



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

FACULTAD DE INGENIERÍA

**REPROCESAMIENTO DE JALES DE LA
MINA LA ENCANTADA PARA LA
RECUPERACION DE PLATA**

INFORME DE ACTIVIDADES PROFESIONALES
Que para obtener el título de
INGENIERO DE MINAS Y METALURGISTA

P R E S E N T A
IGNACIO CORTES AVENDAÑO

ASESOR DE INFORME
M.I JOSÉ ENRIQUE SANTOS JALLATH



Ciudad Universitaria, Cd. Mx., 2017

INDICE

Índice	i
LISTA DE FIGURAS.....	iv
LISTA DE TABLAS.....	vi
Resumen	ix
1. Introducción	1
2. Generalidades	2
2.1 Ubicación.....	2
2.2 Características del medio físico.....	3
2.2.1 Clima.....	3
2.2.2 Flora y fauna.....	3
2.3 Aspectos sociales.....	4
2.4 Geología	5
2.4.1 Geología estructural.....	7
2.4.2 Yacimientos minerales	7
2.4.3 Mineralogía	8
2.4.4 Génesis del yacimiento	9
3. Condiciones actuales de la operación	10
3.1 Descripción de la operación de la mina	10
3.2 Descripción del método de beneficio	12
3.2.1 Trituración	12
3.2.2 Molienda	12
3.2.3 Espesamiento	13
3.3 Presa de jales.....	14
3.4 Proceso de cianuración	15

3.4.1 Depósito, cribado y monitoreo (repulpeo del jal).....	15
3.4.2 Repulpeo, molienda y asentamiento	16
3.4.3 Agitación y asentamiento.....	17
3.4.4 Contra-lavado.....	18
3.4.5 Filtrado y depósito de pastas	19
3.4.6 Precipitación.....	19
4. Evaluación de los jales.....	21
4.1 Características de los jales	21
4.1.1 Caracterización mineralógica	21
4.1.2.1 Cabeza.....	22
4.1.2.2 Concentrado.....	23
4.1.2.3 Cola final.....	24
4.1.3 Análisis por difracción de rayos X.....	24
4.1.4 Composición química	25
4.2 Muestreo de jales.....	25
4.2.1 Peso específico	28
4.3 Resultados del muestreo.....	30
4.4 Cálculo del volumen de jales	32
4.5 Pruebas metalúrgicas	35
4.5.1 Caracterización de los jales hecha en la unidad minera La Encantada	35
4.5.2 Caracterización de los jales en un laboratorio externo.....	36
4.5.3 Pruebas de botella para determinar la recuperación	36
4.5.3.1 Variación del tamaño de partícula.....	38
4.5.3.2 Variación de concentración de cianuro de sodio.....	40
4.5.3.3 Adición de oxidante.....	43

3.5.3.4 Pruebas adicionales.....	44
4.5.4 Consumo de reactivos	42
5. Proceso de extracción de los jales.....	45
5.1 Diseño del sistema de explotación.....	45
5.2 Extracción y transporte de los jales	46
5.2.1 Extracción de los jales	46
5.3 Cálculo de la carga para alimentación al proceso	51
5.2.2 Transporte de los jales	53
6. Análisis financiero del proyecto.....	57
6.1 Costos extracción mineral	57
6.1 Costo de trituración y molienda.....	58
6.2 Costos de extracción del jal.....	58
6.3 Costos de cianuración	59
6.4 Costos administrativos	60
6.5 Resumen de costos	61
6.6 Estimación de ingresos.....	62
6.7 Análisis financiero	63
7. Conclusiones.....	66
Referencias bibliográficas	67
Mesografía	68

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Plano de ubicación.....	2
Figura 2. Columna estratigráfica.....	6
Figura 3. Ubicación de los tiros Sn Francisco y Ma Isabel.....	10
Figura 4. Circuito de Trituración.....	12
Figura 5. Circuito de molienda de la planta uno.....	13
Figura 6. Presas de jales 1 y 2 en la unidad minera La Encantada.....	14
Figura 7. Diagrama del proceso de monitoreo y cribado.....	15
Figura 8. Diagrama del proceso de re-pulpeo, molienda y asentamiento.....	16
Figura 9. Diagrama del circuito de agitación y asentamiento.....	17
Figura 10. Diagrama de los tanques de contra-lavado.....	18
Figura 11. Diagrama del proceso de filtrado y depósito en pastas.....	19
Figura 12. Diagrama de flujo del área de precipitación.....	20
Figura 13. Ubicación de las presas 1 y 2.....	26
Figura 14. Ubicación de las presas 1 y 2.....	26
Figura 15. Sección transversal de los barrenos de muestreo en presa 1.....	30
Figura 16. Sección transversal de los barrenos de muestreo en presa 2.....	31
Figura 17. Volumen de jales cuantificado en la presa 1 y presa 2.....	32
Figura 18. Cinética de disolución de la plata en la 1ª Serie.....	38
Figura 19. Cinética de disolución de la plata en la 2ª Serie.....	40
Figura 20. Resultado comparativos de las ocho pruebas de extracción.....	43
Figura. 21 Distribuciones de las calles de minado plano.....	45
Figura. 22 con el plan de extracción visto en planta.....	46
Figura 23 Avance de corte en la extracción en cada banco.....	47

Figura. 24 se abre acceso sobre bordo y se mueve carga.....	48
Figura 25 Paso número 2 avance en calle más hacia la izquierda.....	48
Figura 26 Paso 3 de avance en calle.....	49
Figura. 27 con secuencias de minado 4, 5, 6, 7.....	49
Figura 28 Cargado de camiones sin exposición al jal húmedo.....	50
Figura 29 Se muestra el corte que lleva la excavadora sin exponer al camión al jal húmedo.....	50
Figura 30 Cargado de camión en la cresta de la presa.....	51
Figura 31 Aquí se muestra la carga acumulada.....	52
Figura 32 Otra vista donde se muestra el cargado de camiones con dos diferentes equipos.....	53
Figura 33 Camino donde transitan los camiones para descargar en el área de stock banda.....	53
Figura 34 Al fondo se ve stock banda, como un camión vacía la carga y a la derecha stock para contingencias de lluvia o nieve.....	54
Figura 35 Pala y carga apilada en banda alimentadora, área stock banda.....	54
Figura 36 Banda transportadora capacidad de 220 ton por hora.....	55
Figura 37 Aquí se muestra como alimenta al acriba vibratoria.....	55
Figura 38 Carga alimentada a criba.....	56

LISTA DE TABLAS

Tabla 1. Minerales Primarios.....	8
Tabla 2. Minerales Secundarios.....	9
Tabla 3. Especies minerales mayores que se presentan en el concentrado de la Unida Minera la Encantada compósito.....	21
Tabla 4. Especies de plata presentes en las muestras de La Unidad Minera La Encantada compósito.....	22
Tabla 5. Especies de plata y sus asociaciones mineralógicas.....	22
Tabla 6. Especies de plata y sus asociaciones mineralógicas.....	23
Tabla 7. Especies de plata y sus asociaciones mineralógicas. Colas finales de la unidad minera la Encantada.....	24
Tabla 8. Especies minerales identificadas por Difracción de Rayos X.....	24
Tabla 9. Composición Química elemental de cada uno de los productos de flotación.....	25
Tabla 10. Descripción de la profundidad del centro de las presas.....	27
Tabla 11. Descripción de la profundidad de la orilla de las presas.....	28
Tabla 12. Peso específico de jal presa 1.....	29
Tabla 13. Peso específico de jal presa 2.....	29
Tabla 14. Área medida en la sección S 0 y resultado promedio del análisis de las muestras de jales en los barrenos de esta sección.....	33
Tabla 15. Área medida en la sección S 2 y resultado promedio del análisis de las muestras de jales en los barrenos de esta sección.....	33
Tabla 16. Área medida en la sección S 4 y resultado promedio del análisis de las muestras de jales en los barrenos de esta sección.....	33
Tabla 17. Área medida en la sección S 6 y resultado promedio del análisis de las muestras de jales en los barrenos de esta sección.....	33

Tabla 18. Área medida en la sección S 16 y resultado promedio del análisis de las muestras de jales en los barrenos de esta sección.....	34
Tabla 19. Área medida en la sección S 18 y resultado promedio del análisis de las muestras de jales en los barrenos de esta sección.....	34
Tabla 20. Tonelaje de jales cuantificado en la presa 1.....	34
Tabla 21. Tonelaje de jales cuantificado en la presa 2.....	35
Tabla 22 Ensayes en laboratorio de la unidad distribución de valores en mallas.....	35
Tabla 23 Caracterización de los jales en un laboratorio externo.....	36
Tabla 24. Parámetros utilizados en la 1ª serie.....	37
Tabla 25. Resultados de la cinética de disolución para las pruebas de la 1ª serie.....	37
Tabla 26. Parámetros utilizados en la 2ª serie.....	39
Tabla 27. Resultados de la cinética de disolución para las pruebas de la 2ª serie y comparación con la disolución de 3000 ppm de NaCN de la 1ª serie.....	39
Tabla 28. Parámetros utilizados en la 3ª serie.....	41
Tabla 29. Cinética de disolución de la plata en las pruebas de la 3ª Serie.....	41
Tabla 30. Parámetros utilizados en las pruebas con Tiosulfato de sodio.....	42
Tabla 31 Resultados de las pruebas con Tiosulfato de sodio.....	42
Tabla 32. Consumo de reactivos con base en los parámetros que se analizaron.....	42
Tabla 33. Recuperaciones obtenidas en los jales de la presa 1.....	44
Tabla 34. Recuperaciones obtenidas en los jales de la presa 2.....	44
Tabla 35. Resultados de cálculo de compósito.....	52
Tabla 36. Costos de Mina.....	57
Tabla 37. Costos de trituración planta 1.....	58
Tabla 38. Costos de Área de Stock planta 2.....	58
Tabla 39. Costos de Tratamiento Químico y Asentamiento Planta 2.....	59
Tabla 40. Costos Indirectos.....	60
Tabla 41. Resumen de costos del Mes de Octubre 2010.....	61

Tabla 42. Resumen de costos totales.....	61
Tabla 43. Resumen de costo de Onza Producida.....	62
Tabla 44. Balance General Metalúrgico del mes de Octubre del 2010.....	62
Tabla 45. Eficiencia en el Áreas de Precipitación.....	63
Tabla 46. Resumen de los costos totales de la Operación.....	63

Resumen

El presente trabajo fue realizado en las presas de jales 1 y 2 de la unidad minera La Encantada, ubicada en el municipio de Ocampo, estado de Coahuila, México, tuvo como objetivo evaluar el contenido de planta en los jales y posteriormente llevar a cabo la extracción y procesamiento de los mismos.

La metodología consistió en un muestreo de la presa de jales, los puntos de muestreo se ubicaron mediante una cuadrícula que cubrió toda el área de la presa. Las muestras en cada punto se obtuvieron a diferentes profundidades; posteriormente las muestras se analizaron para determinar su contenido de plata y con los resultados se trazaron secciones para calcular las reservas disponibles.

El método seleccionado fue el de banqueo y la extracción de los jales se hizo mediante trascabos, excavadoras y camiones convencionales de capacidad de 20 ton. Durante la operación se tuvieron problemas debido a la falta de un piso uniforme ocasionado por la humedad del jal; por esta razón conforme se fue descubriendo el jal, se fueron aplicando otros criterios para poder seguir con la extracción del jal; por ejemplo, dejar secar el jal por exposición al sol durante un tiempo determinado y por áreas específicas.

Para el acondicionamiento del jal se acarrea de las presas a un stock y después, por medio de una banda, la carga (jal) se mandaba a una criba y posteriormente a un tanque acondicionador donde se adicionaba solución para formar una pulpa; de aquí se bombea a otros tanques agitadores los cuales también reciben la pulpa de mineral fresco de mina y de éstos se pasa al proceso.

El proceso de beneficio aplicado es cianuración dinámica la cual consiste desde una remolienda, espesamiento, agitación y lavado a contracorriente. De este se obtiene una solución rica en plata la cual se filtra para clarificar y pasar al área de precipitación para obtener un precipitado de plata. Este precipitado pasa a fundición en donde se obtiene un producto final llamado doré.

Al final del trabajo se evaluaron los costos de un mes de operación, se determinaron los costos de operación de extracción del jal y se comparó con los costos de extracción del mineral de mina. Los resultados mostraron que el proyecto en operación tiene una utilidad buena (\$ 168.44 por Oz) ya que los costos totales para generar una onza de plata fueron \$ 247.56, que son muy bajos por la magnitud de extracción de los jales y la misma recuperación en el proceso.

El costo de mina por onza \$ 309.79 y de jal \$ 182. La utilidad de jal por onza es $\$ 416 - \$ 182.00 = \$ 234.00$. La utilidad de mina por onza es $\$ 416 - \$ 309.79 = \$ 106.21$.

Esto en total para la producción de una onza es de \$ 247.56 y en el mercado se cotiza la onza en \$ 416.00. La ganancia de onza producida es \$ 168.44 por onza

Introducción

La unidad minera La Encantada se encuentra en la sierra del mismo nombre en el municipio de Ocampo, Coahuila. Desde la década de 1970 se trabajaba como mineros en pequeño minando solo los cuerpos más ricos de este depósito. Años más adelante 80's se consolida como una sola unidad esto fue con la compra de todas las minas de pequeños mineros, la empresa PEÑOLES fue la que hizo ya una explotación mayor con tonelaje de 800 ton/día aplicando mecanización y todo lo referente a la minería en estos años, tomando los buenos cuerpos de buenas leyes, en estos años por los precios bajos que se manejaban en el mercado de onza de plata solo se manejaban leyes mayores de 800 gr/ton. El método aplicado es corte y relleno y algunas cargas de rebajes se quedaban como rellenos ya que no eran costeables en su tiempo.

El proceso de concentración que se aplicaba era el de flotación de minerales (Cerucita $PbCO_3$, Alcantita Ag_2S_2 , Galena PbS , Anglesita $PbSO_4$ Calcantita $CuSO_4 \cdot 5H_2O$) y se alcanzaba una recuperación del 50% dada a la naturaleza del mineral y su alto contenido de minerales de Hierro (Magnetita Fe_3O_4 , Limonita $2Fe_2O_3 \cdot 3H_2O$, Dolomita $CaMg(CO_3)_2$ mayores al 25% y de Manganeso mayor al 5%. A raíz del alto contenido de Hierro y Manganeso, la recuperación en el proceso resultaba baja por lo que una parte importante del contenido de plata se depositó en las presas de jales 1 y 2. Terminando los años 90's la empresa PEÑOLES cierra sus operaciones y deja por unos años la unidad; a principios del año 2000 abre nuevamente la unidad con la razón social DESMIN, esta empresa solo trabaja por campañas y explotando solo las zonas de los yacimientos con las mejores leyes, quedando nuevamente leyes de plata menores a 400 gr/ton en la presa de jales. Esta empresa continúa con sus operaciones hasta el año 2005 generando en su totalidad 5 millones de toneladas de jales con leyes que hoy en día son rentables.

En este mismo año 2005 la empresa canadiense FIRST MAJESTIC compra la unidad minera iniciando un estudio para evaluar la posibilidad de recuperar la plata contenida en estos jales.

A partir del contenido de plata en las presas 1 y 2 se hacen pruebas de recuperación las cuales dan resultados de recuperación satisfactorios y de estos estudios se hace el diseño para la explotación, capacidad y reprocesamiento de los jales.

El objeto de este informe es mostrar el desarrollo de un proyecto de reprocesamiento de jales de las presas 1 y 2 en la mina La Encantada para la recuperación de su contenido de plata

A continuación, se presenta este análisis para evaluar la posibilidad de recuperar los valores de plata contenidos en estos jales y el proceso de recuperación para presentar la rentabilidad de este proyecto.

