Superficie

Se realizó un levantamiento geológico en superficie que consistió en el reconocimiento del afloramiento de la Veta Madre, las características de las formaciones geológicas al alto y bajo de la falla Veta Madre, los contactos litológicos de estas formaciones y el reconocimiento, así como descripción de estructuras mineralizadas y de alteraciones hidrotermales. Esta información de geología de superficie permite establecer relaciones geológico-mineras con información de interior mina.

Para el levantamiento geológico-minero se utilizaron como apoyo, imágenes satelitales de Google Earth y un mapa topográfico base con curvas de nivel a escala 1: 5 000. El levantamiento de la geología de superficie (Figura 5.1.1.15) comenzó en el tiro de Rayas como se observa en la figura 5.1.1.1; el sistema de coordenadas geográficas utilizado fue el sistema de coordenadas UTM-WGS 84.

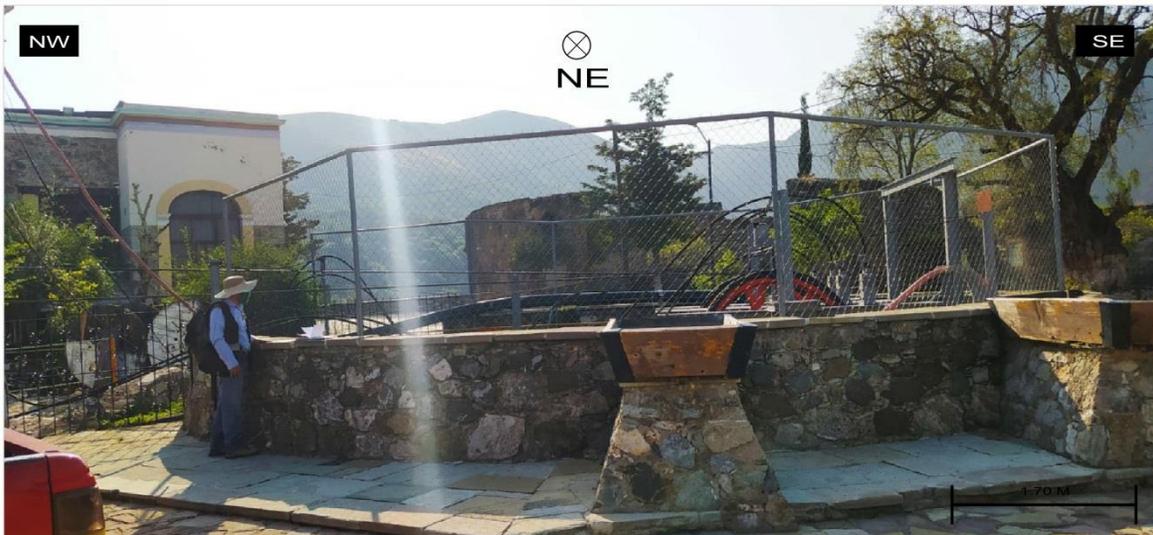


Figura 5.1.1.1 Tiro de Rayas perteneciente a las instalaciones de la empresa minera Great Panther Mining Limited ubicado en la carretera panorámica.

En el área del levantamiento geológico minero se reconocieron la Formación Conglomerado Guanajuato, Falla Veta Madre, y la Formación Esperanza (Figura 5.1.1.15). El Conglomerado Guanajuato se ubica al alto de la Falla Veta Madre y al bajo de esta aparece la Formación Esperanza.

5.1.1.1 Conglomerado Guanajuato

Esta formación fue descrita por vez primera en trabajos de Wandke y Martínez (1928) como una secuencia de capas arenosas alternadas con capas de gravas y clastos de granitos, basaltos, riolitas, lutitas y calizas; con un espesor mínimo de 600 m. El Conglomerado Guanajuato también fue estudiado por Edwards (1955) describiendo una discordancia y dividiendo al conglomerado en dos miembros con base en la composición de sus clastos, ya que aumenta la cantidad de clastos de granito por encima de la discordancia; adicionalmente el miembro inferior presenta derrames andesíticos y basálticos documentados por Edwards (1955). Algunas de estas rocas volcánicas las fechó Aranda-Gómez y McDowell (1998) en cerca de 49 Ma. De acuerdo con Miranda-Avilés et al (2016) los clastos identificados son de calizas, granito, andesita, rocas sedimentarias, diorita y piroxenita, que indican la erosión de bloques levantados del complejo basal de la Sierra de Guanajuato (Terreno Guerrero); ellos identifican que los clastos de calizas son de facies de cuenca y plataforma somera provenientes del complejo basal mesozoico de la Formación Arperos.

Orozco et al. (2015) describe en el área de influencia minera al Conglomerado Guanajuato consistiendo en bloques y guijarros, areniscas y aluviones mal acomodados y comenta; que el grosor total de la formación no se ha podido calcular puesto que la base de esta formación no queda expuesta.

A continuación, se describen características geológicas y geológico-mineras de varios puntos de observación geológica realizados en el área de superficie de la Mina Los Pozos en el Conglomerado Guanajuato.

El Conglomerado Guanajuato se observó con varios colores de expresión en los afloramientos de tonos café, marrón y verduzcos esto debido a las alteraciones hidrotermales canalizadas a través de fracturas y por intemperismo como se observa en la figura 5.1.1.2.



Figura 5.1.1.2. En el Punto 2; Afloramiento de Conglomerado sobre carretera Panorámica representativo de la formación Conglomerado Rojo de Guanajuato donde se aprecian las tonalidades de la roca además de fallas locales y algunas vetillas delgadas de cuarzo, calcita. A) $170^{\circ}/65^{\circ}\text{SW}$, B) $168^{\circ}/60^{\circ}\text{SW}$, C) $158^{\circ}/40^{\circ}\text{SW}$, D) $145^{\circ}/67^{\circ}\text{SW}$, E) $130^{\circ}/59^{\circ}\text{SW}$, F) $162^{\circ}/50^{\circ}\text{SW}$.

En este punto 2 (ver mapa geológico de la figura 5.1.1.15) se identificaron estratos gruesos de conglomerados en los que a veces fue difícil identificar los contactos de capas. Se identificaron fracturas y vetillas de cuarzo con calcita. Los datos estructurales se muestran en el pie de figura con rumbo azimutal, echado y dirección de echado, se puede ver que muchas direcciones de fracturas y vetillas es NW-SE y N-S.

En algunos de los puntos se observan cambios en la granulometría del Conglomerado Guanajuato ya que en algunas partes aparecen como estratos gruesos de conglomerados de 3m o más de espesor (Figura 5.1.1.2) y en otros una estratificación más delgada con estratos de limolitas y areniscas de 10 cm a 50 cm (Figura 5.1.1.3). Los clastos se presentan de angulosos a subangulosos.

En el Conglomerado Guanajuato y alto de la Falla Veta Madre, se reconocieron estructuras de mineralización como vetas delgadas y vetillas de cuarzo, algunas dentro de fallas o fracturas. El tipo de cuarzo presentan es cuarzo blanco y amatista, en algunas partes se reconoció calcita acompañando al cuarzo. Las texturas de cuarzo que presentan son texturas de peine y cuarzo drúsico. Las alteraciones que se reconocieron son hidróxidos de hierro, clorita y limonitas (Figura 5.1.1.4).



Figura. 5.1.1.3 Se observa afloramiento del Conglomerado Guanajuato (punto 17) tomado frente a las instalaciones de la clínica 50 de IMSS donde se logró reconocer formalmente la formación del Conglomerado Rojo de Guanajuato, con una estratificación de $22^{\circ}/10^{\circ}\text{SE}$ (B) bien definida con grosor de 10 – 20 centímetros y orientados en la misma dirección y con presencia de facies finas estratificadas de arenisca y una falla normal (A) con $195^{\circ}/78^{\circ}\text{NW}$.



Figura. 5.1.1.4 Afloramiento de Conglomerado Guanajuato (Punto 02) a lo largo de la carretera Panorámica a unos metros del Socavón de San Vicente. Se aprecian algunas vetillas de cuarzo-calcita con grosor no mayor a 10 cm.

En algunos puntos a lo largo del área se encontraron varias catas antiguas (por ejemplo, puntos 12 y 27) y se colectaron datos de fallas normales (puntos 4, 6, 7, 17, 25). En la figura 5.1.1.5 se pueden ver fallas normales y una de estas fallas asociadas a una cata. La estratificación del conglomerado se muestra poco clara cuando aparecen fallas abundantes o son más frecuentes.

En afloramientos de Conglomerado Guanajuato cercanos a la Falla Veta Madre se observan más frecuentes fracturas y fallas con estratificación caótica y poco clara y la presencia de derrumbes. En la figura 5.1.1.6 se presentan algunos bloques de roca del Conglomerado Guanajuato limitados por fracturas grandes y algunos de estos bloques limitados por fracturas se encuentran sepultados o adyacentemente a depósitos sedimentarios de talud.



Fig. 5.1.1.5 Afloramiento de la Formación Conglomerado Guanajuato (Punto 04) localizado a lo largo de la carretera Panorámica a unos metros del Socavón de San Vicente. Se observan dos fallas identificadas con A) $120^{\circ}/43^{\circ}\text{SW}$, y B) $205^{\circ}/70^{\circ}$, marcadas con línea de color azul, y en círculo rojo la pequeña Cata. Datos estructurales de rumbo azimutal y echado y dirección de echado.

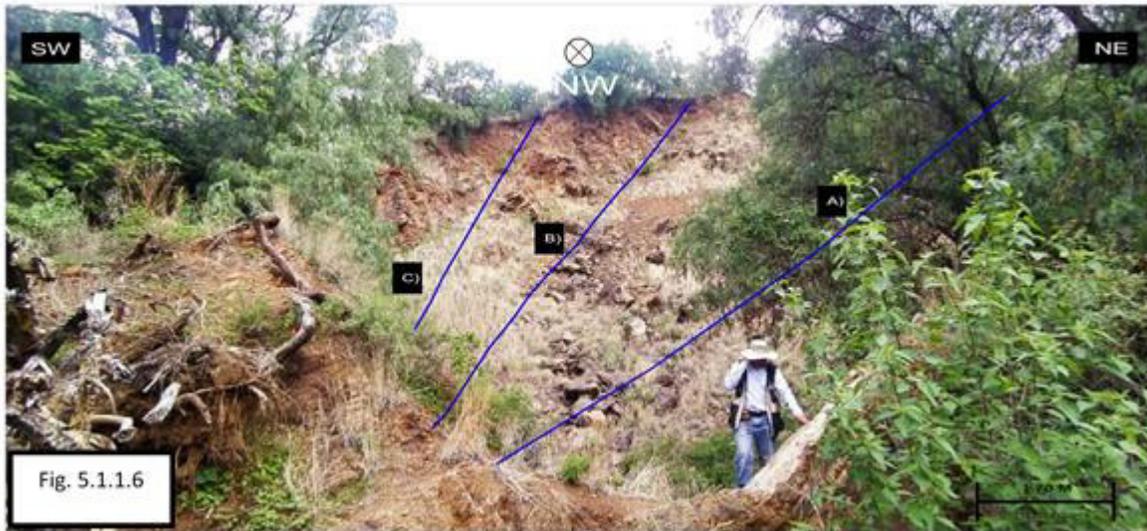


Fig. 5.1.1.6 Bloque del alto a la Falla Veta Madre (Punto 08). En esta parte aflora la formación del Conglomerado Guanajuato; se observan fracturas bien definidas (marcadas en línea color azul) con actitudes estructurales: A) $124^{\circ}/50^{\circ}\text{SW}$, B) $103^{\circ}/65^{\circ}\text{SW}$, C) $95^{\circ}/49^{\circ}\text{SW}$.

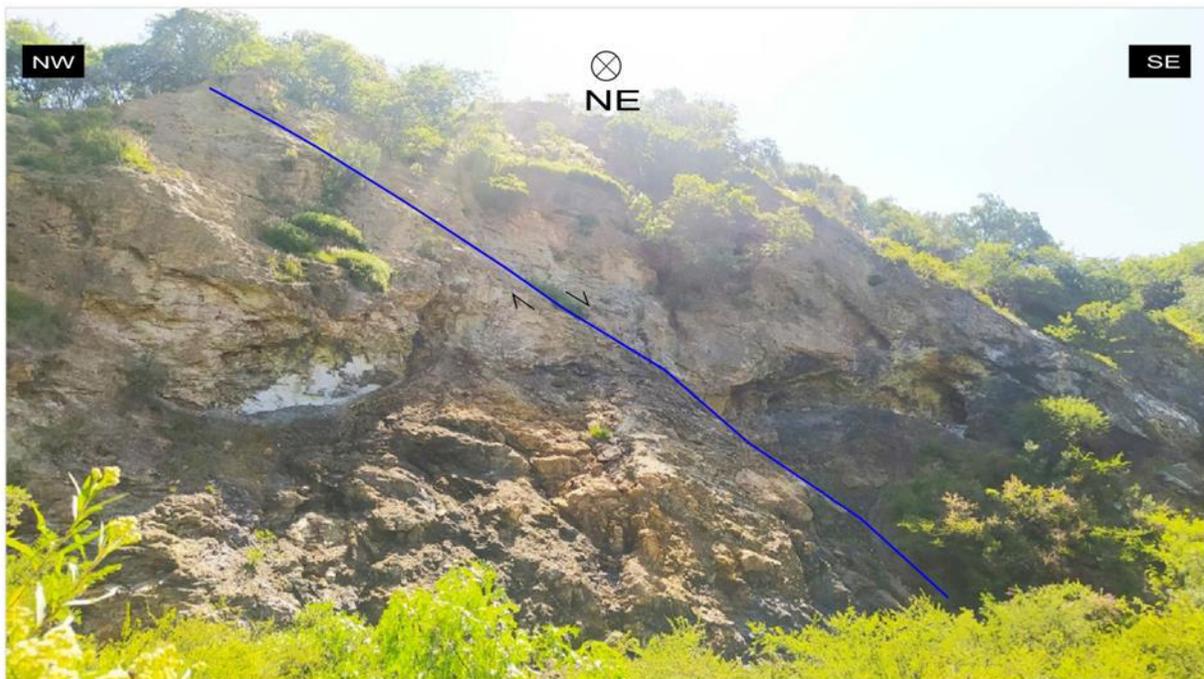


Fig. 5.1.1.7 (Punto 23) donde se logró reconocer formalmente la formación del Conglomerado Rojo de Guanajuato, y donde se observa una falla normal que recorre el afloramiento.

5.1.1.2 Falla Veta Madre

Los afloramientos de la Falla Veta Madre aparecen siguiendo una dirección NW-SE en general con echado variable de 45° a 50° hacia el Suroeste (puntos 6, 13, 21, 22, 23, 27 y 31, ver mapa geológico de la figura 5.1.1.15). Y en el área del proyecto Mina Los Pozos pone en contacto al Conglomerado Guanajuato con litologías de la Formación Esperanza. La Falla Veta Madre contiene a la Veta Madre de interés económico.

La Falla Veta Madre se presenta una zona de daño con la presencia de fracturas y fallas paralelas que cortan a filitas de clorita, pizarras color gris oscuro, metareniscas con material volcánico, lutitas silíceas y calizas, estas litologías pertenecientes a la Formación Esperanza en la parte del bloque del bajo. En la parte del bloque del alto se presentan fracturas y fallas algunas con relleno de vetillas y vetas de cuarzo y calcita afectan al Conglomerado Guanajuato y en las fracturas se observa alteración hidrotermal con presencia de limonitas o clorita con arcillas.

En el punto 23 se presenta un afloramiento complejo desde el punto de vista estructural y litológico, ya que se presentan fallas normales subparalelas y bloques fallados de Conglomerado Guanajuato y de la Formación Esperanza, y se observan clivajes de fracturas paralelos a la falla principal (Figura 5.1.1.7). Se observan estructuras de mineralización de vetas de cuarzo y calcita con argilización acompañante subparalelas con el echado principal hacia el Suroeste (SW) y subparalelas a las fracturas y cizallas frágiles locales.

En la parte cercana a la mina San Vicente (perteneciente a las instalaciones de la empresa de Great Panther Mining Limited) aflora el reliz de la falla de la Veta Madre como se observa en la fig. 5.1.1.8 (punto 6). En este afloramiento se tienen filitas pelíticas y lutitas de la formación Esperanza que, de acuerdo con Orozco et al., (2015) y trabajos citados por este, se consideran estas litologías parte de una secuencia volcano-sedimentaria pelágica y de facies de plataforma marina por las capas de calizas micríticas en estratos delgados, lutitas negras, pedernales, areniscas y lutitas.

En los afloramientos alrededor de la mina San Vicente también se observa que la Falla Veta Madre encajona a la Veta Madre que se presenta en forma de brechas con clastos angulosos de litologías de la Formación Esperanza, y los clastos rodeados de rellenos de cuarzo, calcita y limonitas. Otras estructuras de mineralización que se observaron son vetillas de cuarzo y calcita en stockwork (Figura 5.1.1.10), y también ramaleadas o subparalelas en su rumbo y echado a la falla principal o fallas mayores.

En otros afloramientos observados a lo largo de la traza de la Falla Veta madre, y en la formación Esperanza se observan vetas epitermales con cuarzo, calcita y limonitas siguiendo planos de foliación sugiriendo que la Veta Madre tiene ramaleos de vetas que siguieron planos de fallas inversas o planos de foliación (Figura 5.1.1.14). Numerosas catas o pequeñas obras mineras se observan en estas vetas.



Fig. 5.1.1.8 Reliz de la Falla Veta Madre (Punto 06) en las cercanías de la Mina San Vicente. Se observan vetas y vetillas de cuarzo, calcita y limonitas encajonadas en la Formación Esperanza; esta formación presenta rocas como lutita y filita color negro-gris oscura.

5.1.1.2.1 Brecha Epitermal

La Brecha Epitermal presenta aproximadamente tres metros de ancho con una mineralogía de cuarzo, calcita y pirita. Esta brecha hidrotermal presenta cuarzo con texturas drúscas, y de peine. Se observaron fragmentos de roca lutita (figura 5.1.1.10). La proporción de vetilleo y presencia de cuarzo y calcita se observó variaba al desplazarse a lo largo del espesor o perpendicular a los planos de falla y foliación (Figuras 5.1.1.9 y 5.1.1.10). La alteración hidrotermal que se observó es silicificación, limonitas y sulfuros. Estos afloramientos de brecha hidrotermal corresponden con afloramientos de la Veta Madre.

En la figura 5.1.1.14 se muestra el mapa geológico de superficie realizado en el área de influencia de la Mina Los Pozos. Se muestra la Formación Conglomerado Guanajuato, la Falla Veta Madre y la Formación Esperanza. El Conglomerado Guanajuato se ubica al alto de la Falla Veta Madre y La Formación Esperanza al bajo. La Falla Veta Madre contiene a la Veta Madre que se presenta con distintas estructuras y texturas de mineralización como brechas hidrotermales, zonas de stockwork, vetas subparalelas o vetas ramaleadas. Se observan varias fallas al alto y bajo de la Falla Veta Madre y que algunas coinciden con vetas y vetillas de cuarzo y calcita con alteración de limonitas y arcillas controladas por las fallas o fracturas. La mayoría de los tiros mineros se ubican en el bloque del alto como puede verse en el mapa geológico. Las vetas epitermales de espesores delgados que varían de unos cuantos centímetros a 30 cm que se observaron en el bloque del Conglomerado Guanajuato presentan direcciones NW-SE y NE-SW y coinciden con fallas normales de las mismas direcciones.

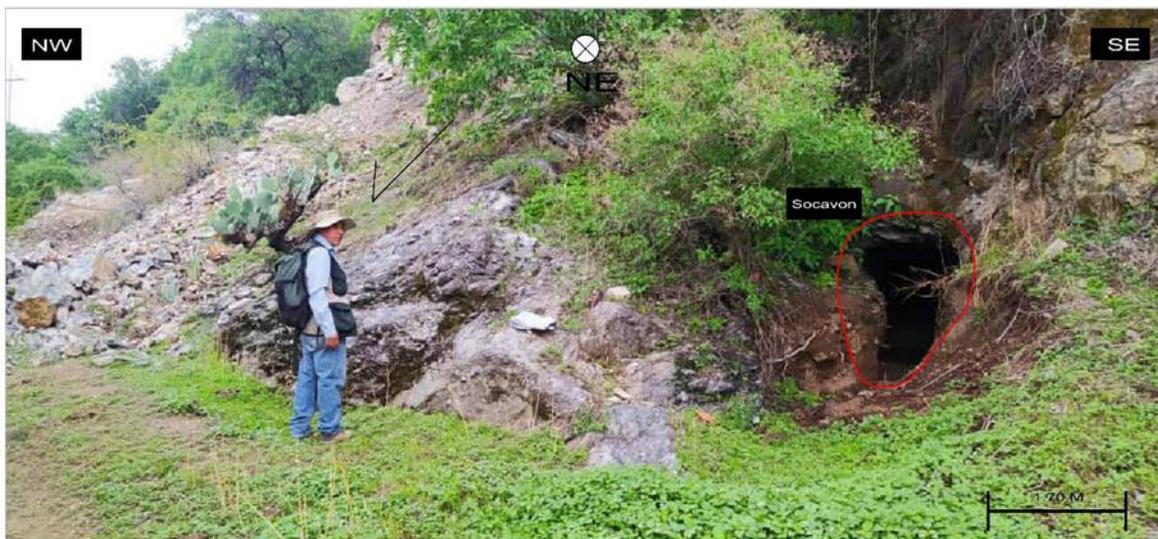


Figura 5.1.1.9. Falla Veta Madre con brecha hidrotermal perteneciente a la Veta Madre (Punto 12). Se observa que la roca que encajona a la Veta Madre es la formación Esperanza, que comprende filitas pelíticas y filitas calcáreas que encajonan brecha hidrotermal y zonas de brechas de falla.

