



**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA
DE MÉXICO**

FACULTAD DE INGENIERÍA



**“PROCESOS DE EXPLORACIÓN EN ETAPA DE BARRENACIÓN
PARAMÉTRICA Y MALLA DE PERFORACIÓN” PROYECTO REY DE
PLATA GRO. MÉXICO.**

INFORME

PARA OBTENER EL TÍTULO DE:
INGENIERO GEÓLOGO

PRESENTA:
MARIANA FIERROS GARCÍA

DIRECTOR DE INFORME
ING. GERMÁN ARRIAGA GARCÍA

MÉXICO 2012

Dedicatoria

A mis padres y hermanos que con su ejemplo y esfuerzo han logrado hacer de mí lo que soy el día de hoy

A mis profesores que han hecho de mí una buena profesionalista, que con su paciencia y conocimiento me hicieron crecer.

A mi alma mater que me abrió las puertas, me formó y confió en mí.

Agradecimientos

Al Ing. Germán Arriaga que me ha apoyado y educado incondicionalmente, que me ha tenido la paciencia suficiente para hacer de mí una mejor profesionista. Por brindarme la confianza y dedicarme el tiempo de enseñarme para superarme día a día pero sobre todo gracias por los consejos que me ha dado.

A cada uno de mis profesores que han dejado su huella en mí y que prometo que a lo largo de mi vida los llevaré.

A cada uno de mis compañeros y amigos que gracias a ustedes obtuve un aprendizaje constante, les agradezco por los buenos momentos que me dieron y por estar conmigo en las buenas y en las malas.

Agradezco a cada uno de los Ingenieros que me han apoyado en los trámites de este trabajo tanto Ingenieros de la facultad como Ingenieros de Peñoles.

Gracias a Peñoles que me ha ido formando a cada paso y puso en mi camino a todas esas personas que día a día aprendemos juntos.

Agradezco a cada una de las personas que han estado a lo largo de mi vida y que han dejado huella.

Indice

Resumen	Pag. 5
I. GENERALIDADES	6
I.1 Introducción	6
I.1.1 Historia de la mina y explotación	8
II. MARCO GEOLÓGICO	
II.1 Localización	11
II.2 Acceso y vías de comunicación	11
II.3 Geología del Terreno Guerrero	12
II.3.1 Geología del Subterreno Teloloapan	14
II. 4 Características de el Yacimiento	17
II.4.1 Litología	19
II.4.2 Columna estratigráfica	22
II.4.3 Estructuras	30
II.4.4 Mineralización	32
III. METODO DE TRABAJO	34
IV. CONCLUSIONES	37
V.BIBLIOGRAFÍA	38

Resumen

A través de la historia de México, el sector minero-metalúrgico mexicano ha demostrado en incontables ocasiones su tenacidad, su capacidad de abordar y resolver las tareas más difíciles, de superar las situaciones más complejas y de responder con creces a los retos que impone el entorno internacional. Por eso es que el presente trabajo se basa en información ya trabajada e información recopilada en el Proyecto Rey de Plata a partir de 2009 en etapa de barrenación este hecho demuestra que ante la situación de la industria minera mexicana en la actualidad continua siendo difícil lograr un proyecto de esta magnitud ante cualquier adversidad.

La finalidad de este trabajo es plasmar la metodología que se ha seguido a lo largo del proyecto en etapa de barrenación para la caracterización y continuidad del yacimiento.

Así mismo en la exploración de Yacimientos Minerales es todo un reto y se necesita de muchas etapas y muchas personas para poder lograr un proyecto como este.

Por otro lado, el Terreno Guerrero ha sido por mucho tiempo motivo de controversia y en este caso el Yacimiento ha sido todo un reto.

Generalidades

I.1 Introducción

Los yacimientos vulcanosedimentarios o depósitos volcanogénicos constituyen una de las principales fuentes del mundo en Cu, Zn, Pb y una importante cantidad de oro y plata; se encuentran en rocas de todas las edades y en todo el mundo contienen cerca de 500 millones de dólares en valor metálico y presentan un pilar dentro de las operaciones mineras en diversas partes de América y Europa.

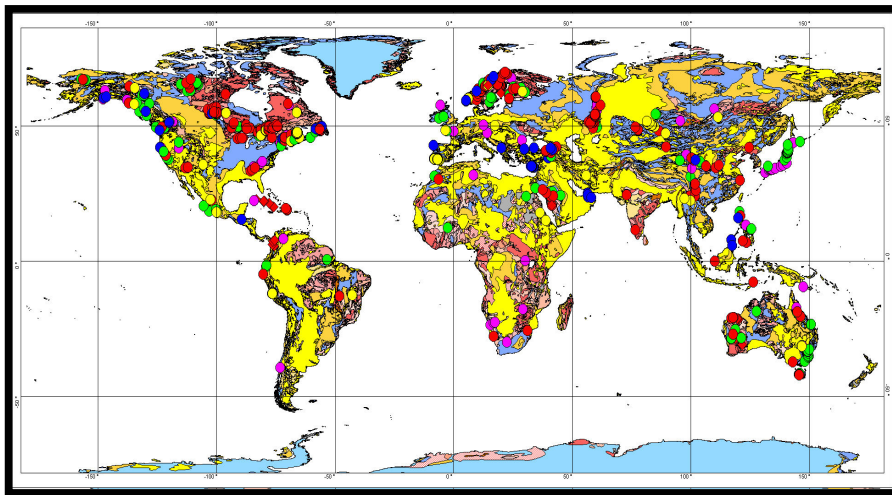


Fig. 1 muestra la distribución de algunos de los distritos más grandes del mundo y depósitos de sulfuros masivos.

Este tipo de yacimiento se forma a partir de sistemas hidrotermales del fondo marino donde los fluidos son ricos en metales (humo negro) y precipitan (exhalativo) cerca del fondo marino (sustitución subsuelo marino).

Son una fuente predominantemente de Zn, Cu, Pb, Ag y Au aunque también son fuentes importantes de Co, Sn, Se, Mn, Cd, In, Bi, Te, Ga y Ge.

Los depósitos VMS han sido clasificados por:

- contenido en metal
- composición de roca huésped
- ambiente tectónico

- nombre del distrito, etc.

Los depósitos en cada ambiente tectónico tienen características específicas y el conocimiento de estos es importante para la definición en el enfoque de la exploración y algunas de las mejores características de diagnóstico a gran escala del medio ambiente paleo-tectónicos son:

- Las tendencias petrogénicas
- Definir el flujo del paleo-calor
- El tipo de sedimentos (distal, proximal) que indica la presencia de VMS
- Sustituto de la profundidad de agua
- Física (vulcanología)
- Geoquímica, etc.

La mayoría de clasificación útil para la exploración y efectos genéticos se basa en las características de la secuencia estratigráfica que aloja los depósitos.

La asociación de litofacies de depósitos VMS no infiere con el ambiente tectónico, pero registra el entorno en el que los depósitos se formaron y el medio ambiente que influyen en la morfología de VMS de depósito, los mecanismos de la acumulación de sulfuro, la composición, la geometría y la mineralogía de las asociaciones de alteración.

Hay tres litofacies que son:

- Flujos
- Volcanoclastos
- Sedimentos

En otro tema dentro de los depósitos de VMS estos se ubican en un yacimiento en el estado de Guerrero y los yacimientos que se encuentran en el estado tienen una gran variedad de minerales metálicos y no metálicos, dentro de los depósitos de minerales metálicos más destacados son los de oro y plata y aun cuando existen muchos denuncios de platino, no se tiene conocimiento que este metal se encuentre en el estado.

Después de los metales preciosos, siguen en importancia los metales básicos: plomo, zinc y cobre, que cuentan con manifestaciones en prácticamente todo el estado.

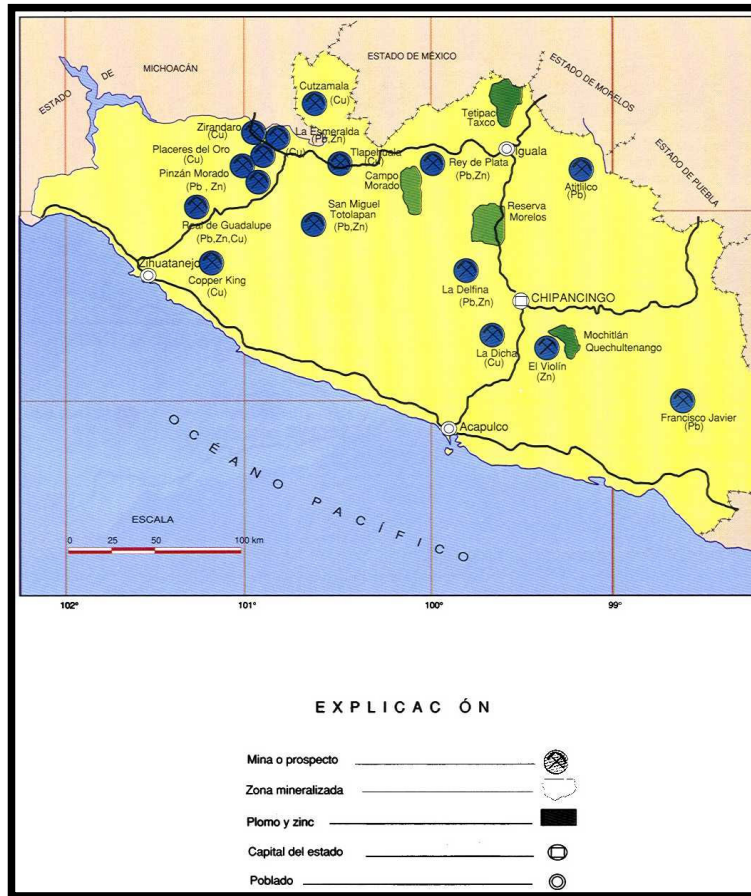


Fig. 2 Principales zonas y minas de plomo, zinc y cobre. (Tomada del archivo de Exploraciones Toluca)

I.2 Historia de la Mina y explotación

Entre 1946 y 1949, la compañía “LA CAMPAÑA”, exploró con B.D.D un área de 200 X 500 m y realizó trabajos de exploración por tajo y subterráneos en zonas con altos valores de plata, se delimitó una pequeña área de hasta 6 Kg/Ton de Ag, motivo por el cual el depósito fue denominado “REY DE PLATA”, como se conoce actualmente.