La participación que tuve en este proyecto fue precisamente en la planeación y diseño del sistema de extracción de los jales, haciéndome cargo de todo el proceso.

2. Generalidades

2.1 Ubicación

La mina se ubica en la zona SW de la sierra de La Encantada, municipio de Ocampo, Coahuila en las coordenadas 28° 23' latitud Norte y 102°35' longitud oeste.

El acceso se logra por vía terrestre a partir de la ciudad de Melchor Muzquiz mediante 168km de pavimento y 46 km de terracería. Por vía aérea se cuenta con una pista de 1200m de longitud a una distancia de 5 Km al noroeste de la unidad (Figura1) (Compañía la Encantada S.A. DE C.V. 1995) (Ocampo.gob.mx 2013).

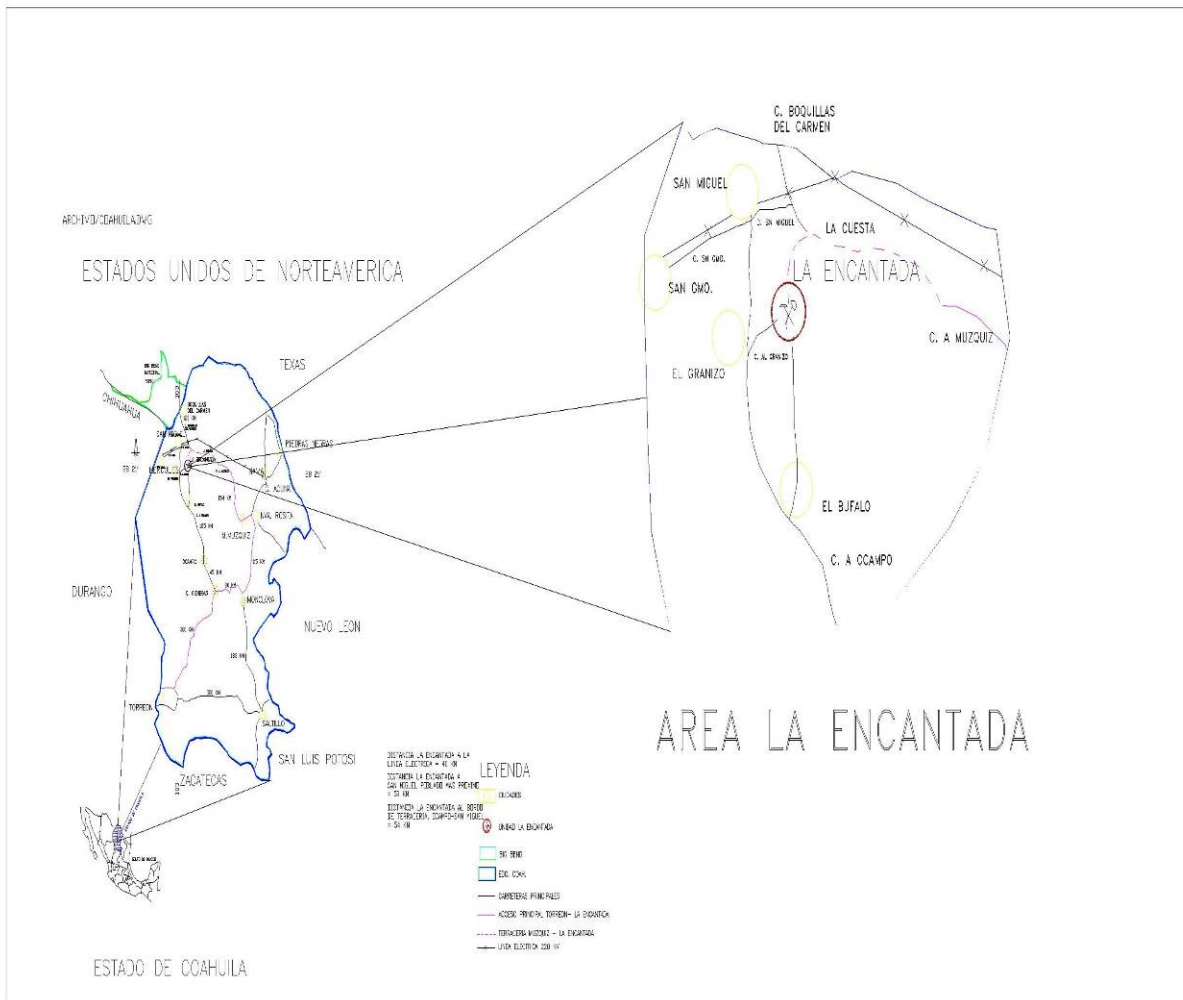


Figura 1. Plano de ubicación mina la encantada

2.2 Características del medio físico

2.2.1 Clima

En su parte noreste-oeste y sureste se registran subtipos de clima muy secos, muy cálidos y cálidos; en la parte norte-este y sureste, subtipos muy secos y semicálidos; la temperatura media anual es de 20 a 22°C y la precipitación media anual se encuentra en el rango de los 100 a 300 milímetros en la parte norte del municipio y de 300 a 400 en la parte sureste y centro, con régimen de lluvias en los meses de enero, febrero, marzo, abril y regulares en los meses de mayo, junio, julio, agosto, septiembre, octubre, noviembre y diciembre; los vientos predominantes soplan en dirección noreste con velocidad de 15 a 25 km/h. La frecuencia de heladas es de 20 a 40 días en la parte sureste y noroeste y granizadas de 0 a un día. (Coahuila Municipios, 2013) (SMN 2013).

2.2.2 Flora y fauna

La vegetación está formada por candelilla, guajilla, gobernadora, guayule, zacate, samandoca, pino y cedro.

Los animales silvestres como el oso, venado, aves canoras y de rapiña, reptiles e insectos variados, forman su fauna.

Recursos Naturales. El recurso natural más importante del municipio lo constituyen sus yacimientos de fluorita, plata, plomo, cobre y oro.

Características y uso del suelo. Se pueden distinguir seis tipos de suelo en el municipio:

Xerosol. Suelo de color claro y pobre en materia orgánica y el subsuelo es rico en arcilla o carbonatos, con baja susceptibilidad a la erosión.

Regosol. No presenta capas distintas, es claro y se parece a la roca que le dio origen. Su susceptibilidad a la erosión es muy variable y depende del terreno en el que se encuentre.

Rendzina. Tiene una capa superficial rica en materia orgánica que descansa sobre roca caliza y algún material rico en cal, es arcilloso y su susceptibilidad a la erosión es moderada.

Litosol. Suelos sin desarrollo con profundidad menor de 10 centímetros, tiene características muy variables según el material que lo forma. Su susceptibilidad a la erosión depende de la zona donde se encuentre, pudiendo ser desde moderada a alta.

Yermosol. Tiene una capa superficial de color claro y muy pobre en materia orgánica, el subsuelo puede ser rico en arcilla y carbonatos. La susceptibilidad a la erosión es baja, salvo en pendientes y en terrenos con características irregulares.

Vertisol. Presenta grietas anchas y profundas en la época de sequía, es un suelo muy duro, arcilloso, masivo, negro, gris y rojizo. Su susceptibilidad a la erosión es baja.

Respecto al uso del suelo, la mayor parte del territorio municipal es utilizado para el desarrollo pecuario, seguida por la explotación forestal y siendo menor la extensión dedicada a la producción agrícola y el área urbana. (Coahuila Municipios 2013) (Ocampo.gob.mx 2013).

2.3 Aspectos sociales

Las principales localidades del municipio son las siguientes:

Melchor Ocampo. Cabecera municipal

Laguna del Rey. Ubicada a 127 kilómetros de la cabecera municipal. Sus principales actividades son: industria química y explotación de sal.

La Encantada. Ubicada a 170 kilómetros de la cabecera municipal. Su principal actividad es la minería.

La Rosita. Ubicada a 213 kilómetros de la cabecera municipal. Sus principales actividades son: agricultura y ganadería.

Ejido Chulavista. Ubicada a 130 kilómetros de la cabecera municipal. Sus principales actividades son: industria salinera y agricultura.

Ejido San Miguel. Ubicada a 172 kilómetros de la cabecera municipal. Sus principales actividades son: agricultura, ganadería y explotación de candelilla.

Boquillas del Carmen. Ubicada a 280 kilómetros de la cabecera municipal. Su principal actividad es el turismo. (Coahuila Municipios 2013) (Ocampo.gob.mx 2013).

Así mismo en el mismo informe se tienen registradas alrededor de la unidad minera La Encantada ranchos y ejidos; los ejidos son: Eutimias 100 habitantes La Morita, La Rosita 150 habitantes, El Guaje 70 habitantes. El polco y El Bajío con 20 habitantes, La Encantada 30 habitantes, San Miguel 200 habitantes, San Guillermo 80, Acebuches 120 habitantes. Y los ranchos son El Caballo Corazones, Media Luna, Margaritas, Minerva, Chápala, La Chata, Granizo, La Presita, El Búfalo, El Revés y San Enrique. Y en estas poblaciones se obtienen los ingresos económicos de la ganadería caprina, ovino, vacuno siembra y cultivo de la candelilla para la obtención de cera la cual es vendida a la refinadora para la industria de veladoras, y maíz frijol sorgo para el consumo mismo de los habitantes y de los animales; nopal para el alimento. (Coahuila Municipios 2013). (Semarnat, 2013) (Ocampo.gob.mx 2013).

2.4 Geología

De las rocas sedimentarias que se tienen aflorando y se han visto en el interior de la mina, tenemos de la más antigua a la más joven, las siguientes formaciones: Cupido, Peña, Aurora, y Cuesta del Cura.

La formación Cuesta del Cura del Alibiano Medio-Cenomaniano Inferior, consiste de calizas color gris claro de estratificación delgada; no contiene mineralización económica y solamente se observa alteración hidrotermal representada por hematización y vetillas de FeO. El espesor estimado para esta formación del distrito es de 350 m.

La Formación Aurora de edad Albiano Inferior está ampliamente distribuida en toda el área y consta de estratificación media a gruesa; y es la de mayor interés ya que es en ella donde están alojados los cuerpos principales de mineral. El espesor estimado para esta formación es de 450 m.

La Formación La Peña de edad Aptiano-Albiano Inferior, consta de una alternancia de calizas de estratificación delgada y lutitas calcáreas. Esta formación se ha observado en el interior de la mina y su espesor se estima en 150 m.

La Formación Cupido de edad Hauteriano- Barremiano son calizas arrecifales que subyacen a la formación La Peña y aunque no afloran en el área del distrito ni se han detectado con obra directa en interior mina (Figura 2). (Compañía la Encantada S.A. DE C.V. 1995.)

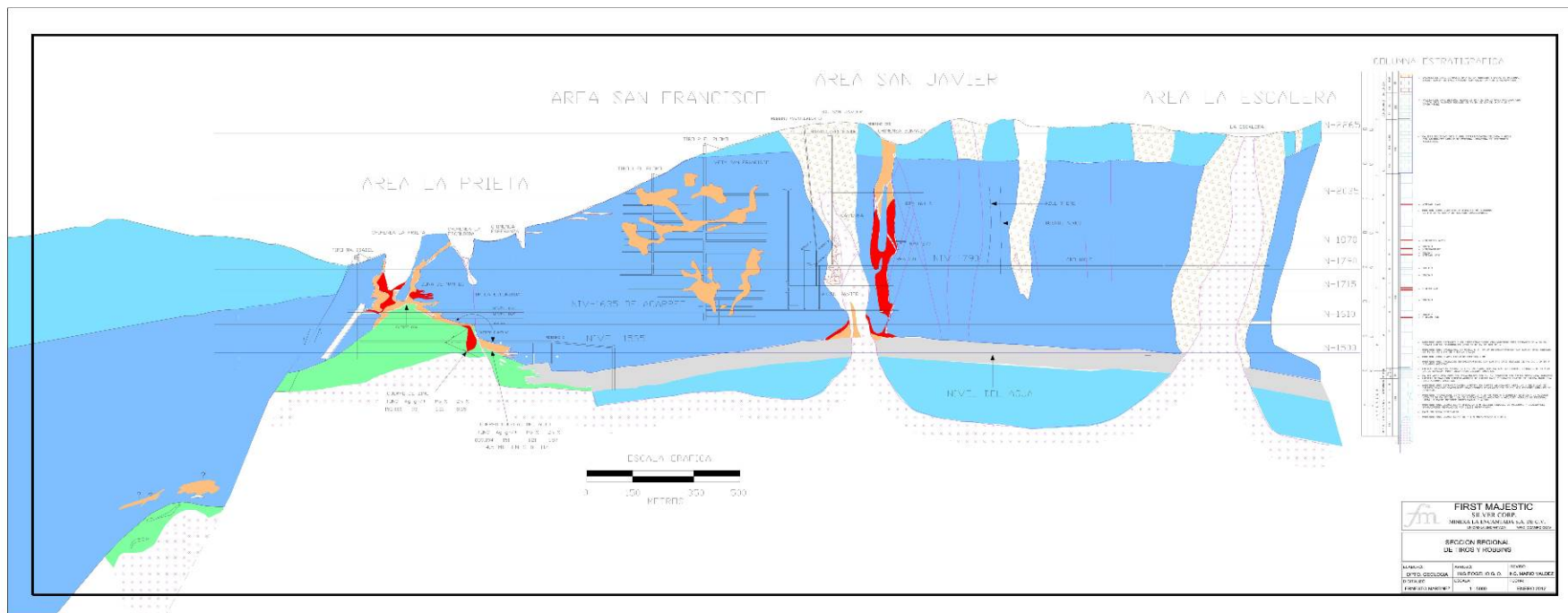


Figura 2. Columna estratigráfica

2.4.1 Geología estructural

El paquete sedimentario ha sido afectado por un fuerte plegamiento formado por anticlinales y sinclinales; las principales estructuras son: el anticlinal La Encantada y el anticlinal el Chilicote.

Existen dos sistemas principales de fallas y fracturas el primero de orientación N30°-40°w y el segundo NE-36° SW los cuales controlan la mineralización.

Estos sistemas de fallamiento y fracturamiento son importantes ya que en algunos casos han servido como canales para la mineralización, por lo que dentro de la mina incluso se han determinado sus intersecciones con el propósito de detectar algún cuerpo semejante al Bonanza que tuvo su origen a partir de la intersección de dos fallas.

En superficie se han detectado alrededor de ocho estructuras brechadas que parece que tuvieron su origen en la intersección de estos sistemas de fallamiento, a excepción de la brecha La Escalera que tiene una extensión de 800 m de largo por 300 m de ancho y que viene controlada por una falla de rumbo NE35°SW y echado de 60° al NW. (Compañía la Encantada S.A. DE C.V. 1995.)

2.4.2 Yacimientos minerales

En el distrito se conocen 4 tipos de depósitos, que en orden de importancia por su volumen y leyes son: Chimeneas, Cuerpos de Contacto, Vetas, y Mantos

Las Chimeneas constituyen los depósitos más importantes del yacimiento, en general están constituidas por fragmentos de caliza únicamente, y otras presentan fragmentos de intrusivo y caliza cementados por óxidos de fierro que contienen valores altos de Ag y que pueden generar volúmenes importantes para su explotación; dentro de estos y por orden de importancia tiene el cuerpo Bonanza y la Brecha del Cedrito actualmente en explotación.

Las vetas son estructuras que varían en composición; en general son angostas y pueden estar totalmente mineralizadas o bien tener, tanto al alto como al bajo de algún dique, hilos que varían de 0.06 a 1.0 m. de ancho con óxidos de fierro o en otras ocasiones al atravesar algún estrato favorable, origina bolsas con leyes altas de Ag y Pb.

Los cuerpos de contacto, como su nombre lo indica, están alojados en el contacto de calizas y una masa de silicatos: su forma es lenticular y su mineralogía similar a los demás cuerpos.