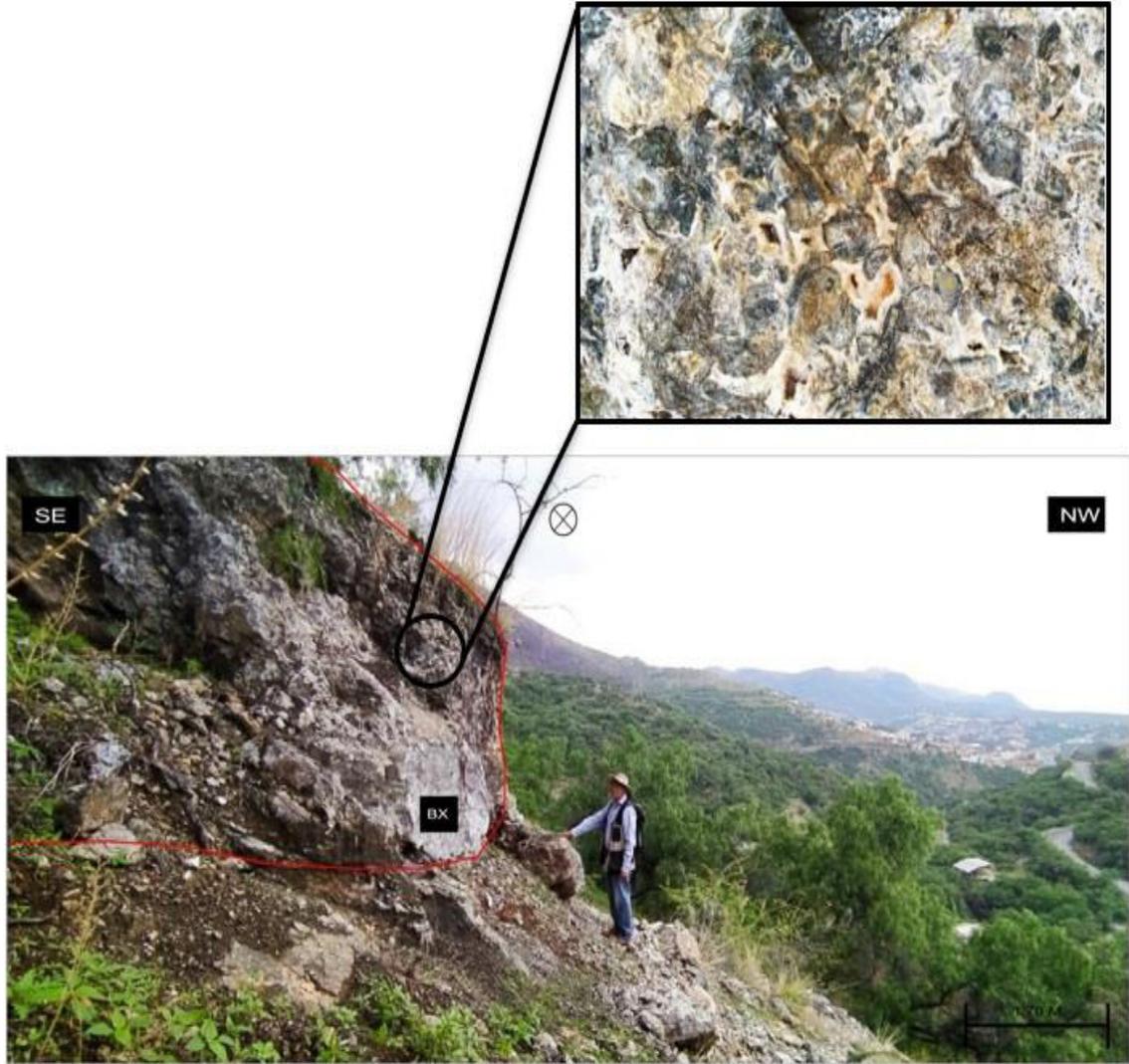


Figura 5.1.1.10. Brecha hidrotermal de la Veta Madre en la zona de Falla Veta Madre (Punto 12) con rumbo NW-SE y echado variable de 45° a 50° al SW. Los fragmentos de la brecha y la roca encajonante son filitas y pizarras pelíticas de la Formación Esperanza. Los límites de la Brecha Hidrotermal (BX) con cuarzo, calcita y pirita es señalada con línea roja. Texturas de espacio abierto, cuarzo drúsico, texturas de relleno y texturas de cockade en cuarzo son visibles en el recuadro superior con una imagen más cercana de la brecha expuesta en superficie.

5.1.1.3 Formación Esperanza

La Formación Esperanza se ubica en bloque del bajo a la Falla Veta Madre, presenta litologías variadas y una intensidad de la deformación que también varía. Las litologías reconocidas son: lutitas negras, pizarras negras o gris oscuro, calizas, metareniscas y rocas con un mayor grado de metamorfismo como filitas con clorita o filitas carbonosas.

En el punto 10 observado de la Formación Esperanza, el cual se ubica en el bloque del bajo, afloran litologías como lutita gris-oscuro, filita carbonosa y caliza foliada, como se observa en la figura 5.1.1.11.



Figura 5.1.1.11. Se aprecia a la formación Esperanza, con rocas como la lutita y la filita de color negro-gris oscura (punto 10), que como se observa presenta foliación con orientación $160^{\circ}/38^{\circ}$ SW y vetilleo de cuarzo blanco muy delgado con orientaciones como $270^{\circ}/68^{\circ}$ N y $78^{\circ}/77^{\circ}$ SE que cortan a la foliación, aunque hay vetillas de calcita que son paralelas con la orientación de los planos de foliación.

La Formación Esperanza se observó en algunos afloramientos cercanos a la Falla Veta Madre con alteraciones argílicas y con presencia de limonitas de colores que van del amarillo – anaranjado como se observa en la figura 5.1.1.12, se observó también la presencia de azufre nativo y sulfuros (figura 5.1.1.13). Las litologías de filitas pelíticas de acuerdo con la presencia de clorita, cuarzo y posiblemente albíta como plagioclasa, evidencian un metamorfismo de facies de esquistos verdes de bajo grado. En general se observaron también vetillas de cuarzo blanco-calcita de menos de 1 cm

de espesor que cortaban a la foliación de la lutita y pizarra como se puede observar en la figura 5.1.1.11, algunas de estas asociadas a deformación de la roca y otras posiblemente hidrotermales.

Las litologías de la Formación Esperanza que están cercanas a la zona de falla de la Falla Veta Madre presentan una mayor intensidad en el vetilleo de cuarzo y calcita con limonitas (Figuras 5.1.1.12 y 5.1.1.12A). Las limonitas tienen varias tonalidades de naranja-amarillento evidenciando la presencia de mezclas de jarosita, goethita y hematita.

Las estructuras de deformación que presenta la formación Esperanza en la zona de estudio son: un plegamiento en distintas escalas de tamaño con mesopliegues, micro-plegamiento, foliaciones y lineaciones de crestas de pliegues (Figura 5.1.1.13). En algunas caras de estos afloramientos se alcanzan a reconocer cambios litológicos verticalmente que pueden representar antiguos estratos bien definidos en rocas sedimentarias (Figura 5.1.1.13).



Fig. 5.1.1.12 (A), Punto 6 en la formación Esperanza, con presencia de hidróxidos supergenicos y sulfuros oxidados en rocas Lutita y la Filita de color negro-gris oscura; Fig. 5.1.1.11 (B), adicionado a lo anterior se observan limolitas, azufre nativo además de jarosita y goetita.



Figura 5.1.1.13. Afloramiento de la Formación Esperanza (Punto 20, ver mapa geológico de la figura 5.1.1.14) en la formación Esperanza, con presencia de colores verdosos y grisáceos; y patina de óxido en planos de foliación bien definidos con 106° - 38° SW.

En el punto 12 en afloramiento de Formación Esperanza se observan planos de foliación paralelas a brechas de falla y relieves de falla siguiendo planos de foliación. A lo largo de estos planos de falla y foliación intensa se observan vetas epitermales con textura de brecha hidrotermal. En esta parte y a nivel de las brechas hidrotermales se encontraron pequeñas obras mineras como un socavón antiguo de sección de entrada de 1.5 x 1.5 metros de dimensión y un rumbo general de $N15^{\circ}$ E y que presenta aparentemente un desarrollo no mayor a 8 metros como se observa en la figura 5.1.1.9.

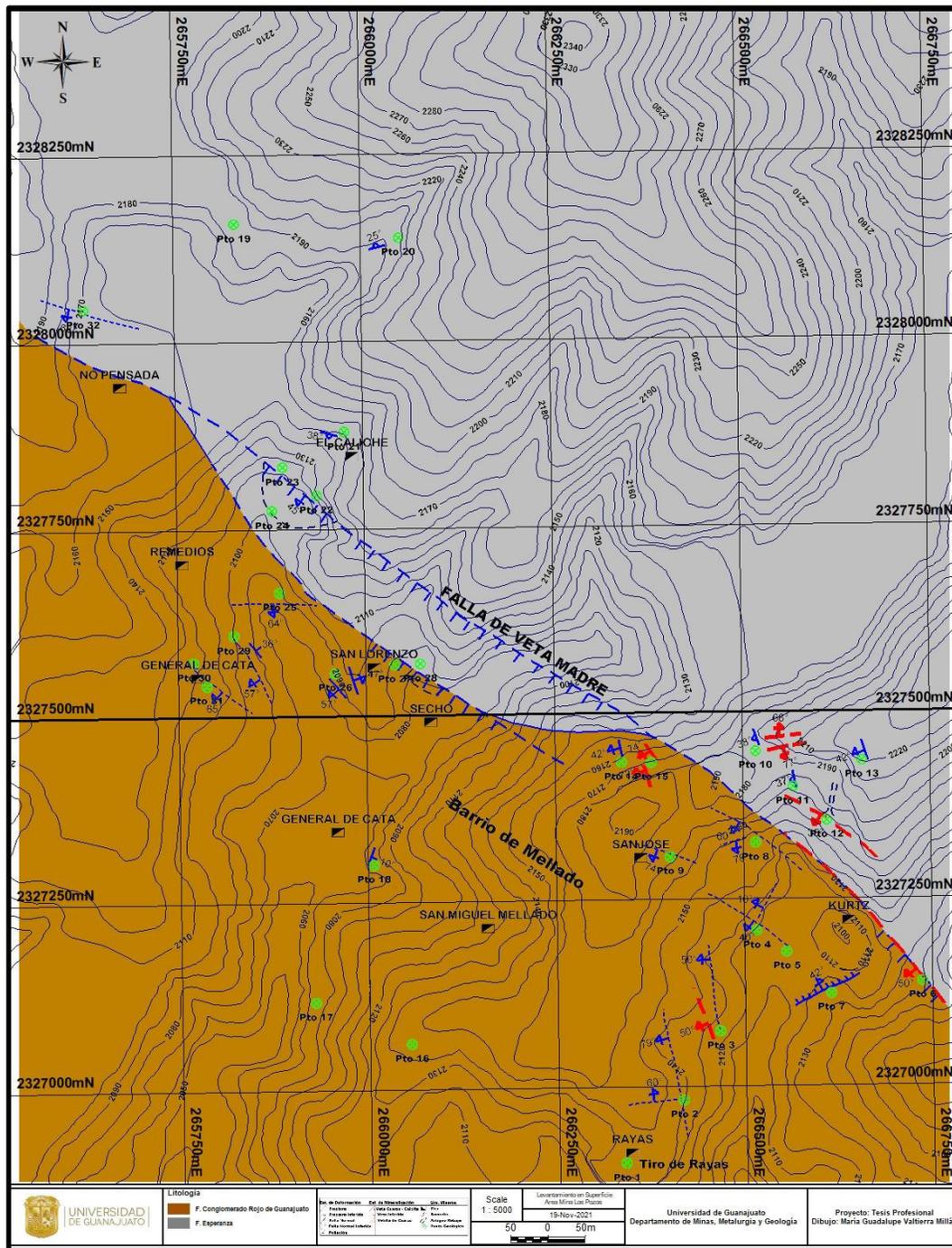


Figura 5.1.1.14. Mapa geológico de superficie donde se muestra el contacto entre la Formación Esperanza y Conglomerado de Guanajuato que corresponde con la falla Veta Madre y que contiene a Veta Madre. Se muestran algunas obras mineras importantes y estructuras de deformación y mineralización cartografiadas en campo. En el Anexo 1 (Tabla AN1) se muestran datos estructurales de las estructuras de deformación mostradas en el mapa geológico.

5.1.2 Geología y ensayos geoquímicos en interior mina

La mina los pozos se caracteriza por tener varios niveles de desarrollo que van de los 2024 a 1709 m.s.n.m. que para el estudio se consideraran los niveles 275N, 310N, 345N y 390N (Figuras 5.1.2.1, 5.1.2.2 y 5.1.3.1). El nivel 390N es el nivel de mayor interés en la exploración minera de la mina Los Pozos (exploración tipo *Brownfield*) y que se busca mineralización para continuar con la actividad minera en la mina, por ello como parte de los objetivos de este trabajo de tesis es la propuesta de un programa de barrenación.

La propuesta de un programa de barrenación implica la integración y análisis de información geológico-minera, esta información comprende la geología de superficie, geología de interior de mina, ensayos geoquímicos, secciones geológico-mineras y el modelo de mineralización.

Los mapeos geológicos de los niveles 275N, 310N, 345N y 365N (Figura 5.1.2.1) que muestran el bloque del bajo y del alto a la Falla Veta Madre y la Veta Madre y son necesarios para establecer el comportamiento de la Veta Madre en niveles superiores al nivel 390N que es en el cual se proponen los barrenos exploratorios. Se realizó una recabación de información de los niveles superiores a la zona de interés de los paralelos locales 00 al 400N, esto en coordenadas locales. En algunos niveles se corroboró algunas zonas de levantamientos geológicos, sin embargo, en algunas partes existían algunos inconvenientes de accesibilidad. En el mapa geológico-minero del nivel 390N se muestran algunos datos de ensayos geoquímicos (Figura 5.1.2.2).

5.1.2.1 Bloque del bajo a la Veta Madre

El bloque del bajo esta constituido de lutita negra-grisácea con una textura de fina a media perteneciente a la formación Esperanza, que presenta foliación y plegamiento. La intensidad de deformación y grado de metamorfismo hace que la roca aparezca como filita carbonosa o pizarra pelítica. En los contactos con la Falla Veta Madre se presenta como brechas de lutita con vetilleo de cuarzo (Figuras 5.2.1.1 y 5.2.1.2).

5.1.2.2 Bloque del alto a la Veta Madre

A partir de los mapas geológicos en los distintos niveles en Mina Los Pozos se puede apreciar que el bloque del alto está constituido de la Formación Conglomerado Guanajuato y una diorita (Figuras 5.2.1.1 y 5.2.1.2). Esta diorita se ha considerado en la mina como un fragmento de la Formación La Luz. El contacto con la Falla Veta Madre son brechas de falla con clastos de diorita y clastos de conglomerado.

5.1.2.3 Falla Veta Madre

La Falla Veta Madre encajona a la Veta Madre, y la falla presenta un ancho variable de acuerdo con los mapeos geológicos en interior de mina, el ancho de la zona de daño en planta varía de 150 m a 50 m. La Veta Madre también presenta un ancho variable de 10 m a 50 m de acuerdo con los mapeos geológicos de los niveles mostrados en la figura 5.2.1.1. La Falla Veta Madre presenta un rumbo variable de N40°W a N50°W con echado de 45° a 50° hacia el SW.

La Veta Madre presenta las siguientes estructuras y texturas de mineralización: brechas mineralizadas, stockwork y vetas ramaleadas.

Las brechas mineralizadas han sido mapeadas en los distintos niveles como brechas de lutita con cuarzo, brechas de diorita con cuarzo y brechas de conglomerado con cuarzo (Figuras 5.2.1.1 y 5.2.1.2). La diferencia de entre las brechas es por el tipo y la cantidad de fragmentos líticos ya que algunos son de lutita, otros de diorita y otros de conglomerado. En los mapeos geológicos se aprecia que las brechas pasan lateralmente a rumbo a bloques de roca de lutita o diorita con alteración hidrotermal.

Las zonas de stockwork comprenden vetillas de cuarzo, calcita y sulfuro que se presentan con mayor frecuencia en el contacto con el bloque del bajo y en la litología de brecha de lutita y lutita. Los stockworks también pueden presentarse en la diorita y en el contacto con el bloque del alto.

Las vetas ramaleadas de distinto espesor de cuarzo con calcita y sulfuros se presentan cortando a las brechas de lutita o brechas de diorita, y algunas vetas se unen a lo largo del rumbo (Figuras 5.2.1.1 y 5.2.1.2). Las vetas son frecuentes en la zona núcleo de la Falla Veta Madre.

El nivel 390N de la Mina Los Pozos muestra que la Veta Madre presenta las estructuras de mineralización similares a los niveles superiores (niveles 275N, 310N, 345N y 365N) como stockwork

de vetas y vetillas de cuarzo y calcita, brechas de lutita y diorita rellenas de cuarzo y vetas de cuarzo ramaleadas. En la figura 5.2.1.2 se muestran algunos ensayos geoquímicos con la ubicación de las muestras. Los ensayos geoquímicos para oro (Au) y plata (Ag) muestran valores importantes que varían de 0.1 a 2.79 gramos por Tonelada, y en la plata valores de 10 a 912 gramos por Tonelada (g/Ton). Se ven valores muy altos dispersos que requieren una mayor revisión. Los anchos de las muestras en los cuales se presentan estos valores de oro y plata son anchos de 1.0 metros a 1.5 metros, las muestras son de canal en interior de mina. La presencia de una variabilidad alta de valores de oro y plata en los muestreos sugiere que hay un fuerte control del tipo de estructura mineralizada muestreada y de las rocas de falla presentes.

