



**EXPLORACIÓN, IDENTIFICACIÓN Y ANÁLISIS LITOLÓGICO DE DEPÓSITOS
AURÍFEROS EN EL MUNICIPIO DE REMEDIOS, ANTIOQUIA**

RUBÉN MAURICIO VARGAS PABÓN

**UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER
FACULTAD DE INGENIERIAS FISICOQUÍMICAS
ESCUELA DE GEOLOGÍA
BUCARAMANGA**

2013



**EXPLORACIÓN, IDENTIFICACIÓN Y ANÁLISIS LITOLÓGICO DE DEPÓSITOS
AURÍFEROS EN EL MUNICIPIO DE REMEDIOS, ANTIOQUIA**

RUBÉN MAURICIO VARGAS PABÓN

**Trabajo de grado modalidad práctica empresarial, para optar al título de
Geólogo**

Director

LUIS ENRIQUE CRUZ GUEVARA

Geólogo

**UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER
FACULTAD DE INGENIERIAS FISICOQUÍMICAS
ESCUELA DE GEOLOGÍA
BUCARAMANGA**

2013



A Dios, familia y amigos.



Agradezco inmensamente a Dios, mi gran compañero y maestro.

A mis padres y hermanos por ser el pilar fundamental en todo lo que soy, en toda mi educación, tanto académica, como de la vida, por su incondicional apoyo perfectamente mantenido a través del tiempo.

A la empresa Quintana SAS, a sus trabajadores y a todo el equipo de geología quienes me brindaron la oportunidad de iniciar mi experiencia en el campo laboral.

Al maestro Luis Cruz por sus grandes consejos y motivación para la culminación de mi estudio profesional, al profesor Julián López por su orientación para la elaboración de esta tesis.

A Ivón Otero por siempre estar a mi lado apoyándome y brindándome su amistad fiel, sincera y de hermandad.

Agradezco al lector por su tiempo y entusiasmo en leer mis consideraciones y mi experiencia.

TABLA DE CONTENIDO

	Pág.
INTRODUCCIÓN	22
1.1 LICENCIA 6173 MINA QUINTANA.	25
1.2 LICENCIA 6002 MINA ROSALEDA.	26
2 OBJETIVOS.....	27
2.1 OBJETIVO GENERAL	27
2.2 OBJETIVO ESPECIFICOS:	27
3 GEOLOGÍA DEL ÁREA DE ESTUDIO.....	28
3.1 MARCO TECTONICO.....	29
3.2 GEOLOGÍA ESTRUCTURAL.....	33
Falla Bagre.....	36
Falla Nús.....	36
Falla Otú.....	36
3.3 GEOLOGIA LOCAL DE LOS MUNICIPIOS DE REMEDIOS- SEGOVIA. 37	
3.3.1 NEISES CUARZO FELDESPÁTICOS DE SAN LUCAS	37
3.3.2 GRANODIORITA DE SANTA ISABEL (STOCK AL SUR DEL MUNICIPIO SANTA ISABEL).....	38
3.3.3 COMPLEJO CAJAMARCA.....	38
3.3.4 SEDIMENTITAS AL ESTE DE SEGOVIA	39
3.3.5 BATOLITO DE SEGOVIA.....	39
3.3.6 ALUVIONES DEL RIO ITÉ (CUATERNARIO).....	40
3.4 GÉNESIS DE LA MINERALIZACIÓN EN LAS VETAS DE CUARZO	41
3.5 POTENCIAL MINERO.....	44
4 MARCO TEÓRICO	47
4.1 MAPAS GEOLOGICOS	47
4.2 CARTOGRAFIA MINERA	48



4.3	REGISTRO DE NÚCLEOS	51
5	METODOLOGIA	53
5.1	RECOPIACIÓN BIBLIOGRÁFICA.....	53
5.2	ACTIVIDADES REALIZADAS DURANTE LA PRÁCTICA EMPRESARIAL	53
5.3	CARACTERIZACIÓN DE LOS POZOS; PORCENTAJE RQD, LOGEO Y TOMA DE FOTOGRAFÍAS:.....	53
5.4	CORTE Y PREPARACIÓN DE MUESTRAS	60
5.4.1	Cortes longitudinales	61
5.5	CARTOGRAFÍA Y ANÁLISIS LITOLÓGICO DE LA MINA.....	62
5.6	RECOLECCIÓN, DESCRIPCIÓN Y ORGANIZACIÓN DE MUESTRAS DE SEDIMENTOS Y ROCA.	64
5.6.1	Muestra Waypoint 6001.....	65
5.6.2	Muestra Waypoint: 6002.....	66
5.6.3	Muestra Waypoint: 6003.....	67
5.6.4	Muestra Waypoint: 6004.....	68
5.6.5	Muestra Waypoint: 6005.....	69
5.6.6	Muestra Waypoint: 6006.....	70
5.6.7	Muestra Waypoint: 6007.....	71
5.6.8	Muestra Waypoint: 6008.....	73
5.6.9	Muestra Waypoint: 6017.....	77
6	RESULTADOS	78
6.1	CARTOGRAFIA MINA QUINTANA.....	78
6.1.1	Veta mineralizada tipo 1	78
6.1.2	Veta mineralizada tipo 2	79
6.1.3	Veta mineralizada tipo 3	80
6.1.4	Veta mineralizada tipo 4.....	82
6.1.5	Veta mineralizada tipo 5	83



6.2	LOGGING	86
6.3	MUESTRAS DE SEDIMENTOS Y ROCA	87
7	DISCUSIÓN	89
	CONCLUSIONES	91
	BIBLIOGRAFÍA	94
	ANEXO 1.....	100

LISTA DE FIGURAS

	Pág.
FIGURA 1. Localización del proyecto minero Quintana SAS. Coordenadas de las licencias 6173 Mina Quintana y 6002 Rosaleda norte 1.283.000 y 1.267.000 y este 935.000 y 945.000. Tomado de Google maps 27/09/2012.	23
FIGURA 2. Vías de acceso al Municipio de Remedios desde la ciudad de Medellín, pasando por los diferentes corregimientos y veredas de la región. Tomado de e.g. González (2001).	24
FIGURA 3. Vista aérea panorámica de la Mina Quintana. Tomado de Diego Quintero (2012).	25
FIGURA 4. Esquema geotectónico del megabloque Norandino donde se encuentra Colombia. Los sub bloques estructurales están sobrepuestos a los límites y fronteras de los conocidos terrenos litológicos. Tomado de Montes et al., (2004).	30
FIGURA 5. Perfil geológico esquemático de Colombia a la altura del paralelo N 7º. Se representa una tomografía donde se evidencian los eventos tectono magmáticos después de un proceso de colisión. En la Cordillera Central se observan los diques de andesitas porfídicas que cortan los intrusivos y metamorfitas y desde ellos las estructuras filonianas de oro orogénico, conformado el complejo metalogénico colisional del norte de la Cordillera Central. Tomado de Rodríguez et al., (2007).	31
FIGURA 6. Mapa geológico del Noreste Antioqueño mostrando el Batolito de Segovia con las mineralizaciones y el cañón del río Pocuné. Tomado de Ordóñez et al., (1999).	33
FIGURA 7. Esquema Geológico de la Diorita de Segovia. Tomado de González et al., (2002).	41

FIGURA 8. Tenores y tonelajes promedios de mineralizaciones de Oro correlacionables a las mineralizaciones de distrito minero de Remedios (a) Grafico de Tonelajes Medios, Depósitos Vetíticos de Oro en Cuarzo. N=313. (b) Grafico de Concentraciones de oro y plata en g/ton, Depósitos Vetíticos de Oro en Cuarzo. N=313. Fuente: Berger, (1986). 46

FIGURA 9. Ejemplo de "cartografiar a la altura de la pecho". Note el plano teórico marcado por la línea de segmento de color rojo. Tomado de Marjoribanks, R, (2010). 49

FIGURA 10. Forma correcta de obtener un buzamiento real, en donde se debe general un plano uniendo los dos puntos de la pared donde está la abertura del nivel y así se tendrá la inclinación verdadera y no aparente. Tomado de Marjoribanks, R, (2010)..... 51

FIGURA 11. Formas para reconocer fallas frágiles y dúctiles en testigos, en donde se observan desplazamientos, zonas muy fracturadas y espacios con pliegues unidos y distantes. Tomado de Marjoribanks, R 2010..... 52

FIGURA 12. Medición de RQD para un núcleo de 2 m de largo. Tomado de Deere et al., (1967). 54

FIGURA 13. Granodiorita con presencia de alteración propilítica. Nótese Epidotas (Ep) Remplazando parcialmente a Plagioclasas y Cloritas (Cl) Remplazando Biotitas primarias y hornblendas en la matriz. 57

FIGURA 14. Alteración clorítica perteneciente al pozo RS-11. 58

FIGURA 15. Vetilla de cuarzo con presencia de silicificación y minerales de piritita y calcopiritita. 59

FIGURA 16. Fotografía analizada del pozo QS02 (Qs= Quintana Sur), en donde se observa venilla de cuarzo de 10 cm con presencia de piritita del 1%, y una zona de cizalla (shear zone) en donde ocurre una gran alteración clorítica y argílica. 60



FIGURA 17. Arreglo y toma de fotografía digital del pozo QS10.	60
FIGURA 18. Veta de cuarzo oxidada del pozo Rs-06 (RS= Rosaleda) con presencia de sulfuros Pirita 3%, galena 1%, esfalerita 1%. La muestra es cortada en partes iguales y enviada al laboratorio dando como resultado 12g/t de oro.	61
FIGURA 19. Cartografía Mina Quintana Nivel 2 parte Sur, se observan cambios significativos de espesor de la veta.....	63
FIGURA 20. Cartografía mina Quintana nivel 2 parte Norte, se observa una continuidad lateral de la veta y un buzamiento casi homogéneo.	63
FIGURA 21. Muestra inicial. Desde este punto y cada 10 m se realizó una medición.....	64
FIGURA 22. Drenaje muestreado, en donde la litología sobresaliente son arenas gruesas de tipo anguloso.	65
FIGURA 23. Sedimentos que conforma la 6001.	66
FIGURA 24. Drenaje 2 muestreado, con predominio de arenas de tamaño medio a grueso de coloración café oscuro.	67
FIGURA 25. Sedimentos que conforman la muestra 60022. Se evidencia pirita y esfalerita en trazas.	67
FIGURA 26. Drenaje 4 Muestreado. Predominio de arenas de tamaño medio de coloración gris a marrón claro.	68
FIGURA 27. Sedimentos que conforman la muestra 60024. Se evidencia pirita y galena en trazas.	69

FIGURA 28. Drenaje 5 Muestreado compuesto por conglomerados y arenas de grano medio. 70

FIGURA 29. Sedimentos que conforman la muestra 60025. Se evidencia moscovita y albitas de gran tamaño. 70

FIGURA 30. Veta de cuarzo de 22 cm con presencia de sulfuros en baja cantidad y a 15 cm de la superficie de la carretera que comunica al Municipio de Remedios con la Hidroeléctrica. 71

FIGURA 31. Veta de cuarzo, donde se extrajo la muestra 60026. La dirección que presenta es N40E/21N. 71

FIGURA 32. Veta de cuarzo, se presenta con poca oxidación. Se extrae la muestra 60027. 72

FIGURA 33. La dirección que presenta la Veta de Qz es N80E/65N y se extiende por 15 m en superficie sobre la vía. 73

FIGURA 34. Bocamina de la mina Corazones con dirección N85E/-25. 74

FIGURA 35. Veta de cuarzo mineralizada, localizada en el primer nivel de la mina Corazones. Presenta fracturamiento y textura deleznable. Se extrae la muestra 600211. 74

FIGURA 36. Veta de cuarzo mineralizada con presencia de pirita, galena y pirrotina está localizada en el segundo nivel de la mina Corazones en el sector el río. Se extrae la muestra 60028. 75

FIGURA 37. Veta de cuarzo mineralizada, localizada en el segundo nivel de la mina Corazones en el sector el muro. Se extrae la muestra 60029. 75



FIGURA 38. Veta de cuarzo mineralizada, Se evidencian cambios bruscos en el espesor de esta, probablemente por pequeñas fallas locales que alteran el sistema. Se localizada en el segundo nivel de la mina Corazones en la parte central de la galería. Se extrae la muestra 600210.	76
FIGURA 39. Esquema de la Mina Corazones, en donde se detallan en puntos rojos las muestras que se recolectaron y el numero consecutivo que se les asigno para su correspondiente análisis en el laboratorio de la mina Quintana.	76
FIGURA 40. Túnel de minería ilegal abandonado, Se observa Veta de cuarzo de 12 cm de espesor sin sulfuros.	77
FIGURA 41. Veta de cuarzo poco fracturada, sin sulfuros.	77
FIGURA 42. Veta de Qz mineralizada de 40 cm ubicada en el nivel 2 de la mina Quintana.	80
FIGURA 43. Descripción del tramo 50m que presenta prospectividad de mineralización en el nivel 3 de la zona sur de la Mina Quintana.	81
FIGURA 44. Descripción zona de falla afectando la veta de Qz mineralizada del tramo 90 m nivel 3 de la mina Quintana. Foto del techo del túnel.	82
FIGURA 45. Veta de cuarzo inerte de 1,20 m en contacto en su parte superior con esquisto clorítico y venillas de Qz, infrayaciendo la veta de Qz productora.	83
FIGURA 46. Nivel 6 de la Mina Quintana donde se encuentra veta de cuarzo mineralizada de 30 cm, muy diaclasada y con presencia de sulfuros en baja cantidad.	84
FIGURA 47. Núcleo correspondiente al pozo Qs-03 en donde se observa la granodiorita cloritizada con venillas de pirita en sus fracturas.	86



FIGURA 48.Perfil de los pozos Qs 1,2,3 y 4 en donde se evidencia que en los primeros metros luego del saprolito se encuentra un dique andesítico seguido de una zona de cizalla y roca de tipo granodiorita para luego en los pozos Qs02 y Qs04 encontrar la veta de cuarzo de 10 a 15 cm de espesor. Software utilizado Autocad 2011..... 87

FIGURA 49. Tendencias preferenciales de los alineamientos estudiados en la Región del Nordeste Antioqueño. Se observan estructuras geológicas que se sobre imponen al carácter regional. 101



LISTA DE TABLAS

	Pág.
Tabla 1. Metodología de cómo se describe el sector en donde se encuentra la veta.....	63
Tabla 2. Recopilación de los 5 tipos de vetas productoras cartografiadas en la Mina Quintana.	85
Tabla 3.Resultados Muestreo Rosaleda.	87



LISTA DE ANEXOS

	Pág.
ANEXO 1.....	101

RESUMEN

Título: Exploración, identificación y análisis litológico de depósitos auríferos en el Municipio de Remedios, Antioquia *.

Autor: Rubén Mauricio Vargas Pabón**.

Palabras claves: Batolito de Segovia, Stock de Santa Isabel, Clasificación de núcleos, Quintana SAS 6173, Rosaleda 6002, Mineralización.

Los trabajos que desarrolla la empresa Quintana S.A.S en las concesiones (Quintana SAS 6173 y Rosaleda 6002) se dan siguiendo dos parámetros, el primero es la obtención total de minerales metálicos en áreas anómalas donde se ha probado que existe una alta mineralización y el segundo está dado por la búsqueda de nuevas vetas o la continuidad de las existentes utilizando los criterios dados por el departamento de geología de la compañía.

El fin principal de la práctica es localizar y analizar anomalías auríferas favorables para la explotación minera en las dos concesiones otorgadas a la empresa, además servir de apoyo al geólogo sénior de exploración en la planificación y ubicación de pozos exploratorios, determinar dirección de las vetas principales encontradas, todo esto desarrollando diversas tareas como la clasificación de núcleos, cartografía subterránea, muestreo de suelos, análisis litológicos, etc.

Las condiciones geológicas del sitio de trabajo están dadas por el emplazamiento del Batolito Antioqueño en el Batolito de Segovia exactamente sobre un cuerpo alargado de dirección N25°W denominado Stock de Santa Isabel (Feininger et al., 1972).

En el siguiente informe se mostrarán las diferentes actividades desarrolladas durante los meses de Junio, Julio, Agosto y Septiembre de 2012 en el marco de una práctica empresarial desarrollada en la empresa Quintana SAS y la recopilación de información geológica del área así como discusiones sobre el tipo de yacimiento mineral que se desarrolló en el lugar. En donde se logró obtener la ubicación y análisis de cinco vetas mineralizadas, la clasificación de núcleos de diversas series (QS, QN, QM y RS), la exploración de terreno en la concesión 6002 y la cartografía subterránea de los 6 niveles de la mina.

*Proyecto de grado modalidad práctica empresarial.

*Facultad: Físicoquímicas, Escuela: Geología, Director: Luis Enrique Cruz Guevara.

ABSTRACT

Title: Exploration, lithologic identification and analysis of gold deposits in the Municipality of Remedios, Antioquia*.

Writer: Rubén Mauricio Vargas Pabón **.

Keywords: Segovia Batholith, Stock of Santa Isabel, classification of core, Quintana SAS 6173, Rosaleda 6002, Mineralization.

The work developed by the company in concessions Quintana SAS (Quintana SAS 6173 and Rosaleda 6002) are given according to two parameters, the first is to obtain total anomalous metallic minerals in areas where it has been proven that there is a high mineralization and second is given by the search for new veins or existing continuity using the criteria given by the geology department of the company.

The main purpose of the practice is to locate and analyze anomalies favorable for gold mining in the two concessions granted to the company in addition to support the senior geologist in exploration planning and location of exploratory wells, determine direction of the main veins found, all developing various tasks such as classification of cores, underground mapping, soil sampling, lithological analysis, etc.

The geological conditions of the workplace are given by the location of the Antioquia Batholith in Segovia Batholith exactly on an elongated body of N25 ° W direction called Stock of Santa Isabel (Feininger et al., 1972).

The following report will show the different activities carried out during the months of June, July, August and September 2012 as part of a business practice developed in the company Quintana SAS and collecting geological information of the area as well as discussions on the type of mineral deposit that developed at the site. Where it was possible to obtain the location and analysis of five mineralized veins, the classification of various series cores (QS, QN, QM and RS), exploration concession of land in 6002 and underground mapping of the 6 levels of the mine.

* Draft mode degree business practice.

**Faculty: Physicochemical School: Geology, Director: Luis Enrique Cruz Guevara.

INTRODUCCIÓN

La exploración y explotación minera dada en el Departamento de Antioquia que está localizada en la región noroccidental de Colombia, sobre la cadena montañosa de los Andes, en las cordilleras Central y Occidental. Esta actividad ha generado en los últimos años gran importancia en el ámbito económico dada la gran cantidad de minerales metálicos que posee, en especial de esta región, en donde se encuentran múltiples empresas mineras como Zandor Capital SA, Gran Colombia, La Yurani y Quintana S.A.S. entre otras.