Los mantos son estructuras que varían en espesor de 0.5 hasta 2 m y que alternan con estratos de caliza estéril y en otras, alternada y con abundante pirolusita; por lo regular están íntimamente relacionados con los cuerpos grandes del Distrito ya que se conectan entre sí a través de fracturas o a lo largo de los contactos entre estratos (Compañía la Encantada S.A. DE C.V. 1995). Se observan comúnmente en el área de la mina el Plomo, que actualmente no se encuentra activa.

2.4.3 Mineralogía

La mineralización de los cuerpos en el distrito minero se muestra en dos etapas. Una de minerales primarios, principalmente sulfuros, y otra de minerales solubles que se presenta por el proceso de oxidación; ésta comienza cuando por el fracturamiento drena agua meteórica apareciendo oxígeno libre, oxidando los minerales primarios mediante la lixiviación. Otros minerales permanecen fijos o con poca movilidad, así se tiene que la pirita es desplazada en gran parte, la galena se oxida, el plomo toma parte del CaCO_3 de la calcita y parte del azufre liberado de los sulfuros para formar cerusita y anglesita respectivamente; la esfalerita se disuelve y emigra en forma de ZnSO_4 .

Este proceso permitió la formación de minerales oxidados, con altos valores de Ag y Pb que han hecho rentable su extracción (Tabla 1 y 2).

Tabla 1. Minerales Primarios Compañía la Encantada S.A. DE C.V. 1995

Nombre	Composición	Contenidos (%)		
Calcita	CaCO_3	Ca = 56	$\text{CO}_3 = 44$	
Dolomita	$\text{CaMg}(\text{CO}_3)_2$	$\text{CO}_3 = 47.9$	Ca = 30.4	Mg = 21.7
Galena	PbS	S = 13.4	Pb = 86.6	
Esfalerita	ZnS	S = 33	Zn = 67	
Pirita	FeS_2	S = 53.4	Fe = 56.6	
Pirrotita	Fe_7S_8	S = 36.9	Fe = 60.1	
Calcopirita	CuFeS_2	S = 35	Cu = 48.9	Fe = 30.5
Flourita	CaF_2	Ca = 15.1	F = 48.9	
Estibinita	S_3Sb_2	S = 28.3	Sb = 71.1	
Arsenopirita	$\text{FeS}_2\text{FeAs}_3$	S = 19.7	As = 46	Fe = 34.3
Sulfuros de Plata	Ag_2S	S = 12.9	Ag = 87.1	
Bismutita	S_3Bi_2	S = 18.8	Bi = 81.2	

Tabla 2 Minerales Secundarios

Mineral		Composición	Mineral		Composición
Óxidos	Limonita	$2\text{Fe}_2\text{O}_3 \cdot 3\text{H}_2\text{O}$	Carbonatos	Cerucita	Pb CO_3
	Hematita	Fe_2O_3			
	Magnetita	$\text{Fe O Fe}_2\text{O}_3$			
	Cincita	Zn O			
	Geotita	$\text{Fe}_2\text{O}_3 \cdot \text{H}_2\text{O}$		Smithsonita	Zn CO_3
Sulfatos	Anglesita	Pb SO_4	Sulfuros	Esfarelita	Zn S
	Calcantita	$\text{Cu SO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$		Galena	Pb S
Fosfatos	Mimetita	$3\text{Pb}_3\text{As}_2\text{O}_3$ Pb Cl_2		Pirita	Fe S_2
				Alcantita	Ag S_2
			Jamensonita	$2\text{Pbs Sb}_2\text{S}_3$	
			Sulfosales		

2.4.4 Génesis del yacimiento

El origen de la mineralización del distrito, está íntimamente relacionada con los intrusivos existentes en el área. Los depósitos se consideran de origen hidrotermal pertenecientes a la fase epitermal.

En el distrito, se presentan diques y cuerpos intrusivos que varían su composición de ácidos intermedios y en base a estudios realizados se le asigna una edad de 35 millones de años. (Compañía la Encantada S.A. DE C.V. 1995.)

3. Condiciones actuales de la operación

3.1 Descripción de la operación de la mina

La mina La Encantada es una mina subterránea, su producción actual es de 30,000 toneladas mensuales de mineral de plomo y plata en forma de óxidos.

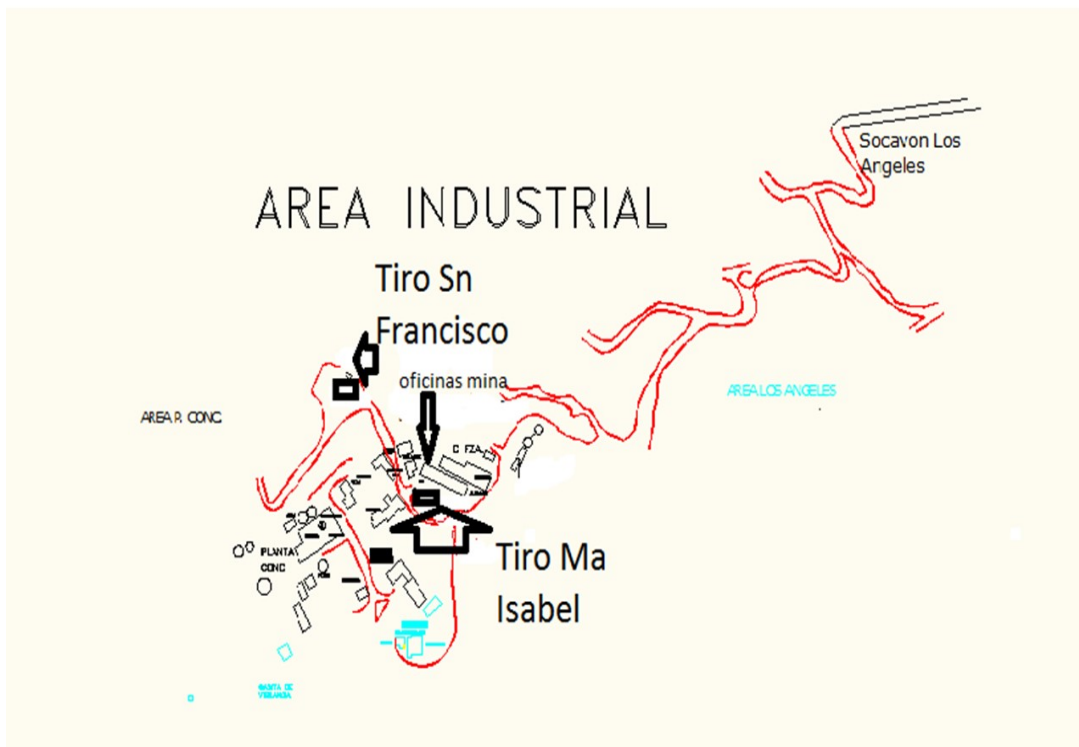


Figura 3 Ubicación de tiros Sn Francisco y Ma Isabel

Los tiros San Francisco y María Isabel se encuentran separados 100 m y cuentan con una profundidad de 300 m ambos son el acceso principal a las áreas La Prieta y La Escondida (Figura 3).

El tiro María Isabel cuenta con una calesa para 15 personas y con dos botes de 3.2 ton el malacate del bote es de 500 HP de doble tambor Ingersoll Rand y el malacate de la calesa es de 125 HP Vulcan de un tambor. Por este tiro es donde bajan las líneas principales de servicios aire y electricidad (Compañía la Encantada S.A. DE C.V. 1995). El tiro San Francisco únicamente se usa para manto, cuenta con dos botes de 2.8 toneladas y con un malacate de 400 HP de doble tambor Ingersoll Rand (Compañía la Encantada S.A. DE C.V. 1995).

El socavón Los Ángeles se encuentra a una elevación de 1870 msnm (Figura 3) cuenta con una sección de 4.5 m x 5 m para el tránsito de camiones de volteo de 7 m³ de capacidad que son ocupados para el acarreo a planta; Por la naturaleza de la roca encajonante las secciones que se manejan para rampas es de 3.5x3.5 m, y contrapozos de 1.5 m de diámetro. Solo algunas áreas de la mina tienen un sistema de fortificación, concreto lanzado como en La Brecha Milagros (N 715), anclas y malla, marcos (Nivel 635).

Las obras que se encuentran del nivel 2035 y al 1635 están hechas para el tránsito de vehículos, camiones de bajo perfil, cargadores de bajo perfil; además de los camiones antes mencionados, también se cuenta con locomotoras en los niveles 790 y 635 con 4 carros Gramby de 8 ton de capacidad cada una (Compañía la Encantada S.A. DE C.V. 1995).

El principal método de minado es corte y relleno con tepetate; en algunas zonas mineralizadas como las brechas y diques se aplica el método salones y pilares de 6m de diámetro, y en algunos rebajes se desbordan éstos para recuperar mineral con buena ley. Actualmente se cuenta con 15 rebajes en producción con alrededor de 11,200 toneladas mensuales y una ley promedio de cabeza de 280 gr/ton plata. En este momento se encuentran en producción los cuerpos: Hojuelas, 660, Milagros, San Francisco, San Javier.

El tumbe del mineral se realiza con máquinas de pierna neumática, barras de 1.8 m y .2.4 m, brocas de 1 ½". En la barrenación se usa cuñas quemadas dependiendo de la experiencia del perforista y calidad de la roca, teniendo un factor de carga promedio de 0.8 kg/ton. La carga de fondo de los barrenos es Tovex 100 cebado con nonel y la carga de columna es de Mexamon D, ambos productos de Austin Bacis, después del cargado se deja un taco aproximado de 0.5 m.

El corte de mineral lo realiza un contratista, utilizando el equipo de la empresa. El rezagado e instalación de servicios está a cargo del personal de la empresa, en caso de no contar con el personal suficiente se dispone del contratista para estas tareas; para el pago a existen dos modalidades, por avance y por tonelada. El acarreo a superficie hasta la planta se realiza con camiones de contratista convencional de 7 m³.

El equipo con que se cuenta en mina es:

2 camiones de bajo perfil de 210 hp con capacidad de 15 ton

6 cargador frontal de bajo perfil 2.5 Yd³

1 mini Scoop Tram ½ Yd³

4 Scoop Tram 3.5 Yd³

2 locomotora con 4 carros de 3.5 toneladas

El sistema de ventilación es natural, La entrada de aire es por obras viejas (flujo de 25 m³/s) y por el socavón (flujo de 54 m³/s)., en algunos rebajes se coloca un sistema secundario de ventiladores y mangas para mejorar las condiciones ambientales.

3.2 Descripción del método de beneficio

Hasta hace 20 años en la unidad minera se utilizó el proceso de flotación para beneficiar el mineral; este proceso fue el que dio origen a los jales que son objeto de este trabajo. Actualmente, el proceso de flotación ya no opera, manteniéndose solamente el proceso de cianuración que más adelante se describe. Y cabe mencionar que la planta solo se usa para triturar y moler el mineral.

3.2.1 Trituración

En el área de trituración tiene una capacidad de 63 ton/hr con una carga circulante del 70%. El mineral procedente de la mina se almacena en la tolva con capacidad de 1100 ton; su descarga se realiza por medio de un alimentador de banda de 42" de ancho, dicho mineral pasa sobre una parrilla fija con abertura de 2". El mineral con tamaño mayor a 2" pasa a una quebradora de quijada marca Pettibone de 24" x 36", calibrada a -2", la descarga de mineral de esta quebradora cae junto con los finos de la parrilla y pasa a una banda de 24" de ancho que transporta el mineral a dos cribas de 6' x 12' de una cama con abertura de 3/8", el mineral a -3/8" se transporta a dos tolvas con capacidad de 500 ton cada una, el sobre tamaño se descarga a una banda que lo lleva a una quebradora secundaria de cono de 51", calibrada a -3/8" y la descarga de esta retorna al circuito de las bandas para su clasificación y de esta forma se cierra el circuito. En la Figura 4 se muestra el circuito de trituración.

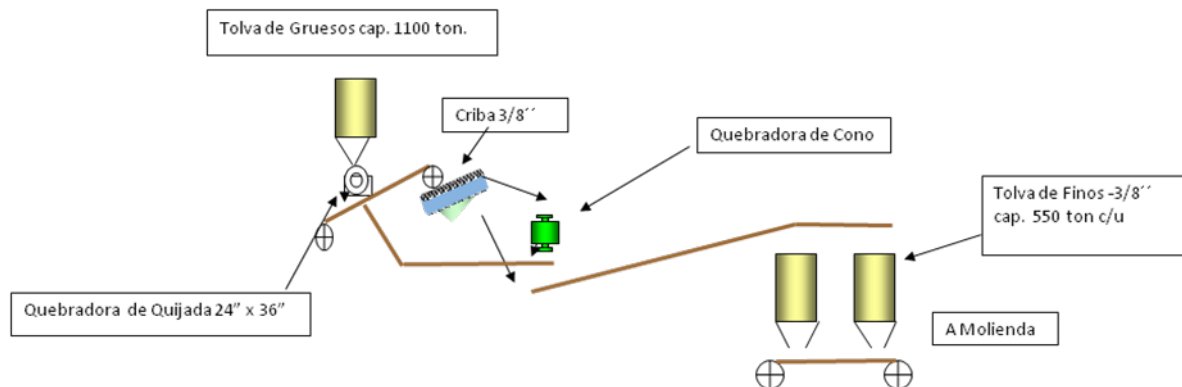


Figura 4. Circuito de trituración

3.2.2 Molienda

Para la molienda el mineral se descarga de las tolvas de finos por medio de dos alimentadores de banda de 36" de ancho (uno por cada tolva), que descarga a una banda de 24" de ancho, equipada con un pesómetro. Esta banda alimenta al molino de bolas marca Mercy 9.5" x 11", con lanas de hules poly-met y utiliza bola de acero forjado de 2 1/2" y 3.5"; cuenta con un motor de 450 HP, a descarga del molino pasa por una de las bombas SRL de 6" x 5" que alimentan a los hidrociclones

de 20" de diámetro con abertura de ápex de 2.5" y vortex de 4 5/8", con eficiencia del 60% y carga circulante de 250%. En la Figura 5 se presenta el circuito de molienda de la planta uno.

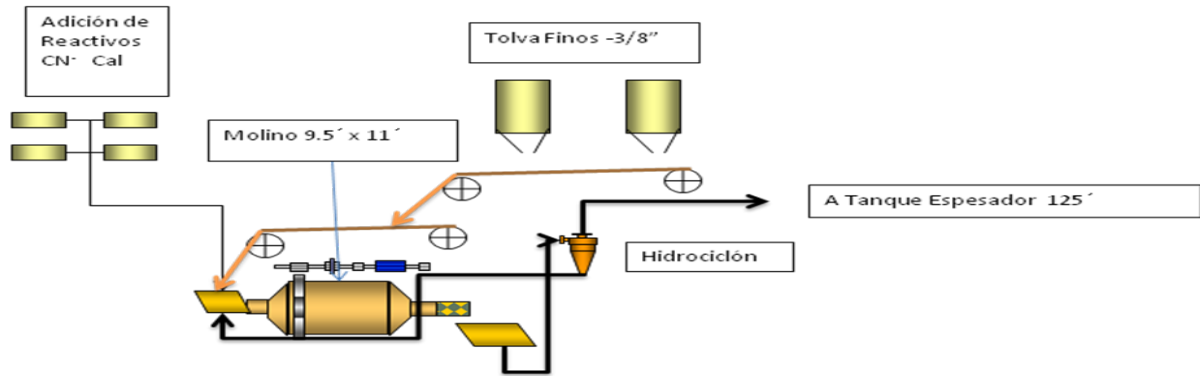


Figura 5. Circuito de molienda de la planta uno

3.2.3 Espesamiento

En el tanque espesador 125' la pulpa alcanza de 60 a 65% de sólidos esta es bombeada a la planta dos para su remolienda, en este caso se considera remolienda como el proceso secundario al que se somete la carga para alcanzar la granulometría necesaria para que sea sometida al proceso de cianuración dinámica.