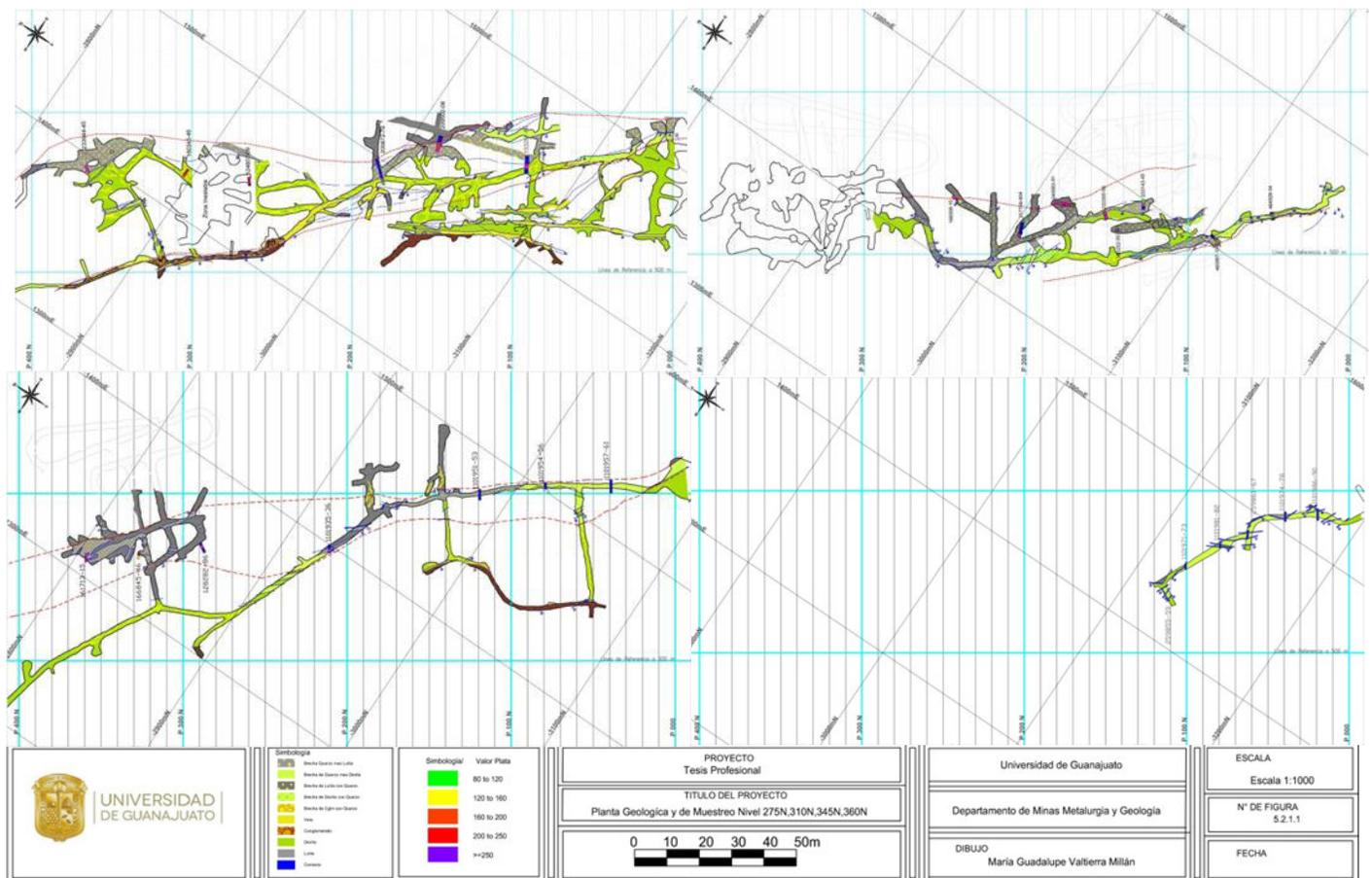


Figura 5.2.1.1. Se muestran los mapeos geológicos en planta y localización de algunas muestras de los niveles 275N, 310N, 345N y 365N, de la mina Los Pozos. Se observan los bloques del alto y bajo, así como la Veta Madre. Los datos geoquímicos que se muestran en intervalos de valores son representativos.

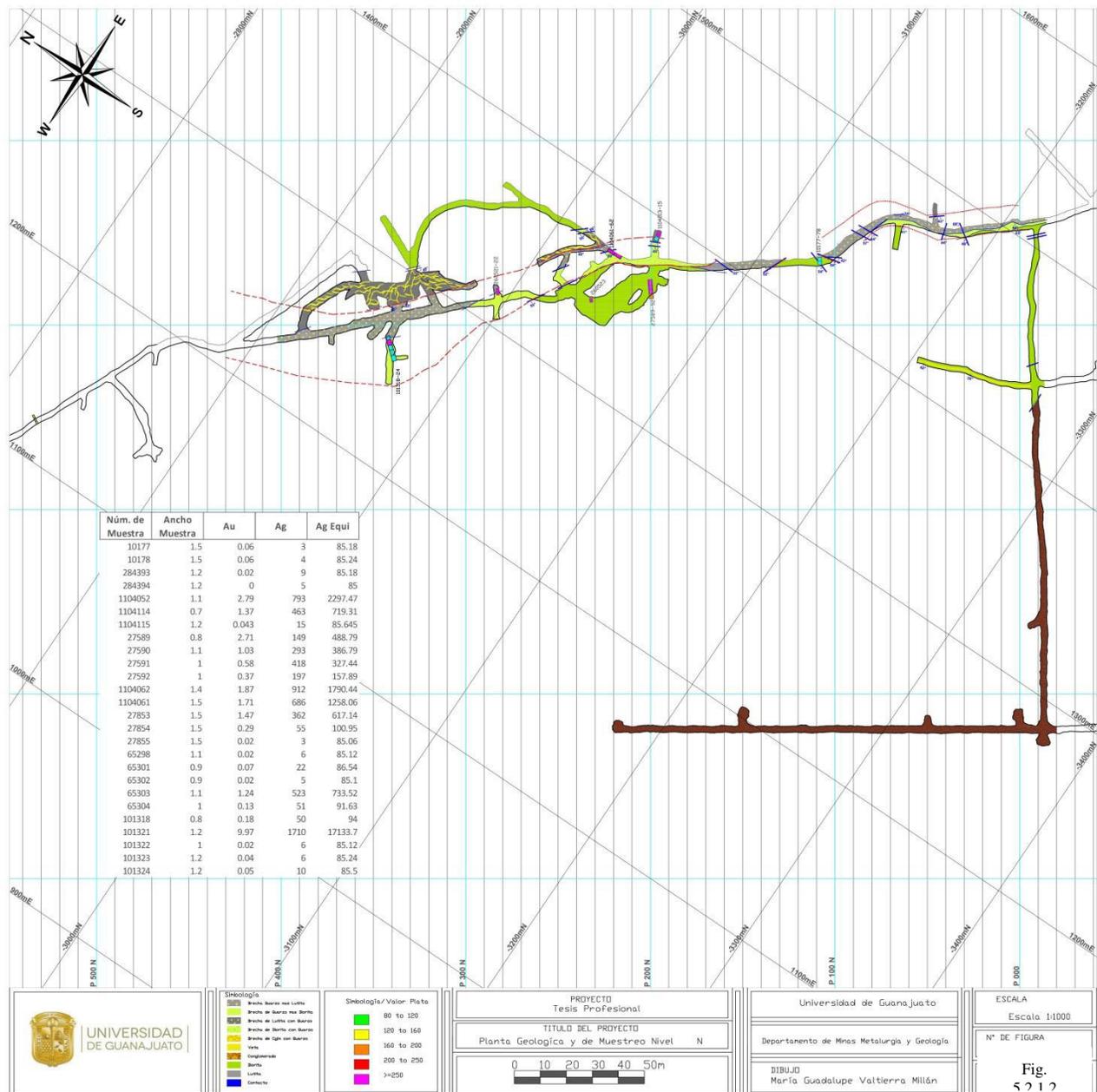


Figura 5.2.1.2. Mapa geológico del nivel 390N de la mina Los Pozos, donde se observa la geología de los paralelos 00 a 400N de interés para el estudio. Se muestra desarrollo de obra minera, geología en los bloques del alto y bajo a la Veta Madre y muestreos y algunos resultados geoquímicos que se pueden observar en la tabla anexa en la imagen (ANII). En el mapa también se puede observar el desarrollo del crucero al alto en conglomerado.

5.1.3 Isovalores de ensayos geoquímicos

Los datos geoquímicos para oro, plata y plata equivalente mostrados en la tabla 1 (anexo 1) para el nivel 390N se procesaron mediante interpolación tipo Kriging empleando el software Surfer versión 10. Esto se realizó para establecer una mejor comprensión de la información de los datos geoquímicos, y encontrar la tendencia de la mineralización. Los valores empleados de las fajillas de muestreo se muestran en el mapa geológico del nivel 390 N (Figura 5.2.1.2). La sección longitudinal mostrada en la figura 5.1.3.1 muestra que la mineralización tiene una tendencia a profundidad y que existen concentraciones de mineral en zonas discretas en dirección vertical o ha echado de veta a pesar de tratarse de una sola estructura de mineralización como se espera de la Veta Madre.

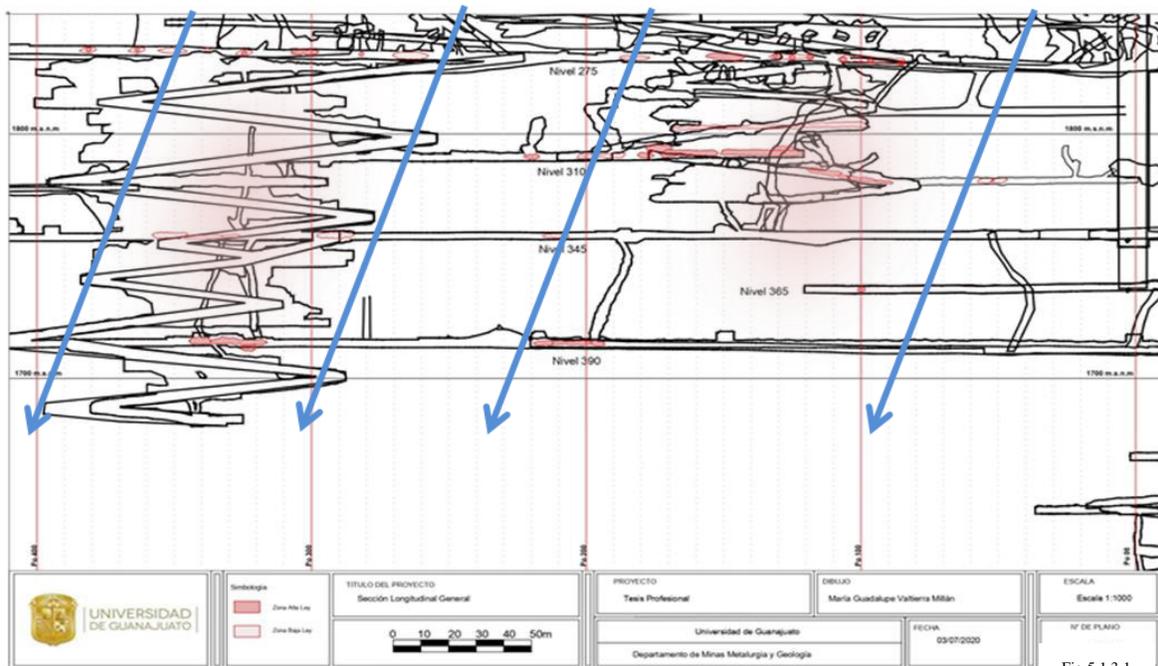


Fig 5.1.3.1

Figura 5.1.3.1. Sección longitudinal de la mina de Los Pozos que muestra el comportamiento mineral basado en los valores geoquímicos y en los desarrollos de obra minera. Se interpretan en la sección longitudinal dos zonas con mayor tendencia mineral, y las flechas azules que indican la dirección de mineralización a profundidad.

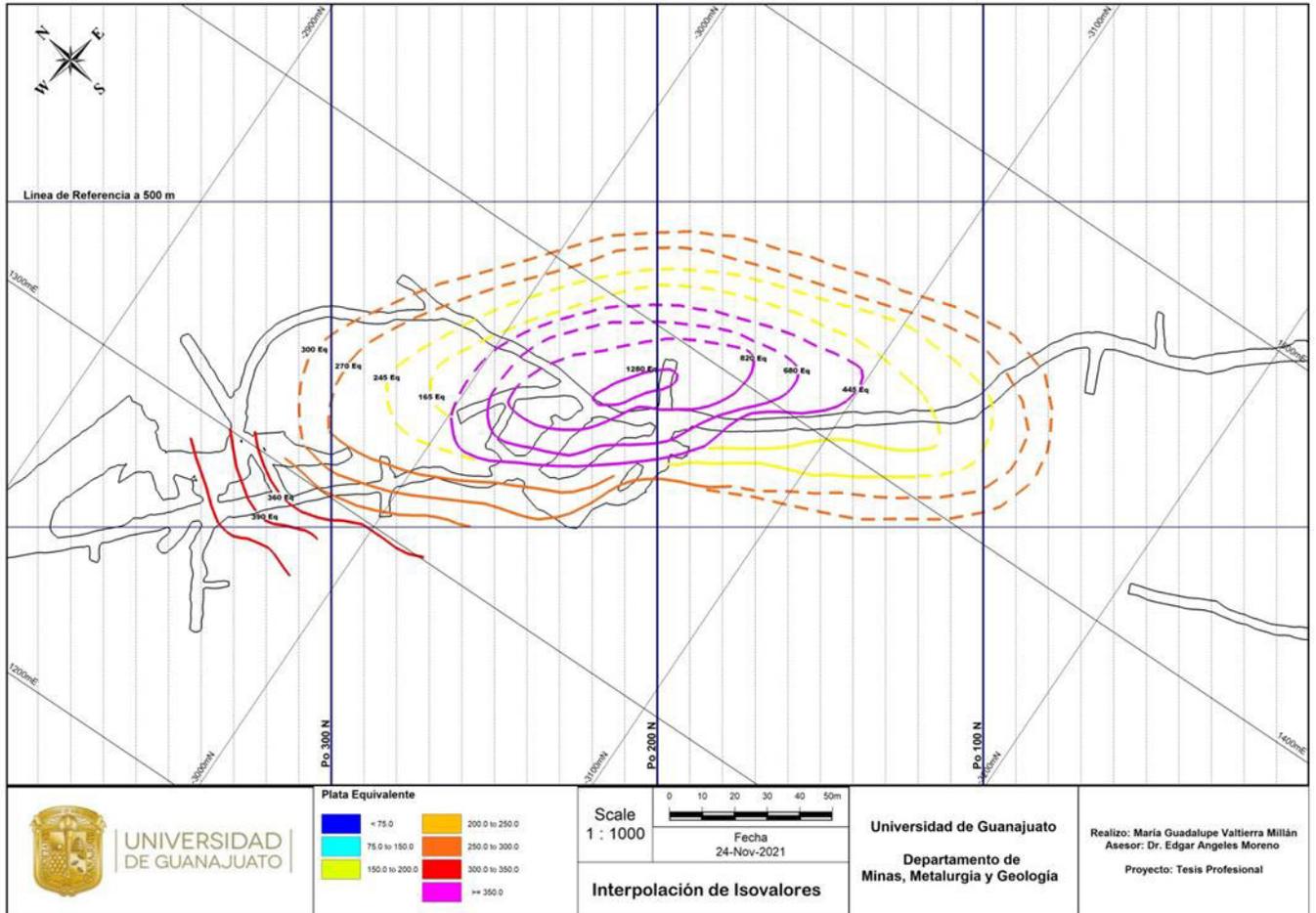


Figura 5.1.3.2. Planta del Nivel 390N de la mina de Los Pozos que muestra el comportamiento mineral basado en un promedio arrojado en las fajas con muestreo de valores geoquímicos (ANII). Se puede ver un comportamiento de concentración de valores económicos por plata equivalente en un sector de la estructura mineralizada.

Las figuras 5.1.3.3A y 5.1.3.3B muestran el resultado de la interpolación lineal de los valores de plata equivalente para el nivel 390 N, mostrando que los mayores valores económicos de plata están en donde la Veta Madre presenta un ancho de entre 40 m a 50 m, con una mayor variedad de estructuras y textura de mineralización, así como también coincide con un cambio de rumbo de la Falla Veta Madre y existen mayores ramificaciones de vetas de cuarzo.

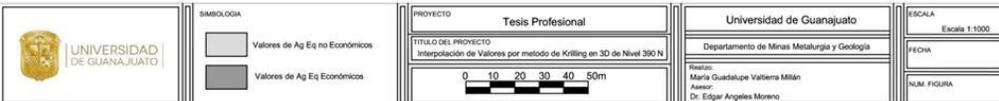
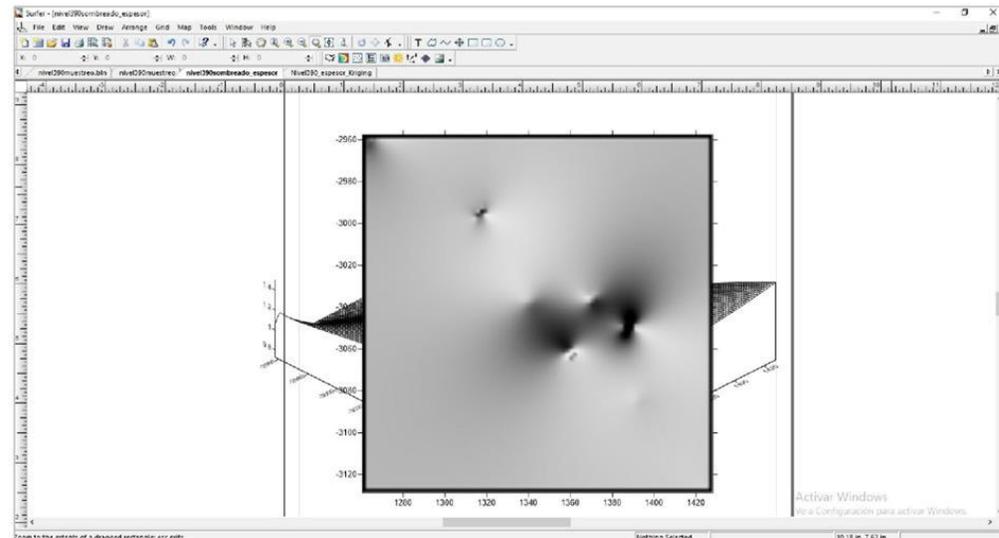
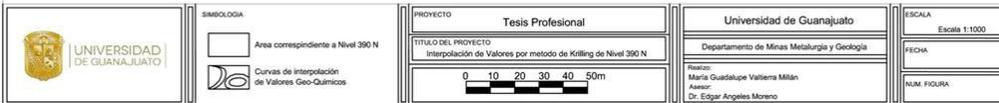
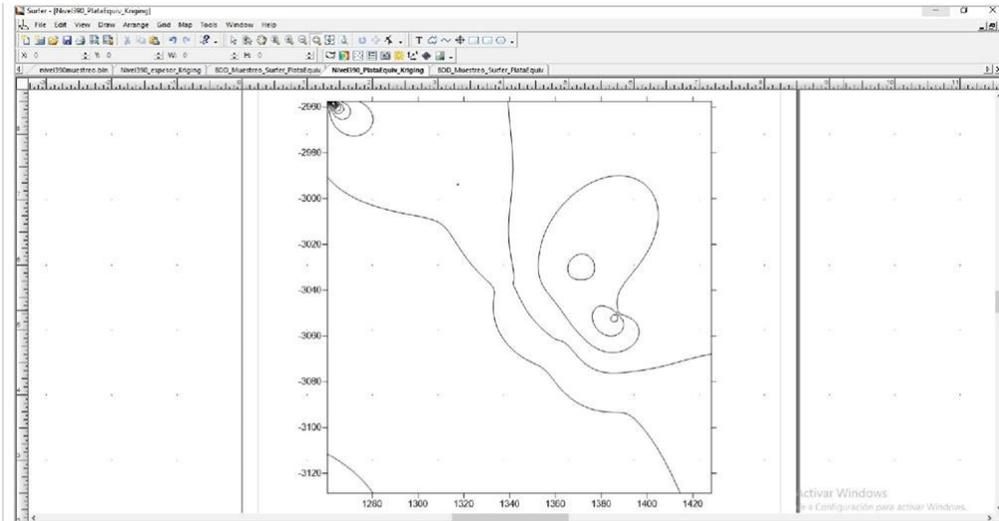


Figura 5.1.3.3(A), 5.1.3.3 (B) Resultado de interpolación en software Surfer V.10 de valores de plata equivalente. Resultado referido a la planta del Nivel 390N de la mina de Los Pozos de los paralelos 00 al 400N que muestra el comportamiento mineral basado en plata equivalente (Ag Eq); como se observa en la ilustración hay una concentración mineral concéntrica, para el caso B) visto en sólido.

5.2.1 Infraestructura existente y propuesta

En el nivel 390N se cuenta con desarrollo de crucero y acceso a galerías en el bloque del alto a la Veta Madre (Figura 5.2.1.1). Las dimensiones del crucero son de 3.00 metros de ancho por 3.00 metros de alto; esta zona es denominada por los colaboradores como “El Infiernito”. El desarrollo paralelo al rumbo de la Falla Veta Madre fue construido en el año 2015 y cuenta con cuatro plazas de barrenación con dimensiones aproximadas de 5.00 metros x 5.00 metros; en la actualidad está inactiva. Esta zona se clasifica como área insegura por no estar en operación desde entonces, por consiguiente, no cuenta con servicios de luz, agua y ventilación, a lo cual se propone un acondicionamiento de la zona.

Se propone el desarrollo de una infraestructura para llevar a cabo el programa de barrenación que se muestra más adelante. La infraestructura comprendería el desarrollo de tres plazas de barrenación. El desarrollo comprendería 135 metros de longitud con un rumbo de N45°W y la construcción de otras dos plazas de barrenación a lo largo del desarrollo (Figura 5.2.1.1). Este desarrollo permitiría tener un mayor alcance de la tendencia de la Veta Madre tanto horizontalmente como ha echado de la Veta Madre. Las plazas de barrenación estarían condicionadas a los primeros resultados de la barrenación en los primeros barrenos. La zona para barrenar es una parte poco explorada como se observa en la figura 5.2.1.1, y la programación de barrenos se iría dando como avancen los resultados de la barrenación prioritaria y condicionada como se detalla en el apartado 5.2.2.