En este campo entra la labor geológica en la búsqueda incansable de reservas auríferas sobre yacimientos minerales en las aéreas en donde se tienen concesiones otorgadas por el ministerio de minas, en especial en los municipios de Remedios y Segovia en donde se encuentra un cuerpo plutónico compuesto por dioritas y cuarzodioritas en el que se ha generado una importante mineralización de Au-Ag (Feininger et al., 1972).

En esta zona se desarrolló la práctica empresarial en convenio con la Universidad Industrial de Santander y la Empresa Mineral Quintana S.A.S.

Actualmente la empresa Quintana SAS cuenta en este distrito minero con las licencias: Vegachi (Licencia 7123), Cabuyal (Licencia 7121), San Roque (Licencia 7218), Quintana (Licencia 6173), Rosaleda (Licencia 6002) y Matrona (Licencia 8411). En la licencia 6173 (Mina Quintana) se realizan trabajos de explotación y en las otras se desarrolla exploración para aumentar recursos. El proyecto minero Mina Quintana (FIGURA 1) está actualmente inmerso en un proceso de exploración y explotación de 192 hectáreas de terreno cuyo subsuelo contiene depósitos de oro, plata y zinc.

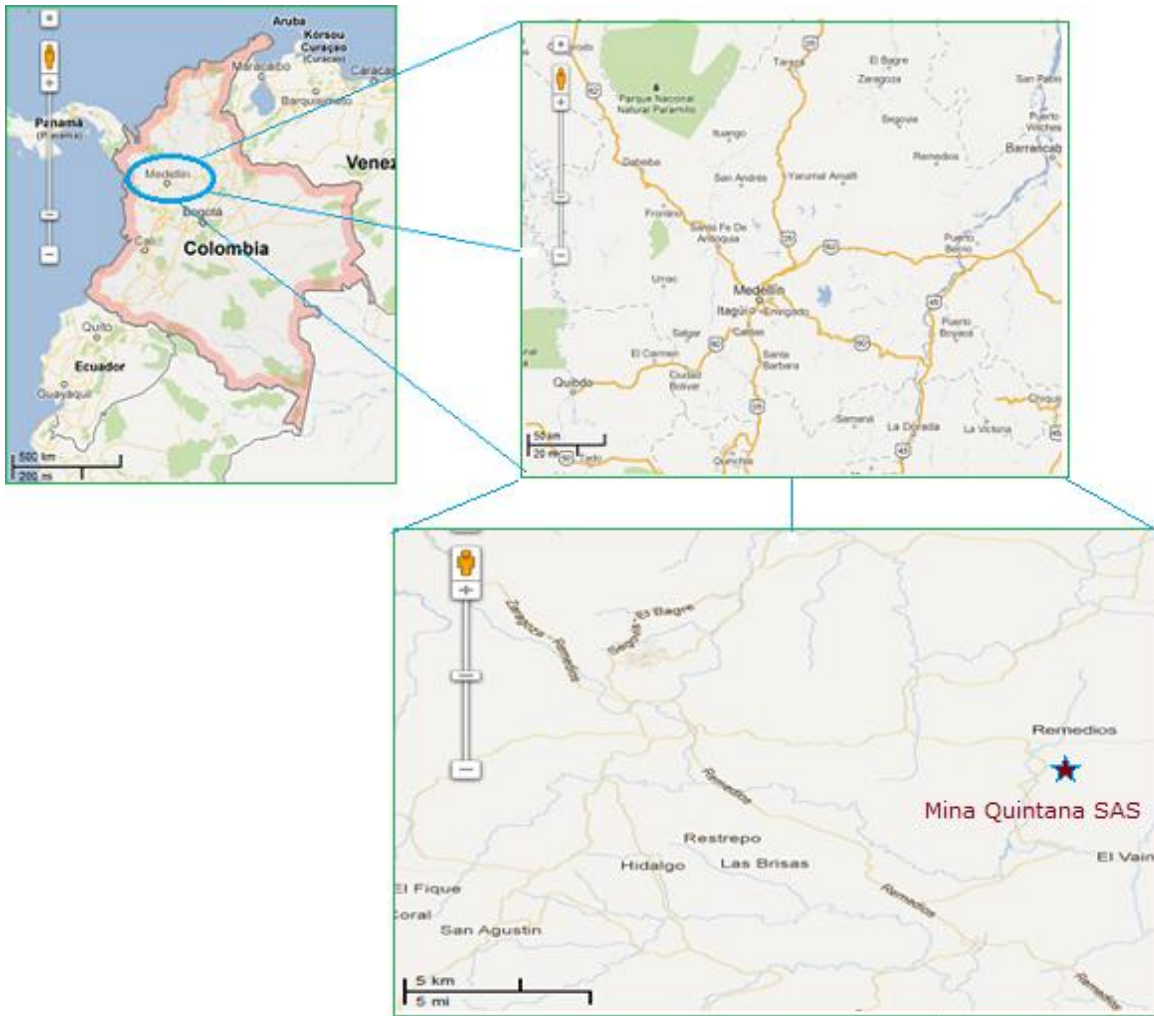


FIGURA 1. Localización del proyecto minero Quintana SAS. Coordenadas de las licencias 6173 Mina Quintana y 6002 Rosaleda norte 1.283.000 y 1.267.000 y este 935.000 y 945.000. Tomado de Google maps 27/09/2012.



El área de estudio se encuentra a una distancia aproximada de 200 kilómetros de Medellín, se accede por vía terrestre, por una carretera en su mayoría destapada y en regular estado, este servicio lo realizan las empresas de transportes Segovia y Flota Nordeste con una duración de seis horas. También hay acceso por vía aérea desde el Aeropuerto Olaya Herrera en Medellín al aeropuerto Alberto Jaramillo Sánchez de Otú, servicio que cubre en estos momentos la empresa ADA, con vuelo aproximado de media hora, las vías de acceso se ilustran en la FIGURA 2.

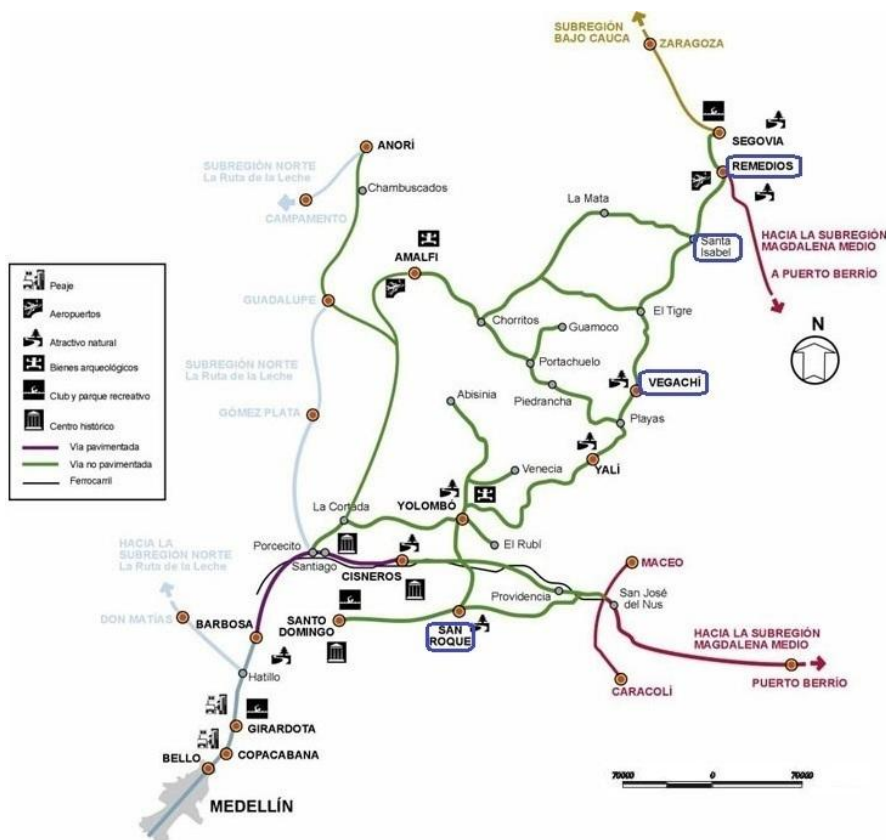


FIGURA 2. Vías de acceso al Municipio de Remedios desde la ciudad de Medellín, pasando por los diferentes corregimientos y veredas de la región. Tomado de e.g. González (2001).

La práctica empresarial se desarrolla dentro de 2 de las 7 licencias que posee la empresa, las licencias “6173” Mina Quintana y la “6002” Mina Rosaleda.

1.1 LICENCIA 6173 MINA QUINTANA.

En la Mina Quintana (Licencia 6173) (FIGURA 3) se sigue una veta de cuarzo principal de rumbo norte-sur buzando al este con predominio de pirita, galena, esfalerita y pirrotina. La mina está dividida en 2 sectores, norte y sur, y está distribuida en 6 niveles de explotación que aumentan con la profundidad. El espacio entre un nivel y el otro es de 40 metros aproximadamente, los primeros 3 arrojan tenores de 58 g/ton al sur, siendo estos valores los más altos de toda la explotación que se lleva a cabo actualmente y sugiriendo que este sector es el más productivo.



FIGURA 3. Vista aérea panorámica de la Mina Quintana. Tomado de Diego Quintero (2012).



1.2 LICENCIA 6002 MINA ROSALEDA.

En esta licencia se desarrollan dos vetas mineralizadas, la Veta Valencia con dirección (este- oeste) y la Veta Corazones con dirección (norte-sur). El análisis de núcleos ha arrojado vetas de 30 cm con alto porcentaje de sulfuros, esta licencia en el momento se encuentra en etapa de exploración.

2 OBJETIVOS

2.1 OBJETIVO GENERAL

Explorar, localizar y analizar litológicamente depósitos auríferos en el Municipio de Remedios, Distrito Minero Segovia- Remedios, enmarcadas en dos concesiones (Quintana 6173 y Rosaleda 6002) otorgadas a la empresa Quintana SAS.

2.2 OBJETIVO ESPECIFICOS:

- * Realizar un análisis tipo Logging de las muestras extraídas en los pozos exploratorios ubicados en 4 frentes Quintana sur, norte, mina y Rosaleda.
- * Generar una base de datos en formato .xls que contenga los datos obtenidos de los análisis realizados a los núcleos de perforación para conocer: litología, tipos de alteración, mineralización y ubicación de las vetas de Oro.
- * Medir el porcentaje de recuperación de testigos RQD extraídos de los pozos de perforación QS, QN, QM, RS.
- * Cartografiar los diferentes tipos de vetas mineralizadas que posee la mina Quintana.
- * Realizar un barrido exploratorio recolectando muestras de sedimentos y roca para ubicar sistemas anómalos en donde se almacena el oro.
- * Identificar estructuras geológicas (fallas, contactos, foliaciones, etc.) en las aéreas en donde se realiza la exploración y explotación (concesiones 6173 y 6002).

3 GEOLOGÍA DEL ÁREA DE ESTUDIO

El área del proyecto minero está localizada sobre una formación granodiorítica denominada Batolito de Segovia, el cual presenta mineralización metalífera en vetas de cuarzo y es el sitio en donde se ubica la Mina Quintana. Esta mineralización han sido inyectada a altas temperaturas en fisuras preexistentes en un intrusivo batolítico de composición que varía desde granodiorita hasta diorita.

La roca en la zona se fracturo gradualmente debido a descompresión y enfriamiento. Las fracturas abiertas sirvieron como canales para soluciones hidrotermales, ricas en minerales, diversos fluidos llenaron estas fracturas con cuarzo, oro y sulfuros, se enfriaron y cristalizaron, dando lugar a un intricado conjunto de vetas de cuarzo que posteriormente afloraron por orogénesis y erosión del material suprayacente (Rodríguez et al., 2007).

La roca ha sido poco deformada por actividad tectónica, y el conjunto original de fracturas conjugadas, portadoras de vetas auríferas, es casi ortogonal. El rasgo estructural más importante, afectando la continuidad de las vetas de cuarzo auríferas, es un conjunto de fracturas posterior a la mineralización, que generan que las vetas se encuentren en bloques pequeños y de fácil extracción para mineros artesanales.

Como fases metálicas posee pirita, calcopirita, esfalerita, galena y oro, la posición de las vetas es irregular, aunque de cierta forma ocupa las antiguas fracturas del enfriamiento del macizo.

En algunas vetas se observa cierta regularidad con tendencia NW-SE como sistema fundamental (N38°W) con buzamientos desde casi nulos hasta verticales, con predominio de los 34°NE.

Por lo general los afloramientos de las vetas se encuentran intemperizados, observándose fragmentos de veta con los minerales metálicos oxidados y la presencia de oro libre.



3.1 MARCO TECTONICO

Los eventos evolutivos en Colombia parten de sucesivos procesos tectónicos y magmáticos que se desarrollaron por encima de la subducción entre la placa de Nazca y Suramérica, en donde en el margen NW de Suramérica se desarrollaron diversas etapas de magmatismo de arco y consecuentemente la apertura de cuencas de retro arco, desarrollo de nueva corteza oceánica, así como la aproximación y acreción de fragmentos de corteza continental y corteza oceánica anómala. Todo lo anterior generó un mosaico geológico sometido a esfuerzos corticales, que resultan en un fraccionamiento de los terrenos previamente suturados, convirtiéndose en un sistema de sub bloques corticales separados por fracturas regionales (FIGURA 4), de lo cual surge el megabloque Norandino (Montes et al., 2004).

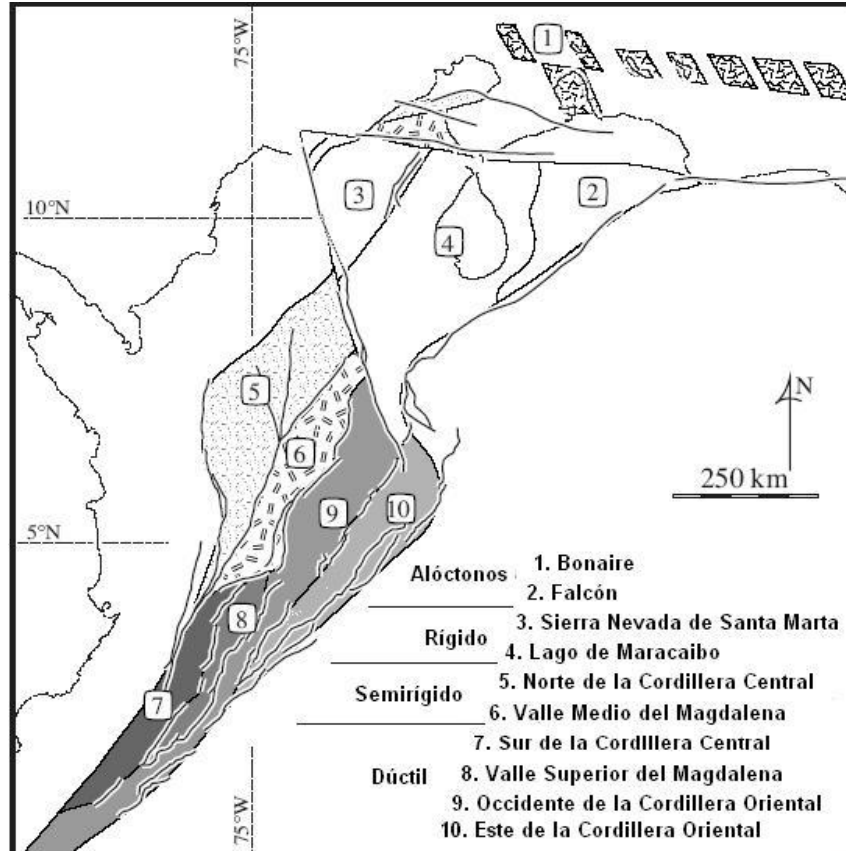


FIGURA 4. Esquema geotectónico del megabloque Norandino donde se encuentra Colombia. Los sub bloques estructurales están sobreimpuestos a los límites y fronteras de los conocidos terrenos litológicos. Tomado de Montes et al., (2004).

Como consecuencia de la orogenia de estos arcos se produjo una aleación de terrenos al borde continental cratónico de Suramérica (Chicangana, 2005).

Los diversos cambios magmáticos de arco y la presencia de fallas transcurrentes, conllevaron a la generación de eventos orogénicos a partir de los fenómenos de colisión arco-arco, cierre de cuencas marginales de varios órdenes y formación de los llamados terrenos acrecionados. Estos últimos fueron el resultado de procesos de reducción de la corteza causi-continental, relacionados con eventos magmáticos de colisiones moderadas (Rodríguez et al., 2007). Esta corteza fue generada debido al colapso de eventos sucesivos tectono-magmáticos de supra subducción que inicio con el acortamiento y obducción de la cordillera occidental y la formación de una sutura a lo largo de la zona de subducción en el sistema Romeral (Chicangana, 2005).

Todos estos episodios de continentalización y prolongación de fallamiento inverso, llevaran en que aproximadamente en 50 millones de años los depósitos generados en este sistema geológico queden expuestos en superficie, especialmente los filonianos originados en eventos tardíos de la subducción, con los complejos de colisión y orógenos posteriores al arco (Goldfarb et al., 2001).

Con esta síntesis podemos definir que los depósitos vetíticos auríferos del Distrito Remedios-Segovia son el resultado de eventos geológicos generados en arcos acrecionados que conforman una corteza causi-continental la cual colisiona con parte del continente Suramericano y forma depósitos de oro orogénico (Rodríguez et al., 2007).

En la Cordillera Central, a la altura de la latitud 7°N, en donde se localiza el Distrito Segovia Remedios coexisten los fenómenos explicados anteriormente (FIGURA 5), consistentes en fallas regionales que contactan tectónicamente terrenos metamórficos y magmáticos de arco, fracturas locales que cortan a las regionales, formando un patrón estructural que aloja un magmatismo filoniano porfídico y un sistema de filones de cuarzo aurífero de baja sulfuración, a lo cual se considera como del tipo de oro orogénico. (Rodríguez et al., 2007).