Este Yacimiento se conoce desde el siglo pasado; los trabajos por parte de industrias Peñoles comienzan desde 1975 a a 1980 con un programa de 11,300 metros de barrenación a diamante, y con base en un modelo de

ambiente vulcanogénico, detectó los cuerpos Rey de Plata, Tehuixtla y zinc-cobre de origen vulcanogénico, polimetálicos con valores económicos de oro, plata, plomo, zinc y cobre.

En 1986, la Minera Antares, S.A. de C.V., en sociedad con Peñoles-Outokumpo, abrieron el nivel 865 para cortar el cuerpo Tehuixtla y desarrollar un programa sistemático a diamante de interior Mina para delimitar el cuerpo.

De 2000 a 2001 Minera Rey de Plata, S.A. de C.V., sociedad Peñoles-Dowa-Sumitomo, operaron una planta de beneficio por flotación de 1,100 toneladas diarias; tuvieron que cerrar por baja de los precios de los metales:

Producción Histórica (01/Sep/2000 a 31/Dic/ 2001)							
Mes	Ton t	Au g/t	Ag g/t	Pb %	Zn %	Cu %	Fe %
Sep-00	4,612	1.53	111	0.47	6.32	0.33	
Oct-00	10,019	2.11	161	0.80	6.79	0.40	
Nov-00	24,661	1.44	180	1.46	7.79	0.30	
Dic-00	26,072	2.44	314	2.15	10.93	0.44	
Ene-01	24,137	2.31	357	2.60	10.49	0.30	
Feb-01	21,769	2.34	280	2.98	11.85	0.25	
Mar-01	28,028	2.10	229	2.59	10.83	0.27	
Abr-01	28,704	1.94	224	2.11	9.82	0.24	
May-01	30,679	1.75	195	1.97	9.58	0.30	
Jun-01	30,236	1.85	198	1.97	9.47	0.34	
Jul-01	28,429	1.87	221	2.50	10.56	0.34	
Ago-01	29,544	1.84	199	2.08	8.42	0.40	
Sep-01	27,570	1.89	220	2.65	10.58	0.40	16.40
Oct-01	27,949	1.89	267	2.98	10.54	0.34	14.28
Nov-01	24,828	1.51	243	2.46	9.18	0.30	13.94
Dic-01	19,586	1.64	288	3.38	11.04	0.31	13.40
Total	386,823	1.91	237	2.32	9.90	0.33	14.61

Figura 3 Producción histórica del cuerpo Tehuixtla. (Tomada de archivo de Exploraciones Toluca).

Para el año Durante 2007 a 2009 un programa sistemático de barrenación paramétrica se detectan los cuerpos Superior, Medio e Inferior.

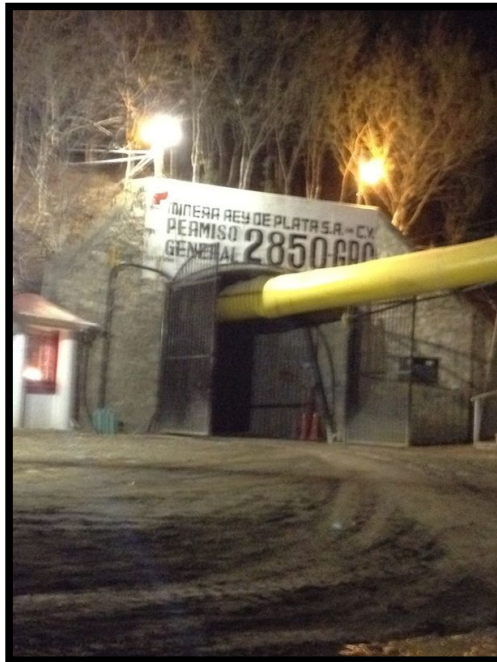


Fig. 4 Rampa Vicente Guerrero en Operación (Foto tomada por Mariana Fierros año 2011)



Fig. 5 Rampa Vicente Guerrero en operación (Archivo Peñoles año 2000).

Marco Geológico

II.1 Localización

El Proyecto se encuentra localizado en el estado de Guerrero, al sur de México; aproximadamente a 150 km al suroeste de la Ciudad de México. El área de estudio se localiza en el poblado de Tehuixtla municipio de Teloloapan Gro. el cual colinda con la ciudad de Iguala y con Cd. Altamirano.

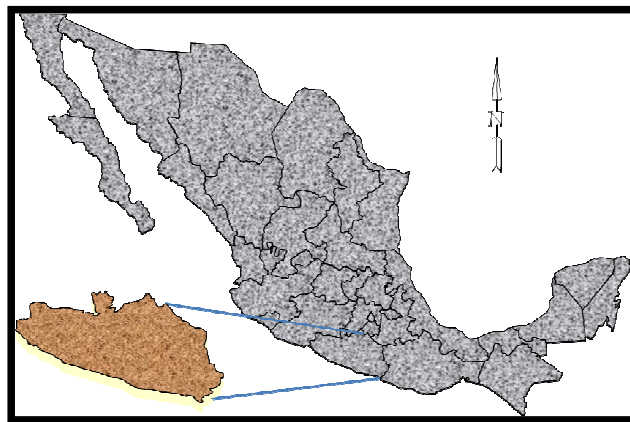


Fig. 6 Localización del estado de Guerrero.

II.2 Acceso y vías de comunicación

Las vías de acceso al proyecto Rey de Plata de Teloloapan son las carreteras federales No. 51 Iguala-Cd. Altamirano, posteriormente la carretera rumbo a Apaxtla; se toma un camino de terracería, el poblado más cercano es Tehuixtla.

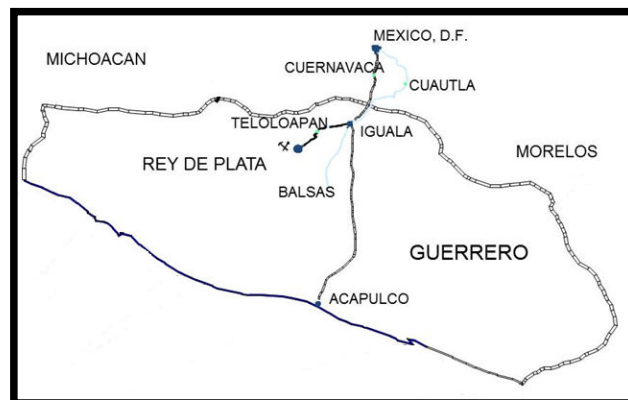


Fig. 7 Localización de las principales carreteras.

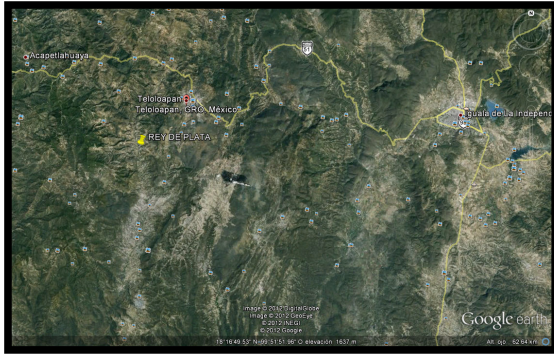


Fig. 8 Imagen tomada de Google Earth localización 1.