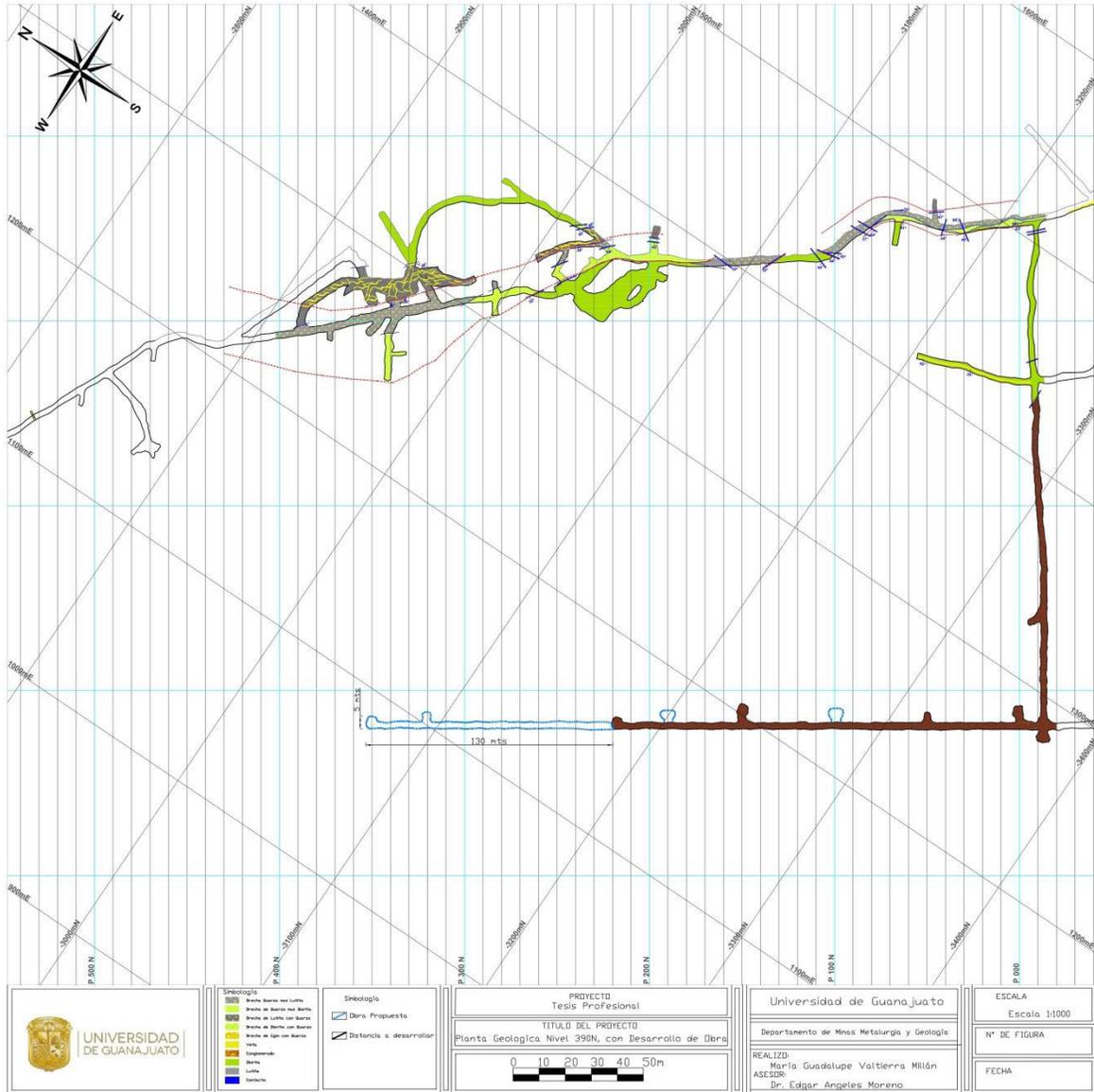


Figura 5.2.1.1. Nivel 390N de la mina de Los Pozos de los Paralelos 00 al 400N. Se muestra el desarrollo de obra propuesto para ampliar en línea de color azul y cuatro plazas de barrenación; dos de estas plazas de barrenación están localizadas a lo largo de la ampliación del desarrollo.

5.2.2 Programa de barrenación propuesto

El programa de barrenación es una metodología integradora de varios resultados de análisis de datos geológico-mineros, así como criterios operativos y económicos, como análisis de la información minera compilada, la elaboración de secciones longitudinales con información geológico-minera, elaboración de secciones transversales e interpretar las relaciones de las secciones, y decidir las prioridades de los barrenos.

En este trabajo de tesis se hace la propuesta de tener una clasificación de los barrenos que se vayan desarrollando en la exploración de la Veta madre desde el nivel 390 N. La clasificación de barrenos estaría dada por barrenos prioritarios, barrenos condicionados y barrenos con desarrollo de obra. Los barrenos principales o prioritarios se dirigirían hacia la mayor concentración mineral en los niveles superiores. Para los barrenos mostrados en planta (Figura 5.2.2.4), las intersecciones en la sección longitudinal (Figura 5.2.2.5), las ocho secciones transversales de soporte (Figuras 5.2.2.6, 5.2.2.7, 5.2.2.8, 5.2.2.9, 5.2.2.10, 5.2.2.11, 5.2.2.12 y 5.2.2.13) y la interpretación de posible corte mineral.

La propuesta del programa de barrenación consiste en tres fases de desarrollo con un total de 5,457 metros de barrenación de núcleo de diamante:

1. **Barrenación propuesta o prioritaria** que consta de 9 barrenos con un total de 2,340 metros a perforar (tabla 5.1).
2. **Barrenación condicionada**, que consta de 8 barrenos que estará sujeta a los resultados inmediatos de la barrenación propuesta o prioritaria si son positivos o negativos, con un metraje total de perforación de 1,955 metros (tabla 5.2).
3. **Barrenación con desarrollo de obra**, con barrenos 5 barrenos sugeridos con un metraje de 1,162 metros totales los cuales estarán condicionados según lo arrojado en los cortes de la barrenación anterior (tabla 5.3).

El Programa de barrenación propuesto en este proyecto de exploración para las tres fases de barrenación serán barrenos con ángulo negativo (con ángulo vertical hacia debajo de la horizontal) y con un diámetro de barreno NQ. Los ángulos son valores bajos para confirmar o descartar la proyección de la mineralización en el Veta Madre a profundidad, de acuerdo con los resultados anteriormente mostrados en apartados anteriores como geología de superficie, geología de interior de mina, ensayos geoquímicos y tendencia a echado de la estructura.

Barrenación Propuesta Prioritaria

Núm. Barreno	Nivel	Sección	Barreno	Local_East	Local_Nort	Local_RI (msnm)	Profundidad Total	Corte Aproximado	Elevación del Corte	Azimet	Inclinación	Objetivo
Barreno 1	390N	00	BM1	1257.24	-3315	1709	240 mts	210 mts	1654 msnm	56°	-16°	Exploración para descartar/confirmar traza mineral de zona de interés
Barreno 2	390N	50 N	BM2	1257.1988	-3314.9191	1709	280 mts	250 mts	1690 msnm	56°	-5°	Exploración para descartar/confirmar traza mineral de zona de interés
Barreno 3	390N	50 N	BM3	1257.1988	-3314.9191	1709	260 mts	230 mts	1671 msnm	56°	-10°	Exploración para descartar/confirmar traza mineral de zona de interés
Barreno 4	390N	100 N	BM4	1229.1318	-3273.5415	1709	260 mts	234 mts	1692 msnm	56°	-5°	Buscar continuidad de traza mineral de Veta Madre con comportamiento en niveles superiores prometedor
Barreno 5	390N	100 N	BM5	1229.1318	-3273.5415	1709	240 mts	215 mts	1672 msnm	56°	-11°	Buscar continuidad de traza mineral de Veta Madre con comportamiento en niveles superiores prometedor
Barreno 6	390N	150 N	BM6	1205.0867	-3229.4349	1709	270 mts	240 mts	1690 msnm	56°	-7°	Buscar continuidad de traza mineral de Veta Madre con comportamiento en niveles superiores prometedor
Barreno 7	390N	150 N	BM7	1205.0867	-3229.4349	1709	250 mts	220 mts	1670 msnm	56°	-13°	Buscar continuidad de traza mineral de Veta Madre con comportamiento en niveles superiores prometedor
Barreno 8	390N	220 N	BM8	1161.1518	-3177.3609	1709	290 mts	230 mts	1692 msnm	56°	-6°	Exploración para descartar/confirmar traza mineral de zona de interés
Barreno 9	390N	220 N	BM9	1161.1518	-3177.3609	1709	250 mts	212 mts	1671 msnm	56°	-12°	Exploración para descartar/confirmar traza mineral de zona de interés
						Total Metros	2340 mts					

Tabla 5.2.2.1. Barrenos prioritarios con los datos básicos de cada barreno. Estos se propusieron y clasificaron considerando las zonas con mayor potencial con una proyección de tendencia mineral favorable.

Barrenación Propuesta Condicionada

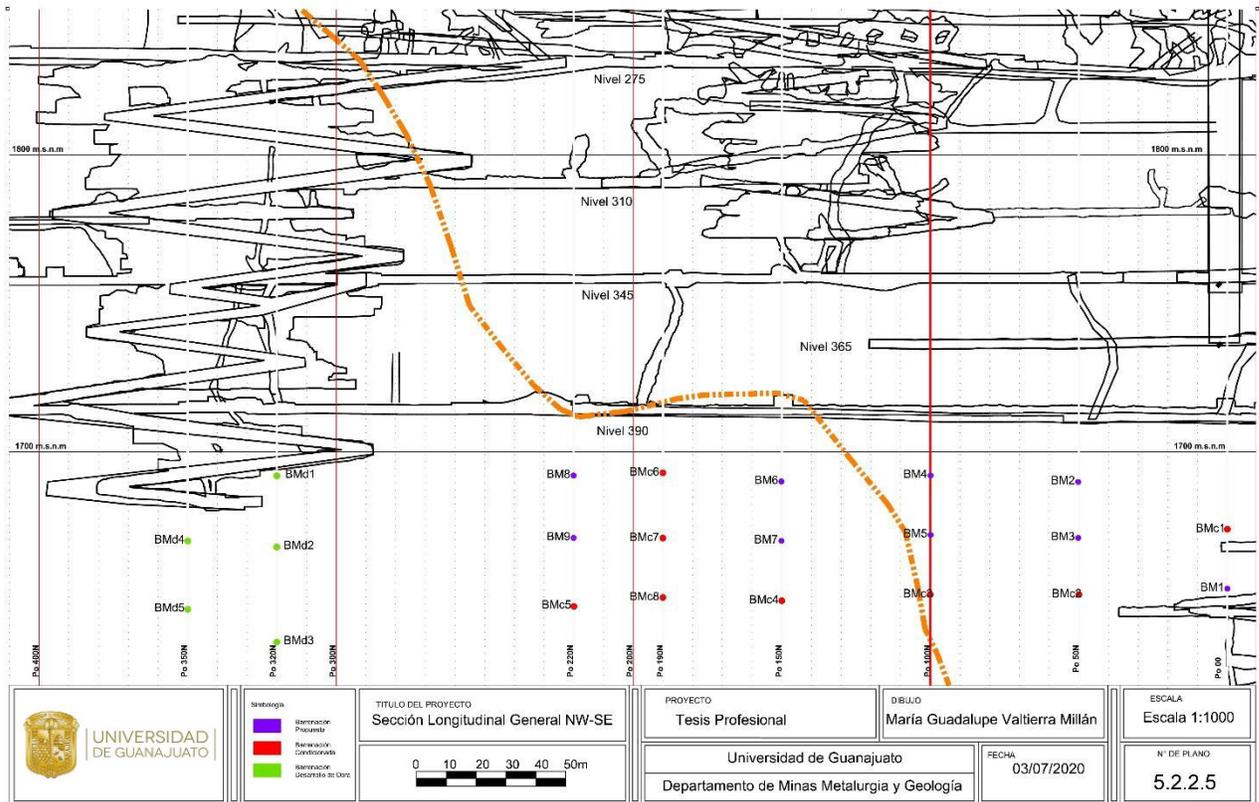
Núm. Barreno	Nivel	Sección	Barreno	Local_East	Local_Nort	Local_RI (msnm)	Profundidad Total	Corte Aproximado	Elevación del Corte	Azimet	Inclinación	Objetivo
Barreno 1	390N	00	BMc1	1257.24	-3315	1709	260 mts	226 mts	1674 msnm	56°	-10°	Exploración para descartar/confirmar traza mineral de zona de interés, se condiciona dependiendo resultados de Barreno BM1
Barreno 2	390N	50 N	BMc2	1257.1988	-3314.9191	1709	240 mts	215 mts	1652 msnm	56°	-17°	Exploración para descartar/confirmar traza mineral de zona de interés, se condiciona dependiendo resultados de Barreno BM2 y BM3
Barreno 3	390N	100 N	BMc3	1229.1318	-3273.5415	1709	225 mts	200 mts	1652 msnm	56°	-19°	Buscar continuidad de traza mineral de Veta Madre con comportamiento en niveles superiores prometedor condicionado a resultados de BM4 y BM5
Barreno 4	390N	150 N	BMc4	1229.1318	-3273.5415	1709	235 mts	205 mts	1650 msnm	56°	-20°	Buscar continuidad de traza mineral de Veta Madre con comportamiento en niveles superiores prometedor condicionado a resultados de BM6 y BM7
Barreno 5	390N	220 N	BMc5	1161.1518	-3177.3609	1709	240 mts	198 mts	1648 msnm	56°	-20°	Buscar continuidad de traza mineral de Veta Madre con comportamiento en niveles superiores prometedor condicionado a resultados de BM8 y BM9
Barreno 6	390N	190 N	BMc6	1178.7073	-3200	1709	270 mts	235 mts	1693 msnm	56°	-5°	Descartar/Confirmar traza mineral en zona poco explorada, condicionada por resultado de Barreno BMc5
Barreno 7	390N	190 N	BMc7	1178.7073	-3200	1709	250 mts	215 mts	1671 msnm	56°	-12°	Descartar/Confirmar traza mineral en zona poco explorada, condicionada por resultado de Barreno BMc5
Barreno 8	390N	190 N	BMc8	1178.7073	-3200	1709	235 mts	200 mts	1651 msnm	56°	-18°	Descartar/Confirmar traza mineral en zona poco explorada, condicionada por resultado de Barreno BMc5
						Total Metros	1955 mts					

Tabla 5.2.2.2. Se muestran los barrenos condicionados a los resultados de la primera fase de barrenación.

Barrenación Propuesta con desarrollo de Obra												
Núm. Barreno	Nivel	Sección	Barreno	Local_East	Local_Nort	Local_RI (msnm)	Profundidad Total	Corte Aproximado	Elevación del Corte	Azimut	Inclinación	Objetivo
Barreno 1	390N	320 N	BMd1	1106.2183	-3091.0338	1709	250 mts	212 mts	1692 msnm	56°	-7°	Se propone desarrollar una obra de 133 metros de expansión hacia el Norte con la finalidad de proporcionar nuevas plazas de barrenación, justificándose con la exploración de la traza mineral en niveles inferiores a los trabajados teniendo como justificación el buen comportamiento mineral en los niveles superiores.
Barreno 2	390N	320 N	BMd2	1106.2183	-3091.0338	1709	230 mts	198 mts	1668 msnm	56°	-14°	
Barreno 3	390N	320 N	BMd3	1106.2183	-3091.0338	1709	220 mts	185 mts	1646 msnm	56°	-22°	
Barreno 4	390N	350 N	BMd4	1087.5172	-3067.5171	1709	236 mts	186 mts	1670 msnm	56°	-14°	
Barreno 5	390N	350 N	BMd5	1087.5172	-3067.5171	1709	226 mts	176 mts	1647 msnm	56°	-23°	
						Total Metros	1162 mts					

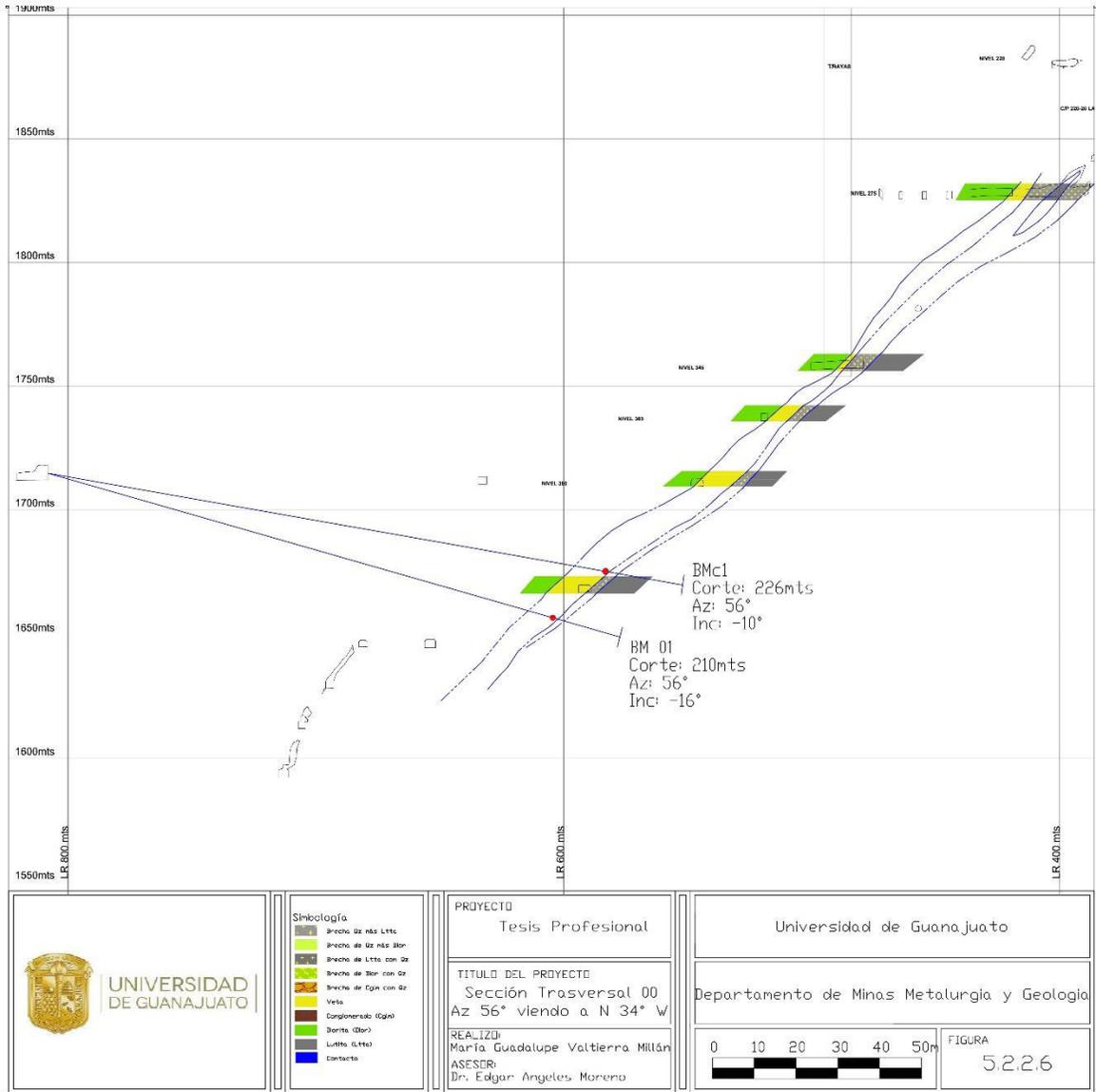
Tabla 5.2.2.3. Barrenos con desarrollo de obra dentro del programa de barrenación propuesto en este trabajo condicionada al desarrollo de obra propuesto; así también dependerá completamente del resultado de la barrenación principal y condicionada.

En la figura 5.2.2.4 se muestra la barrenación propuesta desde las plazas de barrenación (estaciones de barrenación). Los barrenos prioritarios en color morado, los barrenos condicionados en color rojo y los barrenos programados en la planeación del desarrollo de obra de color verde. El espesor y el tipo de geometría de la Veta Madre es variable a lo largo del rumbo, así como hay variabilidad en el tipo de estructura mineralizada como se presenta como: stockwork, ramaleada o brecha hidrotermal. Puede aparecer en los cortes de barrenación. Se puede ver que existen cambios en el rumbo a escala de menos de 100 m o 50 m esto puede tener implicaciones en el tipo de texturas y mineralizaciones que se presenten y que se deben predecir en los cortes de barrenos programados.