Posteriormente la solución se mezcla con jal recuperado de las presas en un tanque para ser bombeada a la siguiente etapa: precipitación.

3.3 Presa de jales

Después del proceso de flotación, los jales o colas finales serán conducidos por bombeo y gravedad hasta la presa de jales. A lo largo de la operación del proceso de flotación se produjeron 5 millones de toneladas de jal que aún cuentan con alta ley de plata. Estos jales conformaron 2 presas y son los jales que se están actualmente reprocesando mediante la cianuración. En la Figura 6 se muestra la ubicación de las dos presas de jales.

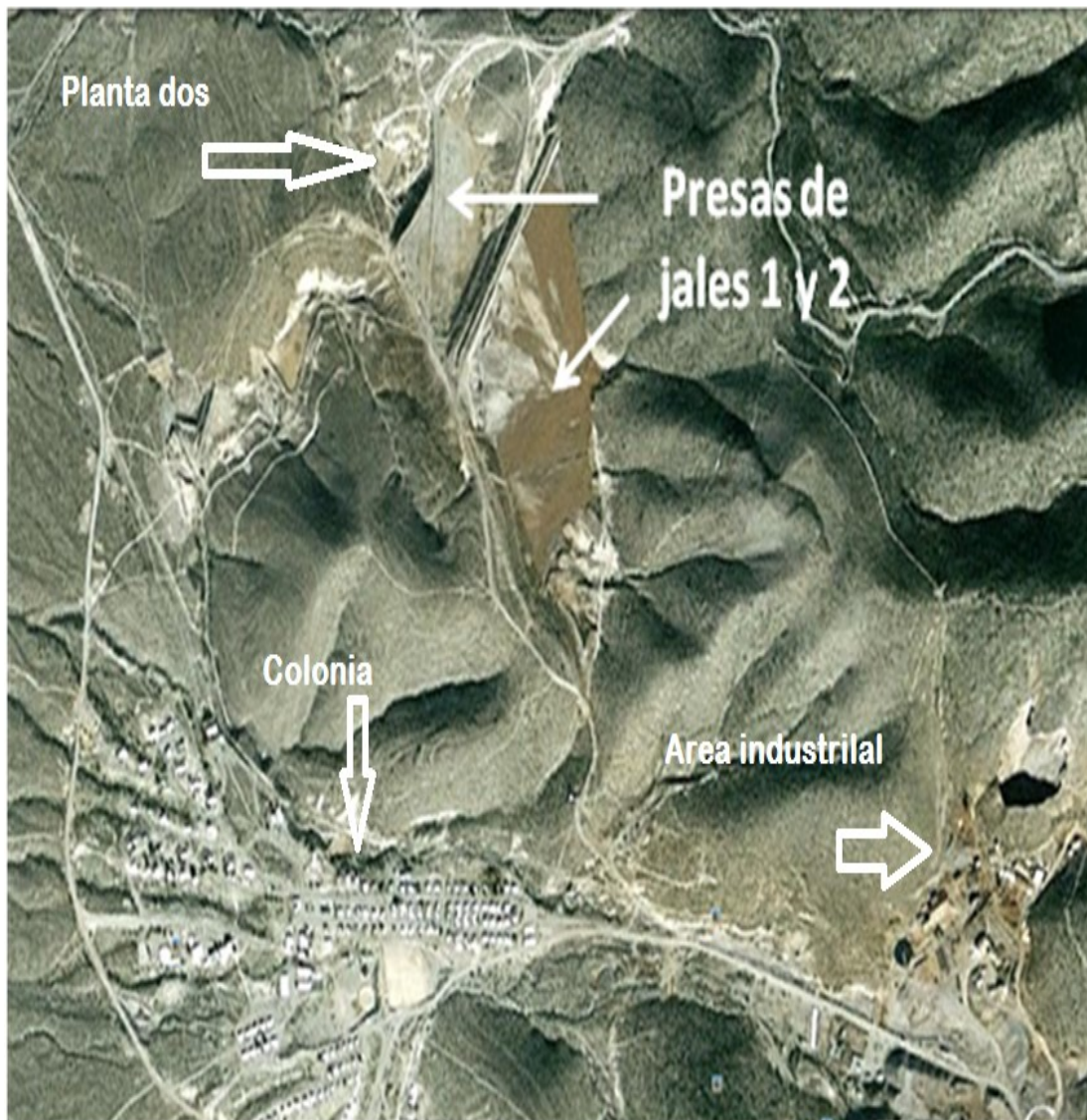


Figura 6. Presas de jales 1 y 2 en la unidad minera La Encantada (Google earth, 2010)

3.4 Proceso de cianuración

3.4.1 Depósito, cribado y monitoreo (repulpeo del jal)

El inicio del procesamiento de los jales es en la pila de almacenamiento (stock pile). En este lugar se almacenan entre 8 mil a 10 mil toneladas de jal que se transporta por medio de una banda alimentadora con capacidad de 200 TPH, la cual varía dependiendo de qué condiciones de humedad tenga el jal. De este alimentador pasa a una banda transportadora con longitud de 30 m y 36" de ancho, que lleva el mineral hasta una criba vibratoria de 8' ancho x 12' largo, con camas de +1". La criba cuenta con un sistema de aspersión para diluir el jal y volverlo pulpa con un porcentaje de sólidos del 45%, ya en forma de pulpa el jal cae a un tanque receptor y es bombeado hacia el circuito de la planta. Para la alimentación de las espreas de la criba se cuenta con un tanque de solución semi-rica con capacidad de 1362m³ a este tanque lo alimenta otro tanque con capacidad de 1362m³ y éste a la vez es alimentado por la solución que viene del contra-lavado. La pulpa se hace llegar a dos tanques repulpeadores con capacidad de 1362m³ en estos tanques se reciben los jales también de planta uno y los de la criba. Estos tanques cuentan con un sistema de agitación e inyección de aire para diluir y homogenizar bien los jales de planta uno y criba. Cabe mencionar que en las descargas de los dos productos planta uno y criba cuentan con un muestreador para tener control de las cabezas que se alimentan al circuito.

En otra área se cuenta con sistema de monitoreo hidráulico el cual es alimentado con pala o con camiones. En esta área se recibe el rechazo de la criba o jal fresco para compensar las toneladas que se perdieron de la misma criba. El monitoreo hidráulico consiste en diluir el jal con una pistola que manda la solución a presión en un cajón y lo hace nuevamente pulpa la cual se bombea hacia el molino. En la Figura 7 Se presenta el diagrama de depósito, monitoreo hidráulico y cribado.

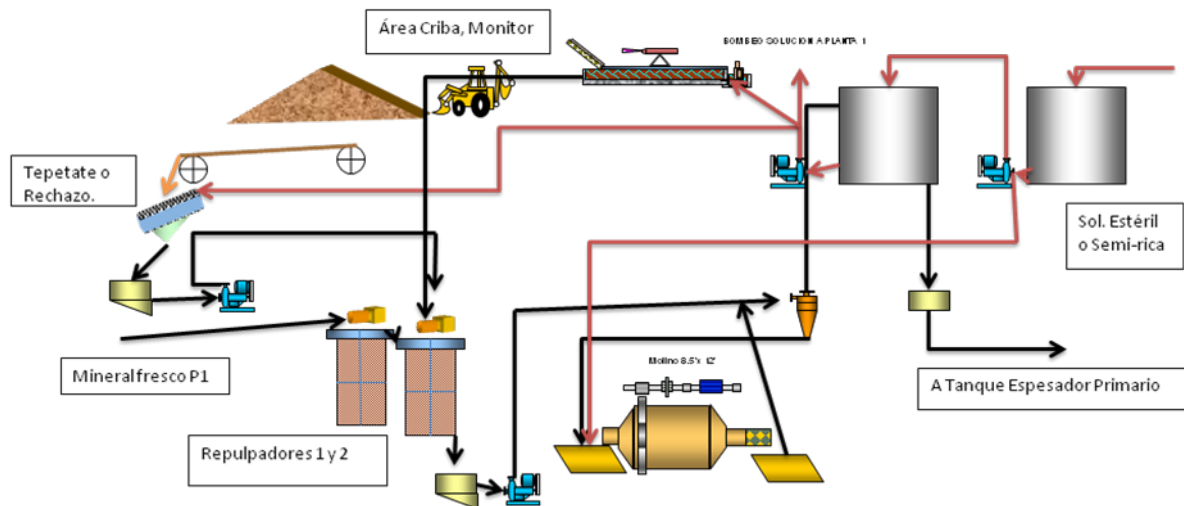


Figura 7. Diagrama del proceso de monitoreo y cribado

3.4.2 Repulpeo, molienda y asentamiento

De los tanques repulpeadores donde llega el jal y el mineral fresco de planta 1 se alimenta a molienda, primero hacia un tanque receptor el cual recibe la pulpa y de ahí se bombea hacia un banco de ciclones en el cual se clasifican los jales. El 70% a $-#200$ pasa directo al tanque espesador primario, el resto que está por arriba de las $#200$ pasan a una remolienda a un molino marca Marcy $8.5' \times 12'$ con tamaño de bola de $1''$. Lo que son las arenas del ciclón caen a un cajón receptor del molino en el cual se hace la adición de los reactivos que son cianuro de sodio (NaCN) y Cal (CaO). Los parámetros de alimentación de estos reactivos son 3 kg de cal y 2 kg de cianuro de sodio por cada tonelada de jal, en cuanto al pH este debe ser entre 10.5 y 11 ya que fuera de este intervalo se forma ácido cianhídrico o se hidroliza y precipita plomo; otro reactivo que se agrega es antiespumante, ya que como los jales provienen de un proceso de flotación, el residuo de espumante que contienen causa problemas en el circuito generando espuma. En la descarga del molino la pulpa se bombea nuevamente hacia el banco de ciclones para su clasificación, de ahí las arenas regresan al molino y los finos van a un cajón receptor del tanque espesador primario con capacidad de 560m^3 ; de este cajón la pulpa se alimenta por una línea de $18''$ hacia la canastilla central del tanque, de aquí se va asentando la pulpa y quedando la solución rica la cual derrama por los bordes exteriores del tanque (canaletas) y esta solución es captada en un tanque receptor y es bombeada hacia un tanque de solución rica sucia (solución con valores de plata con partículas sólidas suspendidas) con capacidad 1362m^3 .

En la Figura 8 se muestra el diagrama de repulpeo, molienda y asentamiento.

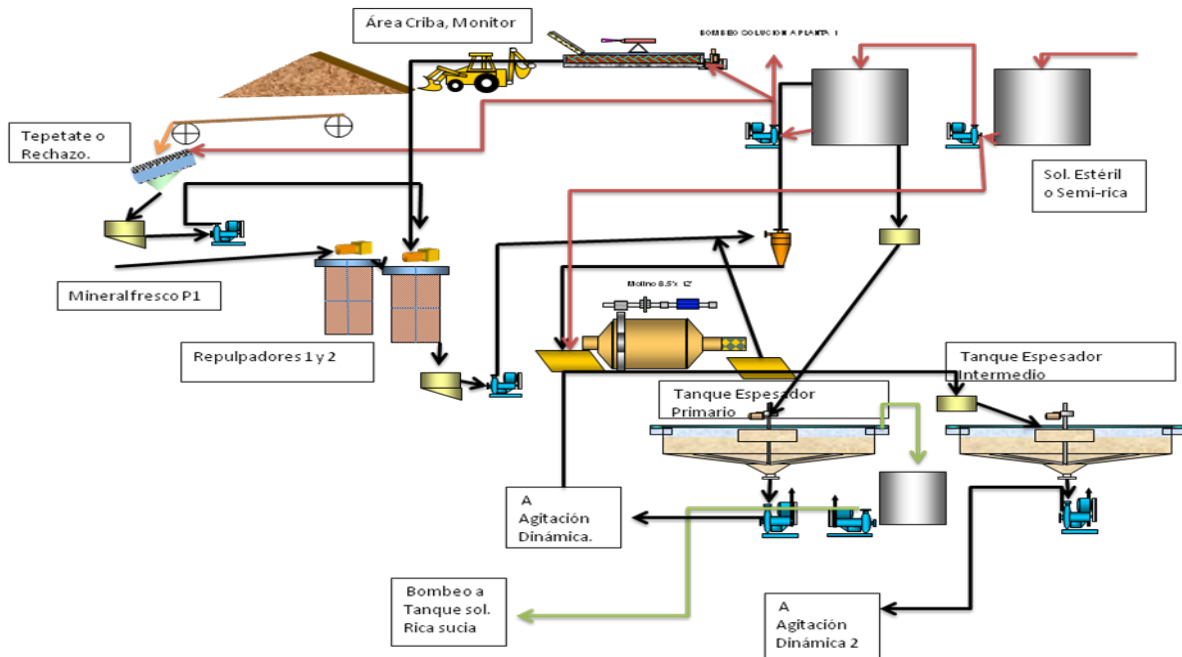


Figura 8. Diagrama del proceso de repulpeo, molienda y asentamiento

3.4.3 Agitación y asentamiento

La descarga del tanque primario de bajo flujo (pulpa) se bombea hacia un banco de agitadores 01 al 13 con capacidad de 859m^3 c/u. En estos tanques se tiene un tiempo de residencia o agitación de 48 horas, de aquí el tanque agitador número 13 derrama hacia el cajón receptor del tanque asentador intermedio, y este a su vez alimenta hacia la canastilla central del tanque para asentar la pulpa; la solución derrama por los bordes exteriores del tanque (canaletas), es captada en un tanque receptor y bombeada al tanque de solución rica sucia. Si este tanque se encuentra a su máxima capacidad la solución se bombea al tanque de solución semi rica 1. Lo de bajo flujo (pulpa) del tanque intermedio se manda a un banco de 4 agitadores (14 al 17) con capacidad de 859m^3 c/u donde se da un tiempo de residencia 72 horas. En la Figura 9 se muestra el circuito de agitación y asentamiento.