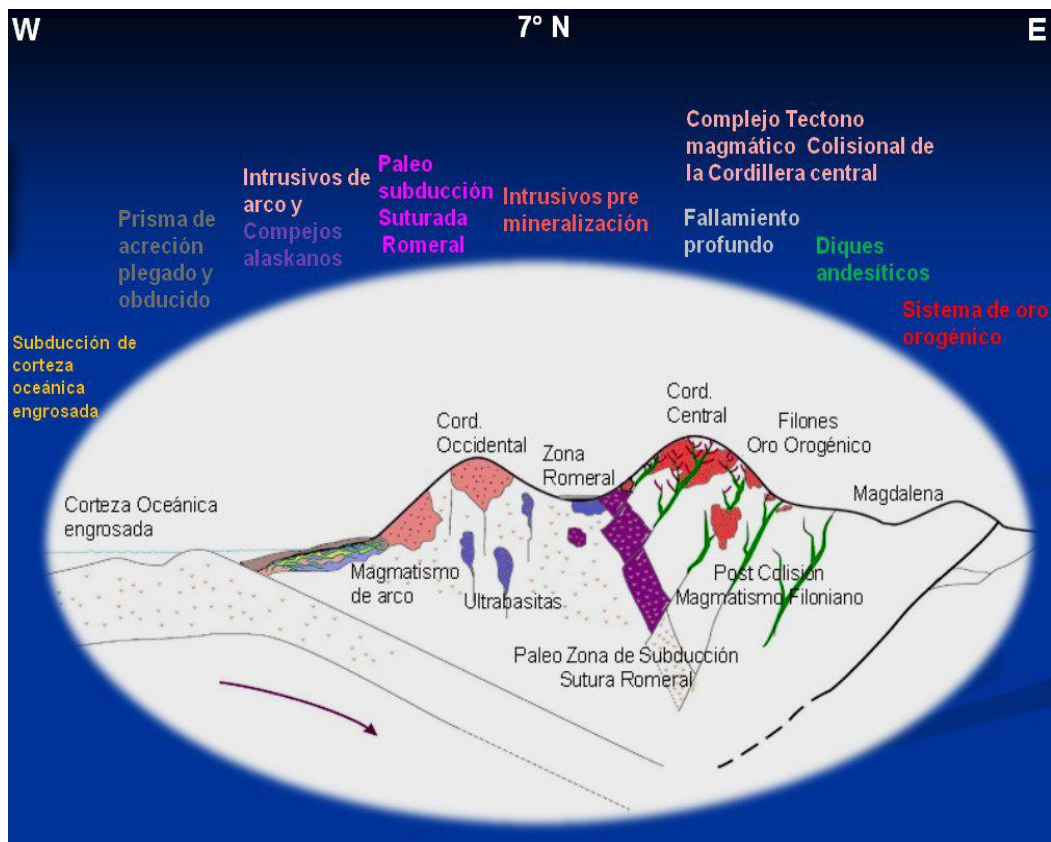


FIGURA 5. Perfil geológico esquemático de Colombia a la altura del paralelo N 7°. Se representa una tomografía donde se evidencian los eventos tectono magmáticos después de un proceso de colisión. En la Cordillera Central se observan los diques de andesitas porfídicas que cortan los intrusivos y metamorfitas y desde ellos las estructuras filonianas de oro orogénico, conformado



el complejo metalogénico colisional del norte de la Cordillera Central. Tomado de Rodríguez et al., (2007).

El sistema tectónico de la zona puede subdividirse en dos bloques lito-estructurales denominadas dos como oriental y occidental, los cuales se encuentran limitados por el sistema de fallas Otú-Pericos, y tienen historias geológicas totalmente diferentes antes de finales del Cretácico (FIGURA 6). Actualmente, son considerados parte de dos terrenos llamados en la parte occidental Terreno Tahamí y en la parte oriental Terreno Chibcha (Restrepo y Toussaint, 1988).

El marco estructural regional está denominado por el segmento de Falla Otú-Pericos. El carácter cinemático de esta estructura ha sido establecido con una componente sinistral (Álvarez et al., 2007) de tendencia regional N-S a N10W.

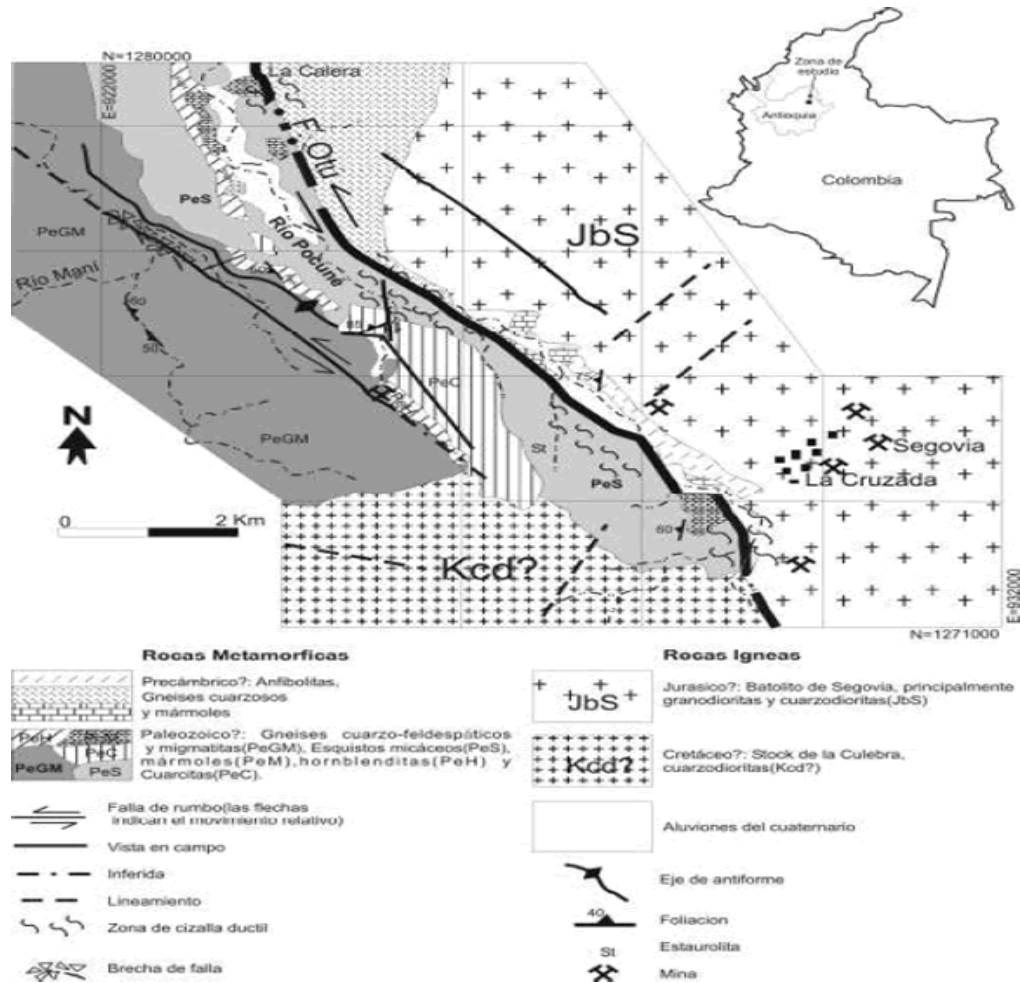


FIGURA 6. Mapa geológico del Noreste Antioqueño mostrando el Batolito de Segovia con las mineralizaciones y el cañón del río Pocuné. Tomado de Ordóñez et al., (1999).

3.2 GEOLOGÍA ESTRUCTURAL

Estructuralmente el distrito minero está limitado por la Falla Otú y la Falla Nus, semiparalelas N20°W-N20°E/80°E, fallas de rumbo, pero que han tenido movimientos verticales y horizontales (Parra, 1984), pertenecientes al Sistema de



Fracturas de Palestina, el cual coincide con las direcciones de los sistemas tectónicos de la cadena andina (Feininger et al., 1972).

La Falla Otú norte parece compensar la Falla Palestina (Paris et al., 2000), que se proyecta en dirección noroeste. La falla aísla bloques de geología y litología totalmente diferentes. Rocas del Precámbrico y Ordovícico sobre el este están yuxtapuestas contra rocas de arco al oeste. El límite norte se extiende sobre varias fallas que cruzan el río Nechí, con una longitud de 144.4 km., el rumbo promedio es de N14°W y el buzamiento probablemente alto hacia el este, con movimiento sinistral (Lateral izquierda) inversa, su componente vertical es hacia arriba en el lado este (Rodríguez et al., 2007).

Su comportamiento se asume de forma similar al comportamiento general de las fallas vecinas, tal como la Falla Palestina (Paris et al., 2000). Presenta baja tasa de movimiento <0.2 mm/año, fue estimada en Paris et al., (2000). La edad del último movimiento data del Cuaternario (<1.6 Ma.), desplazando terrazas de máximo 140 m reportadas por Shlemon (1970).

En el sector surgen un conjunto de fracturas conjugadas con direcciones promedio N20°E de bajo ángulo (20 - 30°) y N70°W de alto ángulo (80 - 90°), a veces con diques andesíticos, en las Minas Cristales, El Silencio, San Nicolás y Cogote. También se generó un sistema con direcciones N70°W de bajo ángulo (25-30°N) también en la Mina Cogote y Marmajito. Y por último unas fracturas verticales N30°W, en Tres y Media y Cecilia (Rodríguez y Pernet, 1983).

En los depósitos de oro filoniano se ha considerado que el sistema estructural, dado por fracturas, diaclasas y fisuras, son los factores más relevantes en el control de la mineralización, y el relleno de espacios es el elemento que permite la cristalización de las soluciones hidrotermales, independiente de la fuente de los fluidos (Groves et al., 1998). Pero el hecho de compaginar la estructura como controladora de la mineralización es demasiado sencillo, siendo necesario



designar el prototipo de estructuras, la evolución de estas y su rol esencial en la mineralización. Por la diversidad estructural y sus regularidades variadas deben hacerse algunas precisiones para poder entender e identificar las estructuras relacionadas con la mineralización y establecer su patrón esencial.

El oro de yacimientos orogénico, como otros diversos tipos de depósitos auríferos tienen control estructural (Haeberlin et al., 2001).

No obstante, surgen particularidades distintivas que ayudan a establecer si un estilo estructural corresponde para cada tipo de depósito y utilizar este argumento para afianzar el concepto de modelo de depósito.

Las particularidades geológicas de la zona sólo permiten establecer estructuras disyuntivas en los laboreos mineros, y estos en ocasiones no están lo suficientemente cerca como para que permitan una correlación confiable (Rodríguez et al., 2007). La aflorabilidad de la región es escasa, la cubierta saprolítica gruesa y en superficie es difícil reconocer o seguir algún rasgo estructural. El carácter a veces alóctono del saprolito tampoco ayuda a establecer fronteras entre cuerpos rocosos.

Las fallas son en general zonas donde se han producido cortes por cizalla generando una superficie discontinua en la corteza terrestre ocasionadas por esfuerzos tectónicos (Restrepo y Toussaint, 1988). El sistema de fallas tiene dirección preferencial norte-sur, de rumbo tipo dextro-lateral de edad terciaria, la cual ha modificado y reactivado la tectónica de la Serranía de San Lucas (Feininger et al., 1972).

El territorio municipal de Remedios es atravesado por cuatro fallas geológicas, fallas de Otú, Nus, Cimitarra y Bagre, que a la fecha no presentan actividad sísmica y pueden considerarse fallas de poco movimiento (mapa geológico ANEXO 1). Los grandes desplazamientos supuestos para las fallas de Otú, Nus, Cimitarra y Bagre, se basan en ausencia de rocas correlacionables a lo largo de



estas fallas sobre grandes distancias (Feininger et al., 1972). La falla Otú marca el límite oeste de casi toda la diorita que presenta la mineralización.

Falla Bagre

Llamada así por el río Bagre, con una longitud de 65 Km. Cruza de sur a norte por el centro del territorio del Municipio de Remedios. Nace en el Municipio de Vegachí como un ramal de la Falla Palestina. La falla pone en contacto las rocas ígneas del Jurásico con las rocas metamórficas de edad Precámbrico de la Serranía de San Lucas (Ordoñez et al., 1999).

Falla Nús

Llamada así por el río Nús, falla de rumbo con una longitud conocida de 76 Km. (Feininger et al., 1972). Es otro ramal de la Falla Palestina, cruza Vegachí, Remedios y Segovia, en dirección sur a norte. Según Feininger et al. (1972) la Falla Otú es más joven que la falla Bagre y Nús que las corta; todas son post cretáceo Inferior, puesto que las fallas del Bagre y Nús afectan las lutitas de edad Hauteriviano -Aptiano.

Falla Otú

Falla llamada así por pasar cerca del Aeropuerto de Otú, al sur-oeste de Remedios Antioquia. Se encuentra cubierta por rocas del Terciario y posee una extensión en la zona de 120 kilómetros, su rumbo es de N 20° W a N-S (Feininger et al., 1972). Está definida por valles aluviales amplios y alineados en el río



Pocuné y Quebrada Juan Vara al norte, divide gneises feldespáticos de esquistos verdes, generando una discontinuidad en el grado metamórfico, siendo las rocas (del occidente de la falla) de facies anfibolita, mientras que las del este están en facies Esquisto Verde (Tossaint, 1995).

La Falla es de rumbo con dirección al noroccidente y pone en contacto rocas metamórficas al oeste con el Batolito de Segovia al este, formando un escarpe pronunciado en los alrededores de los Municipios de Remedios y Segovia (Feininger et al., 1972).

3.3 GEOLOGIA LOCAL DE LOS MUNICIPIOS DE REMEDIOS- SEGOVIA.

El Distrito Minero Segovia-Remedios está compuesto por rocas ígneas intrusivas del Batolito de Segovia de edad Jurásico-Cretácico, rocas metamórficas de edad Precámbrico-Paleozoico Inferior, en una secuencia de anfibolitas, migmatitas, gneis, esquistos, mármoles y cuarcitas, y una secuencia vulcanosedimentaria de finales del Cretáceo compuesta por conglomerados, areniscas y pizarras y rocas volcánicas y basaltos en diques, contemporáneos con intrusiones batolíticas (González, 2001) como la del Batolito Antioqueño (FIGURA 7).

Las unidades geológicas más sobresaliente se enuncian a continuación (FIGURA 7).

3.3.1 NEISES CUARZO FELDESPÁTICOS DE SAN LUCAS

Los neises cuarzo-feldespáticos de edad Proterozoico se localizan al este de la Falla Otú y al oeste del Valle del Magdalena, los cuales se prolongan desde la Serranía de San Lucas al norte (Bogotá y Aluja, 1981) hasta el suroeste de Puerto



Berrio, razón por la cual se asigna esta denominación para esta unidad litológica. Estas rocas forman un mosaico limitado por bloques fallados que se encuentran parcialmente cubiertas por sedimentos más jóvenes e intruidas por el Batolito de Segovia. Predominan neises cuarzo-feldespáticos en los cuales se encuentran lentes de anfibolita y mármol.

3.3.2 GRANODIORITA DE SANTA ISABEL (STOCK AL SUR DEL MUNICIPIO SANTA ISABEL)

Constituye un cuerpo alargado en dirección N25°W, paralelo a las estructuras regionales (fallas de La Cruzada, Otú, y San Cristóbal), con una extensión aproximada de 130 km². Intruye las rocas metamórficas de edad Paleozoico del Complejo Cajamarca y, a su vez, es intruido por rocas del Batolito Antioqueño. En el extremo occidental y sur del cuerpo (inmediaciones de la Falla Otú) existe una mezcla de rocas graníticas y metamórficas que hace imposible su separación. Su límite sur lo constituye la Falla Otú. La composición predominante es granodiorítica con variaciones locales a cuarzomonzodiorita (Feininger et al., 1972).

3.3.3 COMPLEJO CAJAMARCA

Consta de rocas metasedimentarias cuarzosas y esquistos silíceos y ferromagnesianos, ricos en Al, con algunos cuerpos calcáreos con evidencias isotópicas de varios eventos metamórficos. Predominan en estas unidades dos tipos de esquistos de grado bajo a medio de metamorfismo, intercalados con cuarcitas y localmente con mármoles, neises alumínicos de metamorfismo de grado medio y algunos cuerpos generalmente lenticulares de anfibolitas (Feininger et al., 1972).



El cuerpo principal está constituido por dioritas, con amplias variaciones texturales, composicionales y gradacionales, en especial a diorita cuarzosa y localmente a rocas más ferromagnesianas, en especial a gabros hornbléndicos.

3.3.4 SEDIMENTITAS AL ESTE DE SEGOVIA

Nombre informal para describir las sedimentitas relacionadas con rocas volcánicas ferromagnesianas, localizadas al este de la Falla Otú y de la población de Segovia, de donde toma el nombre. Fueron descritas por Feininger et al. (1972) conjuntamente con otras sedimentitas del Cretácico, pero no existe una columna estratigráfica ni levantamientos detallados de la secuencia. Se extiende hacia el norte en la plancha de Municipio de Liberia (González, 1997).

3.3.5 BATOLITO DE SEGOVIA

Se designa con este nombre la unidad litológica de edad Jurásico cartografiada por Feininger (1972). Este batolito se encuentra localizado en el flanco este de la Cordillera Central y se extiende al norte del departamento hasta la Serranía de San Lucas en el departamento de Bolívar (Ballesteros, 1983). Es un cuerpo alargado en dirección Norte-Sur, tiene una longitud de 270 km, y un ancho en su parte central de 50 km.

El cuerpo principal está constituido por dioritas con amplias variaciones composicionales y estructurales, aunque en la zona de estudio, predominan las granodioritas, con aprox. 20-30% de cuarzo, 40-60% plagioclasas, 15-30% de feldespatos K, 1-2% de hornblenda, 5-10% biotita y 1-4% de clorita, fanerítica de inequigranular, con granos que varían entre 0.5mm y 3mm (Rodríguez y Pernet, 1983). Existen fajas de alteración argílica, en donde la composición del cuerpo granítico varía y pasa a estar compuesta por una matriz de cuarzo y plagioclasas,



con presencia de minerales del grupo de las arcillas, producto de la descomposición de feldespatos por hidrólisis (Feininger et al., 1972).

Los mejores afloramientos fueron observados a lo largo de las quebradas afluentes del Rio Ité, cerca la Hidroeléctrica de Remedios y en sectores conocidos como San José y Bellavista. En ocasiones se determinaron contactos netos con diques intrusivos de composición andesítica de matriz oscura con venillas delgadas de cuarzo y presencia de minerales del grupo de los sulfuros, pirita y pirrotina (cristales de aprox. 1-3mm).

3.3.6 ALUVIONES DEL RIO ITÉ (CUATERNARIO)

Dentro del área comprendida por la concesión Rosaleda (Licencia 6002), representan aproximadamente el 10%. Se encuentran compuestos principalmente por conglomerados arenosos, con cantos de rocas graníticas y metamórficas, y arenas cuarzosas.

Los sedimentos activos observados están determinados por bloques de cuarzo arrancados de cuerpos vetíticos y cantos de roca granítica.



temperaturas entre 175 y 300 °C, (Groves et al., 1998). Estos se caracterizan por presentarse como sistemas hidrotermales que representan un fluido regional inherente a un tectonismo a lo largo de márgenes convergentes, que a diferencia de otros sistemas vetiformes de oro como es el caso epitermal de baja sulfuración son de sistemas extensivos locales, asociados con aguas magmáticas y meteóricas (Otero, 2012).

En el costado oriental de la Cordillera Central, predomina un sistema de arcos colisionados, producto de un régimen compresivo que generó el fracturamiento del cuerpo de edad jurásico del Batolito de Segovia y creó condiciones de permeabilidad para ser rellenado por diques andesíticos. Posteriormente por fenómenos de distensión estas fracturas fueron reabiertas y permitieron el flujo y precipitación de metales preciosos en soluciones hidrotermales mineralizantes, todo esto, en condiciones frágiles-dúctiles mesotermales (Otero, 2012).