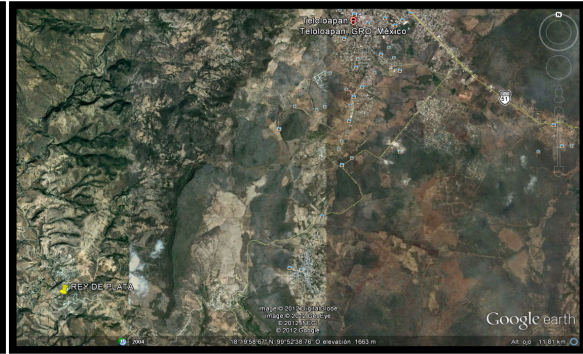


Fig. 9 Imagen tomada de Google Earth localización 2

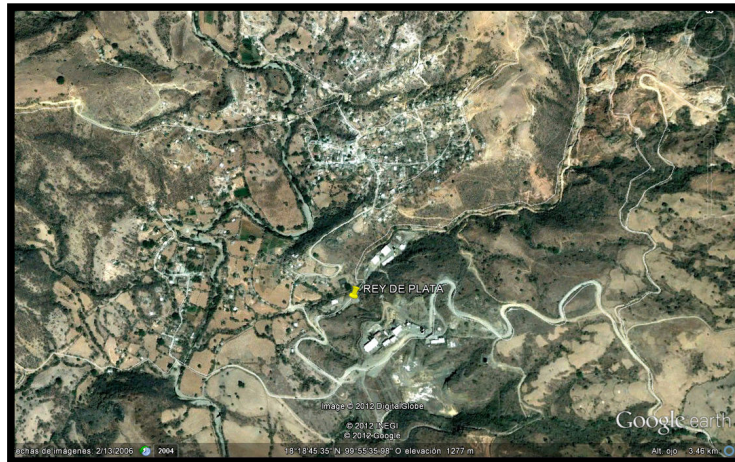


Fig. 9 Imagen tomada de Google Earth instalaciones y poblados.

Como ya se mencionó anteriormente el proyecto se encuentra en las cercanías de los poblados de Tehuixtla y Ahuehuetla que pertenecen al municipio de Teloapan.

II.3 Geología del Terreno Guerrero

El Terreno Guerrero representa uno de los terrenos tectonoestratigráficos más grandes de Norte América y ocupa mucho de la margen pacífica de México, desde Guerrero hasta Baja California Norte y en el centro comprende Guanajuato y Zacatecas (Fig. 1). De acuerdo con Campa-Uranga y Coney (1983), el Terreno Guerrero está formado por rocas metavolcánicas y volcánico-sedimentarias de diferente origen y afinidad magmática de edad Jurásico Superior a Cretácico Inferior.

El Terreno Guerrero está dividido por el Cinturón Volcánico Trans-Mexicano en dos grandes segmentos. En el segmento norte, las secuencias del Terreno

Guerrero se encuentran en gran parte cubiertas por rocas volcánicas de la Sierra Madre Occidental y los afloramientos se encuentran aislados a lo largo de la costa del Pacífico, y en las regiones de Guanajuato y Zacatecas. En el segmento sur del Terreno Guerrero, las secuencias afloran con mayor continuidad y se ha sugerido que el terreno es compuesto y que consta de al menos tres subterrenos limitados por discontinuidades tectónicas regionales (Ramírez-Espinosa *et al.*, 1991): subterreno Teloloapan, subterreno Arcelia-Palmar Chico y subterreno Zihuatanejo-Huetamo (Fig. 1).

El subterreno Teloloapan forma un cinturón de tendencia general N-S de ~100 km de ancho y ~300 km de largo localizado en el borde occidental del Terreno Mixteca (Fig. 1). Este subterreno se extiende desde las regiones de Valle de Bravo y Tejupilco, Estado de México en el norte y en el sur hasta Filo de Caballo en la región de Yextla y Cruz de Ocote donde entra en contacto con el Terreno Xolapa.

La estratigrafía y origen del subterreno Teloloapan es actualmente motivo de discusión. En la región de Teloloapan, Guerrero-Suastegui *et al.* (1990) establecen que el subterreno Teloloapan se compone de una secuencia basal predominantemente volcánica que consiste de una interestratificación de metalavas basálticas con estructura masiva o en almohadilla, brechas, conglomerados y tobas de edad Berriasiano-Aptiano. La cubierta sedimentaria consiste de lutitas y areniscas tobáceas, calizas delgadas y masivas del Aptiano Superior-Cenomaniano Inferior y una secuencia de lutitas y areniscas que coronan la columna. Los datos geoquímicos presentados por Talavera-Mendoza (1993); Talavera-Mendoza y Guerrero-Suastegui (2000) indican que las rocas metavolcánicas son esencialmente basaltos de afinidad calco-alcalina generados en un ambiente de arco insular evolucionado.

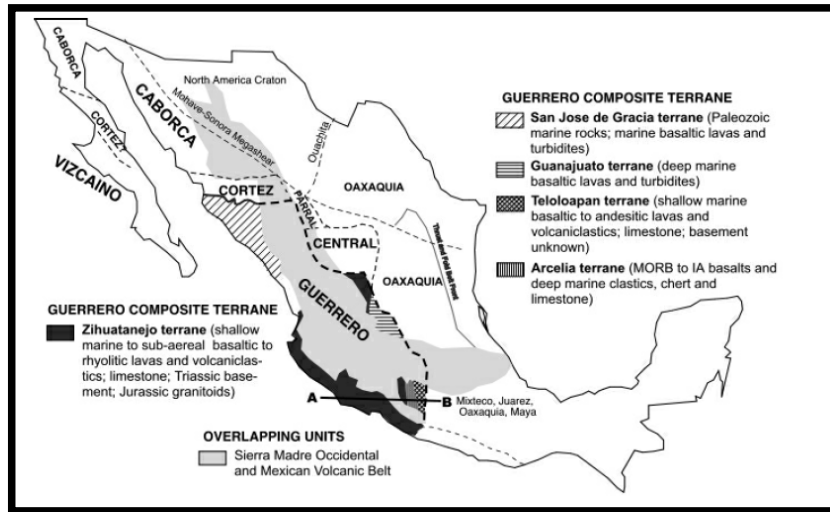


Fig. 10 Mapa de terrenos tectonoestratigráficos de México (Campa-Uranga y Coney, 1983).

II.3.1 Geología del Subterreno Teloloapan

A continuación se mencionará lo que la literatura habla del subterreno Teloloapan para posteriormente enfocarse a las unidades del proyecto.

El subterreno Teloloapan está limitado al este con el Terreno Mixteca al oeste con el subterreno Arcelia-Palmar Chico al norte con el Cinturón Volcánico Transmexicano y al sur con el Terreno Xolapa; está formado por 300 km de largo y 70 km de ancho (Talavera-Mendoza y Guerrero-Suástegui, 2000; Talavera-Mendoza *et al.*, 2007). Lo constituyen por dos conjuntos litológicos: a) una secuencia basal predominantemente volcánica, que consiste de rocas metavolcánicas y volcanoclásticas (Formación Villa Ayala) y b) una cubierta sedimentaria (Formación Acapetlahuaya, Amatepec y Miahuatepec).

Las rocas metavolcánicas y volcanoclásticas (Formación Villa Ayala) constan de aproximadamente 3000 m de espesor, con una litología de lavas almohadilladas, lavas masivas, *pillow* brechas, hialoclastitas interestratificadas con sedimentos silicios con radiolarios, hacia la parte superior conglomerados de flujos volcánicos de edad Berriasiano-Aptiano; su composición petrológica en su mayoría consiste de basaltos y localmente andesitas y riolitas (Talavera-Mendoza *et al.*, 1995; Talavera-Mendoza y Guerrero-Suastegui, 2000). La cubierta sedimentaria está constituida por 1500 m. de areniscas y lutitas tobáceas de edad Aptiano Superior (Formación Acapetlahuaya), una unidad de calizas oscuras de estratificación delgada (Formación Amatepec) del Albiano

Superior-Cenomaniano Inferior y una unidad que corona la columna constituida por depósitos de lutitas y areniscas de edad post-Cenomaniano Inferior [Formación Miahuatpec; Guerrero-Suastegui *et al.* (1990)].

Formación Villa Ayala

La Formación Villa Ayala está compuesta principalmente de rocas metavolcánicas, lavas almohadilladas porfídicas, hialoclastitas de composición basáltica y andesitas basálticas. La base de la Formación Villa Ayala predominan rocas metavolcánicas, como lavas almohadilladas, flujos de lava masivas que se intercalan con rocas piroclásticas, brechas volcánicas y conglomerados. En las porciones medias y superior de esta unidad las rocas metavolcánicas están intercaladas con rocas piroclásticas y epiclásticas, tobas de grano grueso a fino y areniscas tobáceas, así como depósitos de flujo de escombros (Guerrero-Suastegui, 2004).

En la parte centro y oeste, la Formación Villa Ayala es cubierta por la Formación Acapetlahuaya con un contacto concordante y transicional en diferentes áreas. La Formación Villa Ayala al este, está cubierta por la Formación Teloloapan. Este contacto es observado en la localidad de Ahuacatitlán y al oeste de Teloloapan, a lo largo del camino a Ahuacatitlán, donde es concordante y gradacional. La Formación Villa Ayala está bien expuesta al oeste de Tenanguillo, así como a lo largo de la carretera federal 51 de Teloloapan hasta Alpaxia (Guerrero-Suastegui, 2004).

Datos radiométricos y paleontológicos reportados indican que la edad de la Formación Villa Ayala son del Cretácico Inferior, del Berriasiano al Aptiano (Guerrero-Suastegui, 2004).