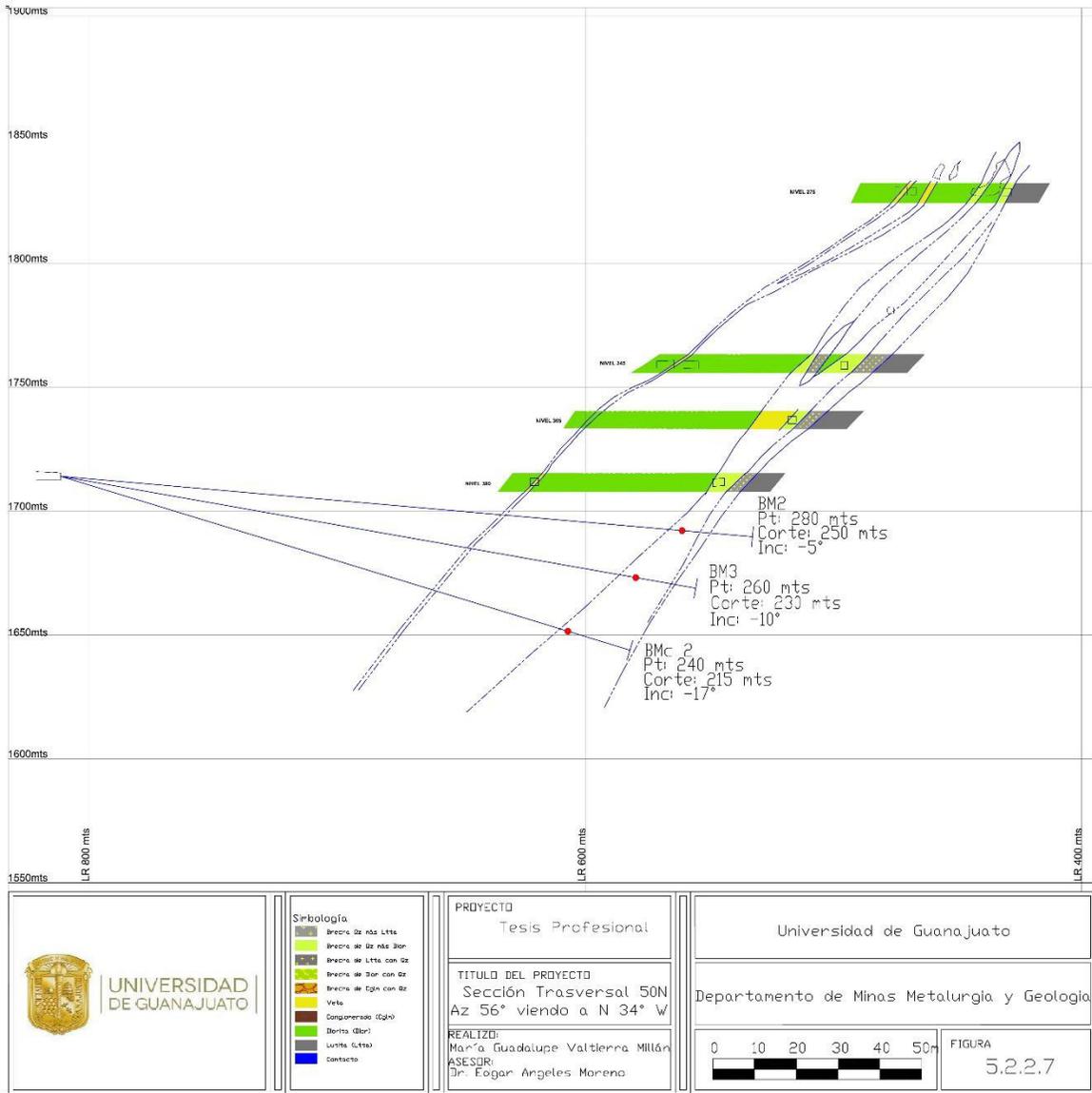


5.2.5. Barrenos programados (prioritarios, condicionados, condicionados en obra de desarrollo) mostrados en sus cortes en sección longitudinal orientada NW-SE. La sección longitudinal muestra los niveles superiores al nivel 390, las secciones transversales, así como los clavos mineralizados ya explotados en línea naranja. Los colores de los cortes de barrenos indican la barrenación clasificada por prioridad: en color morado, barrenos prioritarios con un mayor grado de posibilidad de cortes positivos, en color rojo es la barrenación condicionada con un pronóstico alentador del corte en Veta Madre, y en color verde son aquellos barrenos donde sería necesario un desarrollo de obra y dependerán del resultado de la barrenación antes propuesta y condicionada.

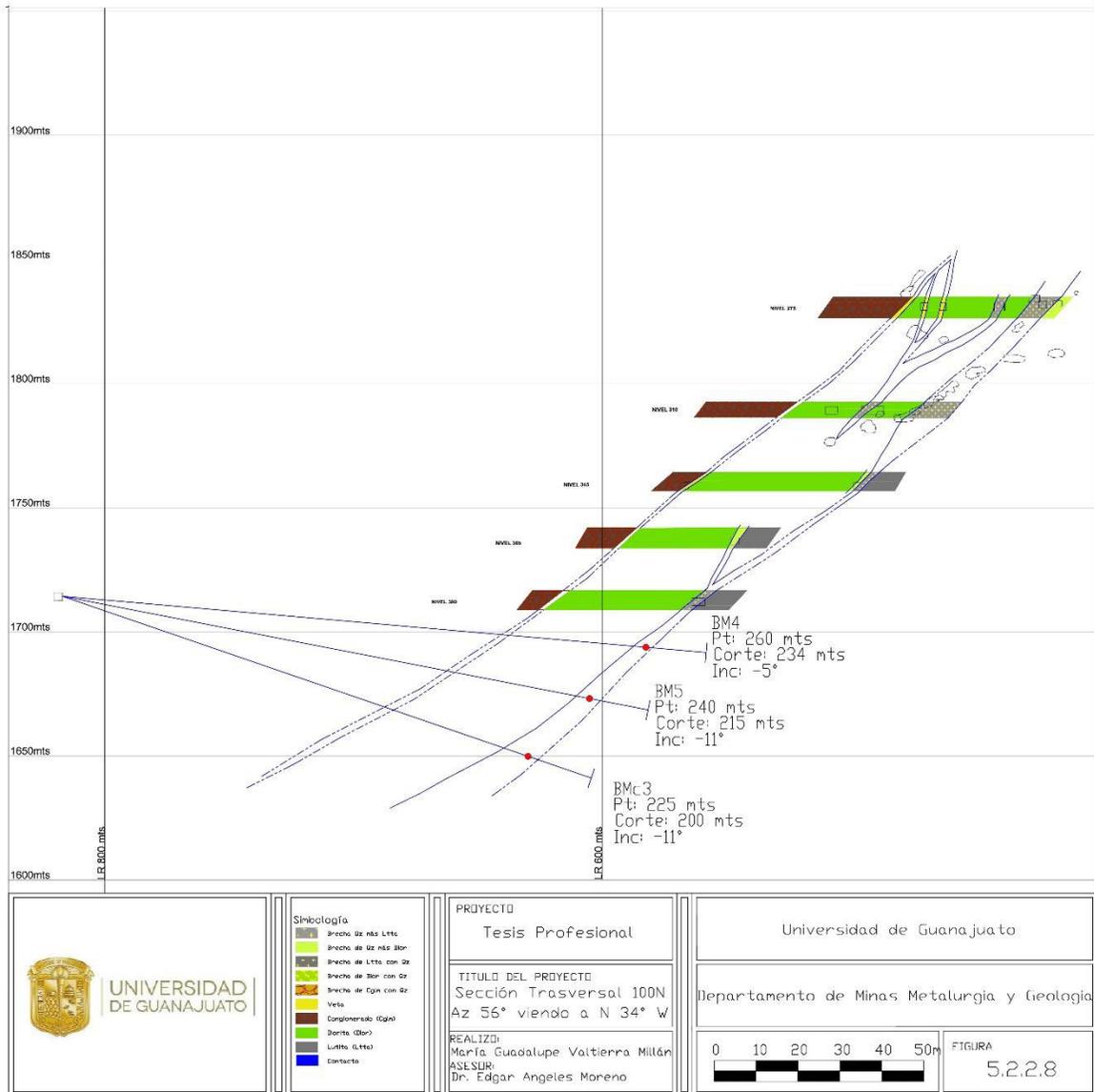
Las secciones transversales que soportan a los barrenos propuestos en este trabajo (Figuras 5.2.2.6, 5.2.2.7, 5.2.2.8, 5.2.2.9, 5.2.2.10, 5.2.2.11, 5.2.2.12 y 5.2.2.13) muestran el diseño de la traza de los barrenos y con longitudes (mostradas en las tablas 5.1, 5.2 y 5.3) que permitan que corten hasta terminar en el bloque del bajo a la Falla Veta Madre. Se puede apreciar el cambio en espesor de las diferentes estructuras y texturas de mineralización hacia el interior del núcleo de la Falla Veta Madre, y también se aprecian que hay aberturas y cierres de la mineralización a lo largo del echado de la Veta Madre y que pasa por los distintos niveles desarrollados en el interior de mina.



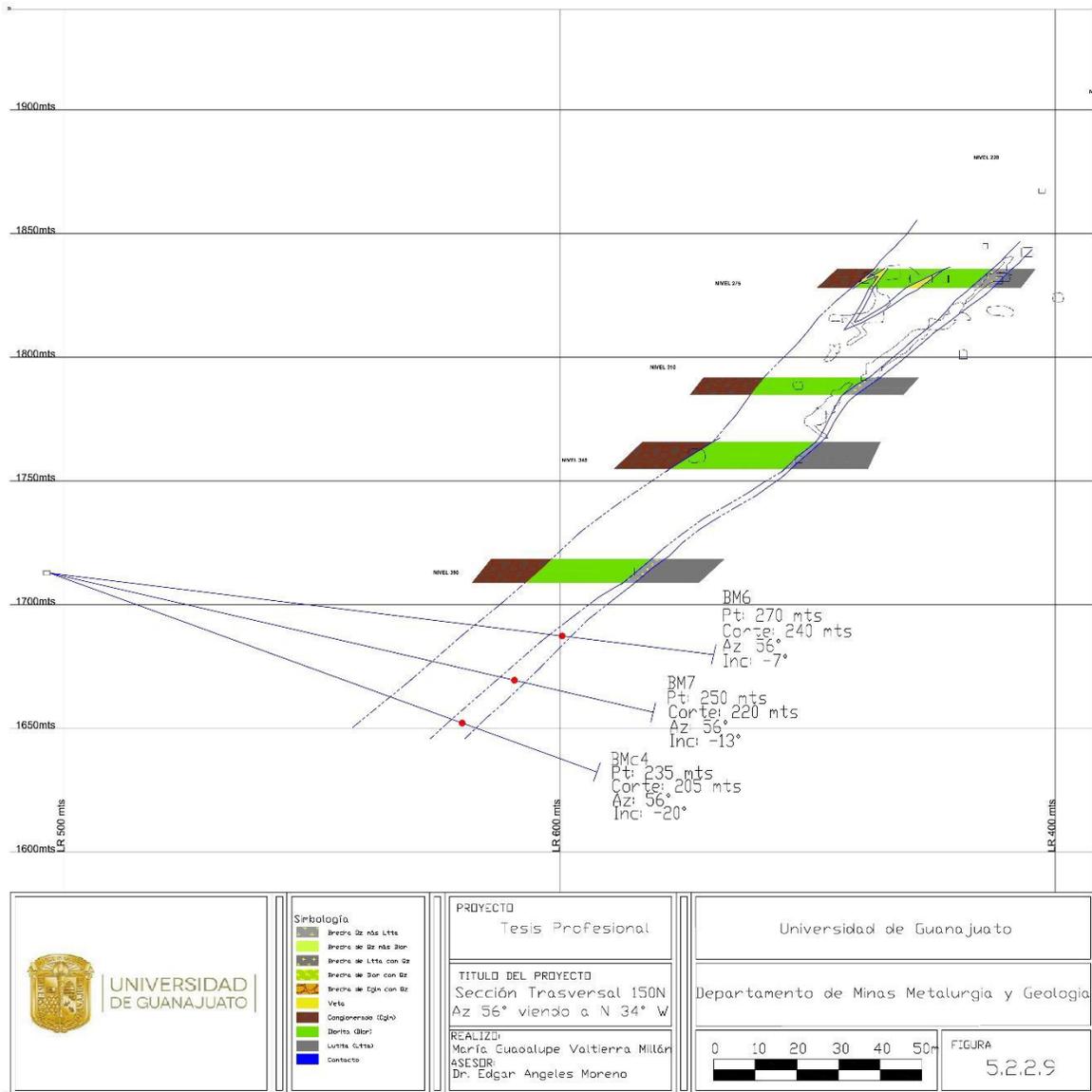
5.2.2.6. Sección transversal correspondiente al paralelo 00 con orientación N56°E-S56°W viendo al Norte, que muestra la interpretación litológica a partir de mapeos de interior de mina, también se muestran los contactos inferidos de estos y los posibles cortes o intersecciones de los barrenos propuestos BM01y BMc1 (barreno condicionado).



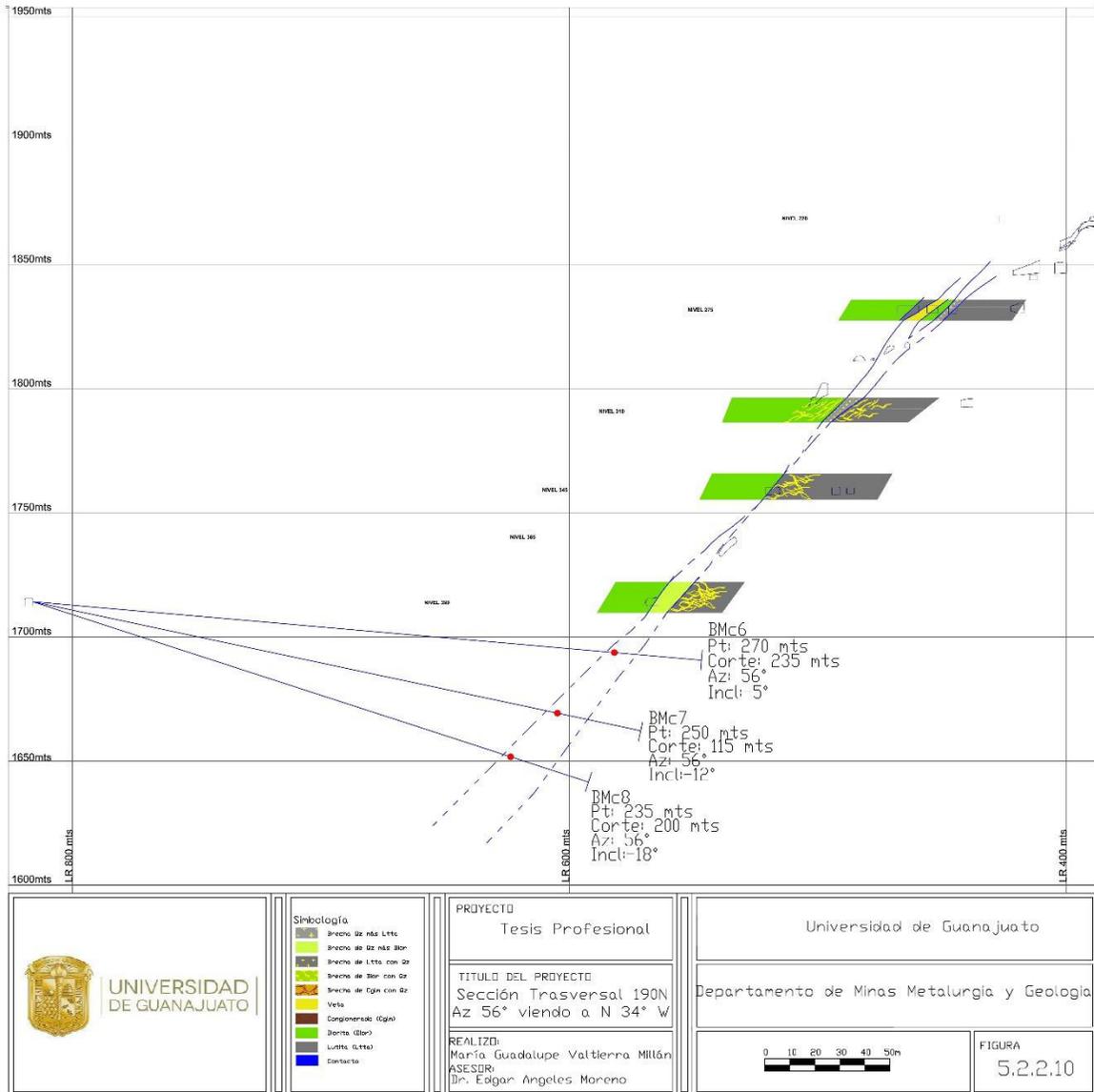
5.2.2.7. Sección transversal correspondiente al paralelo 50N con orientación N56°E-S56°W viendo al Norte, que muestra la interpretación litológica y estructuras mineralizadas en la mina de Los Pozos. Se muestran también los contactos inferidos de estos y los cortes o intersecciones de los barrenos propuestos BM2, BM3 y BMc2 (barreno condicionado).



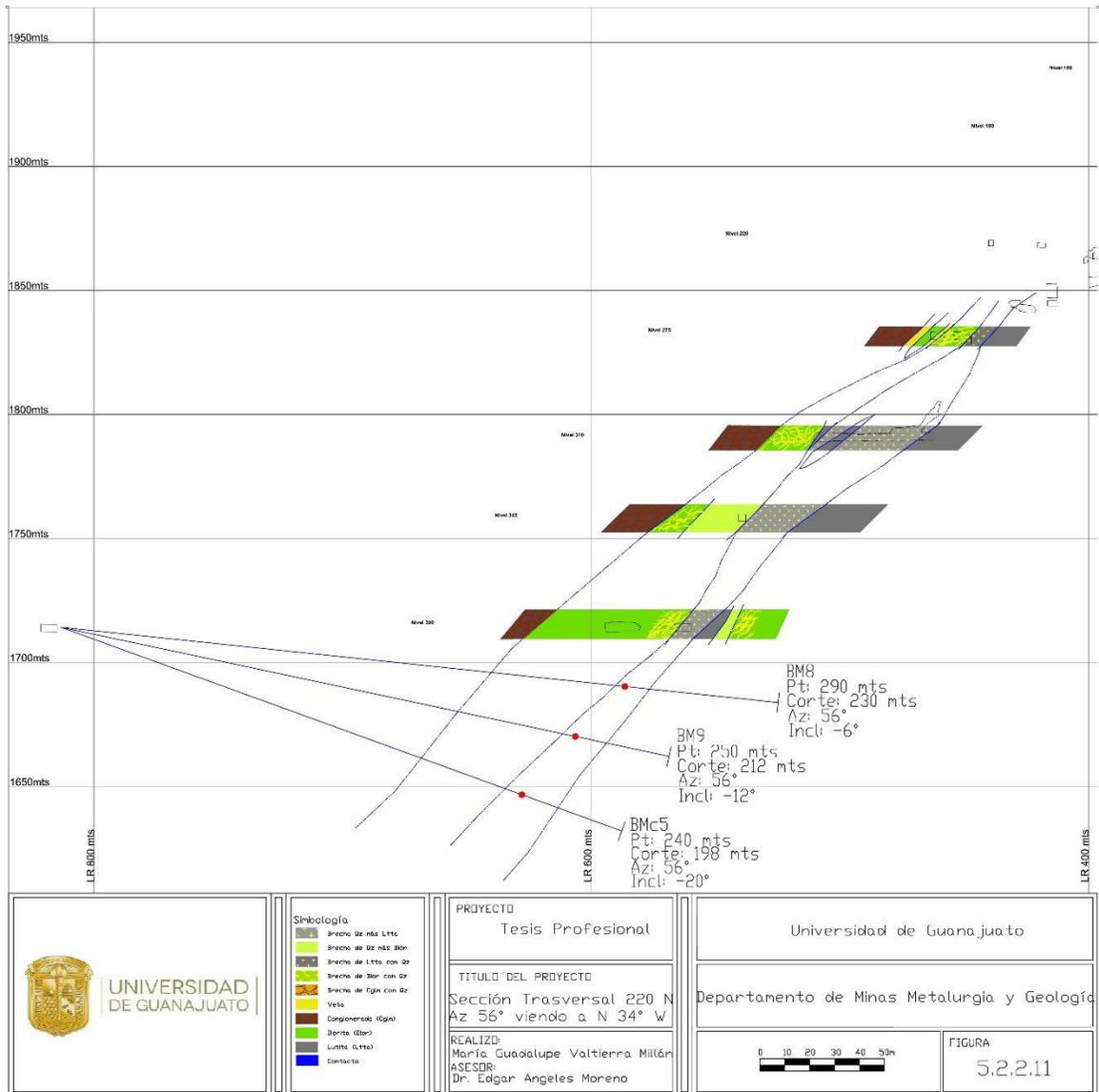
5.2.2.8. Sección transversal correspondiente al paralelo 100N con orientación N56°E-S56°W viendo al Norte. La sección muestra los contactos litológicos, la interpretación litológica en la mina de Los Pozos, y los cortes de barrenos propuestos BM4, BM5 y BMC3 (barreno condicionado).