Todo lo anterior generó el depósito de minerales metálicos emplazados en un amplio rango de profundidades y vinculándolos a orogenias por lo cual se les denominó depósitos orogénicos (Groves et al., 1998). Se distinguen por sistemas hidrotermales con presencia de un fluido regional inherente con tectonismo por márgenes convergentes (Rodríguez et al., 2007).

Al analizar la mineralización y generación de paragénesis desarrollada por Manco 2010 en el distrito Segovia-Remedios se datan de 3 fases de depositación (pre-mineral, mineralizante y post-mineral) en donde la primera se asocia a minerales de pirita, esfalerita y cuarzo, una fase intermedia dada por escasa pirita (actúa como barrera fisicoquímica para la precipitación de sulfuros y oro), pirrotina, calcopirita y con abundancia de cuarzo, galena y esfalerita generada posiblemente por episodios cataclásticos que van del a mano con el depósito de oro y plata. La tercera y última fase se caracteriza por la precipitación de cuarzo y pirita en venillas dado en un sistema vetiforme.



En cuanto al origen de los fluidos hidrotermales se supone un proceso de metamorfismo profundo que generó la migración de aguas en estado hipercrítico cargadas de metales lixiviados del mismo cuerpo. Durante el ascenso del cuerpo magmático junto con fluidos hidrotermales en la periferia de la cámara, se dan asociaciones de moléculas de H₂O y azufre lo que genera soluciones acidas (H₂SO₄, H₂S, H₂S₂O₇) Kesler y Wilkinson B.,(2006), capaces de obtener y transportar metales contenidos en el magma ascendente, entre ellos el oro. Posteriormente, con la disminución de la presión y la temperatura, se producen los fenómenos de primera y segunda ebullición, donde se genera una fase vapor y una fase líquida de agua, se pierde la capacidad de transporte, y se origina la precipitación de minerales del grupo de los sulfuros con metales preciosos como Ag y Au.

Según Schuiling (1967) los cuerpos intrusivos generan concentraciones de minerales, y cambian el estaño por oro para explicar por qué intrusiones de diferente composición y edad son auríferas (Robert et al., 1970). También hace referencia que los filones están asociados con soluciones hidrotermales remanentes de la cristalización del magma que ascendieron por fracturas y fallas se alojan en la parte superior del Plutón, como relleno de fisura y poca alteración. Al estar en contacto los fluidos hidrotermales con la roca encajante ocurrieron cambios de temperatura y pH que generaron la precipitación (Hall et al., 1970).

Sobre la génesis de la mineralización afirma que en una época post Jurásico se produjo tectonismo y fracturamiento del Batolito de Segovia, que fue enterrado por diques andesíticos. Estas fracturas fueron reabiertas para generar la deposición de fluidos mineralizantes, clasificando el depósito como mesotermal con relleno de fisuras y reemplazamiento en condiciones hipotermas (Feininger et al., 1972). Una secuencia de este proceso sería primero la formación del intrusivo, luego ocurrencias de fracturas por liberación de esfuerzos y asentamiento del intrusivo en el enfriamiento posterior a esto se daría una inyección de diques con fracturamiento y la inyección de cuarzo con bajo contenido de mineralización de nuevo un fracturamiento con inyección de fases



hidrotermales ricas en mineralización y filones de sulfuros metálicos con metales preciosos (Wieselmann, 1982).

Según Muñoz et al., (1993), durante el Mesozoico, en el Jurásico, un cinturón magmático intruyó el límite occidental del oriente colombiano e importantes mineralizaciones de oro se ubicaron en los batolitos de Segovia e Ibagué, el cual probablemente es resultado de una subducción al margen occidental del oriente Colombiano (Utter, 1982).

Junto a esto se define en Kesler y Wilkinson B.,(2006), y más adelante en Groves y Goldfarb 2007 que los depósitos de oro orogénico son formados a profundidades estimadas en unos 20 kilómetros de la superficie, considerados mesozonales de baja sulfuración.

En el análisis de inclusiones fluidas realizado en el distrito Segovia-Remedios por Manco 2010, se afirma que las fases comunes asociadas a procesos de pirolisis química desarrolladas por metamorfismo prógrado en materiales sólidos no se dan, por lo que la hipótesis que se tiene de la formación de oro de tipo orogénico y de fluidos metamórficos que generaron este yacimiento se deja en duda, los resultados dados en salinidad, temperatura de homogenización y sistema salino arrojan que el depósito está relacionado a fuentes emplazadas de derivación magmática y que cristalizó en un ambiente mesotermal.

Gonzales 2004 afirma en los resultados obtenidos en el área de estudio que la plata supera en gran cantidad al oro, en un orden de 5 a 1.

3.5 POTENCIAL MINERO



El distrito consta de complejos vetiformes de Cuarzo con presencia de sulfuros, encajantes en el cuerpo granodiorítico del Batolito de Segovia. Esto se debe a una serie de fenómenos de carácter tectónico y magmático (Rodríguez et al., 2007).

Los fenómenos iniciales de acreción y colisión de terrenos en el continente, además de su posterior sutura, produjeron en los complejos metamórficos del centro y oriente colombiano una serie de sistemas de fracturas y fallas profundas que crearon condiciones de permeabilidad para el ascenso de fluidos hidrotermales, producto de un evento magmático posterior. Estas estructuras posibilitaron la formación de cuerpos andesíticos en diques que cortan unidades graníticas pre-existentes, pertenecientes al Batolito de Segovia (Otero, 2012).

El Servicio Geológico de los Estados Unidos (USGS), presenta un estudio de depósitos minerales tipo oro orogénico (Berger 1986), en el cual se exponen sus características litológicas, mineralógicas y estructurales, además se presentan estadísticas relacionadas con tenores y tonelajes promedios (FIGURA 8); importantes para tener un estimativo de reservas posibles, correlacionables con datos obtenidos en las fases de exploración en la concesión 6002, y de manera más general, en el Distrito Minero Segovia-Remedios.

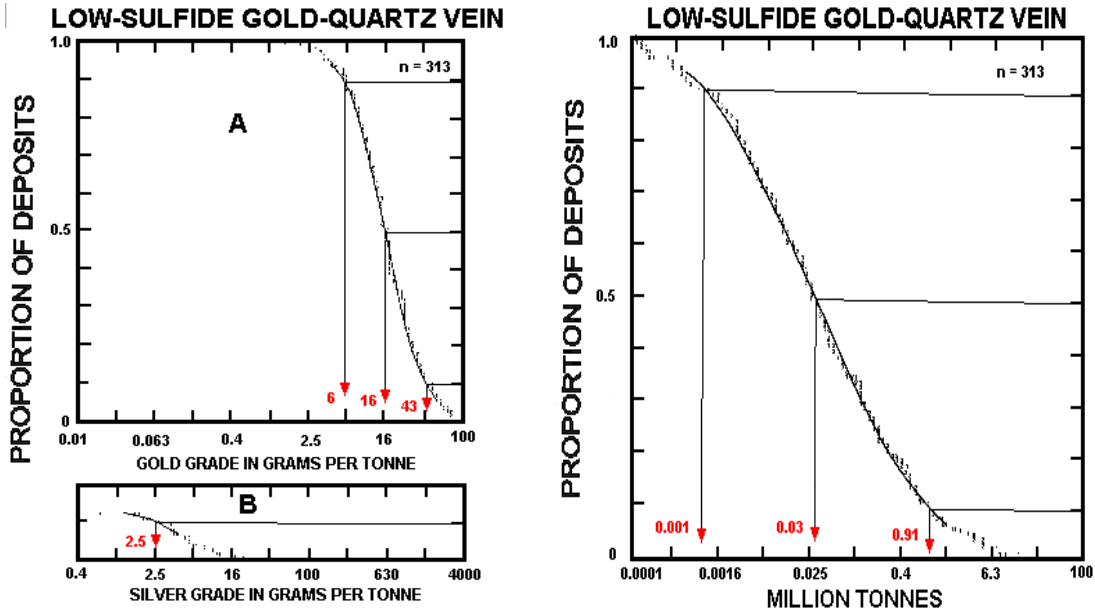


FIGURA 8. Tenores y tonelajes promedios de mineralizaciones de Oro correlacionables a las mineralizaciones de distrito minero de Remedios (a) Grafico de Tonelajes Medios, Depósitos Vetíticos de Oro en Cuarzo. N=313. (b) Grafico de Concentraciones de oro y plata en g/ton, Depósitos Vetíticos de Oro en Cuarzo. N=313. Fuente: Berger, (1986).



4 MARCO TEÓRICO

La industria minera en su tarea de encontrar, seguir, y extraer menas metálicas, ha hecho siempre uso de la geología en una u otra forma. La mayoría de las grandes compañías mineras, y muchas de las pequeñas cuentan con un departamento geológico para investigar la geología de sus minas y aconsejar sobre los problemas de exploración y trabajo.

La tarea principal del geólogo es determinar qué trabajo de desarrollo es más probable que encuentre mena, en donde este debe utilizar todos las técnicas y métodos para encontrarla, iniciando con la recopilación de información existente en la zona y el estudio, interpretación y generación de mapas geológicos.

4.1 MAPAS GEOLOGICOS

Un mapa geológico es una representación gráfica de observaciones geológicas y de interpretación en un plano horizontal, una sección geológica es de naturaleza idéntica a un mapa excepto que los datos se registran y se interprete en una vertical en lugar de un superficie horizontal. Mapas y secciones son instrumentos esenciales para la visualización espacial, tridimensional de relaciones geológicas (Marjoribanks, R, 2010).

Hacer, o adquirir de otro modo, un mapa geológico es invariablemente el primer paso en cualquier programa de exploración mineral, y sigue siendo un importante documento de control para todas las fases posteriores de la exploración, incluida la perforación, geoquímica, geofísica, geoestadística y la planificación de la mina. En una mina en operación, el mapeo geológico registra los límites por donde encuentra el mineral a explotar, y proporciona en esencia datos e ideas que permiten la proyección de la información más allá de donde se ha realizado un



avance, es decir sugiere posibles ubicaciones de la veta en lugares donde no ha llegado la explotación (Proffett, 2004).

Otro factor a examinar es la escala de los mapas, en donde se recomienda que se realicen con un nivel de detalle bueno para poder obtener la suficiente información sobre el depósito o yacimiento en análisis, una escala menor a 1:5.000 es en esencia un excelente registro ya que permite mostrar las características que controlan directamente el terreno y ayudan a localizar minerales (Marjoribanks, R, 2010).

Para obtener una ayuda en el momento de generación y ubicación de estructuras es necesario utilizar herramientas como fotografías aéreas y satelitales con su posterior análisis en un estereoscopio en donde podremos ubicar direcciones preferenciales de fallas o familia de fallas, usos del suelo, etc.

4.2 CARTOGRAFIA MINERA

Todo frente de roca visible contiene multitud de detalles, es preciso saber qué información es importante en primer grado y cual no toma tanta relevancia, "las notas geológicas son una pintura de los hechos filtrados por la mente del geólogo. No pueden ser enteramente fotográficos" (Billingsley, 1933).

No obstante se debe anotar todos los rasgos posibles, metro a metro y luego elegir cuales características influyen más que otras en el estudio de una superficie.

En la práctica, lo que el cartógrafo hace es y registrar un cierto número de referencias, seleccionadas del casi infinito número de observaciones que se podrían hacer, dependiendo de lo que considera importante dado el propósito en la construcción del mapa. Estas decisiones tomadas por el geólogo son necesariamente subjetivo y nunca se hará con una mente imparcial.

Al hacer el levantamiento de un nivel en una mina subterránea es muy importante proyectar todos los accidentes geológicos sobre un plano horizontal uniforme, y esta necesidad cobra especial importancia si las fracturas o estratificación tienen un buzamiento suave. Este plano está generalmente a la altura de la cintura del observador, aunque algunos lo proyectan a la altura del pecho (FIGURA 9).

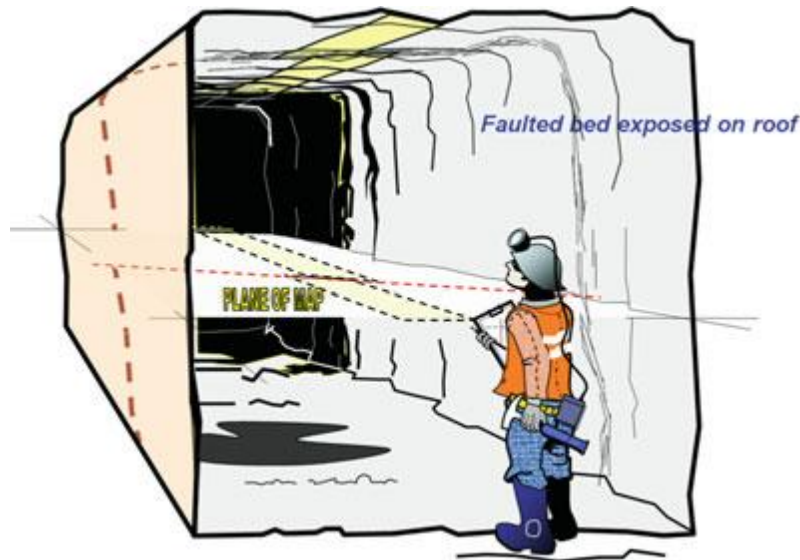


FIGURA 9. Ejemplo de "cartografiar a la altura de la pecho". Note el plano teórico marcado por la línea de segmento de color rojo. Tomado de Marjoribanks, R, (2010).

En condiciones especiales, sin embargo, es aconsejable utilizar el techo de la galería como plano de proyección. Esto se aconseja especialmente en los casos en los rasgos que han de llevarse al plano se vean mejor en el techo (Schmitt, 1936).

Otro problema es si las rocas no están perfectamente expuestas, o los rasgos son difíciles de descifrar debido a que las paredes de la mina están generalmente



cubiertas de polvo y humo, se aconseja lavarlas antes de empezar el trabajo, este método no solo ahorra mucho tiempo al geólogo, sino que revela estructuras que pasarían por completo inadvertidas si las paredes estuvieran cubiertas, se recomienda además examinar la pared de arriba a abajo buscando cambios en espesor o litologías (Brock, 1924).

Las mediciones de rumbo y buzamientos en minas subterráneas están sujetas a unas indicaciones válidas y de gran utilidad:

El rumbo puede medirse si: a) las trazas de las fracturas aparecen en ambas paredes, b) la fractura es visible en el techo, c) la roca se ha roto en tal forma que expone la superficie de la fractura (Schmitt 1932).

a) Si la fractura es visible en ambas partes, el observador se coloca de espaldas a la pared apoyando la cabeza en la fractura. Se elige el punto al nivel de los ojos en la fractura que aparece en la pared opuesta. En caso de que la inclinación de la fractura sea pequeña puede ser conveniente determinar este punto exactamente colocando el clinómetro del compás a cero y utilizarlo como nivel. Cuando el punto haya sido elegido se le lanza una visual con la brújula y se toma la lectura.

b) Si la fractura está expuesta en el techo se coloca la brújula verticalmente debajo de ella, y paralela a su traza, y se toma la lectura.

c) Si se ve la superficie de la fractura se pone la brújula horizontal con un costado apoyado en la fractura y se toma el dato.

Tomando a Schmitt 1936, sugiere que para el buzamiento al tomarlo con el clinómetro, si el rumbo es perpendicular a la galería, representara la traza de la fractura el verdadero buzamiento.

Cuando se presente una estructura con plano de cuña la mejor manera de medir su buzamiento es tomar el rumbo entre los puntos en donde se cruza la estructura en la pared de la mina. La intersección de la estructura plana con la superficie de

la mina vertical será solo un buzamiento verdadero si la estructura está en ángulo recto con la pared (FIGURA 10).

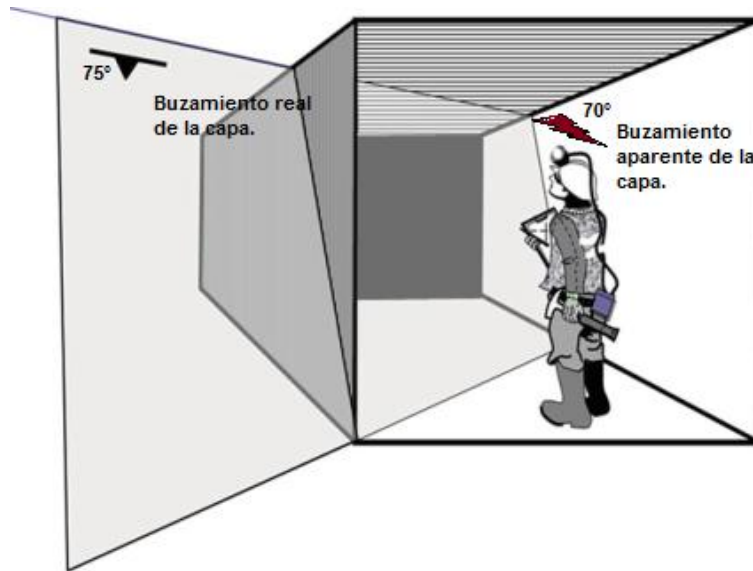


FIGURA 10. Forma correcta de obtener un buzamiento real, en donde se debe general un plano uniendo los dos puntos de la pared donde está la abertura del nivel y así se tendrá la inclinación verdadera y no aparente. Tomado de Marjoribanks, R, (2010).

4.3 REGISTRO DE NÚCLEOS

EL reconocimiento de estructuras a gran escala en núcleos de perforación se pueden hacer en un primer paso a lo largo de la bandeja en donde está colocados los testigos pero para poder observar pequeñas características es necesario sacarlo de la caja de resguardo y girar todo el núcleo colocándolo en sectores con alta luz, luego de haber identificado una estructura la roca debe ser orientada en la mano de modo que se genere una idea cualitativa de la orientación de la estructura bajo superficie. Se debe tener claro que al identificar una estructura

plana en un testigo esta se comportará en forma de elipse en donde se tendrá un eje largo y sus extremos serán los puntos de inflexión (puntos de máxima curvatura) y un eje corto con ángulos rectos con el anterior. Para la identificación de fallas en los testigos (FIGURA 11) se utiliza algunos criterios como fracturamiento continuo y presencia de material arcillosos en la roca con alteración supergénica; También se puede encontrar micro fallas en donde se observe un desplazamiento de capas continuas o la unión de micro pliegues en los en centro de la estructura y a los extremos estos se encuentre separados genera un buen indicador de rocas falladas (Marjoribanks, R. 2010).