Formación Acapetlahuaya

La Formación Acapetlahuaya se caracteriza por una secuencia monótona de color verde claro a amarillo, de tobas volcánicas que cambia su granulometría de grano medio a fino y se interstratifican con sedimentos finos arcillosos. La base de la secuencia se caracteriza por capas de tobas gruesas a medianas (60-80 cm). Las estructuras que predominan son gradación normal y laminación paralela. En este nivel, las capas delgadas de tobas de grano fino a muy fino se encuentran de forma esporádica en capas de 5-8 cm de espesor.

En la parte media de la formación, se encuentran tobas de grano fino a medio. La parte superior de la formación contiene principalmente capas de toba de grano fino, mientras que las tobas de grano medio son escasas o esporádicas, así como horizontes de arenisca epiclástica de grano fino (Guerrero-Suastegui, 2004).

La Formación Acapetlahuaya está principalmente distribuida en una franja norte-sur de la región de Teloloapan. Una tendencia similar norte-sur es observada al oeste en las áreas de Almoloya y Juntas de Zicatecoyan (Guerrero-Suastegui, 2004).

La edad Aptiano Superior reportada por varios autores es consistente con una relación estratigráfica concordante, entre los depósitos de toba de grano fino de la Formación Acapetlahuaya y las rocas metavolcánicas-volcanoclasticas de la Formación Villa Ayala. Todos los datos disponibles apoyan una edad Aptiano Superior para la Formación Acapetlahuaya (Guerrero-Suastegui, 2004).

Formación Amatepec

La Formación Amatepec se compone de calizas detríticas y calizas arcillosas oscuras de estratificación delgada que se interestratifican con niveles arcillo-calcáreos y lutitas francas. Éstas últimas aumentan su proporción hacia la cima de la formación.

La Formación Amatepec se encuentra en su límite inferior en contacto gradacional con la formación Acapetlahuaya y su parte superior con la formación Miahuatepec.

La Formación Amatepec muestra invariablemente una intensa deformación, presenta abundante microfauna planctónica que determina una edad Albiano Superior-Cenomaniano Inferior (Guerrero-Suastegui, 2004).

Formación Miahuatepec

La Formación Miahuatepec se compone de una secuencia de estratos de areniscas de grano grueso y medio, con intercalaciones de limolitas y calizas de estratificación fina (Guerrero-Suastegui, 2004).

El nivel estratigráfico más bajo de la Formación Miahuatepec contiene estratos de limolitas interestratificadas con calizas delgadas y areniscas de

grano fino. En la parte media, presenta espesores de areniscas de grano grueso de 15 a 20 cm. Los niveles superiores de la Formación Miahuatepec muestran una tendencia al engrosamiento en espesores de estratos de areniscas de 40 a 100 cm, intercalaciones delgadas a medianas de limolitas finamente laminados (5 a 20 cm), están presentes entre las capas de arenisca (Guerrero-Suastegui, 2004).

La Formación Miahuatepec descansa en calizas delgadas de la Formación Amatepec. Este contacto está bien expuesto en las localidades San Martín y la Peña el Órgano, en el centro-oeste y noroeste respectivamente, en estas localidades, la Formación Miahuatepec se encuentra muy deformada, tiene 5-10 m de capas de calizas muy finas con intercalaciones de limolitas y areniscas de grano fino.

La edad de la Formación Miahuatepec es post-Cenomaniano Inferior (Guerrero-Suastegui, 2004).

El Distrito Minero de Rey de Plata, está localizado en la provincia fisiográfica de la Sierra Madre del Sur en el Subterreno Teloloapan del Terreno Guerrero.

El Subterreno Teloloapan representa un ambiente de arco de islas intraoceánico de edad Aptiano, caracterizado por una secuencia volcanosedimentaria intensamente deformada y metamorfizada a facies de esquistos verdes

El Subterreno Teloloapan en la región de Rey de Plata, está dividido en dos principales unidades; la primera es metavolcánica: compuesta de metabasaltos y metaandesitas calcoalcalinas con intercalaciones hacia la parte superior de esquistos de cuarzo-sericita y filitas gráficas todas ellas englobadas en la Formación Villa de Ayala; esta unidad representa un ambiente de estratovolcanes submarinos a los cuales están asociados yacimientos de sulfuros masivos; la segunda es sedimentaria: engloba lutitas y areniscas de la Formación Acapetlahuaya, calizas arrecifales de la Formación Teloloapan, calizas y lutitas de la Formación Amatepec.

II.4 Características del Yacimiento

El yacimiento Rey de Plata es uno de los cuatro importantes Distritos Mineros VMS del Subterreno Teloloapan. En el área las litologías de edad Cretácico Inferior, indican un centro volcánico submarino bimodal intercalado con sedimentos marinos con sulfuros masivos polimetálicos asociados a este evento. Esta secuencia tiene un espesor de 950 m y de la base a la cima las rocas consisten de flujos de escombros, tobas andesíticas, lavas riolíticas, tobas félsicas intercaladas con argilitas grafiticas, tobas y lavas andesíticas, lutitas y areniscas, finalmente en contactos discordantes conglomerados Terciarios. Por las características litológicas y sus relaciones de contacto sugieren que el Distrito Rey de Plata se formó en una cuenca trasarco. Los Cuerpos mineralizados con metales base y preciosos son estratiformes varían de sulfuros masivos a semimasivos y diseminados, emplazados a diferentes niveles en la secuencia volcánica submarina félsica. Los mantos están tectónicamente afectados por dos eventos compresivos Cretácicos y dos extensivos Terciarios. La mineralización consiste principalmente de esfalerita, galena, calcopirita en una ganga de pirita, barita y sílice. Los cuerpos varían de 3 a 60m de espesor, con una proyección transversal hasta de 500 metros y en sentido longitudinal alcanzan los 1200m de longitud. El yacimiento Rey de Plata comparte varias características con los Distritos importantes VMS alojados en el Subterreno Teloloapan que son:

- 1) Una mineralización asociada a horizontes volcánicos félsicos.
- 2) Intensa alteración cuarzo-sericita.
- 3) Una intensa deformación compresiva sobre los cuerpos mineralizados.

La mineralización generalmente es compacta si los sulfuros son semimasivos a masivos o cuando tienen una matriz de cuarzo, barita; por el contrario es frágil y muchas ocasiones discontinua si es diseminada y la alteración predominante es sericita o cuando está encajonada en lutitas carbonosas. La textura de la mineralización varía de grano fino de 200 micrones a un milímetro y de grano medio a grueso de 2 a 5 milímetros, esto principalmente debido a recristalización asociada al metamorfismo y deformación de los cuerpos

mineralizados. Los minerales de mena son bornita, calcopirita, esfalerita, galena, oro, tetrahedrita y sulfosales de plata. Los minerales de ganga son pirita, barita, calcita, cuarzo, clorita y epidota.

II.4.1 Litología

Dentro de la Geología Local la cartografía de superficie se tiene una variedad litológica que comprende desde la base hasta la cima, una sucesión volcánica submarina andesítica y riolítica, depósitos turbidíticos y depósitos de carácter sedimentario continental de tipo conglomeráticos que presentan esporádicas intercalaciones de horizontes ignimbríficos de vulcanismo subaéreo.

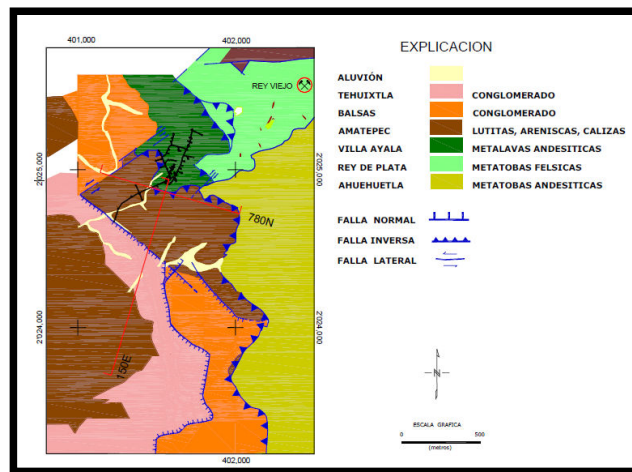


Fig. 11 Geología Local del Proyecto Rey de Plata (Propiedad de Peñoles 2011)

Seis unidades litológicas están presentes en el área del Rey de Plata. La unidad basal, nombrada como Ahuehuetla está formada por flujos de escombros heterolíticos andesíticos, tobas andesíticas, areniscas volcánicas intercaladas con argilitas gráficas e intrusiones de sills o diques que en sus contactos generan peperitas. En contacto transicional la unidad Rey de Plata incluye tobas e intrusivos (sills) riolíticos intercaladas con pizarras y filitas gráficas. La cima de la secuencia volcánica submarina denominada unidad Villa de Ayala consiste de sills andesíticos que se emplazaron en arcillas sílicas o carbonatadas no consolidadas, forman peperitas y en menor grado dentro de depósitos volcanoclásticos heterolíticos andesíticos. La secuencia litológica continúa por contacto tectónico con lutitas carbonososas areniscas calcareas y

conglomerados polimícticos de la unidad Miahuatepec. Finalmente en forma discordante a todas las unidades anteriores se observan conglomerados polimícticos de las unidades Balsas y Tehuixtla.

A continuación se explicará a fondo las facies litológicas locales.