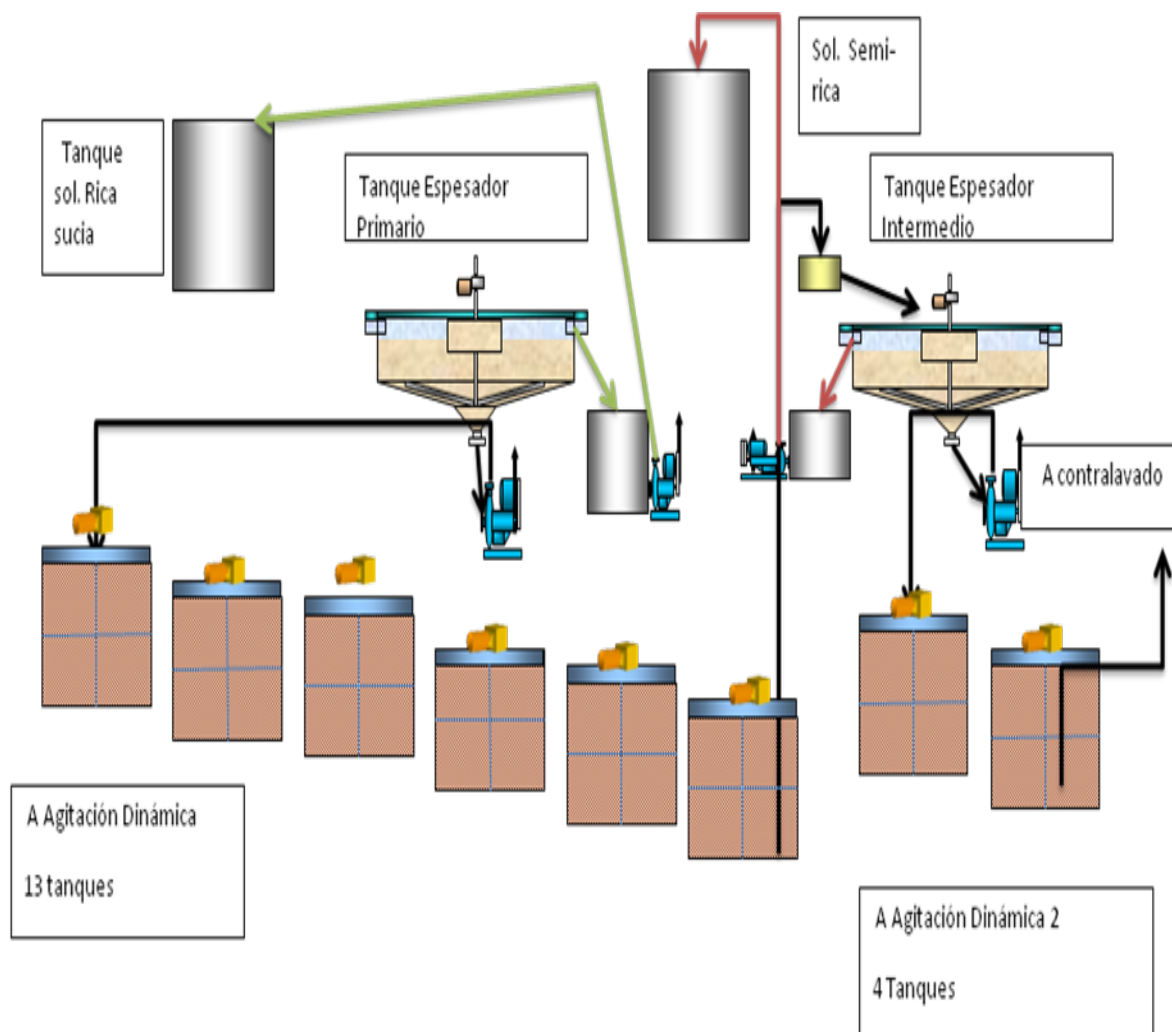


Figura 9. Diagrama del circuito de agitación y asentamiento

3.4.4 Contra-lavado

Del agitador 17 se pasa al sistema de tanques de contra-lavado, cuatro tanques con capacidad de 5601m^3 . Estos tanques se encuentran en pendiente para recibir tanto la pulpa como la solución e ir enriqueciéndola, quedando como una solución semi-rica y bombearla hacia el tanque de semi-rica 1. El propósito del sistema a contra-lavado es que la pulpa vaya siendo bombeada de tanque a tanque hacia arriba del no 1 hasta el no 4, y la solución estéril por gravedad vaya en sentido contrario del tanque número 4 al número 1 y de esta manera la solución se vaya enriqueciendo con valores de plata. La pulpa del tanque 4 es bombeada a un par de tanques repulpeadores con capacidad de 1362m^3 , estos cuentan solo con agitación; en estos tanques se debe de tener una pulpa entre el 60% al 70% de sólidos para que de ahí pase a la última etapa del circuito que es el filtrado de la solución de los jales. En la Figura 10 se muestra el diagrama de tanques a contra-lavado.

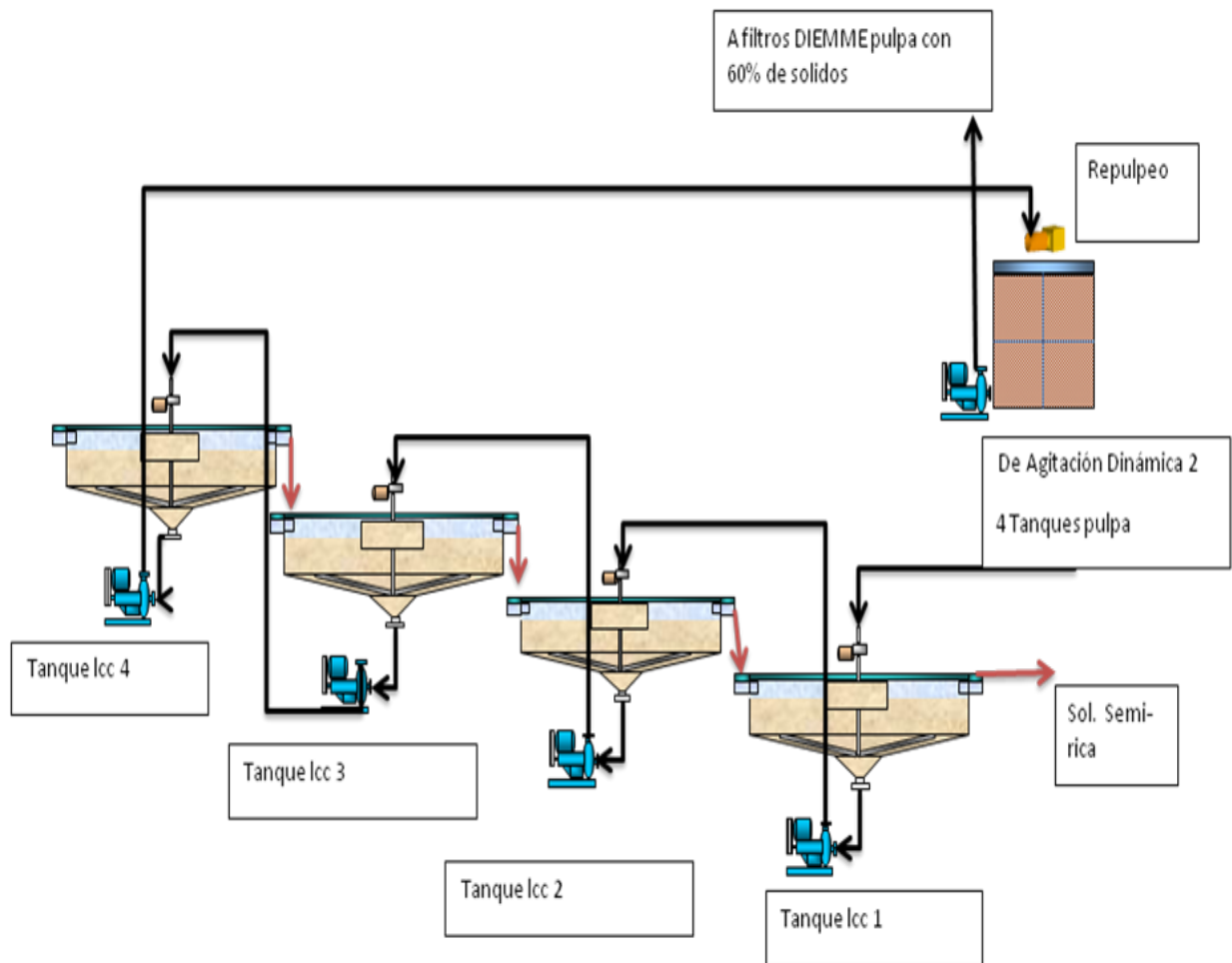


Figura 10. Diagrama de los tanques de contra-lavado

3.4.5 Filtrado y depósito de pastas

En esta última etapa los jales del proceso de cianuración son recibidos por tres filtros marca DIEMME GH200, estos filtros tienen la capacidad de recibir 36 m^3 de pulpa cada ciclo de filtración varía entre 23 a 30 min dependiendo el porcentaje de sólidos de la pulpa de cada ciclo se obtiene una pasta de jal con un porcentaje entre el 13% al 16% de humedad la cual se descarga hacia un patio y de aquí a unas bandas transportadoras que dejan caer al vacío los jales, en el patio se van apilando los jales o pastas y se usan tractores de orugas para conformar los bancos y dar estabilidad al nuevo depósito de jales, la solución que sale del filtrado se regresa hacia el circuito de contra-lavado hacia el tanque no 4. En la Figura 11 se muestra el proceso de filtrado y depósitos en pastas.

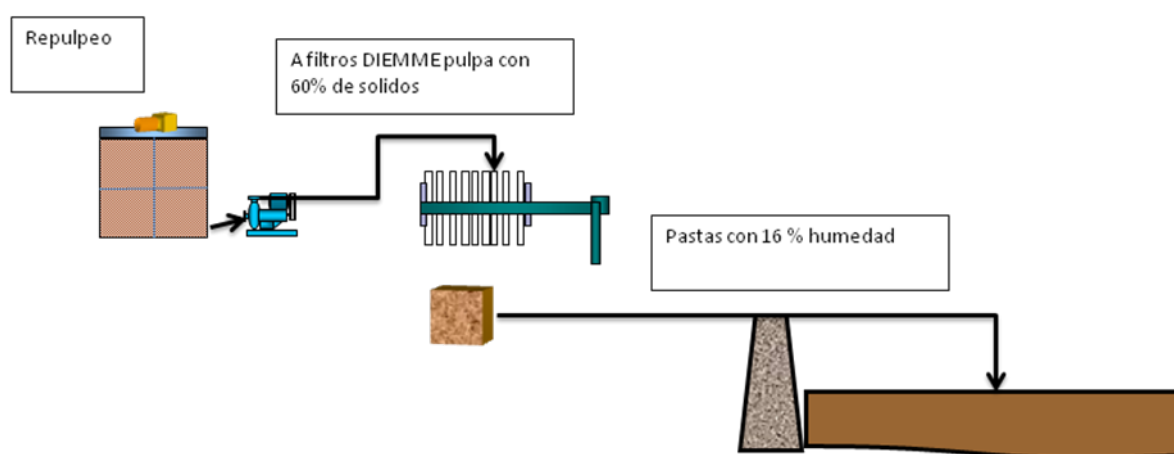


Figura 11. Diagrama del proceso de filtrado y depósito en pastas

3.4.6 Precipitación

En el área de precipitación la solución rica sucia se pasa por un proceso de clarificación y desoxigenación para después adicionarle zinc para precipitar la plata. El proceso consiste en pasar la solución en unos filtros clarificadores llamados autojets, estos equipos en su interior tienen filtros los cuales se les adiciona una capa filtrante para darle mejor clarificación a la solución, ya clarificada la solución se almacena en un tanque llamado solución rica limpia de este tanque se bombea a unas torres desoxigenadoras, estas torres funcionan al vacío para quitarle oxígeno a la solución, pasando por las torres se le adiciona el zinc para precipitar la plata, la solución se bombea a unos filtros prensa los cuales atrapan la plata. La solución sin valores de plata pasa a un tanque y de este se bombea nuevamente al circuito en este caso a los lavadores para volver adicionarle cianuro y se vaya enriqueciendo de plata nuevamente. En la parte de fundición el precipitado se seca para después adicionar fundentes para la obtención del producto final doré para la fundición se cuenta con hornos de inducción eléctricos con capacidad de 1000 kg de precipitado. En la Figura 12 se muestra el diagrama del área de precipitación.

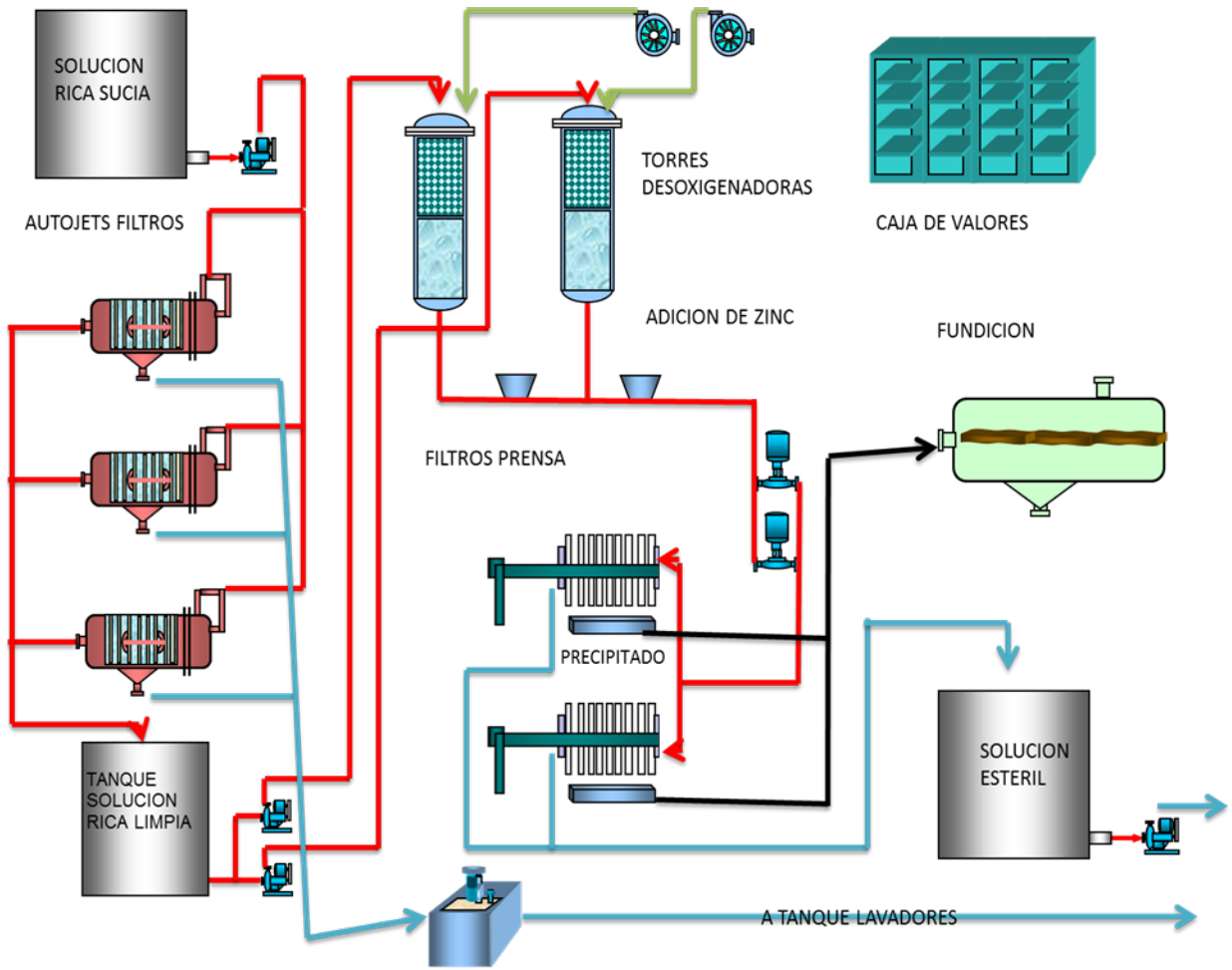


Figura 12 diagrama de flujo de área de precipitación

4. Evaluación de los jales

4.1 Características de los jales

En este capítulo se presenta un análisis de laboratorio que fue hecho con anterioridad por la empresa Peñoles, dicho análisis se presenta para darnos una visión de lo que se depositó en la presa en tiempo de operación de la empresa peñoles.

4.1.1 Caracterización mineralógica

Por medio de un equipo de Microscopía Electrónica de Barrido se llevó a cabo la identificación de las especies mayores que se encuentran presentes en las muestras de cabeza, concentrado y colas finales de la unidad minera La Encantada (Carrillo Pedroza Francisco Raúl. 2000).

Para este trabajo se realizaron análisis puntuales con espectrómetro de rayos X por energía dispersa marca EDAX modelo Phoenix acoplado a un microscopio electrónico de barrido marca ZEISS modelo DSM 950. El microanálisis puntual se realizó bajo las siguientes condiciones de operación: 100 seg., 20 kV, 50 μ A. Asimismo, se utilizó la técnica de longitud de onda con equipo microspec 3PC, también acoplado al microscopio electrónico de barrido. Dado que las muestras corresponden al mismo tiempo de operación de la planta, las especies identificadas en cada una de las muestras es la misma (Carrillo Pedroza Francisco Raúl. 2000).