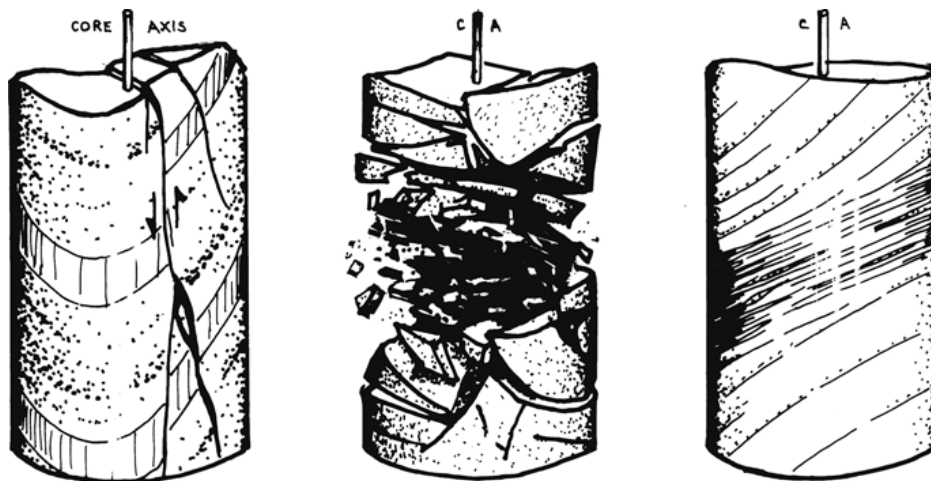


FIGURA 11. Formas para reconocer fallas frágiles y dúctiles en testigos, en donde se observan desplazamientos, zonas muy fracturadas y espacios con pliegues unidos y distantes. Tomado de Marjoribanks, R 2010.

La importancia de las fallas en diversas estructuras radica en que por medio de ellas los fluidos mineralizados pueden circular y enriquecer zonas.

Las fallas de tipo dúctil son importantes porque permiten conocer la dirección del movimiento de la falla ya que si el núcleo se conserva completo sin fracturas es fácil poder medir dicha orientación (Passchier, 1991).

5 METODOLOGIA

El cumplir de los objetivos propuestos es la principal base del desarrollo de la práctica Empresarial y es la esencia de este proyecto. Por lo tanto es necesario ejecutar una metodología práctica y eficiente que se presenta a continuación:

5.1 RECOPIACIÓN BIBLIOGRÁFICA

La recopilación bibliográfica es prioritaria porque es la unión de la información existente del área de estudio (reportes técnicos, artículos, informes, tesis, libros, revistas especializadas, bases de datos, entre otros). Esta etapa es de carácter permanente y durará hasta la finalización del proyecto.

5.2 ACTIVIDADES REALIZADAS DURANTE LA PRÁCTICA EMPRESARIAL

Las actividades realizadas tienen como fin principal alcanzar los objetivos propuestos de una manera eficiente.

5.3 CARACTERIZACIÓN DE LOS POZOS; PORCENTAJE RQD, LOGEO Y TOMA DE FOTOGRAFÍAS:

En el estudio de testigos la empresa Quintana SAS cuenta con un laboratorio especializado para este fin, en el cual se almacenan, se toma fotografía de cada caja en 2 formas una con la roca húmeda y la otra seca, se tiene una cortadora para dividir el núcleo y llevarlo al laboratorio dentro de la mina o a CGS laboratorio especializado que se encuentra en la ciudad de Medellín.



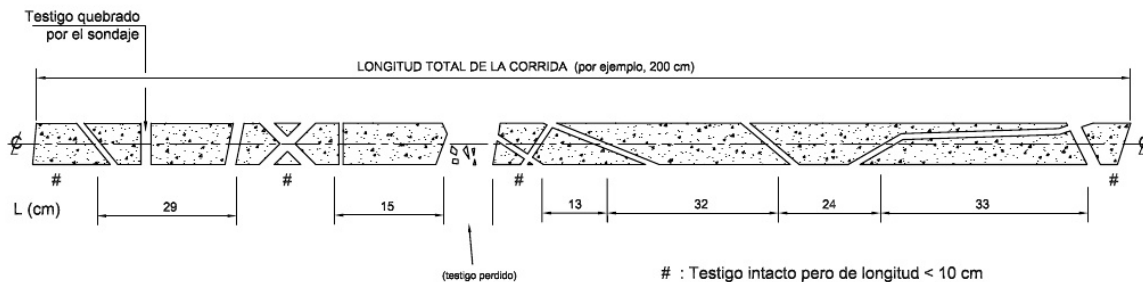
El análisis consiste en primer lugar determinar porcentaje de recuperación (RQD) de corrida a corrida, se calcula midiendo y sumando el largo de todos los trozos de testigo mayores que 10 cm o considerando sólo aquellos trozos cuya longitud es al menos el doble del diámetro del núcleo el cual se trabaja con HQ, los fragmentos más cortos son ignorados (FIGURA 12). La longitud de corrida es 1.5 m es decir hasta esta distancia se hace cada medida, luego se inicia una nueva y así sucesivamente.

El resultado se genera en porcentaje tomando como base la siguiente ecuación:

$$RQD = \frac{\text{Sumade10}}{l_{tot}} * 100\%$$

(Sumof10) = Suma de la longitud de testigos superiores a 10 cm

l_{tot} = Longitud total de sondeo



$$RQD = \frac{\sum (\text{Longitud de trozos de testigos} > 10 \text{ cm})}{\text{Longitud total de la corrida}} \times 100 \quad (\%)$$

$$\text{eg : } \frac{29 + 15 + 13 + 32 + 24 + 33}{200} \times 100 = 73 \%$$

FIGURA 12. Medición de RQD para un núcleo de 2 m de largo. Tomado de Deere et al., (1967).

Se debe identificar en los testigos las fracturas que son mecánicamente inducidas por la perforación generadas por movimientos bruscos en el taladro o por mal



manejo en su extracción y depositación en las cajas de resguardo de aquellas fracturas que son naturales. Las fracturas mecánicas causada por el manejo de los testigos no no afecta adversamente el valor de RQD, el cual es una medida de la calidad de la roca in situ.

Los trozos de testigos separados mecánicamente deben ser incorporados a la unidad sólida de roca más próxima a fin de obtener un valor de RQD más real. La ocurrencia de estas fracturas debería son marcadas con un crayón de color rojo para ayudar en este proceso.

En ocasiones es difícil distinguir fracturas naturales. Si el origen de la fractura es incierto, la fractura se toma como natural con el objetivo de asegurar valores conservadores para el RQD. Una ayuda para la identificación es observar si las superficies de fracturas están frescas, limpias y orientadas en ángulos cercanos a los 90° con respecto del eje del testigo y que pueden ser unidas casi sin separación alguna, este tipo de fragmentación son típicas de las fracturas mecánicamente inducidas. Superficies algo redondeadas, meteorizadas, conteniendo rellenos o cubiertas de algún tipo de mineral, y que ocurren comúnmente en ángulos no perpendiculares al eje del testigo, o que sus superficies no pueden ser calzadas con precisión, se consideran como fracturas naturales.

El RQD es válido sólo para testigos sólidos y no debería ser usado cuando se encuentren materiales pobremente endurecidos, tales como arcillas y arcillolitas frágiles o al inicio de la perforación en donde se encuentra el saprolito. En estos casos, las letras N/A (no aplicable) son registradas en la columna de “Comentarios” y se asigna un valor arbitrario de cero al RQD (m) sólo para efectos estadísticos del procesamiento de los datos.

Luego de realizar la medición del RQD se procede a verificar el porcentaje de recuperación con ayuda de un flexómetro o cinta métrica en donde se inicia



observando desde el metraje 0.0 hasta el fin del pozo los metros de avance que los perforadores asignaron a cada corrida y colocaron en los tacos que se ubican en cada caja, esto con el fin de tener un control verdadero de los metros perforados y saber en qué profundidad realmente se encuentra el testigo.

Cuando se ha realizado el RQD y el porcentaje de recuperación se inicia con el análisis de la roca con ayuda de ácido clorhídrico para identificar carbonatos, una lupa x20 para observar minerales, un rayador para conocer dureza, las tablas de clasificación estándar de rocas ígneas y metamórficas, los criterios utilizados son: textura, tamaño de grano, color, tipo de contacto observado en la roca, alteración, intensidad de alteración (baja, media, alta), tipo y nombre del material.

Para designar los estilos y tipos de alteración en el formato .xls se toman los siguientes criterios establecidos por la empresa y el geólogo sénior.

En el formato Excel entregado se ubican tres tipos de estilos de alteración (pervasivo, selectivamente pervasivo y no pervasivo) de los cuales se debe elegir uno de ellos para cada tipo de litología. La alteración pervasiva según lo sugerido por la empresa se designará a aquella roca en la que se observe el reemplazamiento de todos los minerales originales, resultando en una obliteración total o parcial de las texturas originales; la alteración selectivamente pervasiva se dará al reemplazamiento de especies minerales específicas por ejemplo clorita reemplazando biotita, sericita reemplazando plagioclasas; en tal caso las texturas originales son conservadas. La alteración no pervasiva se identificará al observar que solo ciertas porciones de la roca han sido afectadas por los fluidos alterantes.

Para las alteraciones la empresa suministra las más comunes en la zona y les otorga los siguientes parámetros para identificarlas y de los cuales los geólogos toman como base:

* Alteración Propilítica: se podrá reconocer principalmente por la asociación clorita-epidota (FIGURA 13) con o sin albita, calcita, pirita, con minerales accesorios como cuarzo-magnetita-illita. Esta alteración se forma a condiciones de pH neutro a alcalino a rangos de temperatura bajo (200° - 250° C). La presencia de actinolita (280° - 300° C) puede ser indicador de la zona de alteración propilítica interior.

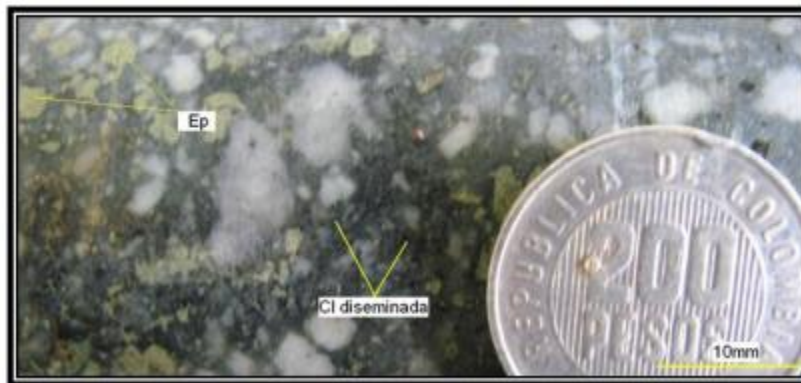


FIGURA 13. Granodiorita con presencia de alteración propilítica. Nótese Epidotas (Ep) Remplazando parcialmente a Plagioclasas y Cloritas (Cl) Remplazando Biotitas primarias y hornblendas en la matriz.

* Alteración Fílica o Sericítica: Se identificará al observar el ensamblaje cuarzo-sericita-pirita (QSP). Las fases minerales usualmente asociadas con la alteración QSP son Feldespato K, caolinita, calcita, biotita, rutilo, anhidrita y apatito; esta alteración varía hacia la potásica mediante el incremento en las cantidades de Feldespato potásico y hacia la argílica mediante el incremento en el porcentaje de minerales arcillosos, normalmente en este tipo de alteración los minerales máficos están completamente destruidos.

* Alteración Argílica: es caracterizada por la formación de minerales arcillosos debido a un intenso metasomatismo de H^+ y lavado ácido a temperaturas de entre

100 – 300°C, los minerales arcillosos reemplazan principalmente las plagioclasas y los silicatos máficos (hornblenda, biotita).

* Alteración Argílica Moderada: caracterizada principalmente por arcillas (caolín) y mayor o menor cuarzo, ocurre en rangos de pH entre 4 y 5 y puede coexistir con la alunita en un rango transicional de pH entre 3 y 4.

* Alteración Argílica Avanzada: Se identifica por cuarzo residual (vuggy sílica) con o sin presencia de alunita, jarosita, caolín, pirofilita y pirita. Ocurre dentro de un rango de pH entre 1 y 3.5.

* Alteración Clorítica: Se reconoce por tener alto porcentaje de clorita y en ocasiones carbonatos de tipo calcita, pero nunca epidota, posee características similares a la alteración propilítica pero la coloración marcada de la epidota se pierde (FIGURA 14).

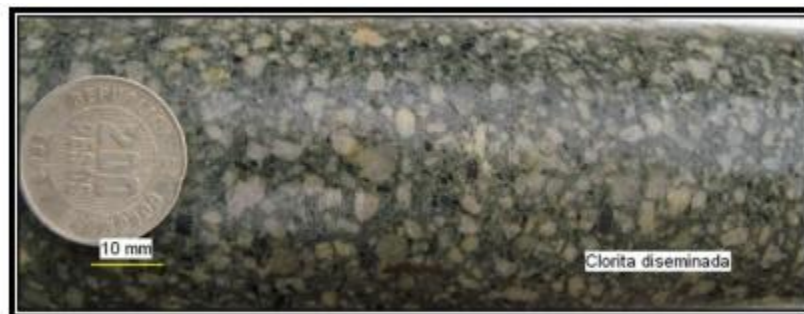


FIGURA 14. Alteración clorítica perteneciente al pozo RS-11.

* Silicificación: Es una alteración que se da a fuertes temperaturas, en la cual se presenta adición de sílice aunque en ocasiones este no presente estructura definida. Los minerales característicos son cuarzo, calcedonia (FIGURA 15).



FIGURA 15. Vetilla de cuarzo con presencia de silicificación y minerales de pirita y calcopirita.

Al realizar el análisis litológico si se encuentra venillas de cuarzo de más de 10 cm se tomará como veta y se le describe todos los componentes que posea (% de mineralización, minerales representativos, longitud total, etc) (FIGURA 16).

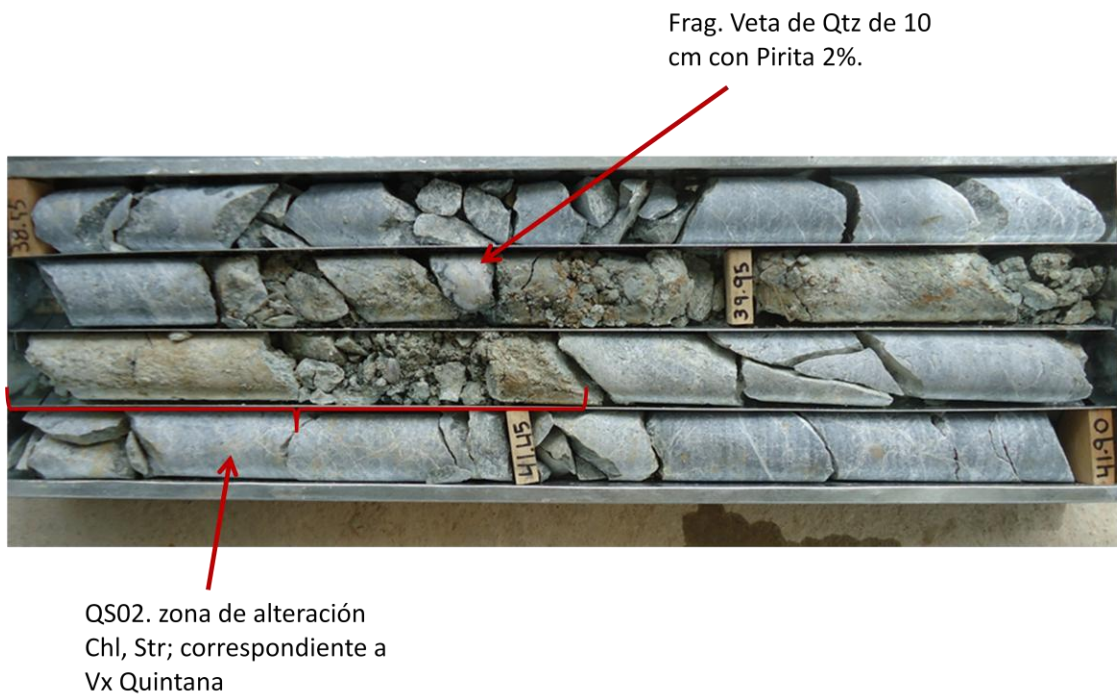


FIGURA 16. Fotografía analizada del pozo QS02 (Qs= Quintana Sur), en donde se observa venilla de cuarzo de 10 cm con presencia de pirita del 1%, y una zona de cizalla (shear zone) en donde ocurre una gran alteración clorítica y argílica.

Para la toma de fotografías se utilizó un dispersor de agua el cual humedece la roca, una cámara digital fotográfica, marcadores y un tablero borrable en donde se escribirá en inglés por recomendación de la empresa el tipo de pozo, desde y hasta dónde va la profundidad del testigo y el número de caja (FIGURA 17).



FIGURA 17. Arreglo y toma de fotografía digital del pozo QS10.

5.4 CORTE Y PREPARACIÓN DE MUESTRAS

5.4.1 Cortes longitudinales

Estos cortes se realizan a un tercio del diámetro del núcleo y en parte iguales, es decir se cortan de igual manera siendo gemelos los fragmentos. De este corte se obtienen rebanadas gruesas, de ellas se preparan láminas delgadas y superficies pulidas para llevar a cabo las observaciones en el microscopio petrográfico, además se envían al laboratorio estas muestras dejando una parte idéntica a ella como prueba y se resguarda. La parte restante del núcleo (2/3) se pule para ser escaneada y emplearla para la descripción granulométrica, descripción megascópica y cuantificación de fracturas para el análisis geotécnico que se le hace a la muestra en escala macro y micro (FIGURA 18).



FIGURA 18. Veta de cuarzo oxidada del pozo Rs-06 (RS= Rosaleda) con presencia de sulfuros Pirita 3%, galena 1%, esfalerita 1%. La muestra es cortada en partes iguales y enviada al laboratorio dando como resultado 12g/t de oro.

5.5 CARTOGRAFÍA Y ANÁLISIS LITOLÓGICO DE LA MINA

Entre los trabajos realizados se encuentra la cartografía de todos los 6 niveles de la mina Quintana con ayuda de 2 geólogos Sénior. Lo primero que se realizó fue la descripción de la veta de cada nivel, para conocer si es la misma o hay variaciones de mineralización. Con ayuda de una cinta métrica se tomaron estaciones cada 10 m o antes si se notaban variaciones litológicas y de espesor significativo (FIGURA 21), el primer punto tomado corresponde al inicio del nivel en donde está la intersección con el apique peatonal y así se hizo para cada uno de los 6 pisos que posee la mina.

Con la ayuda de una brújula se midió direcciones de rumbo y buzamiento, y con el flexómetro se tomó el espesor de la veta para luego en un mapa detallar todas estas características. La escala utilizada es 1/250 y se dividió en 2 partes el sur y el norte de los niveles (FIGURA 19 y FIGURA 20).