Unidad Ahuehuetla

Constituye la unidad basal del paquete estratigráfico local. Presenta una variación litológica que está dominada por depósitos volcanoclásticos heterolíticos andesíticos que representan depósitos de flujos de alta concentración de masa y en menor medida, tobas andesíticas que varían a areniscas volcánicas intercaladas con argilitas grafiticas e intrusiones de sills o diques que en sus contactos generan peperitas. Su nombre es informal y en el marco regional está comprendida dentro de la denominada Formación Villa Ayala. Localmente no se ha descrito en superficie, sólo se ha definido por su notoria aparición en los núcleos de barrenación a diamante. Su espesor total no se conoce.

Unidad Rey de Plata

De composición predominantemente félsica, en contacto transicional sobreyace a la Unidad Ahuehuetla. Presenta una variedad litológica que incluye cuerpos riolíticos intrusivos (sills), depósitos volcanoclásticos, peperitas y tobas. También dentro del paquete estratigráfico de esta unidad se incluyen horizontes de argilitas grafiticas.

Un metamorfismo de bajo grado es evidente con una asociación mineral de sericita + cuarzo. Su nombre es informal, está comprendida dentro de la denominada Formación Villa Ayala y aflora en la porción N-NE. El espesor completo varía de oriente a occidente de 40 m hasta rebasar los 250 m.

Unidad Villa Ayala

Sobreyace concordantemente a la Unidad Rey de Plata. Constituye la cima de la secuencia volcánica submarina y al igual que la unidad basal es de composición andesítica. Consiste principalmente de sills andesíticos que se emplazaron en arcillas silíceas o carbonatadas no consolidadas y en menor grado dentro de depósitos volcanoclásticos heterolíticos andesíticos. Los sills originan peperitas a lo largo de sus contactos, lo que indican que son sinvolcánicos.

El nombre de esta unidad es tomado de la Formación homónima de amplitud regional (Formación Villa Ayala) y sus afloramientos cubren un área extensa hacia la porción oriental del proyecto. Su espesor puede alcanzar más de 200m.

Formación Acapetlahuaya (comentario de la doctora Centeno en su visita)

Localmente, es la que más amplitud superficial presenta. Consiste de una sucesión turbidítica con estratos intercalados de areniscas calcáreas, lutitas carbonosas y conglomerados polimícticos. La estratificación varía en espesores que van desde 5 cm hasta más de un metro y es de tipo rítmico, definida por la repetición de areniscas y lutitas carbonosas.

Grupo Balsas

Constituido principalmente de conglomerado polimíctico clasto soportado con fragmentos de caliza, lutitas, areniscas calcáreas, cuarzo y algunos horizontes intercalados de ignimbritas que denotan actividad volcánica contemporánea. En menor grado se observan limolitas y areniscas de grano grueso. Sobreyace discordantemente a la Formación Miahuatepec y eventualmente sobre la Unidad Villa Ayala.

Unidad Tehuixtla

Es la unidad litológica más joven y su denominación es informal por no tener una amplitud regional. Su composición es principalmente de conglomerado poligmítico matriz soportado con clastos de caliza, lutitas carbonosas, areniscas calcáreas, andesitas y fragmentos de cuarzo. Mucho del material de esta secuencia es producto del Grupo Balsas. Presenta horizontes intercalados de limolitas, areniscas, flujos ignimbríticos y derrames andesíticos. Estos últimos atestiguan eventos volcánicos terciarios. La edad estimada de este grupo es Post-Eoceno por ser posterior al Grupo Balsas.

II.4.2 Columna Estratigráfica

Como anteriormente se mencionó se tienen identificadas facies locales que se correlacionan con formaciones del subterreno Teloloapan a continuación se muestra la imagen.

EDAD	FORMACIÓN O UNIDAD	FACIE LOCAL	SECUENCIA	LITOLOGIA
TERCIARIO	TEHUIXTLA	TEHUIXTLA	CONTINENTAL	CONGLOMERADO
CRETACICO INFERIOR	ACAPETLAHUAYA	BALSAS Y MIAHUATEPEC	SEDIMENTARIO MARINO	LUTITAS, ARENISCAS Y CONGLOMERADOS
	VILLA AYALA	VILLA AYALA	VOLCANICO SEDIMENTARIO MARINO	METALAVAS ANDESÍTICAS, SILLS ANDESÍTICOS
		REY DE PLATA	VOLCANICO SEDIMENTARIO MARINO	METATOBAS FELSICAS, ESQUISTOS, FILITAS GRAFÍTICAS, VOLCANICLÁSTICOS, PEPERITAS.
		AHUEHUETLA	VOLCANICO SEDIMENTARIO MARINO	SILLS, DIQUES ANDESÍTICOS, PEPERITAS, FLOJOS DE ESCOMBROS

Fig. 12 Explicación de Columna Estratigráfica correlacionando formaciones y unidades locales con facies litológicas.











ALUVIÓN		
TEHUIXTLA		CONGLOMERADO
BALSAS		CONGLOMERADO
AMATEPEC		LUTITAS, ARENISCAS, CALIZAS
VILLA AYALA		METALAVAS ANDESITICAS
REY DE PLATA		METATOBAS FELSICAS
AHUEHUETLA		METATOBAS ANDESITICAS
FALLA NORMAL		
FALLA INVERSA		
FALLA LATERAL		

Fig. 13 Imagen de Formaciones englobando litologías y colores estandarizados para el proyecto Rey de Plata.

A continuación se describen las facies identificadas dentro del proyecto de lo más viejo a lo más joven.



Fig. 14 Toba andesítica (Foto tomada por MFG 2010)

Formación Ahuehuetla

- Toba de composición ándesítica en algunos intervalos con vesículas rellenas de cuarzo y calcita. Presenta débil propilitización y silicificación de media a moderada .

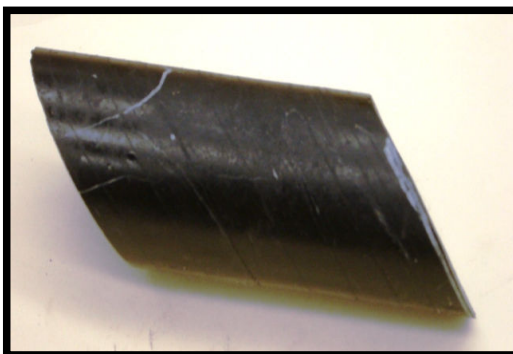


Fig. 15 Lodolita carbonosa (Foto tomada por MFG 2010)

Formación Rey de Plata

- Lodolita carbonosa, en algunos intervalos presenta horizontes de arenisca félsica; esta facie se describe dentro del proyecto como una facie distal.



Fig. 16 Esquisto (Foto tomada por MFG 2010)

Formación Rey de Plata

- Esquisto de cuarzo, sericita con presencia de Py fina diseminada y en vetillas menores a 3 mm de espesor alineadas con la foliación S1 de 40°

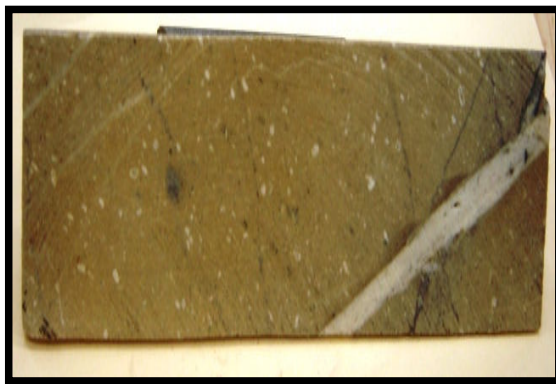


Fig. 17 Flujo Rioltico (Foto tomada por MFG 2010)

Formación Rey de Plata

- Flujo riolítico con variación de alteración y vesículas rellenas de cuarzo y sericita; presenta vetilleo de cuarzo en diferentes direcciones.



Fig. 18 Toba félsica (Foto tomada por MFG 2010)

Formación Rey de Plata

- Toba de composición félsica en algunos intervalos con vesículas rellenas de cuarzo y calcita. Presenta débil propilitización y silicificación de débil a moderada. La alteración secundaria es de cuarzo, sericita, pirita moderada.

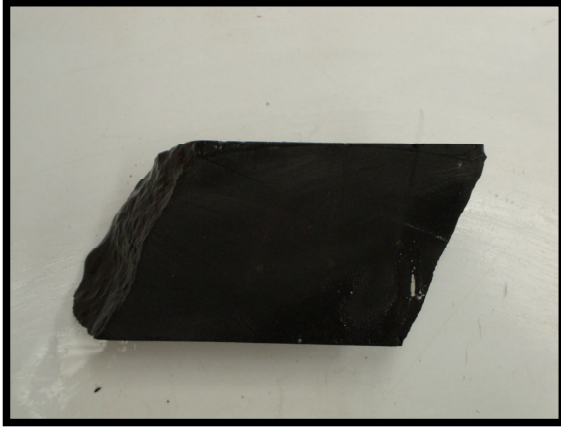


Fig. 19 Filita grafitica (Foto tomada por MFG 2010)

Formación Rey de Plata

- Filita grafitica en algunos intervalos presenta horizontes de arenisca félsica con moderado vetilleo de cuarzo y calcita. Esta facie se encuentra cizallada y presenta mineralización en algunos horizontes.