En la Tabla 3 se muestra las especies mayores identificadas, mientras que en la Tabla 4 se presentan las especies de plata identificadas.

Tabla 3. Especies minerales mayores que se presentan en el concentrado de la Unida Minera la Encantada compósito.

Espece Mineral	Fórmula
Galena	PbS
Quenselita	2PbO.Mn ₂ O ₃ .H ₂ O
Franklinita	(Zn,Fe,Mn)(FeMn) ₂ O ₄
Willenita	Zn ₂ SiO ₄
Hematita	Fe ₂ O ₃
Cerusita	PbCO ₃
Calcita	CaCO ₃
Piroxemos	(Ca,Fe)(SiO ₃) ₈
Cuarzo	SiO ₂

Tabla 4. Especies de plata presentes en las muestras de La Unidad Minera La Encantada compósito.

Especie Mineral	Fórmula
Plata nativa	Ag
Embolita	Ag(Br,Cl)
Galena Argentífera	(Pb,Ag)S
Argentita	Ag ₂ S
Cerusita con plata	PbCO ₃ +Ag
Cerargirita	AgCl

4.1.2 Especies de plata y sus asociaciones

4.1.2.1 Cabeza

En la Tabla 5 se reportan las asociaciones que presentan las partículas de plata que fueron identificadas en la muestra de cabeza, así como también se presenta el tipo de Inter crecimiento que presentan, el tamaño de las especies de plata, la cantidad de partículas y el porcentaje que estas representan en la muestra.

En caso de la asociación ternaria o multifase, intervienen piroxenos, hematitas, calcitas, cuarzos, etc., siendo los más comunes piroxenos y hematitas. (Carrillo Pedroza Francisco Raúl. 2000)

Tabla 5. Especies de plata y sus asociaciones mineralógicas. Muestras de Cabeza

Especie Mineral	Asociación Mineralógica	Tipo inter-crecimiento	Rango de tamaño (µm)	Partículas Encontradas	% por Especie	% por Asociación
Ag Nativa	Libre		7.6 - 8.6	2	49.2	66.6
	Bin-Px	1a	2.2	1		33.3
Argentita	Ternaria	1b	2.8 - 30.0	2	28.6	100
Cer Argen	Ternaria	1a	38	1	14.3	100
Gin Argen	Ternaria	1a	30	1	14.3	100

Bin = binaria, Px = piroxenos, Gin = galena argentita, Ceru = cerusita argentífera.

Partículas libres de especies de plata	2	28.60%
Partículas asociadas de especies de plata	5	71.40%
Cantidad Total de partículas de plata encontradas	7	100.00%

4.1.2.2 Concentrado

Las asociaciones que presentan las partículas de plata del concentrado se muestran en la Tabla 6. Cabe señalar que en casos de galena y cerusita no todas las partículas identificadas corresponden a la especie argentífera, de hecho, la proporción en que se encuentran estas últimas es inferior a las especies “puras”. (Carrillo Pedroza Francisco Raúl. 2000)

Tabla 6. Especies de plata y sus asociaciones mineralógicas Muestras de concentrado

Especie	Asociación Mineralógica	Tipo inter-crecimiento	Rango de Tamaño (μm)	Partículas Encontradas	% por Especie	% por asociación
Ag nativa	Ternaria	1b	33.5 - 90.5	2	5.9	100
Argentita	Libre		4 - 14.8	2	32.4	18.2
	Bin - Gin pura	1a	21	1		9.1
	Ternaria	1a	2.8 - 35.2	8		72.2
Gin Arg	Libre		13.2 - 84	5	29.4	50
	Ternaria	1a, 1b	9.1 - 24.7	5		50
Embolita	Libre		50.1	1	23.5	12.5
	Ternaria	1a	21.1 - 109.4	7		87.5
Ceru Argen	Bin - px	1a	4.4 - 15.9	2	8.8	66.6
	Ternaria	1b	14.1	1		33.3

Bin = binaria, Px = piroxenos, Gin = galena argentita, Ceru = cerusita argentífera.

Partículas libres de especies de plata	8	23.50%
Partículas asociadas de especies de plata	26	76.50%
Cantidad Total de partículas de plata encontradas	34	100.00%

4.1.2.3 Cola final

En la Tabla 7 se muestran las asociaciones que presentan las partículas de plata que fueron identificadas en las colas finales.

Tabla 7. Especies de plata y sus asociaciones mineralógicas. Colas finales de la Unidad Minera la Encantada

Especie	Asociacion Mineralogica	Tipo de intercrecimiento	Tamaño (µm)Especie de Ag	Partículas encontradas	% por Especie	% por Asociación
Argentita	Bin – Hem	1d	3.5 – 28.9	1	50.0	100.0
Cerargirita	Bin – ceru	2d	16.2	1	50.0	100

Bin = binaria, Hem = Hematita, Ceru = Cerucita

Partículas libres de especies de plata	0	0.0%
Partículas asociadas de especies de plata	2	100.0%
Cantidad total de partículas de plata encontradas	2	100.0%

4.1.3 Análisis por difracción de rayos X

Para complementar el estudio de caracterización de las tres muestras, correspondientes a compósitos, se llevó a cabo un estudio por Difracción de Rayos X.

El equipo utilizado para este estudio es un difracto-metro de Rayos X marca Brunkar modelo D8 advance. En la Tabla 8 se muestran las especies identificadas por esta técnica (Carrillo Pedroza Francisco Raúl. 2000).

Tabla 8. Especies minerales identificadas por Difracción de Rayos x

Fórmula	Mineral
CaCO ₃	Calcita
PbCO ₃	Cerusita
SiO ₂	Cuarzo
Fe ₂ O ₃	Hematita
FeO(OH)	Goethita
CaMnSiO ₂ O ₆	Johansenita
Fe ₃ Si ₂ O ₅ (OH) ₄	Greenalita

4.1.4 Composición química

En la Tabla 9 se reportan los resultados de análisis químico de cada uno de los productos de flotación de la Unidad Minera la Encantada, en cabeza, concentrado y colas.

Tabla 9. Composición Química elemental de cada uno de los productos de flotación

Producto	Composición Química %						
	Ag g/t	Pb	Zn	Fe	Mn	S	Insol
Cabeza	537.9	4.3	2.5	12.4	2.2	0.08	9.45
Concentrado	19011.2	15.6	2	9.5	2	1.88	10.21
Colas	280.4	3.6	2.4	14.1	2.3	0.03	9.74

4.2 Muestreo de jales

Las presas 1 y 2 se encuentran ubicadas entre las faldas de dos cerros Figura 13 y de aquí se tomaron los siguientes datos para poder determinar los muestreos.

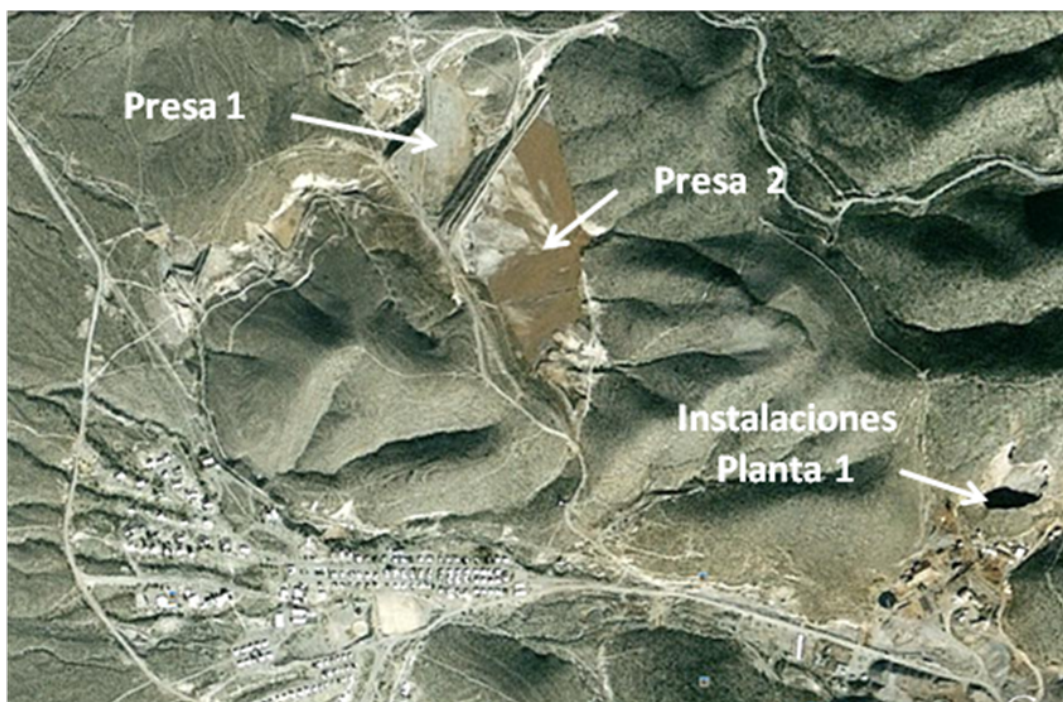


Figura 13. Ubicación de las presas 1 y 2

El muestreo de jales se realizó en las presas a través de 20 secciones hacia norte, sur, este y oeste. La separación entre cada sección fue de 50 m, considerando un intervalo de influencia de 25 m

para cada barreno. La toma de muestras se hizo con un equipo de golpe marca LONG YEAR34 y se tomó un núcleo de 2", cada núcleo se guardaba en cajas dándole una secuencia ordenada; esto se hizo en un tiempo de 3 meses cubriendo el área total de las presas 1 y 2. De los núcleos se tomó un testigo y se analizó en el laboratorio de la empresa para determinar el contenido de plata; con los resultados se hizo una evaluación preliminar para calcular la rentabilidad de su reprocesamiento. Posteriormente, las muestras se mandaron a analizar a un laboratorio externo para tener datos más precisos y estimar la recuperación de plata contenida en los jales. De cada barreno se hizo una sección, marcando el punto de contacto entre jal y macizo rocoso y de esta manera determinar la profundidad de los jales; así se determinó que la profundidad máxima que hay en el centro de la presa 2 es de 32 m.

El número de barrenos y de muestras fue de 35 en la presa 2 y de 17 en la de presa 1. Y como ejemplo en la Figura 14 se muestra las secciones de muestreo en las presas 1 y 2. En la presa 1, las secciones para el muestreo se trazaron con un rumbo NE, 7 secciones con separación de cada 50 m. las cuales son: S00, S0, S1, S2, S3, S4, S5, con 17 muestras en total.

La presa 2 se trazaron 8 secciones con rumbo NE y una separación entre cada una de ellas de 50 m. Estas secciones se identificaron como S6, S8, S10, S12, S14, S16, S18 y se tomaron 35 muestras en total.

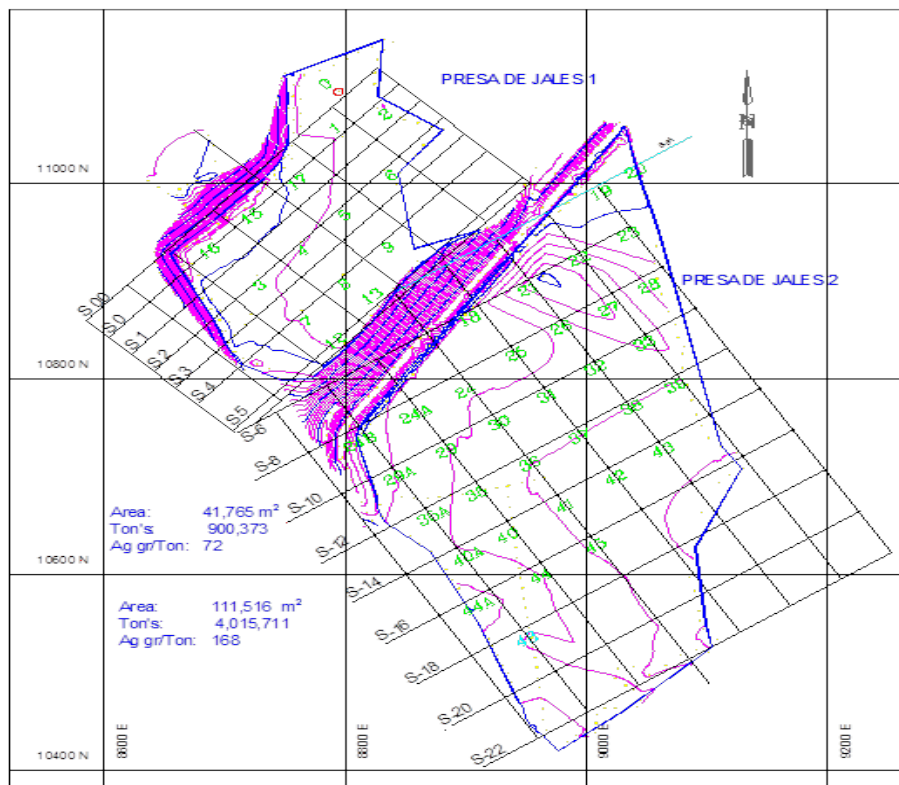


Figura 14. Ubicación de las presas 1 y 2

A manera de ejemplo para mostrar cómo se llevó el registro de cada barreno, en la Tabla 10 se muestra las características del barreno número 24, describiendo los diferentes estratos de jal encontrados y marcando la profundidad de cada uno, el análisis de la totalidad de los barrenos se determinaron las diferentes profundidades de jal en la presa. En este caso se muestra la profundidad máxima de la presa al centro.