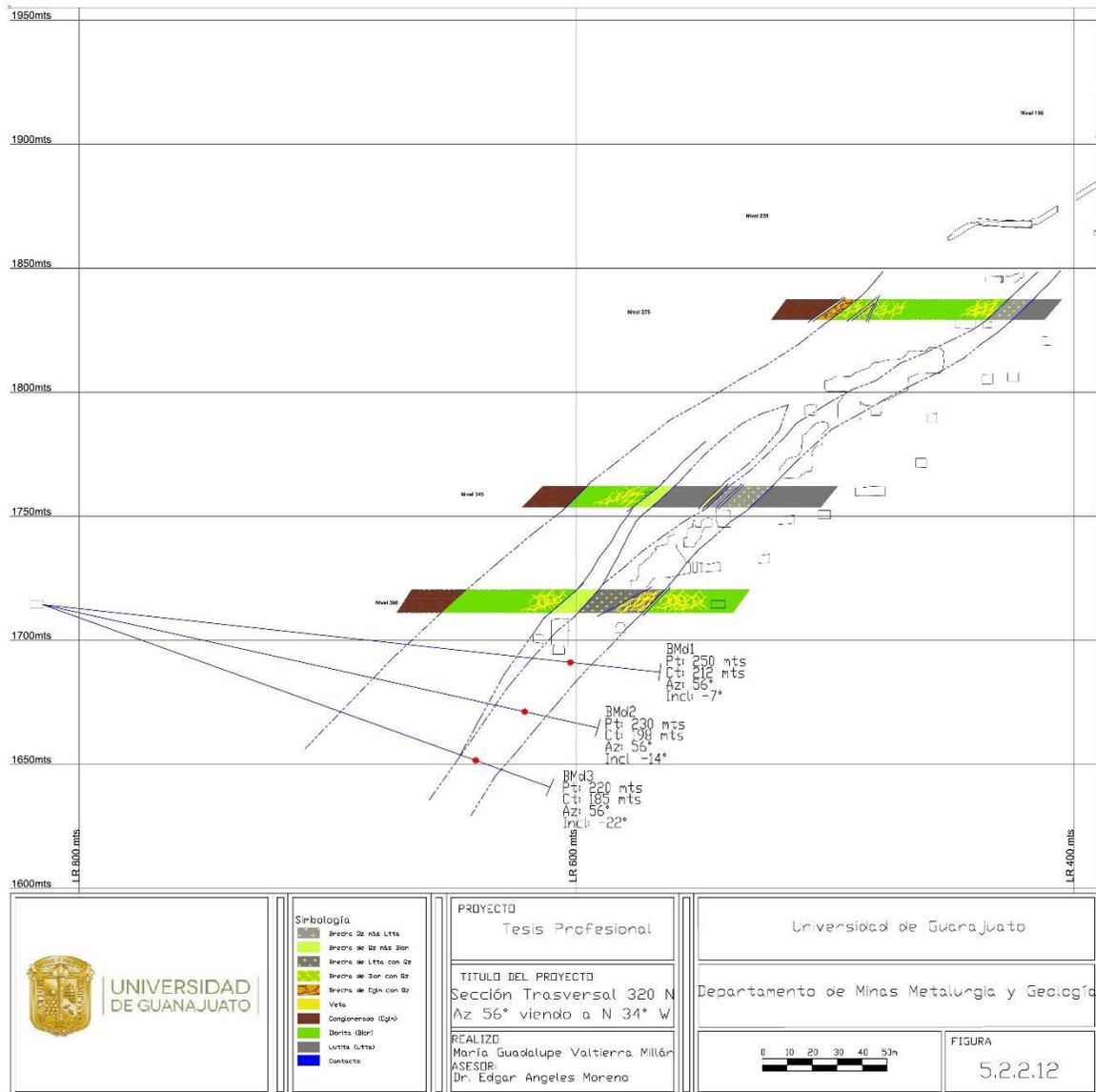
5.2.2.9. Sección Transversal correspondiente al paralelo 150N con orientación N56°E-S56°W viendo al Norte. Muestra los contactos litológicos y su interpretación. A profundidad se infieren los contactos. Se muestran los cortes de los barrenos propuestos BM6, BM7 y BMC4 (barreno condicionado).



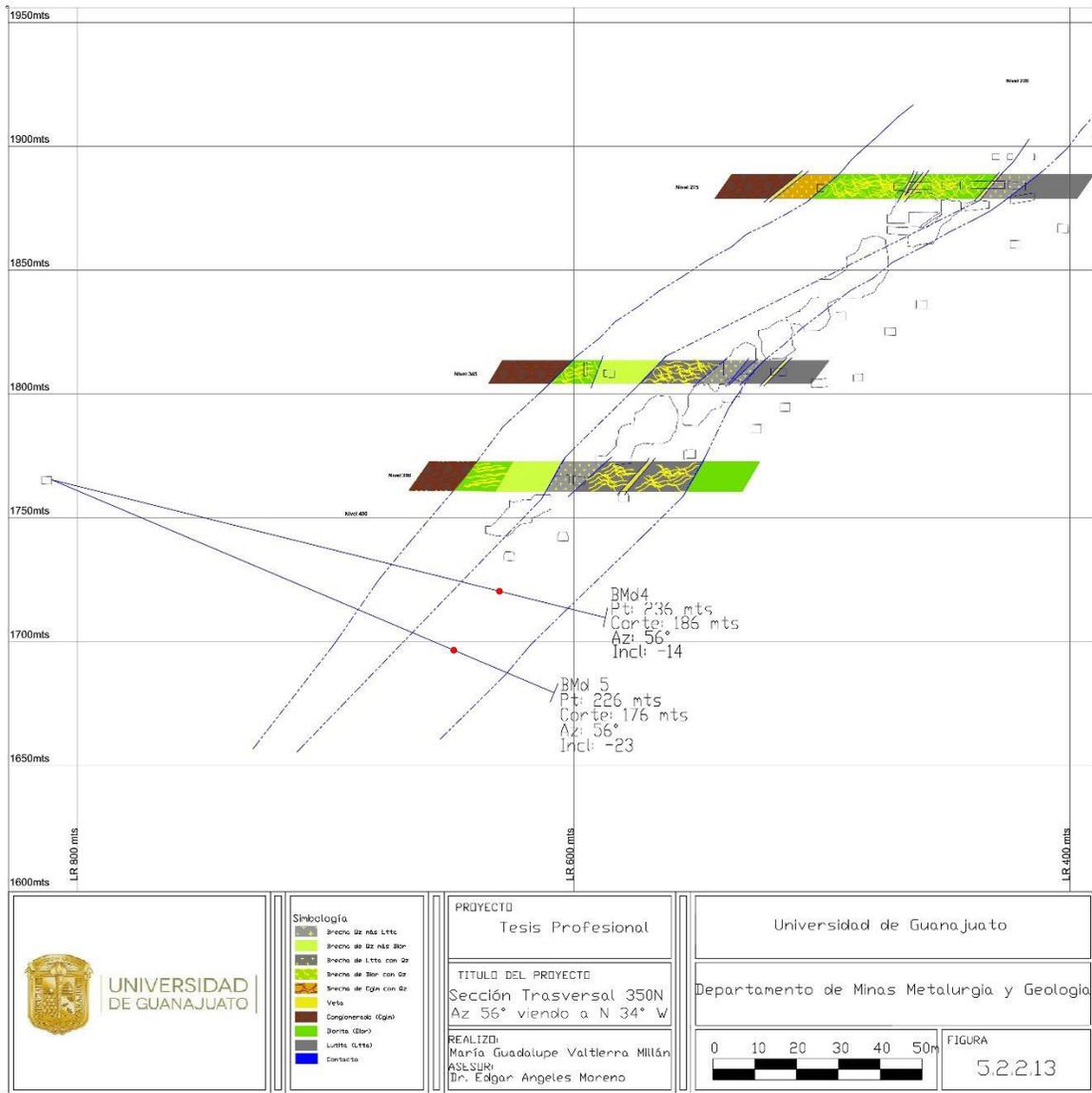
5.2.2.10. Sección transversal correspondiente al paralelo 190N con orientación N56°E-S56°W viendo al Norte. La sección muestra los contactos litológicos y de estructuras mineralizadas, así como la interpretación de los contactos inferidos. Se muestran también los cortes de intersecciones a la estructura de los barrenos propuestos BMC6 y BMC7 y BMC8 (condicionado).



5.2.2.11. Sección transversal correspondiente al paralelo 220N con orientación N56°E-S56°W viendo al Norte. Esta sección muestra los contactos litológicos y de estructura mineralizada, así como la interpretación litológica y los contactos inferidos. La sección también muestra los cortes de intersección de cada barreno en la estructura mineralizada, estos barrenos son los barrenos propuestos BM8, BM9 y BMC5 (barreno condicionado).



5.2.2.12. Sección Transversal correspondiente al paralelo 320N con orientación N56°E-S56°W viendo al Norte. La sección muestra los contactos litológicos y de estructura mineralizada, así como los contactos inferidos. Se muestran también los cortes de intersección de cada uno de los barrenos a la estructura mineralizada, estos barrenos mostrados son los barrenos con desarrollo de obra: BMd1, BMd2 y BMd3.



5.2.2.13. Sección transversal correspondiente al paralelo 350N con orientación N56°E-S56°W viendo al Norte. La sección muestra los contactos litológicos y de la estructura mineralizada, así como los contactos inferidos de estos. Se muestran las intersecciones a la estructura mineralizada de los barrenos en desarrollo de obra: BMd4 y BMd5.

Capítulo 6: Discusión

6.1 Objetivos de Barrenación y corte de Veta Madre

Los yacimientos epitermales de intermedia y baja sulfuración muestran cambios en sus características de alteración, estructuras de mineralización y valores de interés económico por oro y plata con el aumento de la profundidad de acuerdo con los modelos aceptados internacionalmente (Camprubí y Albinson, 2007; Hedenquist et al., 1996; Hedenquist et al., 2000). Los objetivos de barrenación en yacimientos epitermales de intermedia y baja sulfuración como en el Distrito Minero de Guanajuato son definidos por la exploración minera de empresas del rubro con base en guías favorables, algunos tipos de estas guías son: guías estratigráficas, guías litológicas, guías estructurales, guías de mineralización y guías geoquímicas. Las guías geoquímicas pueden ser de tipo como análisis de movilidad geoquímica, de elementos *pathfinder* o de inclusiones fluidas. En este trabajo de tesis se muestra que las guías litológicas y estratigráficas son fundamentales en el caso de Veta Madre, ya que en los niveles superiores al nivel 390 muestra que las litologías que han resultado favorables en la exploración minera son las brechas mineralizadas, siendo estas brechas; brechas de lutita, brechas en conglomerado y brechas de mezcla de líticos de diferentes litologías de lutita, dique diorítico y de conglomerado.

Las guías estratigráficas también muestran que en este nivel de profundidad entre 1600 m y 1700 m sobre el nivel del mar se han encontrado clavos mineralizados como se muestra en la figura 6.1.1 (Brown y Nourpour, 2020). En esta figura 6.1.1 se muestra la proyección de clavos mineralizados existentes entre 1700 msnm y 1500 msnm a profundidad y son proyectados en la estructura de Veta Madre en la Mina Los Pozos, puede verse que existe una posibilidad a profundidad de Mina Los Pozos de encontrar mineralización con base en la correlación con la mineralización adyacente como en Mina de Cata. Las guías geoquímicas como se mostraron en los resultados de este trabajo de tesis muestran que hay una tendencia favorable en valores de oro y plata a profundidad. Las condiciones favorables de infraestructura son importantes, ya que ahorran recurso económico y en la minería cualquier obra de infraestructura existente se debe aprovechar operativamente, ya que el recurso económico es limitado en exploración minera.

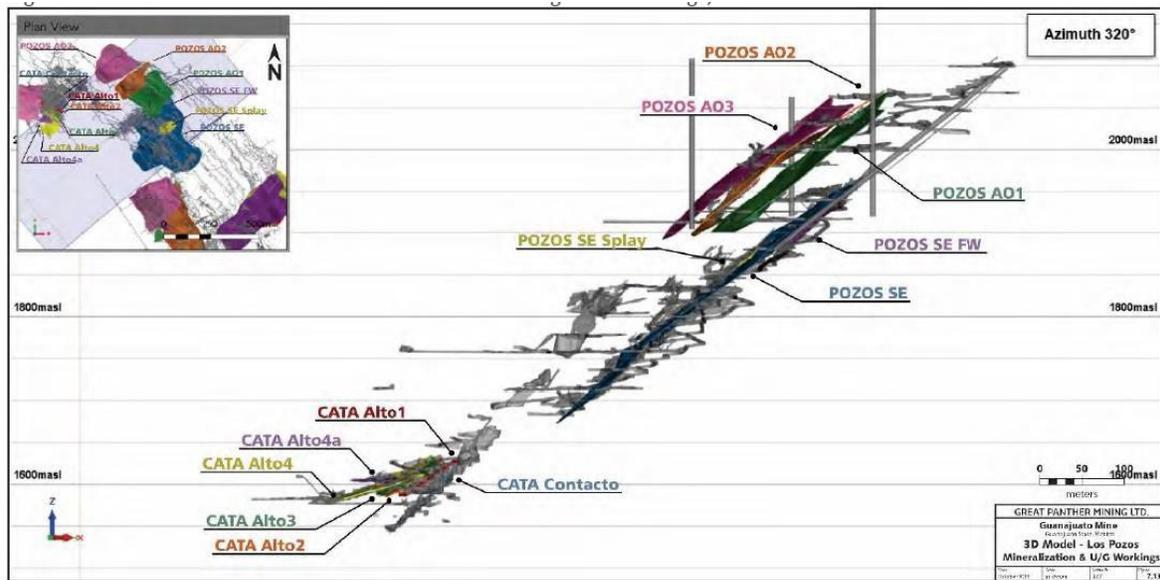


Figura 6.1.1 Se muestra la proyección de los clavos mineralizados de la Mina de Cata en la estructura mineralizada de Veta Madre y la falla que la encajona en la Mina Los Pozos (Brown y Nourpour, 2020).

6.2. Tipos de estructuras mineralizadas y la interpretación de la continuidad de la mineralización de Veta Madre

Los tipos de estructuras mineralizadas que se presentan en la Falla Veta Madre son brechas mineralizadas, zonas de stockwork y vetas de cuarzo (Figura 6.2.1). Las brechas se presentan de varios tipos, unas brechas en donde predominan los fragmentos de roca encajonante que pueden ser fragmentos de diorita, filitas, pizarras o lutitas negras del Mesozoico y otras brechas en donde hay fragmentos de cuarzo epitermal, así como una mineralización que acompaña a las brechas. Las brechas en los sistemas epitermales de intermedia y baja sulfuración se caracterizan por presentar varios tipos de texturas (fragmentos de roca, texturas de cuarzo, alteración) que ayudan a definir su tipo. Las relaciones de corte dentro de las brechas de las diferentes texturas en relación con las características de la matriz permiten saber el orden de la formación de distintos tipos de texturas. Estos datos de las texturas de brechas se pueden relacionar posteriormente con otras características como tipos de rocas encajonantes, fluidos magmáticos y tipos de fluidos hidrotermales. Otro aspecto para tomar en cuenta en las brechas en sistemas epitermales es la naturaleza de los fragmentos (tamaño, distribución y fabrica), así como la relación entre los fragmentos y la matriz, que para el caso del DMG se habla de una brecha hidrotermal por presentar características con fragmentos de misma naturaleza de la roca encajonante y en el cementante presenta la mineralización económica (Chauvet, 2019).

La presencia de vetas de cuarzo que no están brechadas y que cortan a brechas que se formaron en etapas previas, así como la presencia de vetas de cuarzo brechadas y que existen brechas de cuarzo con fragmentos de roca mezclados en distintas proporciones con fragmentos de cuarzo epitermal en las cercanías de los bloques del alto o del bloque del bajo (figura 6.2.1), implica que dentro de la Falla Veta Madre ocurrieron varios pulsos de inyección de fluido hidrotermal, esto se ha visto en varios sistemas de vetas epitermales de baja a intermedia sulfuración en otros contextos geológicos y puede ser un reflejo de su relación a una actividad de fallamiento sincrónica con las fluctuaciones de los fluidos mineralizantes.

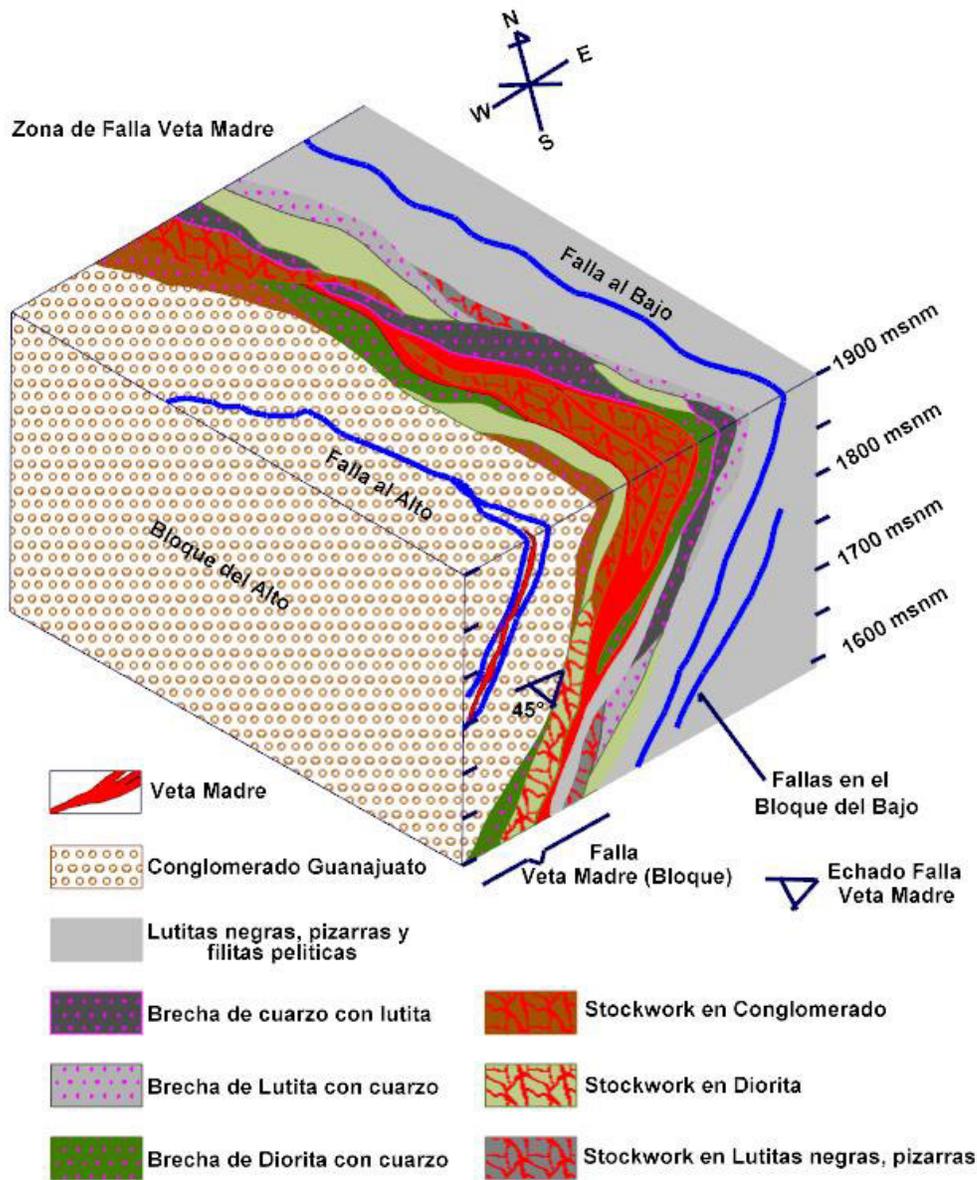


Figura 6.2.1 Esquema de un modelo conceptual en 3D de las estructuras de mineralización, estructuras de deformación y texturas de mineralización en el segmento de la Falla Veta Madre estudiado en este trabajo de tesis. Este modelo conceptual está basado en los resultados de este trabajo de tesis (cartografía geológico-minera de superficie, plantas geológicas en mina, secciones transversales y longitudinales).