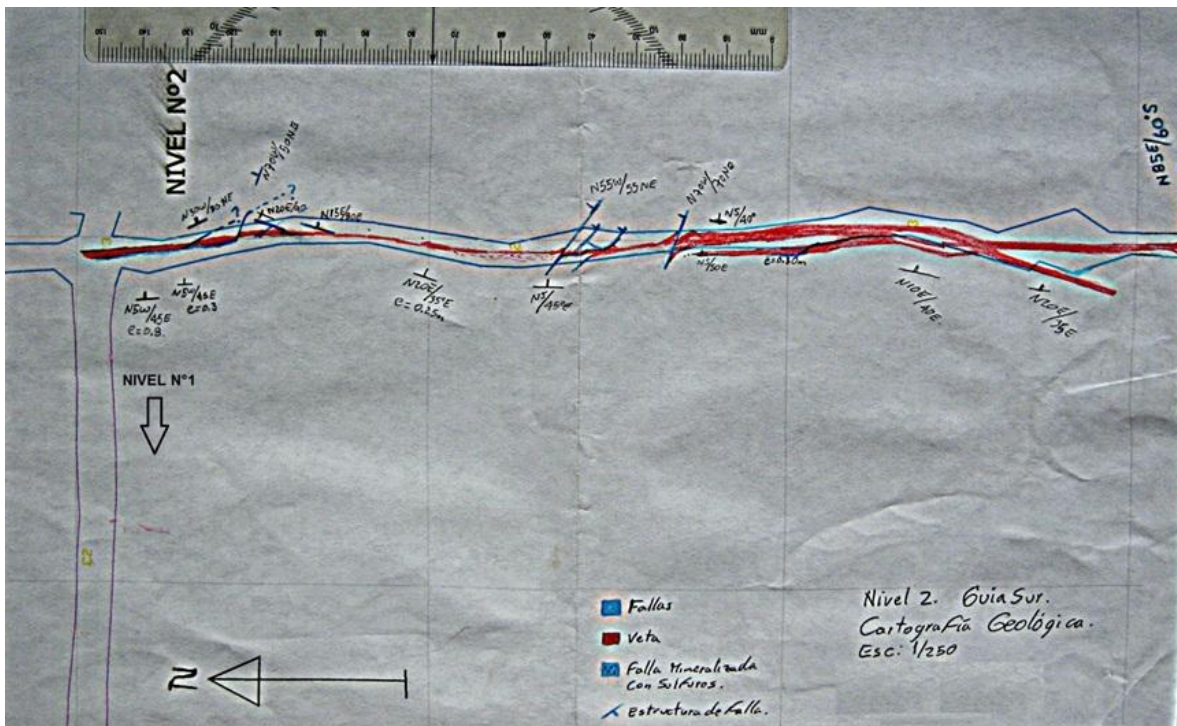


FIGURA 19. Cartografía Mina Quintana Nivel 2 parte Sur, se observan cambios significativos de espesor de la veta.

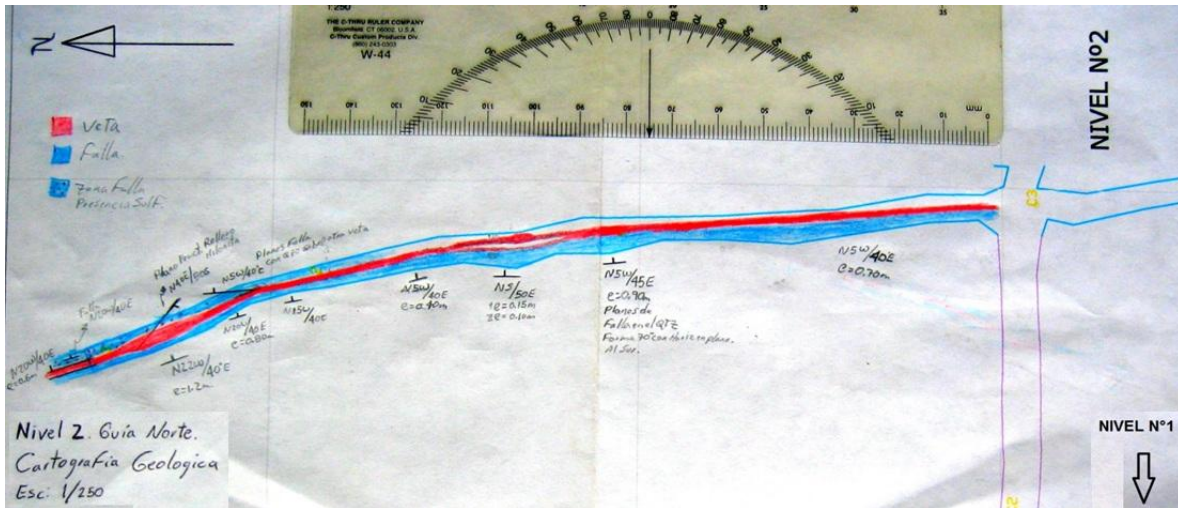


FIGURA 20. Cartografía mina Quintana nivel 2 parte Norte, se observa una continuidad lateral de la veta y un buzamiento casi homogéneo.

El método de descripción de la veta se hace tomando mediciones de su espesor y analizando su mineralogía si posee sulfuros y óxidos, se describen 3 sectores superior, medio (este sector se tomará como la veta) e inferior (Tabla 1).

Tabla 1. Metodología de cómo se describe el sector en donde se encuentra la veta.

Litología Superior	Litología Media	Litología Inferior
Roca Granodiorítica.	Veta de Cuarzo	Esquisto Clorítico

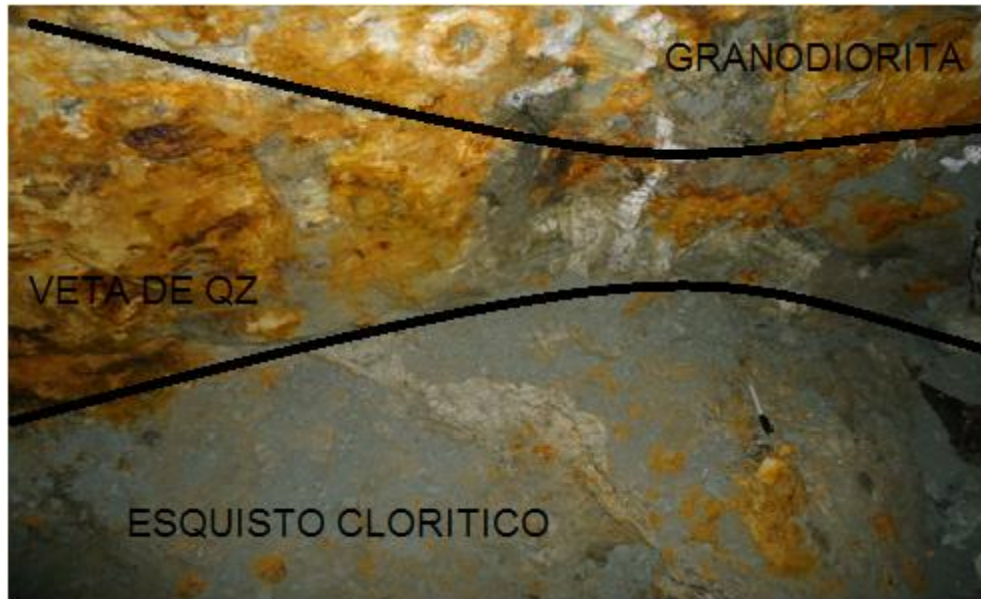


FIGURA 21. Muestra inicial. Desde este punto y cada 10 m se realizó una medición.

5.6 RECOLECCIÓN, DESCRIPCIÓN Y ORGANIZACIÓN DE MUESTRAS DE SEDIMENTOS Y ROCA.

Durante el mes de septiembre se realizó la exploración en la concesión 6002 Mina Rosaleda en donde se encontraron afloramientos de cuarzo mineralizado, se recolectaron muestras y fueron llevadas al laboratorio para conocer si tienen oro diseminado, a continuación se muestra el análisis que se hizo en campo. Se tomará como punto de muestreo un Waypoint marcado por el GPS y se ubicaran las coordenadas geográficas de cada muestra tomada.

El reconocimiento y trabajo de campo del área comprendida por el contrato 6002, se realizó en el transcurso de tiempo de práctica empresarial en la empresa, en ella se ubicando algunas estructuras, tales como túneles mineros, plantas de beneficio y vetas. En total se realizaron 20 observaciones, de las cuales 5 corresponden a túneles de minería ilegal, algunos inactivos por colapso, 3 son de

plantas procesadoras del material explotado y corresponden a las minas Corazones, Valencia y Camicol, y 12 son de afloramientos observados y sitios muestreados. A continuación se muestran cada uno de los sitios observados.

5.6.1 Muestra Waypoint 6001

Coordenadas geográficas X: 930021 y Y: 1264405: Se localiza a 600 m al este de la casa principal de la finca Bella Vista, en la intersección de la segunda quebrada pasando la casa y la vía que lleva al sector El Guache. Se toma muestra de sedimentos activos, de arena gruesa, angulosa, con cantos que llegan a los 9 cm, el 70% de los cantos corresponden a cuarzo, 20% es feldespato potasio, 8% por líticos (graníticos y neises) y un 2% de minerales densos (magnetita). La dirección preferencial del drenaje (FIGURA 22) es oeste-este. La muestra que se obtuvo es 60021 (FIGURA 23).



FIGURA 22. Drenaje muestreado, en donde la litología sobresaliente son arenas gruesas de tipo anguloso.



FIGURA 23. Sedimentos que conforma la 6001.

5.6.2 Muestra Waypoint: 6002

Coordenadas geográficas X: 929831 Y: 1264705: Muestra de sedimentos activos a 50 m al este de la casa de la finca Bellavista. La muestra está conformada por arena media y gruesa. Mineralógicamente la constituye cuarzo (60%), lítico (fragmentos de granitos, 25%) y feldespato (15%). Se observan fragmentos de cuarzo hasta de 8 cm. La dirección preferencial del drenaje es oeste – este. Muestra 60022 (FIGURA 24 y FIGURA 25):



FIGURA 24. Drenaje 2 muestreado, con predominio de arenas de tamaño medio a grueso de coloración café oscuro.



FIGURA 25. Sedimentos que conforman la muestra 60022. Se evidencia pirita y esfalerita en trazas.

5.6.3 Muestra Waypoint: 6003

Coordenadas geográficas X: 930271 Y: 1265167: Muestreo ubicado al noreste de la casa principal de la finca Bella Vista, se tomó muestra de sedimentos activos, la

cual es conformada por arena fina y media, el 70% es cuarzo, 15% de feldespato y 15% de líticos. La dirección del drenaje es suroeste al noreste. Muestra 6003.

5.6.4 Muestra Waypoint: 6004

Coordenadas geográficas X: 931342 Y: 1265494: Se localiza a 500 m. al sureste de la planta Hidroeléctrica ubicada sobre el río Ité; se toma muestra de sedimentos activos conformada por arena media y gruesa, que en su mayoría se constituye de cuarzo (90%), feldespato (5%) y máficos (5%). Son fragmentos sub-redondeados y de buena selección. La dirección del drenaje es se sur a norte. Muestra 60024 (FIGURA 26 y FIGURA 27).



FIGURA 26. Drenaje 4 Muestreado. Predominio de arenas de tamaño medio de coloración gris a marrón claro.



FIGURA 27. Sedimentos que conforman la muestra 60024. Se evidencia pirita y galena en trazas.

5.6.5 Muestra Waypoint: 6005

Coordenadas geográficas X: 931707 Y: 1265467: Se ubica a 50 m al sur de la Hidroeléctrica de Remedios; se toma muestra de sedimentos activos conformada por arena gruesa a media, de buena selección; el 90% de los fragmentos que la conforma son de cuarzo, el 8% de feldespato y 3% de máficos. La dirección preferencial del drenaje es Sur – Norte. Muestra 60025 (FIGURA 28 y FIGURA 29)



FIGURA 28. Drenaje 5 Muestreado compuesto por conglomerados y arenas de grano medio.



FIGURA 29. Sedimentos que conforman la muestra 60025. Se evidencia moscovita y albitas de gran tamaño.

5.6.6 Muestra Waypoint: 6006

Coordenadas geográficas X: 931326 Y: 1266054: Localizada en la margen izquierda de la carretera que comunica al Municipio de Remedios con la hidroeléctrica; se presenta una veta de cuarzo con una disposición N40E/21N, con un espesor de 22 cm; no presenta sulfuros, es inalterada y en sectores presenta cuarzos bipiramidales. La roca encajante es un granitoide muy alterado generando saprolito producto de la meteorización. A 5m al este se presenta un túnel de minería ilegal, con dirección N10E, sin inclinación. La bocamina ha sido taponada por un deslizamiento y en la actualidad no hay ninguna persona extrayendo materia. (No se ingresó por medidas de seguridad). Muestra 6006 (FIGURA 30 y FIGURA 31).



FIGURA 30. Veta de cuarzo de 22 cm con presencia de sulfuros en baja cantidad y a 15 cm de la superficie de la carretera que comunica al Municipio de Remedios con la Hidroeléctrica.



FIGURA 31. Veta de cuarzo, donde se extrajo la muestra 60026. La dirección que presenta es N40E/21N.

5.6.7 Muestra Waypoint: 6007

Coordenadas geográficas X: 930871 Y: 1266425: Veta de cuarzo ubicada sobre la vía que conduce a la hidroeléctrica sobre el río Ité, su disposición es N80E/65N,

presenta un espesor de 50 cm, no presenta sulfuros, su estado de alteración es bajo (10%), en sectores presenta oxidación y no presenta fracturamiento. Muestra 60027 (FIGURA 32 y FIGURA 33).



FIGURA 32. Veta de cuarzo, se presenta con poca oxidación. Se extrae la muestra 60027.



FIGURA 33. La dirección que presenta la Veta de Qz es N80E/65N y se extiende por 15 m en superficie sobre la vía.

5.6.8 Muestra Waypoint: 6008

Coordenadas geográficas X: 930302 Y: 1265971: Bocamina de la Mina Corazones (FIGURA 34). Se ingresó al frente actual de explotación, a través de una clavada con dirección N 85 E, con una inclinación de 25°, presenta una longitud de 104m. A los 40m se localiza el primer nivel, el cual tiene una longitud de 45 m, en dirección S05W. Se observa la veta de cuarzo con diferentes espesores (30 – 90cm), fracturada y con un 15% de oxidación; se puede observar sulfuros como calcopirita y pirita. Se extrajo una muestra (600211) a los 45m, el material es cuarzoso, muy deleznable y en sectores es sacaroidal, de igual forma presenta sectores muy fracturados (FIGURA 35). A los 104 m de profundidad está el nivel 2 el cual tiene dos galerías una que en dirección norte (sector el rio), tiene una longitud de 47 m y la segunda hacia el sur (sector el muro) con 43 m, correspondiendo al actual frente de explotación. En este nivel se tomaron tres muestras y se describen a continuación:

Muestra 60028: muestra de veta cuarzosa, ubicada a los 35 m al norte (sector el Rio) del sector de descargue. La estructura es de 97 cm de espesor, con una disposición N 35 E/ 28 E; presenta un 40% de sulfuros, inalterada y poco fracturamiento (FIGURA 36).

Muestra 60029: Muestra de la veta cuarzosa, localizada a los 41m al sur del área de descargue (sector el muro); su espesor es de 30 cm, con una dirección N 10 E/ 30 E. Presenta fracturamiento perpendicular a su dirección, en algunos sectores presenta poca oxidación (FIGURA 37).

Muestra 600210: Tomada a 11 m al norte de la zona de descargue; veta con dirección de N 10 E/ 25 E, presenta un espesor de 1.48 m, con 20% de sulfuros

(pirita y calcopirita), un 10% de oxidación y un fracturamiento perpendicular a la dirección (FIGURA 38).



FIGURA 34. Bocamina de la mina Corazones con dirección N85E/-25.

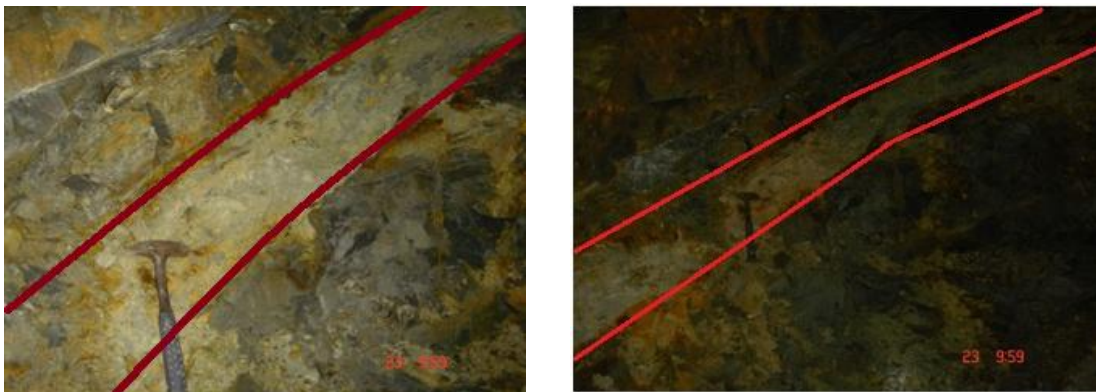


FIGURA 35. Veta de cuarzo mineralizada, localizada en el primer nivel de la mina Corazones. Presenta fracturamiento y textura deleznable. Se extrae la muestra 600211.



FIGURA 36. Veta de cuarzo mineralizada con presencia de pirita, galena y pirrotina está localizada en el segundo nivel de la mina Corazones en el sector el río. Se extrae la muestra 60028.



FIGURA 37. Veta de cuarzo mineralizada, localizada en el segundo nivel de la mina Corazones en el sector el muro. Se extrae la muestra 60029.



FIGURA 38. Veta de cuarzo mineralizada, Se evidencian cambios bruscos en el espesor de esta, probablemente por pequeñas fallas locales que alteran el sistema. Se localizada en el segundo nivel de la mina Corazones en la parte central de la galería. Se extrae la muestra 600210.

La siguiente Figura es un esquema de la mina corazones:

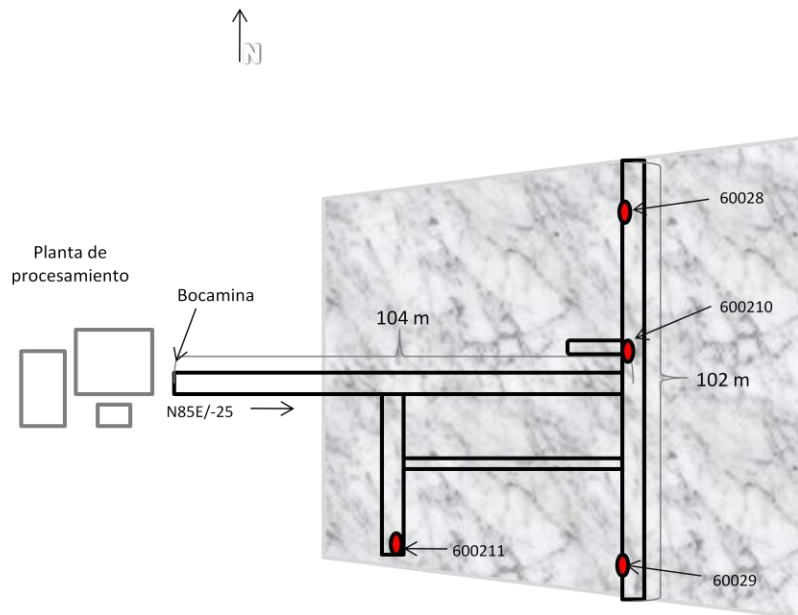


FIGURA 39. Esquema de la Mina Corazones, en donde se detallan en puntos rojos las muestras que se recolectaron y el número consecutivo que se les asignó para su correspondiente análisis en el laboratorio de la mina Quintana.