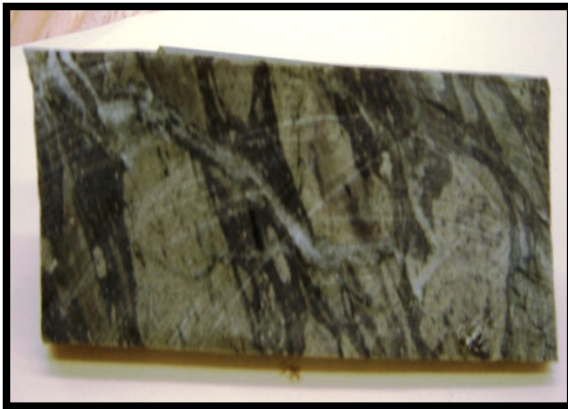


Fig. 20 Peperita (Foto tomada por MFG 2010)

Formación Rey de Plata

- Peperita presenta clastos heterogéneos de metalutitas y metatobas andesíticas, cementados por una matriz de grano fino a medio. Presenta intercalaciones de sedimento como cementantes y fracturas rellenas de cuarzo; presenta vetilleo de manganeso en diferentes direcciones.

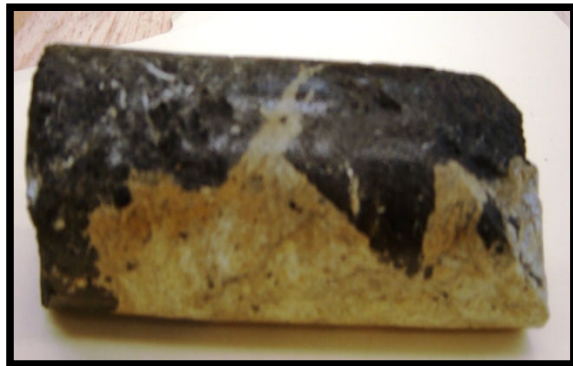


Fig. 21 Pillow lava (Foto tomada por MFG 2010)

Formación Villa Ayala

- Pillow lava es una variedad de formas tipo bulbosas y se han encontrado hasta alargadas lo que más se llega a observar es su cobertura exterior vítrea; esta facie en el proyecto se describe como una zona muy distal ya que no es tan común encontrarla.



Fig. 22 Volcaniclásticos (Foto tomada por MFG 2010)

Formación Villa Ayala

- Volcaniclásticos de diferentes tamaños que van de subredondeados a redondeados; presenta una ligera orientación y se encuentra milonitizado en algunos intervalos.

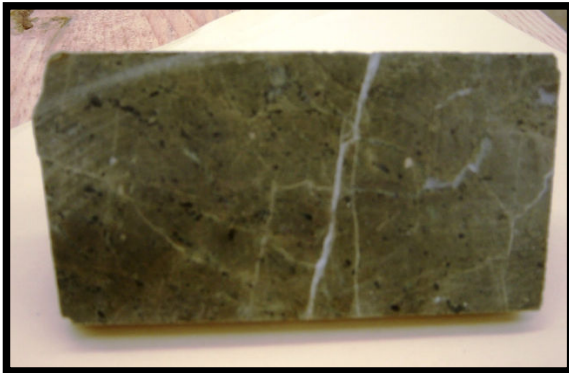


Fig. 23 Toba andesítica (Foto tomada por MFG 2010)

Formación Villa Ayala

- Toba andesítica con ceniza en algunos intervalos con vesículas rellenas de cuarzo y calcita. Presenta débil propilitización y silicificación de media a moderada.

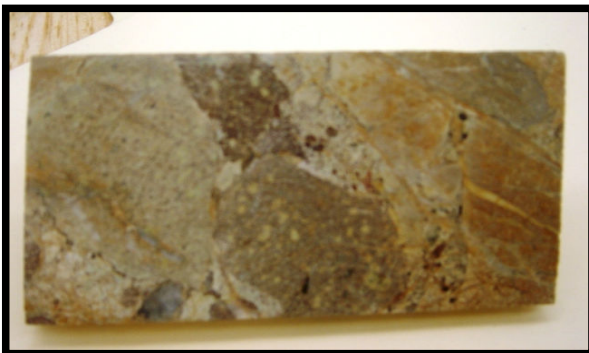


Fig. 24 Flujo de escombros (Foto tomada por MFG 2010)

Formación Villa Ayala

- Flujo de escombros con moderada cloritización, vetilleo de cuarzo y calcita relleno de fracturas con potencias menores a 1cm. Se observan fenocristales de plagioclasas. Presenta algunos fragmentos heterogéneos de diferentes composiciones lutitas, areniscas calcáreas y tobas de hasta 3cm en una matriz de grano fino con moderada silicificación.



Fig. 25 Toba andesítica (Foto tomada por MFG 2010)

Formación Villa Ayala

- Toba de composición andesítica en algunos intervalos con vesículas rellenas de cuarzo y calcita. Presenta débil a moderada propilitización. Se observa pirita singenética; se llega a encontrar con intercalaciones de volcanoclasticos y brechas volcánicas.

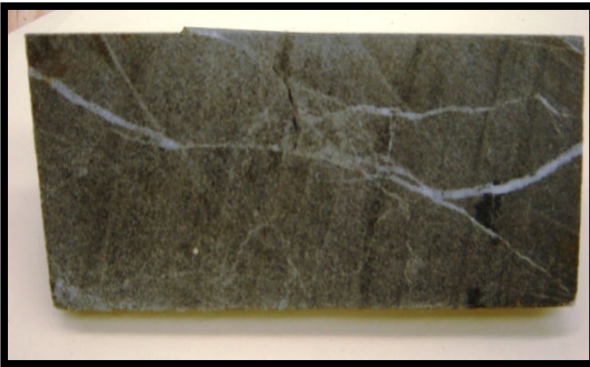


Fig. 26 Arenisca (Foto tomada por MFG 2010)

Formación Miahuatepec

- Facies de areniscas de grano que va de fino a medio de composición calcárea



Fig. 27 Lutitas (Foto tomada por MFG 2010)

Formación Miahuatepec

- Lutitas presentan fracturamientos sistematico paralelo a S0 .



Fig. 28 Lutitas-areniscas (Foto tomada por MFG 2010)

Formación Miahuatepec

- Secuencia de lutitas con areniscas; predomina la facies de metalutitas (hasta un 65% del volumen total de la roca) sobre las metaareniscas calcáreas que se presentan en intervalos de hasta 10 cm de espesor.

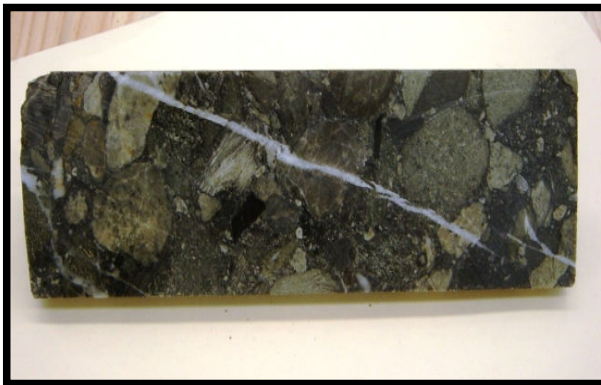


Fig. 29 Conglomerado (Foto tomada por MFG 2010)

Formación Miahuatepec

- Conglomerado polimíctico perteneciente a la formación Balsas con intraclastos subredondeados a redondeados (tamaños desde 2mm-5cm) de calizas, areniscas calcáreas, lutitas, cuarzo, con una matriz limonítica.



Fig. 30 Volcaniclasticos (Foto tomada por MFG 2010)

Formación Miahuatepec

- Volcaniclasticos de diferentes tamaños que van de subredondeados a redondeados; presenta una ligera orientación. Fracturamiento relleno de cuarzo y calcita; composición calcárea.



Fig. 31 Ignimbrita (Foto tomada por MFG 2010)

Formación Miahuatepec

- Intervalos de Ignimbritas de tono rosa claro, matriz de grano fino; se observan cristales de cuarzo, feldespatos y biotita. Presenta alteración argílica débil y especularita en las fracturas.

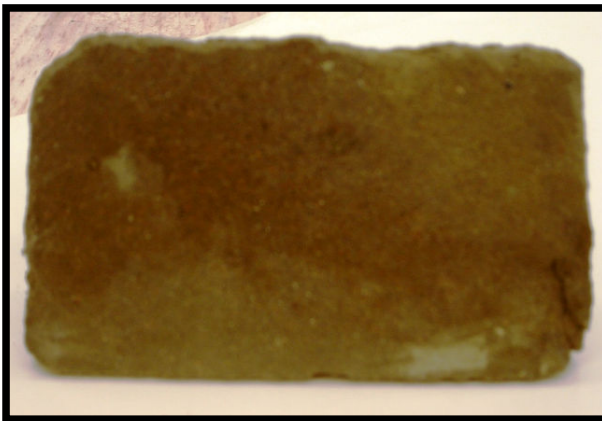


Fig. 32 Arenisca (Foto tomada por MFG 2010)

Formación Tehuixtla

- Facies de arenisca de grano fino con composición calcárea. Presenta vetilleo de calcita con potencias menores 2mm sin ángulo determinado.