El que se tenga una complejidad en el núcleo de la falla Veta Madre con la presencia de brechamientos, vetas, alteración, contactos litológicos y estructurales a una profundidad mayor, implica que pudo haber una relación con la variación de la presión en los fluidos en relación con la geometría de los lentes mineralizados de las vetas o con variaciones en el espesor de los clavos mineralizados. La mineralización continua en niveles profundos, pero entrara en metales base, sin embargo, habría que esperar en el comportamiento de las concentraciones de plata en la galena, porque se estaría a un nivel que podría ser parecido a los niveles de plata por ejemplo como ocurre en las vetas de Fresnillo en Zacatecas (Gemmell et al., 1988, Simmons et al., 1988).

6.3. La Veta Madre a Profundidad

La Veta Madre en el Distrito Minero de Guanajuato esta encajonada en la Falla Veta Madre que tiene una longitud de cerca 16 km (Angeles-Moreno, 2018), y la parte de la Veta Madre entre la mina de Guanajuatito-Valenciana y la mina La Mina Sirena tiene una longitud que varía de 4.2 km a 4.86 km (Gross, 1975; Brown y Nourpour, 2020). Esta parte de la estructura de Veta Madre es una zona en donde aflora el Conglomerado Guanajuato y en donde se localizan los clavos mineralizados más importantes de la Veta Madre. En esta parte se han propuesto tres niveles de mineralización nombrados por Gross (1975) (Figura 6.3.1) como mineralización superior (*Upper Ore*), mineralización inferior (*Lower Ore*) y mineralización profunda (*Deep Ore*).

El nivel de mineralización superior como puede verse en la figura 6.3.1, va de los 2100 m s.n.m. hasta las alturas topográficas superiores como en el Cerro de Sirena. El nivel de mineralización inferior va de los 2100 m a los 1700 m s.n.m., y por último el nivel de mineralización más profundo es por debajo de los 1700 m. En este trabajo de tesis el programa de barrenación exploratoria propuesto en el nivel 390 estaría en el nivel de profundidad de 1700 m s.n.m. a 1600 m s.n.m. que de acuerdo con la propuesta de Gross (1975) estaría la exploración en el nivel profundo. Gross (1975) postula que los tres niveles en general se formaron simultáneamente y que esencialmente contienen la misma mineralogía, pero que si hay un incremento con la profundidad de cobre (Cu), plomo (Pb) y Zinc (Zn). La exploración en el nivel profundo implica cambios estructurales, de variaciones de espesor en las estructuras mineralizadas como las zonas de brechas, stockworks y vetas en sus geometrías; sin embargo, también implica que es probable se detecte una asociación mineralógica más de alta temperatura con sulfuros de cobre, plomo y zinc.

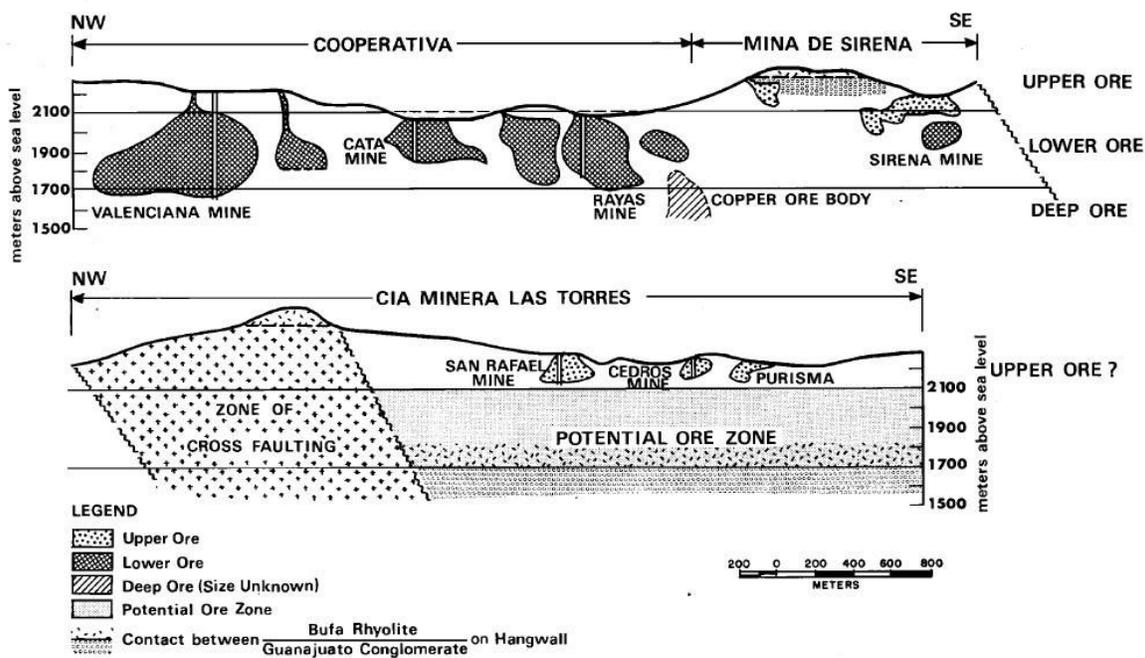


Figura 6.3.1 Clavos mineralizados de la Veta Madre en la sección longitudinal desde la mina Valenciana hasta la mina Purisima (Gross, 1975).

Estos datos son concordantes con la mineralogía descrita en la mina de Cata por Orozco-Villaseñor (2014) en donde los niveles de mineralización en la mina de Cata corresponden con la mineralogía: Nivel superior (2350 m s.n.m. a 2200 m s.n.m.) con oro y plata nativos, electrum, cinabrio, embolita, cerargirita, halogenuros de plata, seleniuros, sulfoseleniuros y algunos sulfosales. El nivel inferior (2200 m s.n.m. a 1700 m s.n.m.) con acantita, argentita y series argirodita-canfieldita (Wilson et al., 1950 en Orozco-Villaseñor, 2014). Nivel profundo (1700 m s.n.m. a más profundidad) con una mineralogía argentita, acantita, calcopirita, esfalerita y galena; en este nivel disminuyen las cantidades de sulfosales.

En la actualidad la exploración a niveles profundos continua en el segmento de la Falla Veta Madre entre la mina Guanajuatito y la mina Promontorio, en la figura 6.3.2 se muestran las zonas de mineralización interpretadas por la compañía Greath Panther Mining Ltd de acuerdo con la barrenación que ha realizado desde por lo menos el año 2005 al año 2019 (Brown y Nourpour, 2020). La barrenación en el 2019 se ha enfocado por parte de Great Panther Mining en las zonas de Pozos,

Valenciana y Promontorio (Brown y Nourpour, 2020), y en donde las perforaciones con barrenos que se han dado están por debajo de la cota de nivel de 1600 m s.n.m es en la zona de Rayas y Cata, de esto resalta la oportunidad de la barrenación de la mina Los Pozos a ese nivel de profundidad. En esta misma línea la zona de exploración minera con barrenos la zona de mina Los Pozos tiene evidencias adyacentes de existir mineralización, y también es concordante al análisis de información como son las guías geoquímicas, guías litológicas, guías estratigráficas y guías estructuras que es favorable que el programa de barrenación propuesto en esta tesis.

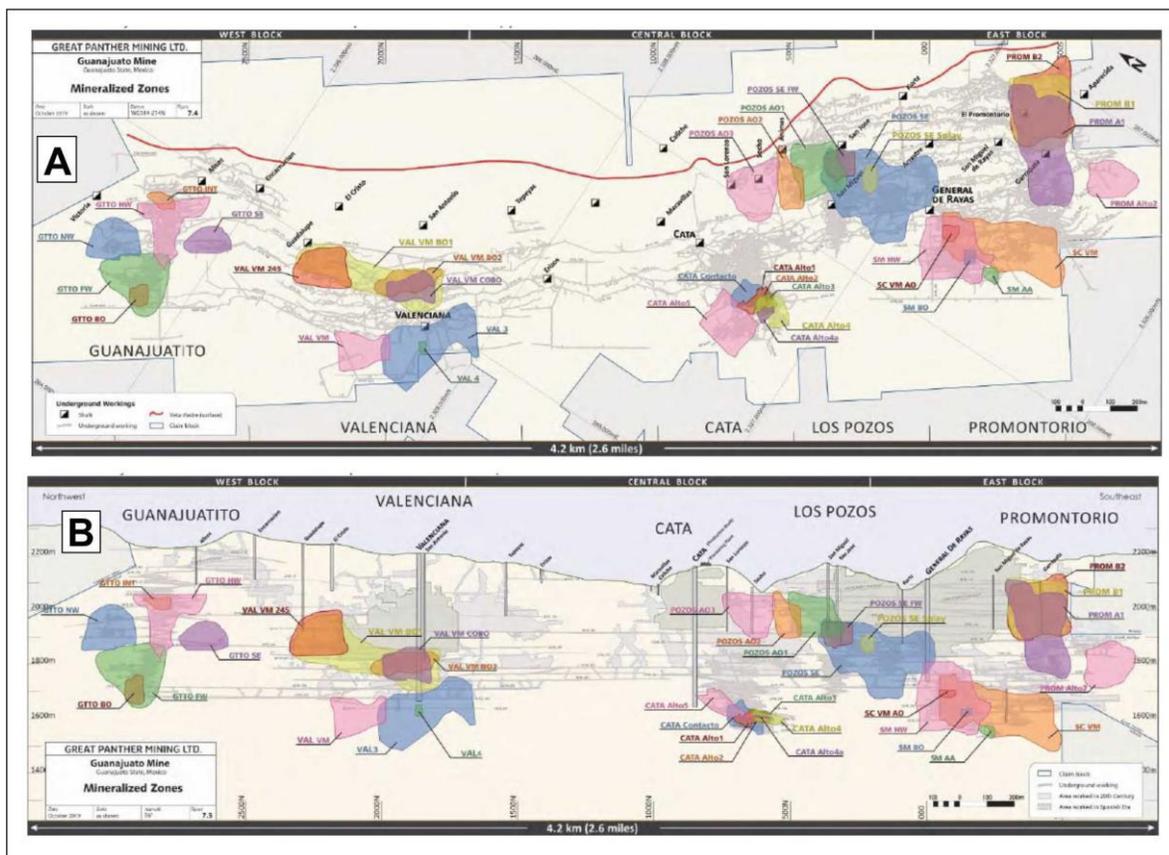


Figura 6.3.2. Zona de mineralización interpretadas con base en la barrenación de exploración de la compañía Great Panther Mining (Brown y Nourpour, 2020). A, zonas mineralizadas vistas en planta; B, zonas mineralizadas mostradas en la sección longitudinal.

Capítulo 7: Conclusiones

En este trabajo basado en la recopilación de información geológico-minera, análisis de la misma, observación y establecimiento de relaciones, han encontrado pruebas suficientes de la existencia de valores geoquímicos de interés económico en el nivel 390. El trabajo también comprendió el análisis del muestreo en el nivel 390 y se generaron secciones transversales, longitudinales y plantas, así mismo como la comparación de la información con métodos de interpolación y que respaldan la factibilidad para llevar a cabo la campaña de barrenación debido a los resultados favorables en la recopilación de muestreo del nivel 390N de la mina Los Pozos, concluyendo que existe la oportunidad de explorar la Mina de Los Pozos a niveles profundos.

El programa de barrenación para la Mina Los Pozos en el nivel 390, consiste en tres grupos de barrenos, prioritarios, condicionados y de desarrollo de obra. En el grupo prioritario comprenden 9 barrenos con 2340 metros de longitud; en el grupo condicionados comprenden 8 barrenos con 1955 metros de longitud total y en el grupo de obra comprenden 5 barrenos con una longitud total de 1162m. El programa de barrenación estuvo basado en los resultados de este trabajo de geología de superficie, geología de interior de mina, ensayos geoquímicos y las tendencias de las estructuras de mineralización y geoquímicas en dirección al echado de la de la Falla Veta Madre.

En la mina Los Pozos se tienen cuatro elementos geológicos mineros importantes como son el Conglomerado Guanajuato, Falla Veta Madre, Brecha Epitermal y la Formación Esperanza. La Veta Madre se encuentra encajonada dentro de la Falla Veta Madre y está definida por las estructuras de mineralización de brechas, stockworks y vetas de cuarzo. Las estructuras y texturas de mineralización en conjunto con los resultados de concentración de los valores geoquímicos de plata equivalente en una zona preferentemente y las correlaciones espaciales de los clavos profundos adyacentes en la misma Veta Madre como en Cata, Promontorio y Valenciana muestra alta factibilidad de haya clavos mineralizados al mismo nivel estratigráfico y a profundidad.

Bibliografía

Alaniz-Alvarez, S. A., Nieto-Samaniego, A. F., Orozco-Esquivel, M.T., Vassallo, L. F y Shunshan Xu., 2002, El Sistema de fallas Taxco-San Miguel de Allende: Implicaciones en la deformación post-eocénica del centro de México., Boletín de la Sociedad Geológica Mexicana, Tomo LV, núm. 1, 2002, P. 12-29

Alvarado-Méndez, H., López-Ojeda, J.A., and Caballero-Martínez, J.A., 1998, Carta Geológico-Minera Guanajuato F14C43: Servicio Geológico Mexicano, Secretaría de Economía, 1 map with text.

Angeles-Moreno E., Nieto-Samaniego A. F., Ruiz-González F. J., Levresse G., Alaniz-Alvarez S. A., Olmos-Moya, M. de J.P., Xu, S., Miranda-Avilés, R., 2017, The transition between shortening and extensional regimes in central Mexico recorded in the tourmaline veins of the Comanja Granite: Journal of South American Earth Sciences, 73, 65-77.

Angeles-Moreno, E, 2018., La Evolución Tectónica Cenozoica de la Sierra de Guanajuato y Codornices, México: Tesis de Doctorado en Ciencias de la Tierra., Universidad Nacional Autónoma de México, Centro de Geociencias Geología Estructural y Tectónica.

Aranda-Gómez, J.J., Aranda-Gómez, J.M., Nieto Samaniego, A.F., 1989, Consideraciones acerca de la evolución tectónica durante el Cenozoico de la Sierra de Guanajuato y la parte meridional de la Mesa Central: Revista del Instituto de Geología, 8(1), 33-46.

Aranda-Gómez, J.J., McDowell, F.W., 1998, Paleógeno extensión in the southern Basin and Range Province of Mexico-Syn-depositional tilting of the Eocene red beds and Oligocene volcanic rocks in the Guanajuato mining district: International Geology Review, 40, 116-134.

Aranda, G. J. J. y Vassallo, L. F., 2007. Field Trip Guidebook —Geology of the Guanajuato Mining District and Sightseeing in the Old Town of Guanajuato: Centro de Geociencias, UNAM, Campus Juriquilla, Querétaro. MEXICO, 29 p.

Aranda, Gómez, J.J., Luhr, J.F., Housh, T.B., Valdez-Moreno G., Chávez-Cabello, G., 2005, El volcanismo tipo intraplaca del Cenozoico tardío en el centro y norte de México: una revisión: Boletín de la Sociedad Geológica Mexicana, Volumen Conmemorativo del Centenario, Tomo LVII, 3,187-225.

Aranda-Gómez, J.J., McDowell, F.W.,1998, Paleogene extension in the southern Basin and Range Province of Mexico-Syn-depositional tilting of the Eocene red beds and Oligocene volcanic rocks in the Guanajuato mining district: International Geology Review, 40, 116-134.

Arroyo, Y. R. (2004). Características geológicas y mineralógicas e historia de extracción del Distrito de Guanajuato, México, Posibles escenarios geoquímicos para los residuos mineros. Revista Mexicana de Ciencias Geológicas, 274.

Asuad, S, N., Vazquez, R, C, 2014., Marco lógico de la investigación científica, Agosto 2014., <http://www.economia.unam.mx/cedrus/descargas/Metodo%20Cientifico.pdf>

Bronw, R. F. (2015). NI43-101 TECHNICAL REPORT ON THE GUANAJUATO MINE COMPLEX CLAIMS AND MINERAL RESOURCE ESTIMATIONS FOR THE GUANAJUATO MINE, SAN IGNACIO MINE, AND EL HORCON PROJECT. Great Panther Silver Limited. Vancouver,B.C. Canada : Seymour Street.

Brown, R. F., Nourpour, M., 2020, NI 43-101 MINERAL RESOURCE UPDATE TECHNICAL REPORT ON THE GUANAJUATO MINE COMPLEX, GUANAJUATO AND SAN IGNACIO OPERATIONS, GUANAJUATO STATE, MEXICO., Great Panther Silver Limited. Vancouver,B.C. Canada : Seymour Street.

Campa, M.F., Coney,P.J., 1983, Tectono-stratigraphic Terranes and mineral resource distribution in Mexico: Canadian Journal of -earth Sciences, 20(6), 1040-1051.

Camprubí, A., Albinson, T., 2007, Epithermal deposits in México—Update of current knowledge and an empirical reclassification, Geological Society of America Special Paper 422

Camprubí, A., and Albinson, T., 2007, Epithermal deposits in México—Update of current knowledge, and an empirical reclassification, in Alaniz-Álvarez, S.A., and Nieto-Samaniego, Á.F., eds., Geology of

México: Celebrating the Centenary of the Geological Society of México: Geological Society of America Special Paper 422, p. 377–415, doi: 10.1130/2007.2422(14).

Centeno-García, E., Ruíz, J., Coney, P. J., Patchett, P. J., Ortega-Gutiérrez, F., 1993, Guerrero terrane of Mexico: its role in the Southern Cordillera from new geochemical data: *Geology*, 21, 419-422.

Centeno-García, E., Silva-Romero, G., 1997, Petrogenesis and Tectonic Evolution of Central Mexico during Triassic-Jurassic Time: México, D.F., Universidad Nacional Autónoma de México, Instituto de Geología; *Revista Mexicana de Ciencias Geológicas*, volumen 14, número 2, 1997, p. 244-260.

Chauvet, A., 2019, *Structural Control of Ore Deposits: The Role of Pre-Existing Structures on the Formation of Mineralised Vein Systems.*, University of Montpellier, Geosciences Montpellier, France., Published: 17 January 2019.

Chávez-Cabello, G., 2005, *Deformación y magmatismo Cenozoico en el sur de la Cuenca de Sabinas, Coahuila, México: Querétaro, México, Universidad Nacional Autónoma de México, tesis doctorado, 226 p*

Demant, A., 1978, Características del Eje Neovolcánico Transmexicano y sus problemas de interpretación: *Revista Instituto de Geología*, 2, 172-187.

Del Río-Varela, P., Nieto-Samaniego A., Alaniz-Álvarez S., Ángeles-Moreno E., Escalona-Alcázar F., del Pilar-Martínez, A., 2020, *Geología y estructura de las sierras de Guanajuato y Codornices, Mesa Central, México: Boletín de la Sociedad Geológica Mexicana*, 72 (1), A071019. <http://dx.doi.org/10.18268/BSGM2020v72n1a071019>.

Echegoyén-Sánchez, J., Romero-Martínez, S., Velázquez-Silva, S., 1970, *Geología y yacimientos minerales de la parte central del distrito minero de Guanajuato: Boletín Consejo de Recursos Minerales no Renovables*, v. 75, 48 p.

Edwards, D.J., 1955, *Studies of some early Tertiary red conglomerates of central Mexico: United States, Geological Survey Professional Paper*, 264-H, 153-185.

Einaudi, M.T., Hedenquist, J.W., and Inan, E.E., 2003, Sulfidation state of fluids in active and extinct hydrothermal systems: transitions from porphyry to epithermal environments: Society of Economic Geologists Special Publication Series, v. 10, p. 285–313.

Ferrari, L., Lopez, Martinez, M., Aguirre-Díaz, G., Carrasco-Núñez, G., 1999, Space-time patterns of Cenozoic arc volcanism in central Mexico: from the Sierra Madre Occidental to the Mexican volcanic belt: *Geology*, 27, 303-306.

Fitz, Días, E., Hudleston, P., Tolson, G., Van der Pluijm B., 2014, Progressive, episodic deformation in the Mexican Fold-Thrust Belt (central Mexico): evidence from isotopic dating of folds and faults: *International Geology Review*, 56(6), 734-755.

Gemmell, J., Simmons, S., Zantop, H., (1988), The Santo Niño Silver-Lead-Zinc Vein, Fresnillo District, Zacatecas Mexico: Part I. Structure, Vein Stratigraphy, and Mineralogy. *Economic Geology*. Vol. 83, 1988, pp 1597-1618.

Gómez-Tuena, A., Orozco-Esquivel, M., Luca Ferrari., 2005, Petrogénesis ígnea de la Faja Volcánica Transmexicana : Centro de Geociencias, Universidad Nacional Autónoma de México, Campus Juriquilla, Apartado postal 1-742, Querétaro, Qro., 76001, México.