Tabla 10. Descripción y profundidad del centro de las presas

FIRST MAJESTIC SILVER CORP																		
UNIDAD LA ENCANTADA																		
PERFORACIÓN CON LONG YEAR 34																		
PROYECTO DE BARRENACIÓN DE LA PRESA DE JALES																		
CON TUBO ESCAREADOR NQ DE 16"																		
INICIO		23/05/2007					NIVEL		SUPERFICIE					BARRENO No.		24		
TERMINO							ELEVACION							RUMBO				
PROFUNDIDAD TOTAL		29.8					COORDENADAS N							INCLINACION		VERTICAL		
DESCRITO POR		R.G.O.					E							ELEV.				
AVANCES					MUESTREO					ENSAYES					ESC. 1:100	DESCRIPCIÓN		
DE	A	CORTO	RECUPERADO	% DE REC.	DE	A	CORTO	REC. MTS	No MUESTRA	AG gr/ton	Pb %	Fe %	Zn %	Mn %	MTS			
0.00	1.20	1.20	0.50	42%	0.00	1.20	1.20	0.50	137520	180	2.14	8.65	2.01	1.61	2.4	Limos color Café claro		
1.20	2.40	1.20	0.40	33%	1.20	2.40	1.20	0.40	137521	130	1.55	7.24	1.37	1.77	3.6	Limos color Café		
2.40	3.60	1.20	0.40	33%	2.40	3.60	1.20	0.40	137522	160	1.95	10.01	1.83	2.44	4.8	Limos color Café Oscuro		
3.60	4.80	1.20	1.20	100%	3.60	4.80	1.20	1.20	137523	160	2.54	8.93	1.82	2.40	8.4	Limos color Café Oscuro		
4.80	6.00	1.20	0.60	50%	4.80	6.00	1.20	0.60	137524	260	2.39	9.50	1.93	1.98	11	Limos color Café Oscuro		
6.00	7.20	1.20	0.80	67%	6.00	7.20	1.20	0.80	137525	260	2.74	12.21	1.95	3.77	13	Limos color Café Oscuro		
7.20	8.40	1.20	1.10	92%	7.20	8.40	1.20	1.10	137526	250	3.25	11.95	1.94	2.68	15	Limos color Café Oscuro		
8.40	9.60	1.20	1.00	83%	8.40	9.60	1.20	1.00	137527	290	3.45	15.07	2.47	3.69	16	Limos color Café Oscuro		
9.60	10.80	1.20	1.10	92%	9.60	10.80	1.20	1.10	137528	240	2.39	11.14	1.85	2.59	18	Limos color Café Oscuro		
10.80	12.00	1.20	1.00	83%	10.80	12.00	1.20	1.00	137529	160	2.00	12.84	1.98	2.84	20	Limos color Café Oscuro		
12.00	13.20	1.20	0.90	75%	12.00	13.20	1.20	0.90	137530	140	1.92	11.53	2.15	2.71	22	Limos color Café Oscuro		
13.20	14.40	1.20	0.85	71%	13.20	14.40	1.20	0.85	137531	160	2.44	13.43	2.57	2.54	23	Limos color Café Oscuro		
14.40	15.60	1.20	1.20	100%	14.40	15.60	1.20	1.20	137532	160	2.43	15.61	3.13	2.75	25	Limos Rojizo con tonos café osc.		
15.60	16.80	1.20	1.20	100%	15.60	16.80	1.20	1.20	137533	150	2.52	15.86	2.10	2.38	26	Limos Rojizo con tonos café osc.		
16.80	18.00	1.20	1.10	92%	16.80	18.00	1.20	1.10	137534	110	1.97	12.50	2.26	0.48	28	Limos Rojizo con tonos café osc.		
18.00	19.20	1.20	1.00	83%	18.00	19.10	1.20	1.00	137535	130	2.86	31.14	3.47	0.18	30	Limos Rojizo con tonos café osc.		
19.20	20.40	1.20	0.65	54%	19.10	20.40	1.20	0.65	137536	140	2.53	29.96	4.46	0.26		29.6 Limos Rojizo con tonos café oscuro y contacto con Aluvion		
20.40	21.60	1.20	0.45	37%	20.40	21.60	1.20	0.45	137537	140	2.49	29.58	3.12	0.13				
21.60	22.80	1.20	0.60	50%	21.60	22.80	1.20	0.60	137538	160	2.34	18.71	3.17	1.92				
22.80	24.00	1.20	0.65	54%	22.80	24.00	1.20	0.65	137539	120	2.85	31.38	2.74	0.83				
24.00	25.20	1.20	0.70	58%	24.00	25.20	1.20	0.70	137540	140	3.23	27.38	2.92	0.24				
25.20	26.40	1.20	1.20	100%	25.20	26.40	1.20	1.20	137541	100	2.57	28.98	2.41	0.32				
26.40	27.60	1.20	1.20	100%	26.40	27.60	1.20	1.20	137542	30	3.94	59.11	2.70	0.41				
27.60	28.80	1.20	1.20	100%	27.60	28.80	1.20	1.20	137543	80	2.98	26.53	2.23	0.17				
28.80	29.80	1.00	1.00	100%	28.80	29.80	1.20	1.00	137544	80	2.81	29.93	2.07	0.07				
Promedio de Rec.				74%														
Long. de Bno. Muestreado										30.00	157	2.57	19.6	2.43	1.65			

En este otro ejemplo de la Tabla 11 se muestra la descripción del barreno número 20, que se ubica en la profundidad mínima de la presa 2 a la orilla de la presa.

Tabla 11. Descripción y profundidad de la orilla de las presas

FIRST MAJESTIC SILVER CORP																	
UNIDAD LA ENCANTADA																	
PERFORACIÓN CON LONG YEAR 34																	
PROYECTO DE BARRENACIÓN DE LA PRESA DE JALES																	
CON TUBO ESCAREADOR NQ DE 16"																	
INICIO 04/05/2007					NIVEL SUPERFICIE					BARRENO No. 20							
TERMINO 04/05/2007					ELEVACION					RUMBO							
PROFUNDIDAD TOTAL 3.6					COORDENADAS N					INCLINACION VERTICAL							
DESCRITO POR O.G.M.					E					ELEV.							
AVANCES					MUESTREO					ENSAYES					ESC. 1:100	DESCRIPCIÓN	
DE	A	CORTO	RECUPERADO	%DE REC.	DE	A	CORTO	REC.MTS.	No MUESTRA	AG gr/ton	Pb %	Fe %	Zn %	Mn %	MTS		
0.00	0.60	0.60	0.35	58%	0.00	0.60	0.60	0.35	137104	90	1.84	7.91	1.42	0.66	0.6	Limos de color café oscuro	
0.60	1.80	1.20	0.40	33%	0.60	1.80	1.20	0.40	137105	80	2.18	7.11	1.11	1.73	1.8	Limos de color café oscuro	
1.80	3.00	1.20	0.45	38%	1.80	3.00	1.20	0.45	137106	140	1.68	7.70	1.10	1.51	3	Limos de color café oscuro	
3.00	3.60	0.60	0.50	83%	3.00	3.40	0.40	0.50	137107	90	1.73	8.47	1.07	1.48		a los 3.3 contacto con aluvión y fragmentos de Cz	
Promedio de Rec.				53%													
Long. de Bno. Muestreado										3.40	104	1.89	7.62	1.16	1.43		

4.2.1 Peso específico

De los núcleos de la barrenación que se llevó a cabo para muestreo se tomaron muestras para determinar la densidad específica del jal, el procedimiento fue el siguiente:

Determinación de peso específico (PE) de los jales (Barrenación con Tubo Escareador NQ de 16").

El procedimiento para determinar el peso específico de los jales de la presa No. 1 se realizó de la siguiente manera:

- 1.- Se tomó una muestra representativa de los barrenos, por el método de cuarteo en pastel.
- 2.- La muestra se pasa a un secador para disminuir la humedad del material.
- 3.- Se pesa una cantidad del mismo mineral, ya seco y se introduce a una probeta graduada de 1L (no es necesario tener un peso determinado).
- 4.- Se le agrega agua hasta aforar el recipiente y por diferencia de volumen se determina el P. E. con la siguiente fórmula:

$$PE = P / V$$

Donde P es el peso de la muestra y V es el volumen desplazado.

El volumen desplazado es el volumen del recipiente menos el volumen agregado de agua.

Las tablas 12 y 13 son una de varias pruebas para determinar el PE. de los jales de la presa.

Tabla 12. Peso específico de jal presa 1

PROYECTO DE BARRENACIÓN DE LA PRESA DE JALES 1
CON TUBO ESCAREADOR NQ DE 16"

INICIO	18/04/2007	NIVEL	SUPERFICIE	BARRENO No.	0
TERMINO	18/04/2007	ELEVACION		RUMBO	
PROF. TOTAL	7.40	COORDENADAS	N 3140463.100	INCLINACION	VERTICAL
DESCRITO POR	O.G.M.		E 738095.130	ELEV.	

DE	AVANCES			% DE REC.	MUESTREO				No MUESTRA	ENSAYE DE LABORATORIO					ESC. GRAFICA	
	A	CORTO	RECUPERADO		DE	A	CORTO	REC. MTS.		Ag gr/ton	Pb %	Fe %	Zn %	Mn %	MTS	
0.00	1.20	1.20	0.45	38%	0.00	1.20	1.20	0.45	136601	90	3.68	12.89	1.6	0.04		
1.20	2.40	1.20	0.50	42%	1.20	2.40	1.20	0.50	136602	80	2.22	11.01	1.46	0.07		
2.40	3.60	1.20	0.50	42%	2.40	3.60	1.20	0.50	136603	60	1.36	9.29	2.85	0.04		
3.60	4.80	1.20	0.40	33%	3.60	4.80	1.20	0.44	136604	50	1.57	16.58	6.82	0.04		
4.80	5.40	0.60	0.35	58%	4.80	5.40	0.60	0.35	136605	80	1.59	24.2	3.88	0.04		

PESO ESPECIFICO DE LA PRESA DE JAL No. 1 BNO. 0				
MUESTRA	Vol. Agreg.	Vol. Despl.	Peso Muestra	P. E.
136601	985.0	15.0	38	2.53
136602	980.0	20.0	57	2.84
136603	975.0	25.0	57	2.28
136604	985.0	15.0	50	3.35
136605	980.0	20.0	57	2.83
P. E. prom=				2.76

$$P. E. = \frac{P}{V}$$

P= PESO DE MUESTRA
V= VOL. DESPLAZADO

Vol. Despl.= 1000 - Vol. Agregado

NOTA: El procedimiento se realizo de la siguiente manera: a partir de una muestra de jal de la barrenacion se determino el P. E. por diferencia de volumen con una probeta graduadas de 1 Tl.

Tabla 13. Peso específico de jal presa 2

PROYECTO DE BARRENACIÓN DE LA PRESA DE JALES 2
CON TUBO ESCAREADOR NQ DE 16"

INICIO		NIVEL	SUPERFICIE	BARRENO No.	45
TERMINO	01/06/2007	ELEVACION		RUMBO	
PROF. TOTAL	01/06/2007	COORDENADAS	N 3139946.789	INCLINACION	VERTICAL
DESCRITO POR	O.G.M.		E 738264.274	ELEV.	1705.671

DE	AVANCES			% DE REC.	MUESTREO				No MUESTRA	ENSAYE DE LABORATORIO					ESC. GRAFICA	
	A	CORTO	RECUPERADO		DE	A	CORTO	REC. MTS.		Ag gr/ton	Pb %	Fe %	Zn %	Mn %	MTS	
1.80	3.00	1.20	0.45		1.80	3.00	1.20	0.45	141583	140						
3.00	4.20	1.20	0.40		3.00	4.20	1.20	0.45	141584	150						
4.20	5.40	1.20	0.65		4.20	5.40	1.20	0.65	141585	220						
5.40	6.60	1.20	1.20		5.40	6.60	1.20	1.20	141586	240						
9.00	10.20	1.20	0.90		9.00	10.20	1.20	0.90	141589	160						
15.00	16.20	1.20	1.00		15.00	16.20	1.20	1.00	141594	60						

PESO ESPECIFICO DE LA PRESA DE JAL No. 2 BNO. 45			
MUESTRA	Vol. Agreg.	Vol. Despl.	P. E.
141583	925	75.0	2.40
141584	925	75.0	2.40
141585	940	60.0	3.00
141586	930	70.0	2.57
141589	935	65.0	2.77
141599	930	70.0	2.57
P. E. prom=			2.62

$$P. E. = \frac{P}{V}$$

P= PESO DE MUESTRA
V= VOL. DESPLAZADO

Vol. Despl.= 1000 - Vol. Agregado

NOTA: El procedimiento se realizo de la siguiente manera: a partir de una muestra de jal de 180 gr de la barrenacion se determino el P. E. por diferencia de volumen con una probeta graduadas de 1 Tl.

4.3 Resultados del muestreo

Para ordenar los resultados de cada muestra se le dio una clave de acuerdo con el número de barreno y con la profundidad de la muestra; de esta manera a cada muestra se le asignó la ley ensayada en el laboratorio, con los resultados obtenidos se fueron uniendo mediante líneas las muestras ubicadas a la misma altura y así determinar el espesor y su ley correspondiente.

A manera de ejemplo, en la Figura 15 se muestran las secciones 00 a la 5 de la presa número 1 y sus diferentes valores de muestreo a cada profundidad.

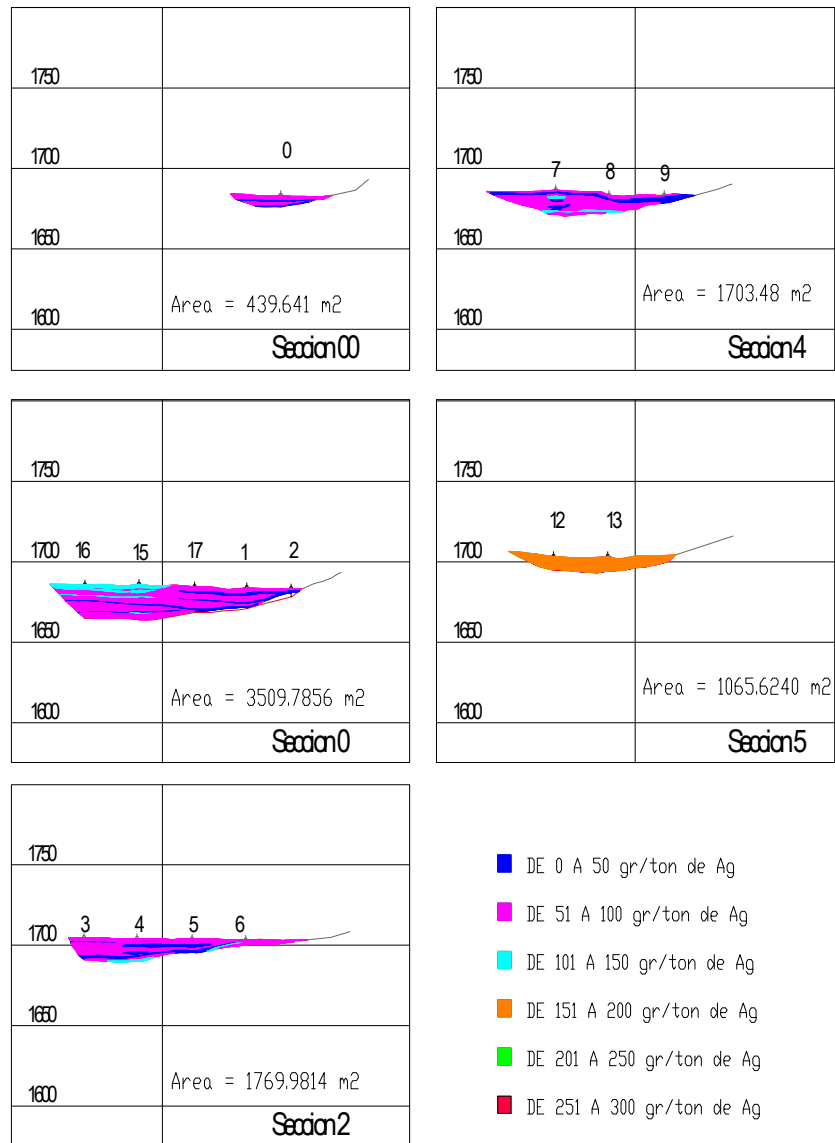


Figura 15. Sección transversal de los barrenos de muestreo en presa 1

También como ejemplo, en la Figura 16 se presentan las secciones 6A, 6 y 8 elaboradas en la presa 2.