Fig. 33 Limolita (Foto tomada por MFG 2010)

Formación Tehuixtla

- Limolita roca detrítica cuyos clastos tienen tamaños comprendidos entre 1/16 y 1/256 mm (gránulos). Equivalente a "lutita aleurítica".



Fig. 34 Conglomerado (Foto tomada por MFG 2010)

Formación Tehuixtla

- Facies de Gravas con matriz soportada. Composición polimíctica, clastos heterogéneos de subredondeados a redondeados que miden de 0.5 hasta 6 cm. Presenta clastos de caliza, lutitas, algunos de ignimbritas. Presencia de vetillas de yeso y calcita Matriz de grano fino en Presenta generalmente gradación normal.

II.4.3 Estructuras

Como es bien sabido el terreno guerrero es de los terrenos más grandes y complejos tectónicamente hablando. Las rocas del área Rey de Plata se tiene identificado que han sido afectadas al menos por cuatro eventos tectónicos importantes que la han deformado D1, D2, D3 y D4; a continuación se habla brevemente de los cuatro eventos.

Primera deformación (D1)

Esta deformación afecta a todo el paquete volcánico submarino de las Unidades Ahuehuetla, Rey de Plata y Villa Ayala. Es asociada con fallas compresivas de bajo ángulo que definen una dirección de transporte tectónico hacia el E-SE. Ocurrió en un régimen dúctil a dúctil-frágil en facies de esquisto verde de bajo grado y afecta principalmente las litofacies riolíticas de la Unidad Rey de Plata.

La deformación D1 es postmineral porque las estructuras asociadas a este evento afectan a los cuerpos minerales; así mismo, hasta el momento no se han encontrado evidencias que permitan establecer que esta deformación actuó en las unidades litológicas posteriores a la Unidad Villa Ayala, por lo que tomando en cuenta este hecho, se estima que esta fase de deformación es

post-Hauteriviana y pre-Maastrichtiana, de acuerdo con la edad asignada a la Unidad Villa Ayala que va desde el Titoniano hasta el Hauteriviano (Mortensen et al., 2003).

Segunda deformación (D2)

Las condiciones de deformación fueron en un régimen frágil-dúctil en facies de esquistos verdes de bajo grado que afecta las secuencias litológicas de las unidades volcánicas submarinas; así como a la Formación Miahuatepec.

Esta deformación se asocia con el evento compresivo iaramídico de amplitud regional. La edad de esta deformación abarca desde el Maastrichtiano hasta inicios del Eoceno.

Tercera y Cuarta deformación (D3, D4)

Representadas por estructuras más jóvenes y posteriores a la historia evolutiva compresional; en la zona se han identificado dos eventos posteriores extensionales. El primero de éstos, es la deformación D3 que ocurrió en un régimen netamente frágil y de tipo transtensional que afecta a toda la columna litológica local, se caracteriza por la notable presencia de estructuras de fallas laterales, oblicuas y normales con orientaciones NE-SW principalmente.

La edad estimada de D3 se considera Eoceno-Oligoceno, por el hecho de observarse sobreimpuesta a las estructuras de D2 y a su vez, es previa al evento D4 de posible edad Miocénica.

El evento estructural D4 está formado por estructuras de fallamiento normal que afectan a toda la columna litológica descrita y de tipo extensional en un régimen frágil. Esta deformación de orientación predominantemente NW-SE es la última definida dentro de la zona de estudio. La edad estimada para este evento es Oligoceno, si se considera la edad relativa de la depositación del Grupo Tehuixtla.

El estudio de las unidades litológicas a detalle y sus relaciones de contacto, confirman el inferido ambiente de cuenca trasarco en la cual se depositó la sucesión volcanosedimentaria que hospeda los cuerpos de sulfuros masivos volcanogénicos del proyecto Rey de Plata.

Con base en la observación de que los contactos entre las unidades volcánicas submarinas son de tipo transicional y debido a la naturaleza de los depósitos, se piensa que podrían representar un posible evento de apertura tipo *rifting* de arco intracontinental que generó una cuenca trasarco (H. L. Gibson, 2011). Estos eventos se enmarcan en un rango de edad que abarca desde el Titoniano hasta el Aptiano; a continuación se presenta el modelo idealizado del proyecto.

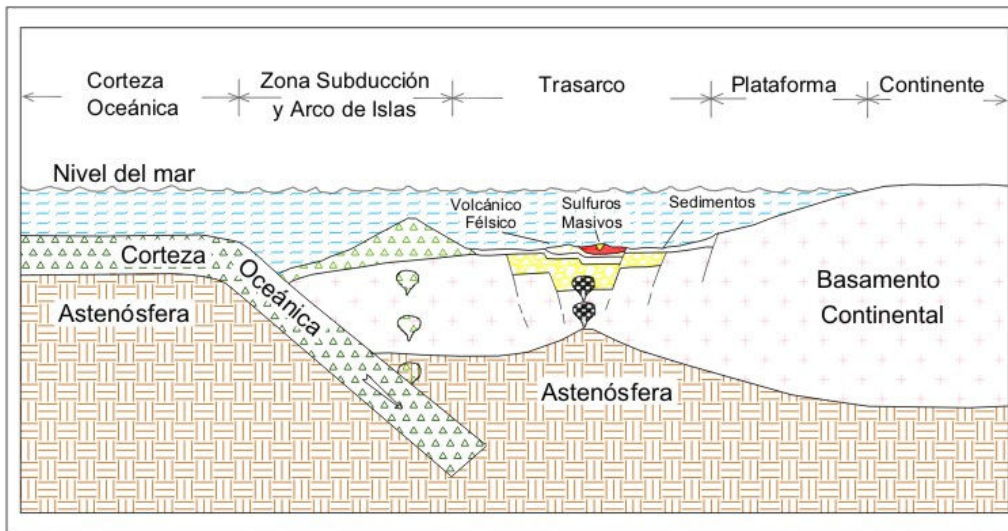


Fig. 35 Modelo genético de la cuenca trasarco generada por Rifting Intracontinental (Modificada de H.L. Gibson, 2011).

II.4.4 Mineralización

En Rey de Plata como en otros yacimientos, en el subterreno Teloloapan, la alteración predominante es cuarzo-sericita-pirita ampliamente distribuida en la unidad félsica volcánica de Unidad Rey de Plata. Individualmente en los cuerpos minerales existe una fuerte silicificación y un delgado horizonte de jasperioides (exhalita) hacia la cima de los lentes mineralizados.

La mineralización generalmente es compacta si los sulfuros son semimasivos a masivos o cuando tienen una matriz de cuarzo, barita y silificación; por el contrario es frágil y muchas ocasiones discontinua si es diseminada y la alteración predominante es sericita o cuando está encajonada en lutitas carbonosas. La textura de la mineralización varia de grano fino de 200 micrones a un milímetro y de grano medio a grueso de 2 a 5 milímetros, esto principalmente debido a recristalización asociada al metamorfismo y deformación de los cuerpos mineralizados. Los minerales de mena son bornita, calcopirita, esfalerita, galena, oro, tetrahedrita y sulfosales de plata. Los minerales de ganga son pirita, barita, calcita, cuarzo, clorita y epidota.

El depósito Rey de Plata presenta zoneamiento con una zona central de cobre-oro, localizado en los mantos Superior e Intermedio, con abundante calcopirita en vetillas y sulfuros diseminados; representan zonas cercanas a las fuentes alimentadoras.

Lateralmente en el cuerpo Tehuixtla los metales indican un zoneamiento a zinc-plomo con sulfuros masivos.

Finalmente el Rey Viejo fue depositado en zonas distales ricas en plata y plomo.

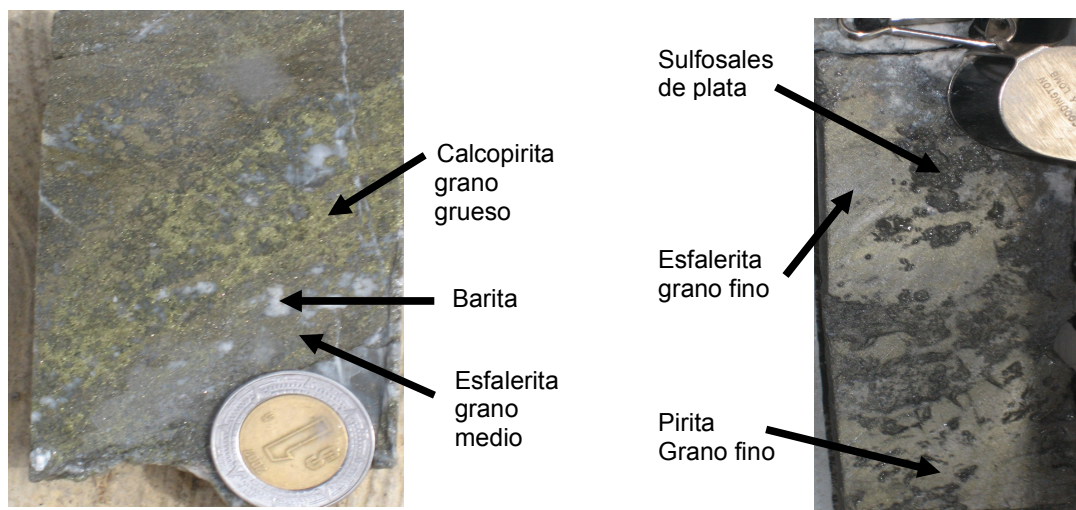


Fig. 36 Minerales en núcleos (Tomada por MFG 2011)

Los cuerpos varían de 3 a 60 metros de espesor con dimensiones que van de 300m a 1200m de largo por 100m a 500m de ancho, todos con su forma lenticular característica estas datos son de los nuevos cuerpos encontrados que son 3 denominados Manto Superior, Medio e inferior.