5.6.9 Muestra Waypoint: 6017

Coordenadas geográficas X: 930184 Y: 1267129 Túnel de antigua explotación, tiene 1.90 m de altura, 1.10m de ancho, con una longitud de 12m (donde ha colapsado); su dirección es S65E (FIGURA 40); se presenta una veta de cuarzo (S70°E/30NE) de 12 cm de espesor (FIGURA 41) no presenta sulfuros, es inalterada y presenta poca fracturación perpendicular a su dirección.



FIGURA 40. Túnel de minería ilegal abandonado, Se observa Veta de cuarzo de 12 cm de espesor sin sulfuros.



FIGURA 41. Veta de cuarzo poco fracturada, sin sulfuros.



6 RESULTADOS

6.1 CARTOGRAFIA MINA QUINTANA.

Se encontraron 5 tipos diferentes de vetas en la cartografía realizada a la Mina Quintana las cuales se describen a continuación.

Tipos de Vetas encontradas:

6.1.1 Veta mineralizada tipo 1

Esta veta es de aproximadamente 30 centímetros de espesor, compuesta por cuarzo blanco con oxidación moderada, sulfuro principal piritita diseminada. Orientada paralela a la veta N° 2 y buzando 45 grados norte.

Descripción de la muestra en el punto inicial 0 m.

En la descripción realizada la veta se dividió en 3 sectores:

Sector Superior: Compuesta por Qz 18 %, Feldespato K 1 %, Plagioclasas 38%, minerales máficos (anfíboles) 3%.

Alteraciones: Clorita 40%, argílica 8%.

Litología Media: Veta de cuarzo de 80 cm de espesor, presenta trazas de piritita y galena menor al 1%, hay gran cantidad de óxidos en la roca 30 % del total del material.

Entre el nivel superior se encuentra una capa arcillosa de 12 centímetros que hace contacto entre la granodiorita superior y la Veta de Cuarzo.

Litología Inferior: Roca de falla (esquistos cloritizados) con presencia de alteración clorita 45% y argílica 10%.



El porcentaje de minerales está constituido por Qz 15%, Plagioclasas 12%, Clorita (alterada) 45%, Feldespato K 1%, Moscovita 3%. Se evidencian Vetillas de Cuarzo de de 1 cm que cortan la roca metamórfica, en estas vetillas hay trazas de pirita.

6.1.2 Veta mineralizada tipo 2

Esta veta mineralizada está compuesta por cuarzo lechoso con oxidación moderada a fuerte. El sulfuro principal es pirita diseminada euhedral a subhedral, la veta está orientada S40E a N45W/29NE con un espesor entre 40 a 58 centímetros (FIGURA 42).

Descripción Litológica:

Sector Superior: Compuesta por Qz 28 %, Feldespato K 1 %, Plagioclasas 30%, minerales máficos (anfíboles) 7 %. En la parte inferior de este sector descrito hay contacto con un material arcilloso muy alterado que hace contacto con la veta de cuarzo.

Alteraciones: Clorita 40%, argílica 8%.

Litología Media: Veta de cuarzo de 50 cm de espesor, presenta trazas de pirita y galena menor al 2 %, hay oxidación en la roca 22 % del total del material.

Litología Inferior: Roca de falla (esquisto anfíbolítico), Presencia de alteración clorita 8 % y argílica 10%. El porcentaje de minerales está constituido por Qz 25%, Plagioclasas 8%, Clorita (alterada) 8%, Moscovita 3%, Anfíboles 38%.

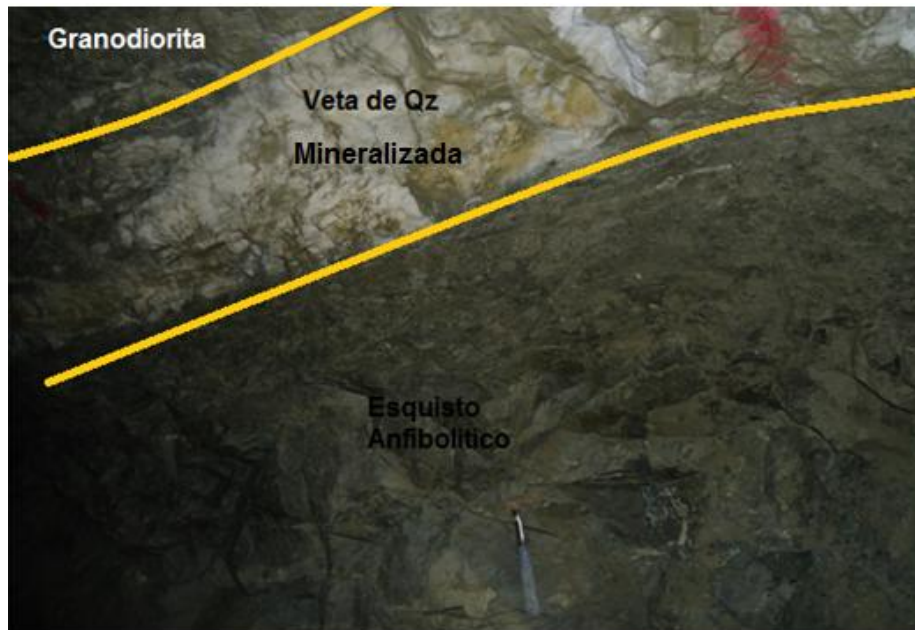


FIGURA 42. Veta de Qz mineralizada de 40 cm ubicada en el nivel 2 de la mina Quintana.

6.1.3 Veta mineralizada tipo 3

Se localiza en la parte sur de los niveles 3 y 4 de la mina. Se observa claramente en la guía principal que la veta presenta un rumbo predominante S78E a N78W/45NE y un espesor de 40 a 50 centímetros

En el sector 3 se encuentra una zona de falla en contacto con la veta en donde hay un cambio de rumbo hasta N25W.

En nivel 3 se presenta también un estrechamiento de la veta en el tramo 50m tomando como metraje 0 las escaleras del apique peatonal que baja del nivel 3, y claramente se ven indicadores cinemáticas (lineaciones) hacia el respaldo del techo de la veta por lo que al seguir realizar la explotación de este nivel se podría observar cambios en dirección y espesor de la veta debido a movimientos de

cizalla. De esta manera se puede afirmar de forma prematura que la veta tiene un comportamiento en esta zona con estructura en forma de “rosario” (FIGURA 43).

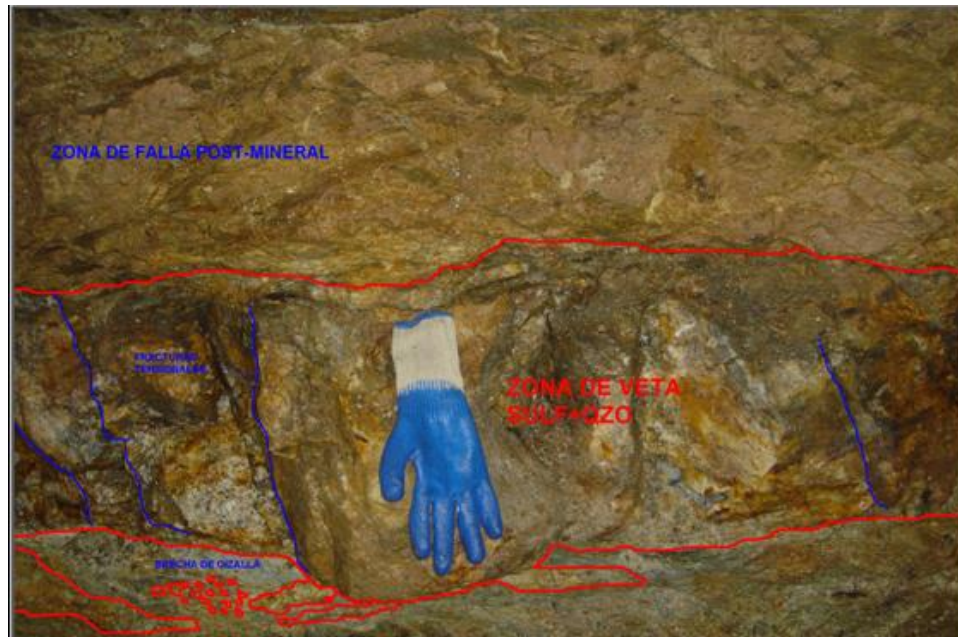


FIGURA 43. Descripción del tramo 50m que presenta prospectividad de mineralización en el nivel 3 de la zona sur de la Mina Quintana.

Los espesores mayores a 1.0 m observados en este nivel corresponden a la acción del fallamiento encontrado en el tramo 90m, puesto que se observa que la veta es desplazada en la componente del rumbo y el buzamiento de forma inversa conllevando a un ensanchamiento o engrosamiento de la veta, o lo que es más real, la desplaza sobre ella misma (FIGURA 44).



FIGURA 44. Descripción zona de falla afectando la veta de Qz mineralizada del tramo 90 m nivel 3 de la mina Quintana. Foto del techo del túnel.

6.1.4 Veta mineralizada tipo 4

Presenta una zona brechada compuesta por cuarzo lechoso, roca alterada, más óxidos abundantes y pirita diseminada, esta zona presenta una tendencia S46W/85NE muy verticalizada, aflora en los niveles 4, 5 y 7 de la mina.

Litología Superior a la Veta: Granodiorita cloritizada compuesta por cuarzo 25%, plagioclasas 25%, anfíboles 8 %, clorita (alterada 22%).

Litología Media (Veta): Veta de cuarzo de 35 cm con presencia de pirita 5%, pirrotina 4%, y óxidos.

Litología Inferior a la Veta: Roca de falla (esquisto cloritizado) con presencia de pirita 2%.

En la base de esta roca metamórfica aparece una veta de cuarzo no mineralizado de 1,20 m el cual posee sulfuros en una mínima parte menor al 1% del total de la roca (FIGURA 45).



FIGURA 45. Veta de cuarzo inerte de 1,20 m en contacto en su parte superior con esquisto clorítico y venillas de Qz, infrayaciendo la veta de Qz productora.

6.1.5 Veta mineralizada tipo 5

Compuesta por cuarzo lechoso diaclasado de 30 cm de espesor y con abundante oxidación y en planos de rumbo internos en la veta como diaclasas transversales al rumbo se presenta abundante grafito muy untuoso. Esta veta hace presencia en el nivel 6 de la mina Quintana.

La veta presenta una orientación S50E a N60W/30NE con presencia de sulfuros de 4% (pirita, galena y esfalerita), en la parte superior del túnel aflora granodiorita cloritizada con alteración argílica intermedia, en la parte inferior se evidencia una roca de falla (esquistos cloritizados) con trazas de pirita (FIGURA 46).



FIGURA 46. Nivel 6 de la Mina Quintana donde se encuentra veta de cuarzo mineralizada de 30 cm, muy diaclasada y con presencia de sulfuros en baja cantidad.

Entre las mediciones que se realizaron se encontró que el espesor promedio de las 5 vetas no pasa de 1 m, y la longitud se sitúa en 250 m de largo cada una en todos los 6 niveles (Tabla 2).



Tabla 2. Recopilación de los 5 tipos de vetas productoras cartografiadas en la Mina Quintana.

Tipo de Veta Mineralizada	Longitud Medida Mt	Profundidad estimada Mt	Espesor promedio Mt	Buzamiento Grados
1	250	50	0.30	45°
2	250	100	0.58	29°
3	250	300	0.50	45°
4	250	300	0.35	85°
5	120	250	0.30	30°

En los resultados obtenidos en laboratorio de la muestras estridadas dentro de la mina Quintana se observa que las concentraciones de plata son mucho mayor que las de oro, se da una relación 5:1.

6.2 LOGGING

Los pozos analizados fueron QS (Quintana Sur), QN (Quintana Norte), QM (Quintana Mina) y RS (Rosaleda).

Se Realizó el análisis litológico, mineralógico (FIGURA 47), toma de fotografías y generación de un perfil con los primeros 4 pozos de QS en donde se obtuvo resultado favorable de veta mineralizada en el análisis de núcleos (FIGURA 48).

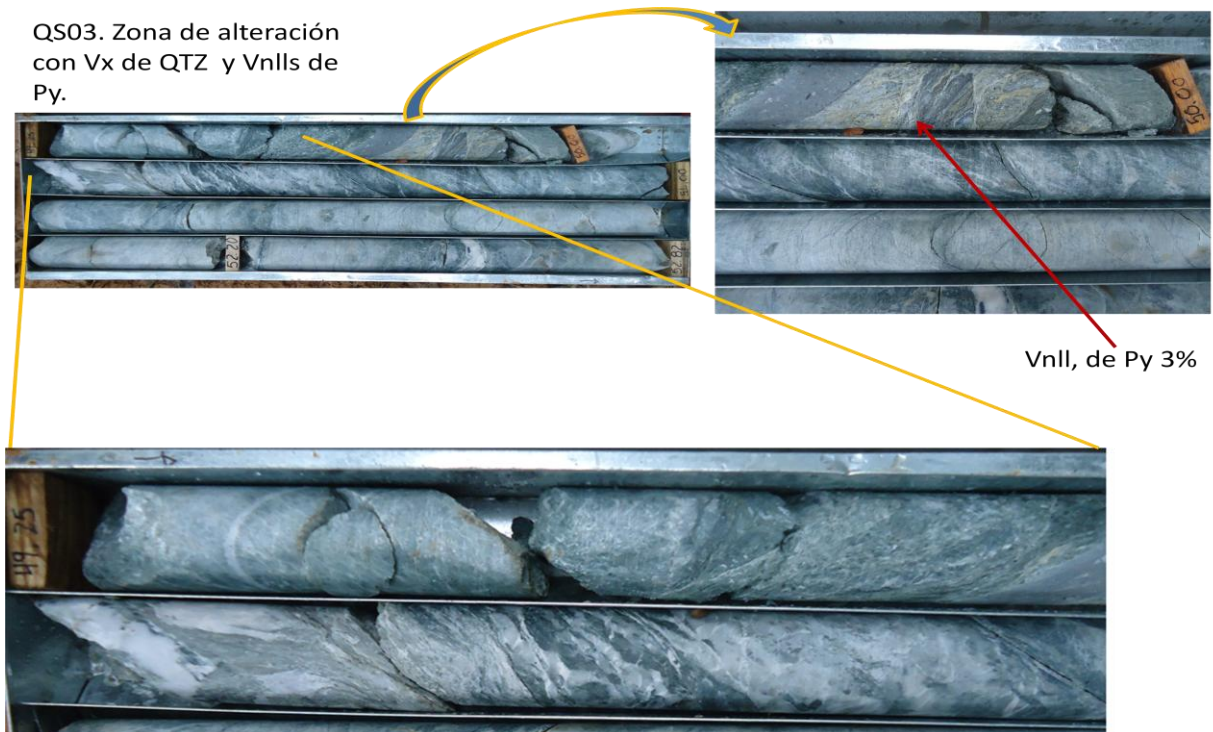


FIGURA 47. Núcleo correspondiente al pozo Qs-03 en donde se observa la granodiorita cloritizada con venillas de pirita en sus fracturas.



SONDEOS REALIZADOS EN QS

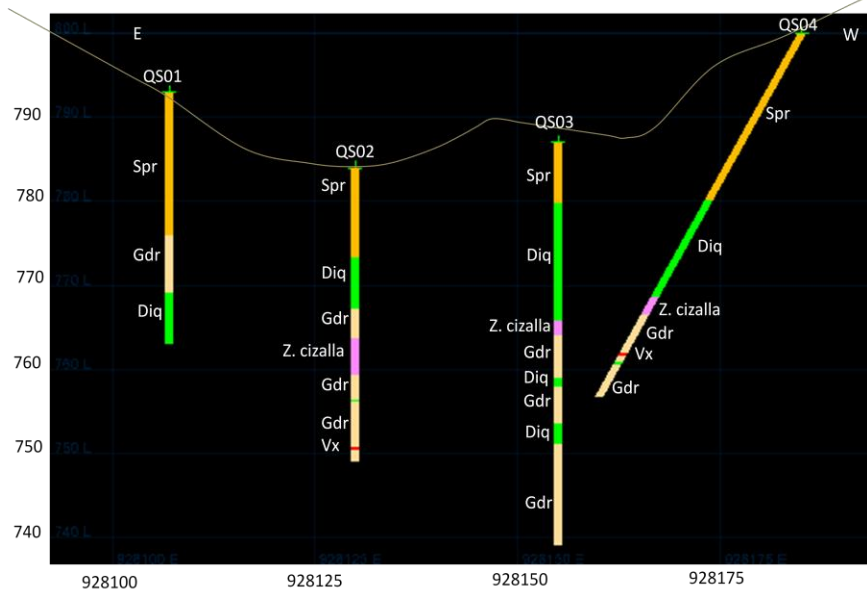


FIGURA 48. Perfil de los pozos Qs 1,2,3 y 4 en donde se evidencia que en los primeros metros luego del saprolito se encuentra un dique andesítico seguido de una zona de cizalla y roca de tipo granodiorita para luego en los pozos Qs02 y Qs04 encontrar la veta de cuarzo de 10 a 15 cm de espesor. Software utilizado Autocad 2011.

6.3 MUESTRAS DE SEDIMENTOS Y ROCA

En la exploración realizada en Rosaleda se recolectaron 11 muestras de roca y sedimentos en los cuales se comprobó al llevarlas al laboratorio la presencia de trazas de oro.

Tabla 3. Resultados Muestreo Rosaleda.