Gross, W. H., 1975, New ore discovery and source of silver-gold veins, Guanajuato, Mexico: *Economic Geology*, 70, 1175-1189.

Haldar, S.K., 2013. *Mineral Exploration: Principles and Applications*. Elsevier. 334p.

Hedenquist, W.J., Izawa, E., Arribas, A., White, C.N., 1996, Epithermal gold deposits: styles, characteristics, and exploration. *Resource Geology Special Publication Number 1*. Published by the Society of Resource Geology. Printed in Japan by Komiyama Printing Co, Ltd. Tokyo.

Hedenquist, J.W., Arribas, A. Jr., Urien-Gonzalez, E., 2000, Exploration for epithermal gold deposits, in Hagemann, S.G., Brown, P.E. (eds.), *Gold in 2000: Society of Economic Geologists, Reviews in Economic Geology*, 13, 245-277.

Jurado-Rojas, Y., 2005, Técnicas de Investigación Documental. International Thomson Editores, 236p

Labarthe–Hernández, G., Jiménez–López, L.S., Aranda–Gómez, J.J., 1995, Reinterpretación de la geología del Centro Volcánico de Ahualulco, SLP: Universidad Autónoma de San Luis Potosí, Instituto de Geología, Folleto Técnico 121

Marjoribanks, M., 2010. Geological Methods in Mineral Exploration and Mining. Springer-Verlag, 239p.

Martínez-Reyes, J., 1992, Mapa geológico de la Sierra de Guanajuato con resumen de la geología de la Sierra de Guanajuato: Universidad Nacional Autónoma de México, Instituto de Geología, Cartas Geológicas y Mineras, 8, mapa con resumen de la geología.

Martini, M., Solé, J., Garduño-Martínez, D., Pi-Puig, T., Omaña, L., 2016, Evidence for two Cretaceous superposed orogenic belts in central Mexico based on paleontologic and K-Ar geochronologic data from the Sierra de los Cuarzos: Geosphere, v. 12, no. 4, p. 1–14, doi: 10.1130/GES01275.1.

Miranda-Avilés, R., Puy-Alquiza, M.J., Omaña, L., Loza-Aguirre, I, 2016, Los depósitos clásticos pos-Laramide de la Sierra de Guanajuato: Implicaciones de su composición en la evolución tectono-sedimentaria y paleogeográfica: Estudios Geológicos 72 (2), e058. doi: <http://dx.doi.org/10.3989/egeol.42480.417>.

Nieto-Samaniego, A.F., 1992, Fallamiento y estratigrafía cenozoicos en la parte sudoriental de la Sierra de Guanajuato: Revista Instituto de Geología, UNAM. 9(2), 146-155.

Nieto-Samaniego, A.F., Alaniz-Álvarez, S.A., Camprubí-Cano, A., 2005. La Mesa Central de México: estratigrafía, estructura y evolución tectónica cenozoica: Volumen Conmemorativo del Centenario, Boletín de la Sociedad Geológica Mexicana, LVII (3), 285-317. [http://boletinsgm.igeolcu.unam.mx/bsgm/vols/epoca04/5703/\(3\)Nieto.pdf](http://boletinsgm.igeolcu.unam.mx/bsgm/vols/epoca04/5703/(3)Nieto.pdf)

Nieto-Samaniego, A.F., Báez-López, J.A., Levresse, G., Alaniz-Alvarez, S.A., Ortega-Obregón, C., López-Martínez, M., Noguez-Alcántara, B., Solé-Viñas, J., 2015. New stratigraphic, geochronological, and structural data from the southern Guanajuato Mining District, México: implications for the caldera hypothesis. *International Geology Review*, 58 (2), 246-262. <http://dx.doi.org/10.1080/00206814.2015.1072745>.

Orozco, V. F., 2014, Mineralogía y genesis del "clavo de Rayas" de la zona central de la Veta Madre de Guanajuato., Universidad Nacional Autónoma de México, Juriquilla, Queretaro, Mexico.

Orozco Villaseñor, F. J., Gonzales Partida, E., 2015, La Historia de la Minería Mexicana: EL Caso del Distrito Minero de Guanajuato, Gto., México. *Revista Internacional de Investigación e Innovación Tecnológica*, Año 2015 Página principal: www.riiit.com.mx ISSN: 2007-9753; DISTRIBUCIÓN ELECTRÓNICA.

Ortega, Gutiérrez, F., Mitre, Salazar, L. M., Roldán-Quintana, J., Aranda Petrogénesis Gómez, J. J., Morán-Zenteno, D. J., Alaniz-Álvarez, S. A., Nieto-Samaniego, Á. F., 1992, Carta geológica de la República Mexicana: quinta edición escala 1:2.000,000: México, D. F., Universidad Nacional Autónoma de México, Instituto de Geología; Secretaría de Energía, Minas e Industria Paraestatal, Consejo de Recursos Minerales, 1 mapa, texto explicativo 74 p.

Ortiz-Hernández, L.E., Choidi, M., Lapierre, H., Monod, O., Calvet, P., 1992, El arco intraoceánico alóctono (Cretácico Inferior) de Guanajuato, características petrográficas, geoquímicas, estructurales e isotópicas del complejo filoniano y de las lavas basálticas asociadas. Implicaciones geodinámicas: *Revista del Instituto de Geología*, 9(2), 126-145.

Ortiz-Hernández, L.E., Acevedo-Sandoval, O.A., Flores-Castro, K., 2003, Early Cretaceous intraplate seamounts from Guanajuato, central México: geochemical and mineralogical data: *Revista Mexicana de Ciencias Geológicas*, 20(1), 27-40.

Puy-Alquiza, M.J., Miranda-Aviles, R., Cruz-Cruz, M., Pérez-Arbizu, O., Vega-González, M., Anaznor, G., 2014, Geochemistry and depositional environment of the Losero Formation in the Mesa Central, México: Boletín de la Sociedad Geológica Mexicana, 66(3), 413-430.

Quintero-Legorreta, O., 1992, Geología de la Región de Comanja, Estados de Guanajuato y Jalisco: Universidad Nacional Autónoma de México, Instituto de Geología, Revista, volumen 10, número 1, 1992, p. 6-25.

Ramos-Arroyo, Yann R., Prol-Ledesma, Rosa M., Siabe-Grabach, Christina., 2004, Características Geológicas e históricas de extracción del Distrito de Guanajuato, México: Posibles escenarios geoquímicos para los residuos mineros., Revista Mexicana de Ciencias Geológicas, Enero 2004., <https://www.researchgate.net/publication/28072253>

Randall, J.A., Saldaña, E., and Clark, K.F., 1994, Exploration in a volcanoplutonic center at Guanajuato, Mexico: Economic Geology and the Bulletin of the Society of Economic Geologists, v. 89, p. 1722–1751.

Ruiz, R., 2007., El Método Científico y sus Etapas, México 2007. <http://www.index-f.com/lascasas/documentos/lc0256.pdf>.

Sánchez, G. J., Castillo, N. F., 2004, Inventario Físico de los Recursos Minerales del Municipio Guanajuato, Gto., Consejo de Recursos Minerales Dirección de Minas de Guanajuato, Mayo 2004.

Samaniego, A. F. (1990). Fallamiento y Estratigrafía Cenozoicos en la parte Suboriental de la Sierra de Guanajuato. Universidad Autónoma de México, Instituto de Geología, 9(2), 146-155.

Simmons, S., Gemmell, J., Sawkins, F., (1988), The Santo Niño Silver-Lead-Zinc Vein, Fresnillo District, Zacatecas Mexico: Part II. Physical and Chemical Nature of Ore-Forming Solutions. Economic Geology. Vol 83, 1988. pp 1619-1641

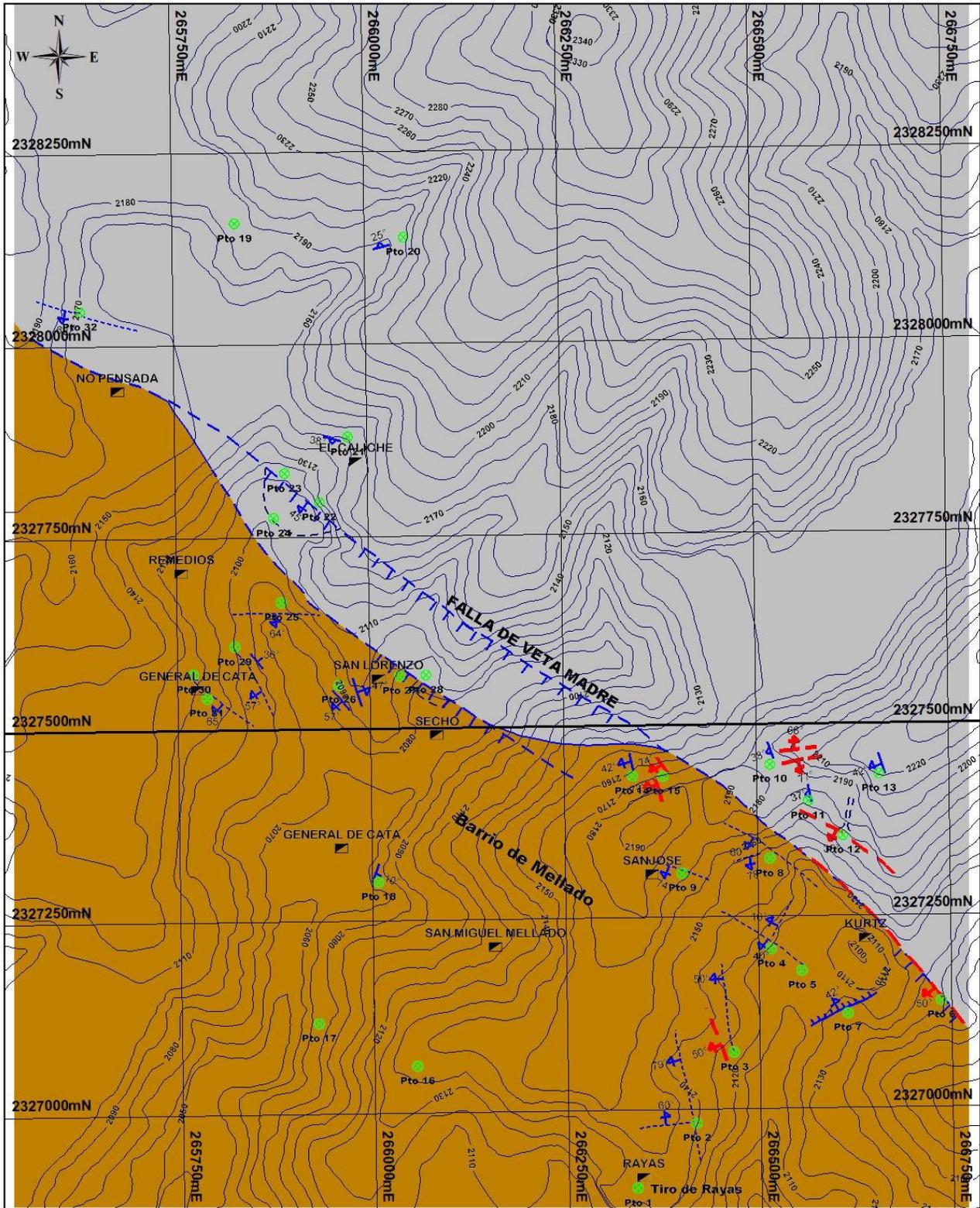
Taylor, P. S., 1971, Mineral variations in the silver veins of Guanajuato, Unpub. PhD. thesis, Dartmouth College, Hanover, New Hampshire.

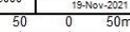
Vassallo, L. F. (1996). Estructuras Circulares y Lineales en el Distrito Minero de Guanajuato, Mexico, y su significado en la prospeccion Minera. Universidad Nacional Autonoma de Mexico, Instituto de Geologia, 13(2), 252-257.

Wandke, A., Martínez, J.,1928, The Guanajuato mining district, Guanajuato, Mexico: Economic Geology, 23(1), 1-44.

Wunder, M., 2018, NI-43-101 Mineral Resource Update Technical Report on the Guanajuato Mine Complex, Guanajuato Mine, Guanajuato State, Mexico. Great Panther Mining Limited. 101p.

Anexo I Figura AN1. Figura 5.1.1.14. Mapa Geológico de Superficie



 <p>UNIVERSIDAD DE GUANAJUATO</p>	<p>Litología</p> <ul style="list-style-type: none"> F. Conglomerado Rojo de Guanajuato F. Esperanza 	<p>Escala de Determinación</p> <ul style="list-style-type: none"> ● Fricción ● Fricción interna ● Falda Normal ● Falda Normal Invertida ● Falla <p>Escala de Manifestación</p> <ul style="list-style-type: none"> ● Manto Cuaternario ● Vetas Interiores ● Vetas Exteriores ● Vetas de Canto <p>Sim. Minas</p> <ul style="list-style-type: none"> ● Pto ● Buzo ● Antepozo ● Pozo ● Pozo Geotérmico 	<p>Scale</p> <p>1 : 5000</p> <p>50 0 50m</p>	<p>Levantamiento en Superficie</p> <p>Área Mina Los Pazos</p> <p>19-Nov-2021</p>	<p>Universidad de Guanajuato</p> <p>Departamento de Minas, Metalurgia y Geología</p>	<p>Proyecto: Tesis Profesional</p> <p>Dibujo: María Guadalupe Valtierra Millán</p>
						

Anexo II

Tabla AN2. Muestra un resumen de los datos geológicos colectados en la cartografía de superficie.

Punto		Este	Norte	Elevación	Afloramiento	Datos Estructurales
1		266 342	2 326 900	2 142 msnm	Tiro de Rayas	-
2		266 419	2 326 985	2 135 msnm	F. Conglomerado Rojo de Guanajuato	Frac. 288°/53°NE, 170°/79°SW, 160°/77°SW, 262°/60°NW
3		266 466	2 327 079	2 130 msnm	F. Conglomerado Rojo de Guanajuato	Frac. 130°/59°SW, 145°/67°SW, 170°/65°SW; Vetilla: 162°/50°SW, 158°/40°SW
4		266 519	2 327 210	2 116 msnm	F. Conglomerado Rojo de Guanajuato, con Falla	120°/43°SW, 205°/70°NW
5		266 558	2 327 182	2 114 msnm	Punto visual a reliz de Veta Madre sobre panorámica a 64mts	A 64 metros de la carretera panorámica con rumbo de 74°NE
6		266 738	2 327 141	2 130 msnm	Veta-Falla Normal	142°/50° SW, Pich 80°SE
7		266 615	2 327 127	2 117 msnm	Falla Normal en F. Conglomerado Rojo de Guanajuato	245°/42°NW
8		266 517	2 327 327	2 145 msnm	Fractura en F. Conglomerado Rojo de Guanajuato	Frac. 103°/65°SW, 124°/50°SW, 95°/49°SE, 76°/78°SE
9		266 404	2 327 261	2 154 msnm	Fractura en F. Conglomerado Rojo de Guanajuato	Frac. 110°/74°SW, 90°/74°SW

10		266 517	2 327 461	2 185 msnm	Filita gris-oscura con clorita y vetillas de cuarzo	Vetilla: 270°/68°N, 78°/77°SE, Foliación: 160°/38°SW
11		266 566	2 327 404	2 172 msnm	Filita Peelítica con grafito con microplegamiento y crenulación	Crenulación: 170°/37°SW
12		266 611	2 327 357	2 167 msnm	Contacto Veta, Socavón, Filita Carbonosa - Filita Peelítica	Veta: 115°/35°SW, Socavón 1.50x1.80mts a 15°NE
13		266 339	2 327 440	2 154 msnm	Lutita/Arenizca volcánica	Frac. 167°/42°SW, 160°/35°SW, 160°/60°SW
14		266 378	2 327 437	2 166 msnm	Brecha volcánica, con vetillas de cuarzo drusico con fracturas	Frac. 148°/74°SW, 160°/72°SW
15		266 060	2 327 063	2 131 msnm	F. Conglomerado Rojo de Guanajuato	-
16		265 928	2 327 122	2 072 msnm	F. Conglomerado Rojo de Guanajuato	-
17		266 005	2 327 302	2 072 msnm	F. Conglomerado Rojo de Guanajuato, con facies finas de arenizca-limilita	Estratificación: 22°/10°SE, Falla 195°/78NW
18		265 844	2 328 165	2 189 msnm	Meta-Sedimentos, protolito: margas	-
19		266 046	2 328 142	2 197 msnm	Meta-Sedimentos, protolito: Margas/Lutitas	Foliación: 255°/25°NE
20		265 925	2 327 883	2 145 msnm	Filita/Muscovita/Serisita	foliación: 106°/38°NE
21		265 942	2 327 796	2 140 msnm	Falla Grande, Filita con hidróxido de Hierro, Sericita y Limolita	-

22		265 891	2 327 837	2 122 msnm	Filita/Muscovita/Serisita	foliación: 130°/36°SW
23		265 896	2 327 771	2 108 msnm	Patio de terreno de Falla	-
24		265 874	2 327 718	2 100 msnm	Conglomerado con predominancia de arenizca con estrat. Horizontal y Frac.	E-W/64°S
25		265 956	2 327 557	2 096 msnm	Bloque de Fallas/Frac en Conglomerado con predominancia de arenizca con estrat. Horizontal	Falla: 142°/57°SW, Frac: 345°/47°NE, Estra. 100°/22°SW
26		266 037	2 327 573	2 088 msnm	Roca Ígnea dasita? dique-estrato	-
27		266 072	2 327 574	2 087 msnm	Roca Ígnea dasita?, Socavón Grande	125°/52°SW
28		265 821	2 327 611	2 099 msnm	Conglomerado con predominancia de arenizca	Estratificación: 324°/36°NE, Fractura a 150°/57°SW
29		265 766	2 327 634	2 119 msnm	F. Conglomerado Rojo de Guanajuato	128°/65°SW
30		265 787	2 327 541	2 120 msnm	Tiro de Cata	-
31		265 632	2 328 046	2 165 msnm	Roca Meta-Volcánica con Frac. - Falla	105°/62°S

Anexo III

Tabla AN2. Tabla de Excel que muestra los datos de muestreo en nivel 390N “mina Los Pozos”

Numero de muestra	Local_este	Local_Norte	Local_RI	Ancho de muestra	Au	Ag	Ag Equi
10177	1427.323	-3128.659	1735	1.5	0.06	3	85.18
10178	1428.08	-3128.227	1735	1.5	0.06	4	85.24
284393	1392.702	-3084.931	1713.516	1.2	0.02	9	85.18
284394	1391.663	-3085.531	1713.516	1.2	0	5	85
1104052	1387.303	-3050.771	1714.142	1.1	2.79	793	2297.47
1104114	1388.547	-3049.987	1717.302	0.7	1.37	463	719.31
1104115	1388.074	-3050.131	1717.797	1.2	0.043	15	85.645
27589	1360.342	-3062.236	1715.37	0.8	2.71	149	488.79
27590	1360.571	-3063.102	1715.37	1.1	1.03	293	386.79
27591	1360.819	-3064.042	1715.37	1	0.58	418	327.44
27592	1361.043	-3064.891	1715.37	1	0.37	197	157.89
1104062	1370.436	-3034.085	1714.1	1.4	1.87	912	1790.44
1104061	1370.493	-3036.416	1714.1	1.5	1.71	686	1258.06
27853	1341.854	-3037.728	1715.848	1.5	1.47	362	617.14
27854	1340.195	-3037.852	1715.848	1.5	0.29	55	100.95
27855	1338.902	-3037.948	1715.848	1.5	0.02	3	85.06
65298	1316.5	-2996.58	1714.459	1.1	0.02	6	85.12
65301	1317.096	-2995.857	1714.459	0.9	0.07	22	86.54
65302	1317.338	-2994.99	1714.459	0.9	0.02	5	85.1

65303	1317.771	-2994.109	1714.459	1.1	1.24	523	733.52
65304	1318.506	-2993.38	1714.459	1	0.13	51	91.63
101318	1263.177	-2957.603	1709.763	0.8	0.18	50	94
101321	1262.663	-2958.216	1709.763	1.2	9.97	171 0	17133.7
101322	1261.891	-2959.135	1709.763	1	0.02	6	85.12
101323	1261.249	-2959.901	1709.763	1.2	0.04	6	85.24
101324	1260.477	-2960.82	1709.763	1.2	0.05	10	85.5

Tabla AN2. Tabla de Excel que muestra los siguientes datos: nombre de las muestras (número de muestra), las coordenadas en 3D para ubicarlas en el espacio con coordenadas locales (Local_East, Local_North y Local RI), el ancho de la muestra, y los resultados de ensaye de laboratorio de Au y Ag; además me agrega una columna extra denominada Ag Equi que representa la equivalencia de Ag respecto al Au.