III. Método de trabajo

El método de trabajo para este proyecto primero fue hacer una malla paramétrica que permitiera indicar la zona con mayor potencial a explorar; se hizo una malla de 150 x 150 m aproximadamente lo cual hizo cerrar posterior a malla de 50m x 50 m para que pasaran de recursos inferidos. Con este potencial, en esta malla se hizo un relagueo de barrenos que se encontraban previamente en las campañas anteriores ya que era información bastante valiosa.

Después realizó para poder pasar de recursos inferidos a recursos medidos o indicados una malla de perforación de 25 m x 25 m.

La perforación se llevó a cabo con barrenación a diamante, con máquinas LF90 que da como resultado testigos en HQ y NQ; solo ocasionalmente se llegó a reducir a BQ debido a problemas en el terreno.

La perforación alcanzó en algunas ocasiones un poco más de 800m, así se tiene un promedio de metros perforados en cada barreno 765m aproximadamente.

En todo este proceso de las mallas de perforación se trabajó en procesos que pudieran ayudar a optimizar tiempos y con mejores resultados por lo cual se realizó una serie de mejores prácticas en todo el proyecto que consistió en sistematizar cada uno de las actividades relacionadas con la operación.

Así mismo en un sistema para Geología que juntó toda la información y con el cuidado necesario para que pasara por el control de calidad y poder competir con las normas internacionales; se refiere a este sistema con ensayos de laboratorio, logueo en todos sus aspectos (litología, mineralización, estructuras, alteración) datos como RQD 10 y densidades.

De esta forma se capacitó a todo el personal para que tuvieran los conocimientos básicos de computación y poder sistematizar toda la información.

Con toda esta información junta en el sistema se podía optimizar tiempos y tomar esas bases de datos depuradas sin errores y trabajar en software tales como Datamine y Leapfrog para visualizar en 3D el modelo Geológico y poder interpretar con más facilidad como se iba trabajando.

Por otro lado se trabajó para evitar cualquier tipo de error en la información que se generaba y se implementó un método de trabajo para control de calidad que

consistió en una serie de estadísticas y comparaciones con el trabajo de cada una de las personas que interactuaban con el sistema; así mismo permitía tener un control previo de que pudiera fallar en cualquiera de las áreas con solución en el momento y así evitar el paso información con errores. Todo esto con la finalidad de tener un buen **Quality assurance/quality control (QA/QC) - Garantía de calidad/control de calidad (QA/QC)** y alinearlos a los controles internacionales de calidad.

A continuación unas cuantas imágenes de los métodos de trabajo.



Fig. 37 Procesos en logueo



Fig. 37 Perforación



Fig. 38 Relogeo y capacitación de personal



Fig. 39 Control en laboratorio CHEMEX



Fig. 40 Parte del equipo de trabajo de Rey de Plata.

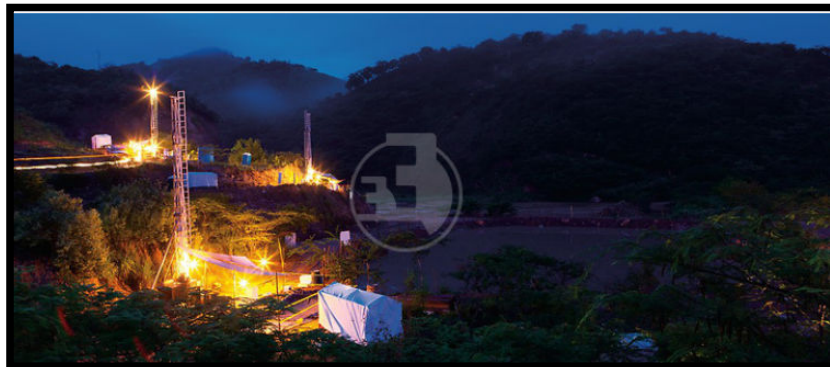


Fig. 41 Foto tomada en Proyecto por empresa Photography para archivo general de Grupo Bal

IV. Conclusiones

El yacimiento Rey de Plata es del tipo Zn-Pb-Cu con metales preciosos asociados; se localiza en el Subterreno Teloloapan y está íntimamente ligado como Tizapa y Campo Morado a centros volcánicos submarinos bimodales y en particular a las unidades de tobas y lavas volcánicas félsicas.

Los sulfuros masivos en el área del Rey, han sido afectados por dos eventos de deformación compresivos: D1 y D2. Éste último en particular los ha desmembrado, elongando y en ocasiones apilado, lo que ha duplicando sus espesores. Posteriormente en el Terciario los mantos mineralizados fueron afectados por dos eventos extensionales: D3 y D4 que los desplazó con movimientos laterales y verticales respectivamente.

El mayor conocimiento del ambiente tectónico, estratigrafía, estructuras, mineralización, alteración, zoneamiento y apoyados con un programa sistemático de exploración, han puesto al descubierto la presencia de tres nuevos cuerpos que han acrecentado los recursos minerales suficientes para un nuevo proyecto de mina.

Se requiere trabajar detalladamente en modelos de alteración y modelo geoquímico del yacimiento para una futura exploración.

Los procesos empleados y generados en este proyecto se emplearan posteriormente en todos los prospectos y proyectos de Peñoles en el futuro, por lo cual este proyecto fue un parte aguas y abrió el camino para la mejora de la empresa.

V. Bibliografía

- Centeno-García, Elena; Guerrero-Suástegui, Martín; Talavera-Mendoza, Oscar; 2008, The Guerrero Composite Terrane of Western Mexico: Collision and subsequent rifting in a supra-subduction zone: The Geological Society of America, Special Paper 436.
- García-Fons, Javier; Novelo, L. Felipe; Pérez, J. Manuel, 1981, Geología del Yacimiento de Sulfuros Masivos El Rey de la Plata, Teloloapan, Guerrero, A. I. M. M. G. M., Mem. Tec. XIV, p 141-179.
- Gibson, H. L., 2011, Summary of Work Performed and Recommendations-Rey de Plata: Informe técnico no publicado. p. 6.
- Gibson, H. L., 2011, VMS Deposits: In Introduction their characteristics, processes and genetic model. Curso presentado en el Proyecto Rey de Plata, no publicado.
- Giles, David A. and García-Fons, Javier, 2000, Volcanogenic Deposits in Mexico: The Producing Mines in VMS Deposits of Latin America, Geological Association of Canada, Mineral Deposits Division, p 135-140.
- Mortensen, J. K., Hall, B. V., Bissing, T., Friedman, R. M, Danielson, T., Oliver, J., Rhys, D. A., and Ross, K. V., 2003, U-Pb zircon age and Pb isotopic constraints on the age and origin of volcanogenic massive sulfide deposits in the Guerrero Terrane of central Mexico: Geological Society of America Abstracts with Programs, v. 35, no. 4, p. 61.
- Talavera-Mendoza, O.; Ramírez, E. J.; and Guerrero-Suástegui, M., 1995, Petrology and Geochemistry of the Teloloapan Subterrene, a Lower Cretaceous evolved intra-oceanic island-arc: Geofísica Internacional, v. 34, p. 3-22.
- Talavera-Mendoza, O. y Guerrero-Suastegui, M. (2000). Geochemistry and isotopic composition of the Guerrero Terrane (western Mexico): implications for the tectono-magmatic evolution of southwestern North America during the Late Mesozoic. *Journal of South American Earth Sciences*, 13, 297–324.
- Campa-Uranga, M.F. y Coney, P. (1983). Tectono-Strafigraphic terranes and mineral resources distributions in Mexico. *Canadian Journal of Earth Sciencies*, 20, 1040–1051.
- Castrejón-Alvarez, J.Y. (2010). Estudio geocronológico comparativo de las regiones de Teloloapan, Guerrero y Tejupilco, Estado de México (subterreno Teloloapan, Terreno Guerrero). U. A. Ciencias de la Tierra, Universidad Autónoma de Guerrero, tesis de licenciatura, 67p.

- Ramírez-Espinosa, J., Campa-Uranga, M.F., Talavera-Mendoza, O. y Guerrero-Suastegui, M. (1991). Caracterización de los arcos insulares de la Sierra Madre del Sur y sus implicaciones tectónicas (resumen). Congreso Evolución Geológica de México. Sociedad Mexicana de Mineralogía. Instituto de Geología, Universidad Nacional Autónoma de México, 163–166.