FECHA	NUMERO DE MUESTRA	TIPO DE MUESTRA	Au
22/08/2012	60021	Sedimentos Activos	Traza
22/08/2012	60022	Sedimentos Activos	Traza
22/08/2012	60023	Sedimentos Activos	Traza
23/08/2012	60024	Sedimentos Activos	Traza
23/08/2012	60025	Sedimentos Activos	11.5 g/t
23/08/2012	60026	Muestra de Veta	Traza
23/08/2012	60027	Muestra de Veta	4 g/t
23/08/2012	60028	Muestra de Veta	6.5 g/t
23/08/2012	60029	Muestra de Veta	2 g/t
23/08/2012	600210	Muestra de Veta	2.5 g/t
23/08/2012	600211	Muestra de Veta	4.8 g/t

7 DISCUSIÓN

Los resultados que se obtuvieron de las muestras extraídas dentro de la mina Quintana al momento de realizar la cartografía minera arrojaron que las concentraciones de plata son muy elevadas comparadas a la cantidad de oro presente en dichas muestras lo que podría suponer la tesis de que el depósito no es del todo orogénico ya que la relación normal en estos depósitos es $Au > Ag$ la cual es generalmente cercana a 10, y en casos excepcionales 1 a 1 (González, 2004) y no se está cumpliendo para este pequeño sector donde está llevándose a cabo la explotación de la empresa dentro del distrito minero Segovia- Remedios por lo tanto se da una afirmación contrario a la dada por Groves et al., 1998 en donde designa el todo sistema como depósito de oro orogénico.

Para Groves et al., 1998 los depósitos en el distrito minero Segovia-Remedios es conveniente asignarles el nombre de oro orogénico ya que se caracterizan por sistemas hidrotermales que representan un fluido regional inherente a un tectonismo a lo largo de márgenes convergentes, que a diferencia de otros sistemas vetíticos de oro como el epitermal de baja sulfuración que no existen en orógenos y son de sistemas extensivos locales, asociados con aguas magmáticas y meteóricas.

Según Manco 2010 se debe analizar tres fases de depósito para conocer en realidad en tipo de yacimiento (pre-mineral, mineralizante y post-mineral) donde la primera la constituye minerales de pirita, esfalerita y cuarzo siendo estos minerales los más comunes encontrados en la mina Quintana S.A.S, una fase media dada por baja pirita, pirrotina, calcopirita y abundancia de cuarzo, galena y esfalerita, por último se da un sistema donde precipita el cuarzo y la pirita en venillas. Al realizar inclusiones fluidas de las rocas recolectadas en la zona, Manco afirma que no se observa fases asociadas a procesos devolatilización química las cuales surgen gracias a procesos de metamorfismo prógrado en materiales sólidos por lo que se deja en duda si todo el sistema se le debe denominar



deposito orogénico ya que los resultados en salinidad, temperatura de homogenización y sistema salino dados llevan a inferir posibles fuentes de derivación magmática emplazadas y cristalizadas en condiciones mesotermiales.

Al analizar las relaciones texturales y paragenéticas dentro de los rasgos mineralógicos en las muestras recolectadas por la empresa Quintana S.A.S se evidencia la presencia de fluidos hidrotermales confinados en fisuras de procedencia silíceas de baja sulfuración que migraron por medio de fallas y fracturas en donde se precipitaron minerales metálicos y se dio la cristalización del oro ligado a piritita, galena, pirrotina, etc.

El depósito del distrito minero se da en un contexto influenciado por la subducción de la corteza oceánica engrosada, en donde se originaron acreciones de terrenos, aproximación arco-arco y colisión de un micro continente de arcos amalgamados contra el continente dando lugar a una convergencia oblicua y magmatismo post colisional filoniano (Rodríguez et al., 2007).

En el análisis realizado en la zona se evidencia sistemas de vetas de cuarzo con menos de 3-5% de contenido de sulfuros (principalmente de hierro) y menos del 10% de carbonatos lo que nos hace acercarnos a la tesis de depósito de oro orogénico ya que estos poseen esta característica.

CONCLUSIONES

- En los niveles 1 al 6 de la Mina Quintana se evidencian 5 vetas de cuarzo de diversas concentraciones de sulfuros siendo la veta número 2 la de mayor espesor (58 cm), con presencia de pirita, esfalerita, pirrotina, galena que son minerales pertenecientes al grupo de los sulfuros y en donde el oro se encuentra asociado a ellos.
- Al realizar el análisis de pozos Qs (Mina Quintana Sur), se evidencia que las alteraciones predominantes en las mineralizaciones son argílica y clorítica generando que la roca se encuentre de manera arcillosa, al igual se observa que cerca de la zona donde está la veta el material es muy fracturado y se encuentran muchas zonas de cizalla.
- Al analizar los pozos de Qs se evidencia que la concentración de oro rodea 8 a 10 gramos por tonelada.
- Las vetas encontradas se caracterizan por su gran oxidación cerca del 35% de su total de la roca, pero en baja cantidad de sulfuros cerca al 4%.
- El análisis de las vetas arroja que su espesor es discontinuo, no se maneja un equilibrio en el sistema, la mineralización o zonas de mayor anomalía se encuentran a 50 m de profundidad para los 4 pozos analizados.



- En la cartografía de la mina Quintana la veta hacia el sur posee mayores variaciones de espesor que en la zona norte, evidenciando cambios de buzamiento y rumbo debido a fallas locales.
- Los pozos exploratorios Qs-12, Qs-14, Qs-15, Rs-05 generaron un aumento de reservas probadas en la concesión ya que se logro encontrar vetas de cuarzo con resultados de 12, 20, 34 y 52 g/t de oro.
- En los niveles 4 y 5 de la Mina Quintana aparece una veta inerte con valores menores a 0,1 g/t de oro con un espesor de 1,20 m, esta roca es paralela a la veta tipo 4 productora y se piensa que no alcanzo hacer penetrada por flujos magmático ricos en sulfuros por lo tanto no genero ninguno resultado anómalo.
- En la Mina Rosaleda (licencia 6002) predominan dos tendencias de vetas: Unas N-NE buzando al E, y otras E-W buzando al norte.
- En la licencia 6002 por lo observado hasta ahora se puede afirmar que la zona de mayor potencial es el sector Sur con valores anómalos favorables para una explotación, por el contrario en el sector norte el porcentaje de sulfuros es casi nulo por lo cual las vetas son inertes no productoras.
- Basados en los resultados de laboratorio la mayor cantidad de muestras con valores de oro están ubicadas en la veta de la mina corazones, por lo cual se debería realizar la proyección de esta en el área del contrato 6002.



- La veta tipo 3 es la de mayor espesor en la mina Quintana aproximadamente de 60 cm a 1 m, es afectada por una falla que cambia el rumbo normal de esta llevándola al NW y generando un espesor aparente de 1.40 m.
- Los datos suministrados por el laboratorio Quintana SAS de las muestras recolectadas dentro de la concesión arrojan que las concentraciones de plata son muy elevadas comparadas a la cantidad de oro presente en dichas muestras lo que podría suponer la tesis de que el depósito no es del todo orogénico ya que la relación normal en estos depósitos es Au>Ag la cual es generalmente cercana a 10, y en casos excepcionales 1 a 1 pero en este sector del distrito minero no se cumple este criterio.

BIBLIOGRAFÍA

- ÁLVAREZ, M. et al., 2007. Geología de la zona de influencia de la falla Otú en el distrito minero Segovia-Remedios. Dyna, Año 74, Nro. 153, Medellín. pp. 41-51.
- BALLESTEROS, C.I. (1983): Mapa geológico Generalizado del Departamento de Bolívar. Escala 1:500.000 Ingeominas, Bogotá.
- BERGER B. 1986. "Descriptive model of low sulfide Au-quartz veins". (USGS), In "Mineral Deposit Models", editors Dennis P. Cox and Donald A. Singer.
- BILLINGSLEY P. 1933. Utilización de la geología en compañías mineras, en Ore Deposits of Western States (Lindgren Volume), Nueva York: A.I.M.E., pp. 721.
- BOGOTA, J. y Aluja, J., 1981. Geología de La Serranía de San Lucas. Geología Norandina, 4: pp. 49-56.
- BOTERO, G., 1941. Croquis geológico de Antioquia. Revista Minería, 19: pp.111-112.
- BROCK, R. 1924. Búsqueda científica de minerales: Economic Geology, vol. 19, pp. 675.
- CHICANGANA G. 2005. La zona de fallas de Romeral: Una zona de subducción extinta deformada y cizallada que sirve de contacto entre una litósfera oceánica y una continental en el norte de Suramérica. Tesis de Maestría. Universidad Nacional de Colombia, Departamento de Geociencias, Postgrado Geología. Bogotá D.C., Colombia.



- DEERE, D.U., Hendron, A.J., Patton, F.D. and Cording, E.J. 1967. Design of surface and near surface construction in rock. In Failure and breakage of rock, proc. 8th U.S. Symp. Rock mech., (ed. C. Fairhurst), 237-302. New York: Soc. Min. Engrs, Am. Inst. Min. Metall. Petrolm Engrs.
- FEININGER, T., Barrero, D. y Castro, N., 1972. Geología de parte de los departamentos de Antioquia y Caldas (sub zona II-B). Boletín geológico. INGEOMINAS, 20 (2): pp.1-173.
- GOLDFARB, R.J., Baker, T., Dube, B., Groves, D.I., Hart, C.J.R. y Gosselin, P., 2005. Distribution, character and genesis of gold deposits in metamorphic terranes. 100th anniversary volume of Economic Geology: pp.407–450.
- GONZALEZ, C. P. Representación Digital en 3D de Las Labores de Desarrollo de La Mina El Silencio en la Empresa Frontino Gold Mines Limited, Segovia, Antioquia. Tesis. Universidad Nacional de Colombia, Facultad de Minas. Medellín, 2004.
- GONZÁLEZ, H., 2001. Mapa geológico del departamento de Antioquia. Memoria explicativa, INGEOMINAS, pp. 86-213.
- GONZÁLEZ, H., Cossio, U., Maya, M., Vásquez, E. y Holguín, M., 1997. Mapa geológico del Departamento de Antioquia. Escala 1:400000. INGEOMINAS. pp. 240.
- GROVES, D.I., et al., (1998). Orogenic gold deposits: a proposed classification in the context of their crustal distribution and relationship to other gold deposit types. Ore Geology Reviews, 13: pp.7–27.



- HAEBERLIN Y., Moritz R., Fontboté L. 2004. Carboniferous orogenic gold deposits at Pataz, eastern Andean Cordillera, Peru: Geological and structural framework, paragenesis, alteration, and $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ geochronology. *Econ. Geol.* v. 99, pp. 73-112.

- HALL, R., Feiniger, T., Barrero, D., Rico, H. & Álvarez, J. 1970. Boletín Geológico Zona II Antioquia Y Caldas. Recursos Minerales de Parte de los Departamentos de Antioquia y Caldas. Vol. XVIII, No.2 1970. pp. 34-35.

- KESLER, S.E. 1994. Mineral resources, economics, and the environment. MacMillan College Publishing Co., NY, pp. 391

- KESLER S. and Wilkinson B., 2006. The role of exhumation in the temporal distribution of ore deposits. Express letter. *Economic geology. Bulletin of the society of economic geologists.* August 2006.

- MANCO, J. Paragénesis mineral y micro-termometría en inclusiones fluidas de los sistemas vetiformes del distrito minero Segovia-Remedios en el área de la Frontino Gold Mines (FGM). Nordeste Antioqueño. Trabajo de grado, UNAL., Medellín-Colombia., pp. 38.

- MARJORIBANKS, R. 1997. Geological methods in mineral exploration and mining. Chapman & Hall, London, pp. 115.

- MONTES, C., Hatcher, R. D., Jr., and Restrepo-Pace, P., in press, Tectonic reconstruction of the northern Andean blocks: oblique convergence and rotations derived from the kinematics of the Piedras-Girardot foldbelt, Colombia: *Tectonophysics*, V. 399, pp. 221-250.



- MUÑOZ, J., López, F. E. & Toussaint, J. F. 1993. Memorias VI Congreso Colombiano De Geología. Tomo I. Terrenos Alóctonos, Acreciones y Repartición de los Principales Depósitos Minerales de Colombia. Universidad Nacional de Colombia-Facultad de Ciencias. Medellín., pp. 55.
- ORDÓÑEZ, O., Pimentel, M. M., De Moraes, R. y Restrepo, J. J., 1999. Rocas Grenvillianas en la región de Puerto Berrio-Antioquia. Revista de la Academia Colombiana de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales, 23(87): pp. 225-232.
- OTERO, I. 2012. Exploración, muestreo, descripción y toma de datos geológicos en los yacimientos vetíticos auríferos en el Municipio de Remedios, Noreste Antioqueño. Trabajo de grado, UIS., pp. 145.
- PARIS, G.; Machette, M. N.; Dart, R. L. & Haller, K. M. 2000. Map and database of Quaternary faults and folds in Colombia and its offshore regions. Open-File Report 00-0284. U. S. Geological Survey.
- PARRA E. 1984. Influencia de las explotaciones mineras en el área urbana de los municipios de Remedios, Segovia y Amalfi. Ingeominas, Informe 1995. Medellín., pp. 33.
- PASSCHIER, C.W. (1991) The classification of dilatant flow types. Journal of Structural Geology 13: pp.101-104.
- PETERS, W.C. 1978. Exploration and mining geology. John Wiley y Sons, NY, pp. 696 .
- PROFFETT, J. (2004): Geology of the Bajo de la Alumbrera porphyry copper-gold deposit, Argentina. Ec. Geology, 98 (8): pp.1535 - 1574.



- RESTREPO, J. J., y Toussaint, J. F. 1988. Terranes and continental accretion in the Colombian Andes. Episodes 11(3): pp. 189-193.
- ROBERT, A. Dover J., Valencia K. Impacto de la explotación minera del carbón en las estructuras socio-culturales de los indígenas del sur de la Guajira. En: CHOMSKY, Op. cit.
- RODRÍGUEZ, C. J., Pernet, A. 1983. Recursos minerales de Antioquia. Boletín Geológico. Ingeominas. Vol. 26. Nº 3. Informe 1885, Bogotá, pp. 116.
- RODRÍGUEZ R., 2007. Aproximación a la evolución metalogénica y afinidad al modelo de oro orogénico de los depósitos minerales del sector norte de la cordillera central de Colombia, pp. 4-61.
- SCHMITT, H. 1936. Levantamientos geológicos en el subsuelo: Engineering and Mining Journal, vol. 137, pp. 557.
- SCHUILING, R.D. 1967. The belts on the continents around the Atlantic ocean // Economic Geology. V.62. N4. pp. 540-551.
- SHLEMON, R., 1970. Zonas de deslizamientos en los alrededores de Medellín, Antioquia (Colombia). Boletín Geológico Ingeominas, Publicación Especial 5, pp. 45.
- TOUSSANT, G. 1995. Evolución geológica de Colombia. UNAL., Medellín-Colombia. pp. 242.
- UTTER T. 1982. Geological setting of Primary Gold Deposits in the Andes of Colombia (South America) In GOLD`82: The Geology, Geochemistry and Genesis of Gold Deposits. Edited by R. P. Foster pp. 731 – 753.



- WIESELMANN, E. A. & Galay, I. 1982. Informe de Evaluación Geológica Preliminar área The Frontino Gold Mines Ltda. Distrito de Segovia-Remedios, Antioquia- Colombia. Texas gulf Panamá Inc. (Confidencial). pp. 44.

PAGINAS WEB CONSULTADAS

- Mapa físico de la región del nor-este Antioqueño. Google maps, consultado en Agosto de 2012. <http://maps.google.es/>



ANEXO 1

Alineamientos estructurales en el Nordeste Antioqueño .

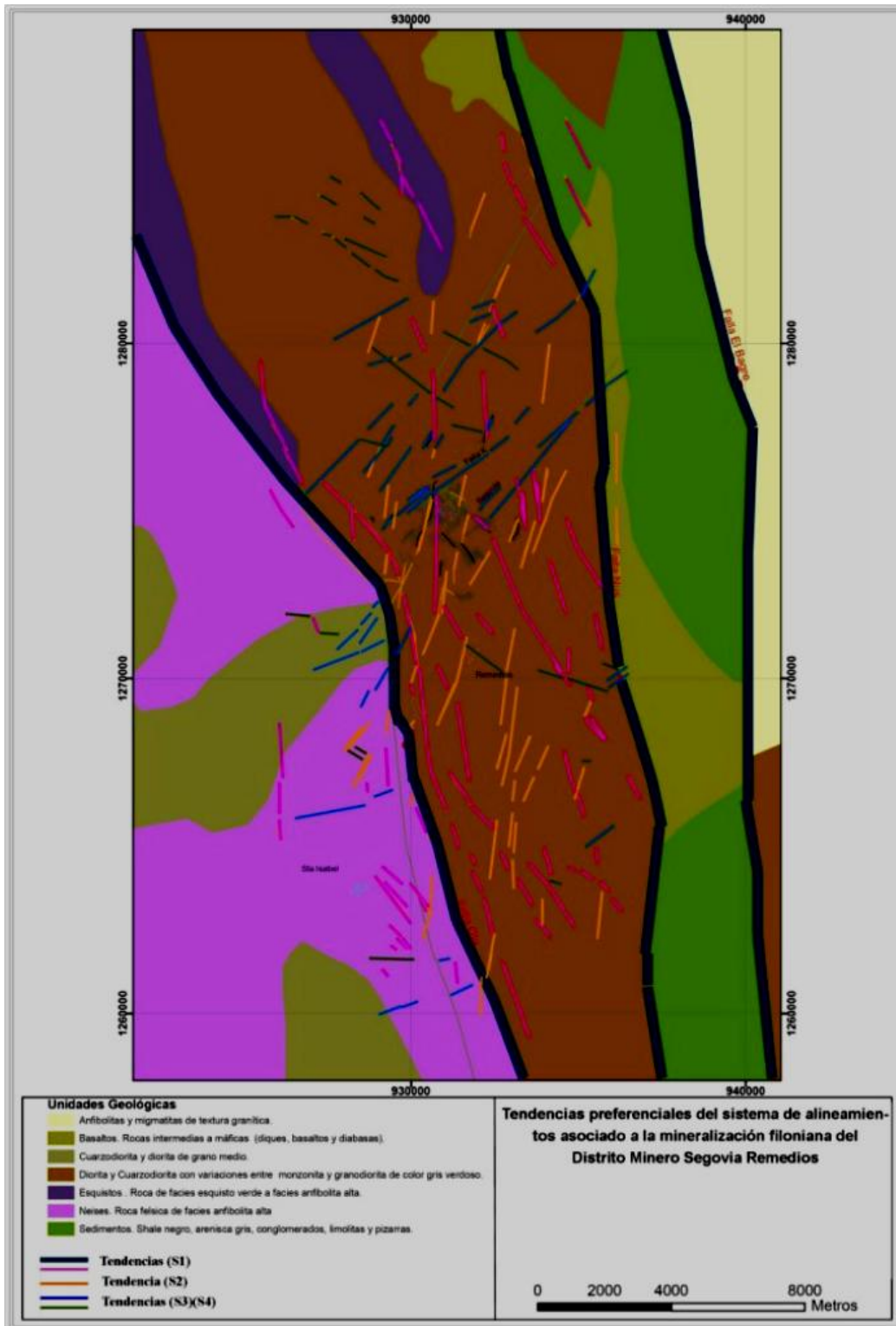


FIGURA 49. Tendencias preferenciales de los alineamientos estudiados en la Región del Nordeste Antioqueño. Se observan estructuras geológicas que se sobre imponen al carácter regional.