- DE 0 A 50 gr/ton de Ag
- DE 51 A 100 gr/ton de Ag
- DE 101 A 150 gr/ton de Ag
- DE 151 A 200 gr/ton de Ag
- DE 201 A 250 gr/ton de Ag
- DE 251 A 300 gr/ton de Ag

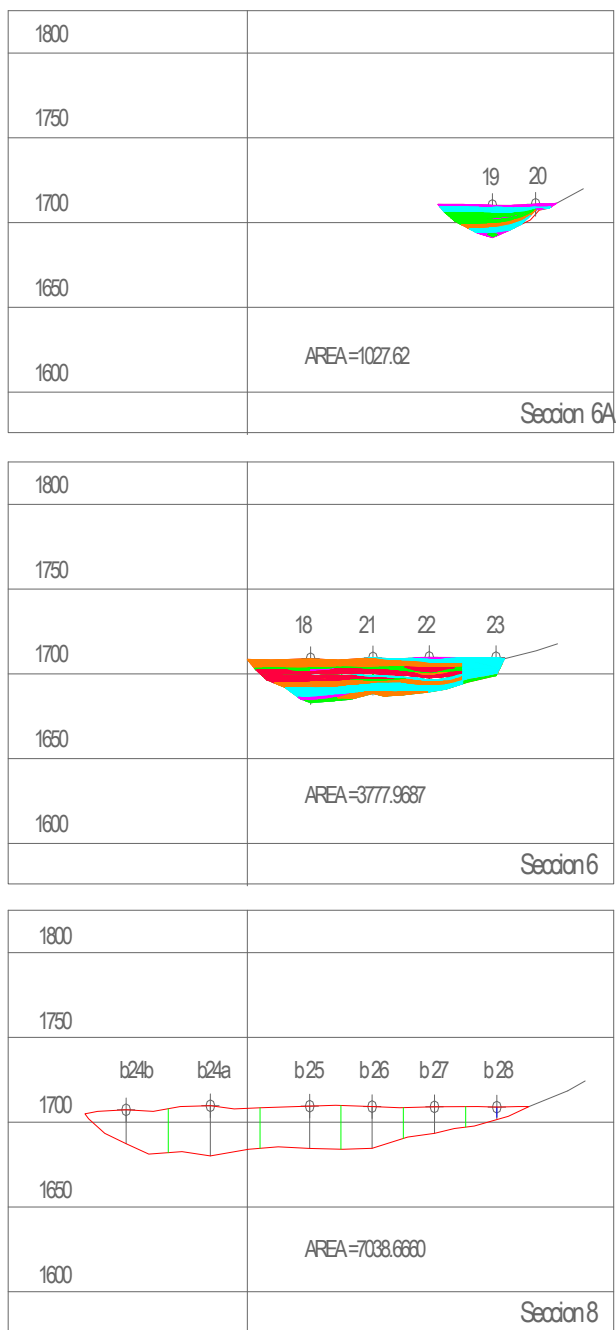


Figura 16. Sección transversal de los barrenos de muestreo en presa 2

4.4 Cálculo del volumen de jales

El cálculo del volumen de jales se hizo mediante las secciones que se fueron elaborando con los barrenos en las presas, de cada barreno se dibujó la columna de jal con sus correspondientes valores de plata, y después se juntaron los barrenos de una sección en un plano para formar el perfil de la sección con su distribución de valores. La cubicación del volumen de jales se hizo midiendo el área de la sección y multiplicando por la longitud de influencia de cada sección de 25 m. En la Figura 17 muestra el volumen de jales cuantificados con el análisis de todas las secciones.

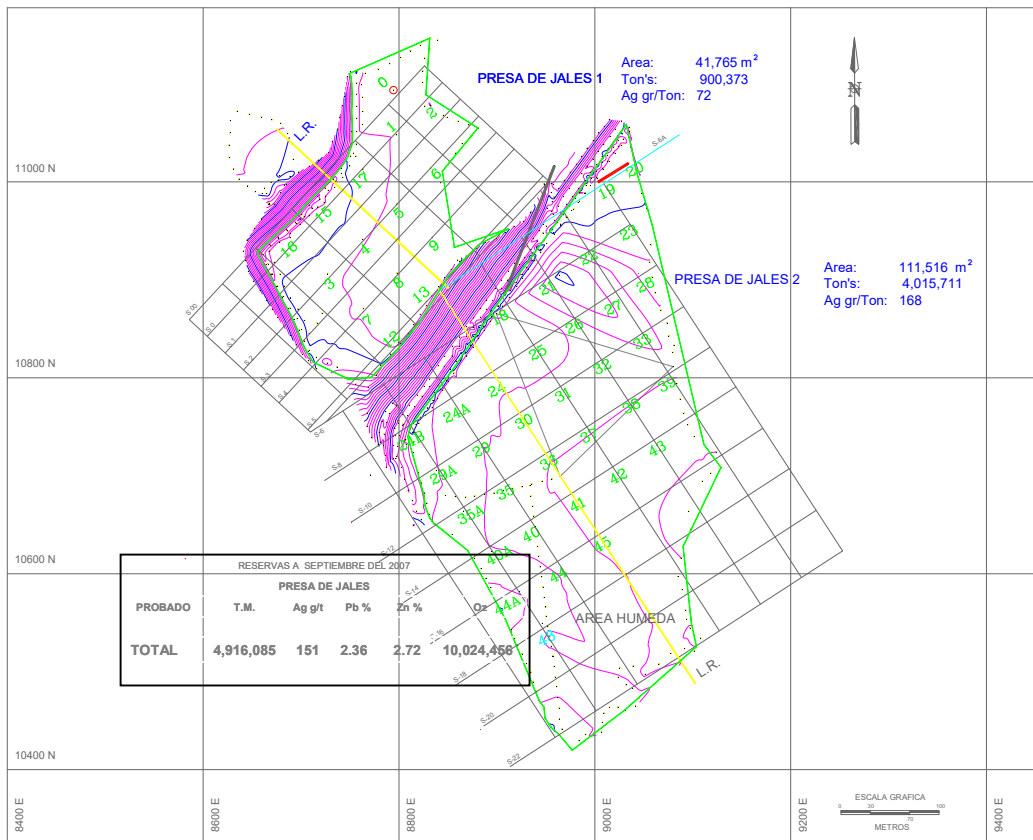


Figura 17. Volumen de jales cuantificado en la presa 1 y presa 2

En las tablas siguientes (Tablas 14, 15 y 16) se presentan los datos de la medición del área en cada una de las secciones de la presa 1, así como los resultados del análisis de las muestras de jales.

El área de cada barreno es por la influencia de barreno a barreno (25 m) y es tomada en sección longitudinal la suma de todas estas áreas nos da el promedio total de cada sección o línea trazada, todas estas líneas que van desde S0 hasta S18 lo podemos ver en la Figura 17.

Tabla 14. Área medida en la sección S 0 y resultado promedio del análisis de las muestras de jales en los barrenos de esta sección

No Barreno	Área m ²	Ag gr/ton	Pb %	Fe%	Zn %	Mn%
1	547.49	66	1.85	13.60	4.56	0.03
2	165.99	69	3.03	11.99	1.68	0.05
15	1071.1	95	2.19	14.50	3.08	0.03
16	872.14	82	2.51	19.49	3.05	0.03
17	852.98	65	1.42	10.40	3.90	0.02
Promedio	701.94	79	2.07	14.49	3.44	0.03

Tabla 15 Área medida en la sección S 2 y resultado promedio del análisis de las muestras de jales en los barrenos de esta sección.

No Barreno	Área m ²	Ag gr/ton	Pb %	Fe%	Zn %	Mn%
3	465.54	72	2.17	14.59	2.36	0.04
4	668.67	61	1.75	11.69	2.00	0.03
5	409.43	81	2.01	12.08	1.80	0.03
6	226.73	93	2.32	12.39	2.39	0.04
Promedio	442.59	73	1.99	12.63	2.10	0.03

Tabla 16. Área medida en la sección S 4 y resultado promedio del análisis de las muestras de jales en los barrenos de esta sección.

No Barreno	Área m ²	Ag gr/ton.	Pb %	Fe%	Zn %	Mn%
7	891.14	71	2.38	13.15	2.21	0.03
8	569.79	73	1.91	11.78	2.73	0.03
9	243.03	41	1.68	10.29	1.89	0.05
Promedio	567.99	68	2.12	12.29	2.34	0.03

De igual forma, en las siguientes tablas 17, 18 y 19, se muestran las áreas medidas en cada una de las secciones de la presa 2, así como los resultados del análisis de cada muestra de jal analizada.

Tabla 17. Área medida en la sección S 6 y resultado promedio del análisis de las muestras de jales en los barrenos de esta sección.

No Barreno	Área m ²	Ag gr/ton	Pb %	Fe%	Zn %	Mn%
18	1372.2	171	2.64	15.24	2.63	2.06
21	1067.3	205	2.29	10.82	2.36	2.27
22	960.3	184	2.55	10.94	1.62	1.35
23	369.7	182	2.59	10.03	1.39	1.40
Promedio	942.4	185	2.51	12.38	2.17	1.87

Tabla 18. Área medida en la sección S 16 y resultado promedio del análisis de las muestras de jales en los barrenos de esta sección.

No Barreno	Área m ²	Ag gr/ton	Pb %	Fe%	Zn %	Mn%
44-A	436.66	137	ND	ND	ND	ND
44	1015.4	120	ND	ND	ND	ND
45	2475.5	149	ND	ND	ND	ND
Promedio	1309.2	140	ND	ND	ND	ND

Tabla 19 Área medida en la sección S 18 y resultado promedio del análisis de las muestras de jales en los barrenos de esta sección.

No Barreno	Área m ²	Ag gr/ton	Pb %	Fe%	Zn %	Mn%
48	1789.7	168	ND	ND	ND	ND
Prom.	1789.7	168	ND	ND	ND	ND

Con el área de cada sección y con la separación entre secciones se calculó el volumen de cada una de ellas, con la suma de los volúmenes de las secciones se obtuvo el volumen total de jales. En la tabla 20 se presenta el tonelaje de jales calculado para la presa 1(900,374 ton) y en la tabla 22 se muestra el tonelaje calculado para la presa 2 (4,015,711 ton).

Tabla 20. Tonelaje de jales cuantificado en la presa 1

Sección	Área m ²	Influencia Horizontal m	P.E. ton/m ³	Tonelaje ton	Ag gr/ton	Pb%	Fe%	Zn%	Mn%
S 00	439.64	50	2.53	55,615	73	2.08	15.29	3.44	0.04
S 0	3509.68	42	2.53	372,939	72	2.04	14.97	3.61	0.03
S 2	1770.37	50	2.53	223,995	71	2.00	12.86	2.13	0.03
S 4	1703.96	45	2.53	193,995	68	2.11	12.24	2.34	0.03
S 5	1064.70	20	2.53	53876	94	2.13	12.24	2.08	0.08
Total de la presa 1				900,374	72	2.05	13.72	2.87	0.04

Tabla 21. Tonelaje de jales cuantificado en la presa 2

Sección	Área m ²	Influencia Horizontal m	P.E. ton/m ³	Tonelaje ton	Ag gr/ton.	Pb%	Fe%	Zn%	Mn %
S 6-A	1026.40	25	2.63	67,486	147	2.60	10.48	1.44	1.59
S 6	3769.53	50	2.63	495,693	185	2.51	12.38	2.17	1.87
S 8	7039.77	50	2.63	925,730	183	2.43	11.54	2.44	2.10
S 10	5237.73	50	2.63	688,762	170	2.40	14.59	2.70	1.96
S 12	3911.33	50	2.63	514,340	169	2.36	12-12	2.29	2.00
S 14	3080.94	50	2.63	405,144	151	2.34	11.05	2.20	1.95
S 16	3927.57	50	2.63	516,475	140	2.49	12.83	2.37	1.83
S 18	1789.70	50	2.63	235,345	168	3.19	11.21	2.55	2.36
S 20	856.30	50	2.63	112,603	0	0	0	0	0
S 22	823.33	25	2.63	54,134	0	0	0	0	0
Total de la presa 2				4,015,711	168	2.47	12.35	2.39	1.99

4.5 Pruebas metalúrgicas

En este inciso se muestran las pruebas metalúrgicas que se realizaron con los jales de cada una de las presas 1 y 2. Se determinaron los parámetros de laboratorio (leyes) y así determinar la recuperación que se podría alcanzar de los metales analizados.

4.5.1 Caracterización de los jales hecha en la unidad minera La Encantada

En la Tabla 22 se muestra la distribución de valores de acuerdo con el tamaño de partícula, en la cual se demuestra que el punto de liberación de la plata está en los tamaños de #200 y menores, ya que en estos tamaños se concentra el 89.35 %. (Díaz Medina Francisco Jonás. 2009) (Universidad Autónoma de Coahuila. 2009).

Tabla 22 Ensayes en laboratorio de la unidad distribución de valores en mallas

Muestra Barrenos de Jales			Ensaye					Contenidos					% Distribución				
Sin Molienda	Gramos	% Peso	Ag	Pb	Fe	Zn	Mn	Ag	Pb	Fe	Zn	Mn	Ag	Pb	Fe	Zn	Mn
Cabeza			227	3.56	7.11	2.32	2.33										
Malla 50	11.6	1.16	178	2.04	4.72	1.77	2.35	2.06	0.023	0.054	0.020	0.027	0.890	0.376	0.725	0.848	0.872
Malla 100	74.4	7.44	132	0.97	3.71	1.37	1.76	9.82	0.072	0.276	0.101	0.130	4.234	1.149	3.658	4.210	4.191
Malla 120	37.8	3.78	150	1.15	4.33	1.84	2.25	5.67	0.043	0.163	0.069	0.085	2.445	0.692	2.169	2.872	2.722
Malla 140	48.2	4.82	148	1.47	5.77	2.17	2.37	7.13	0.070	0.278	0.104	0.114	3.076	1.128	3.686	4.320	3.656
Malla 200	88.8	8.88	189	2.57	10.6	2.97	3.79	16.7	0.228	0.947	0.263	0.336	7.237	3.634	12.55	10.89	10.77
Malla 270	41.5	4.15	219	3.22	11.6	2.74	3.75	9.09	0.133	0.483	0.113	0.155	3.921	2.129	6.412	4.699	4.984
Malla 325	7.82	0.782	252	5.46	12.4	2.84	4.13	1.97	0.042	0.097	0.022	0.032	0.850	0.680	1.292	0.918	1.034
Malla --325	689.8	68.9	260	8.21	7.6	2.5	3.25	179.3	5.663	5.242	1.724	2.242	77.34	90.20	69.49	71.23	71.76
Cabeza Calc.	1000	100	231.8	6.27	7.54	2.4	2.42	231.8	6.278	7.544	2.420	3.124	100	100	100	100	100

Se observa en la tabla que también para el Pb, Fe, Zn y Mn, el punto de liberación se encuentra en los tamaños de partícula menores a las 200 mallas.

4.5.2 Caracterización de los jales en un laboratorio externo

Las muestras analizadas son representativas (compósito) de las dos presas por separado. Las muestras se enviaron a un laboratorio externo a la empresa para su análisis. Previo al análisis, las muestras se sometieron a una temperatura de 40°C, para eliminar el contenido de humedad. En la Tabla 23 se muestra ensaye de cabeza: (Díaz Medina Francisco Jonás. 2009) (Universidad Autónoma de Coahuila. 2009).

Tabla 23 Caracterización de los jales en un laboratorio externo.

Muestra	kg	% Hum	Au g/t	Ag g/t	Pb%	Zn%	Cu%	Fe%	As%	Mn%
Jales 1	47.1	7.0	0.01	103.00	4.30	1.87	0.10	17.90	0.54	0.01
Jales 2	47.0	3.0	0.01	144.00	1.46	2.02	0.01	8.46	0.13	0.23

Haciendo la comparación de los resultados obtenidos en este laboratorio, se observa que las leyes de plata son menores que las obtenidas en La Encantada, en un 55 % para la muestra de la presa 1 y de 37 % para la muestra de la presa 2, esto puede deberse a dos cosas, que no se analizó la misma muestra y/o que se utilizaron técnicas de análisis diferentes. Los resultados obtenidos por laboratorio externo fueron los que se tomaron en cuenta para la caracterización de los jales y la evaluación de reservas. Las muestras analizadas por el laboratorio interno son de una muestra puntual que en su momento dio muestra del comportamiento en el proceso de cianuración.

4.5.3 Pruebas de botella para determinar la recuperación

Fueron llevadas a cabo 3 series de pruebas de cianuración en botella. Con cada una de ellas se variaron los siguientes parámetros.

- a) Tamaño de partícula (% @ -200 mallas),
- b) Concentración de NaCN y
- c) Adición de Oxidante (litargirio y nitrato de plomo).

4.5.3.1 Variación del tamaño de partícula

Las pruebas fueron efectuadas con las siguientes granulometrías: tamaño original, 75 y 85% @ - 200 mallas (75 μ m). Las remoliendas se efectuaron utilizando un kilogramo de muestra y 500 mL de agua, para tener un 67% de sólidos en el molino. En la Tabla 24 se muestran los parámetros para las pruebas con los jales de las presas 1 y 2. En la tabla también se muestra el tiempo de la prueba, la concentración de NaCN y el pH (Mireles Juvencio. 2008).

Tabla 24. Parámetros utilizados en la 1ª serie

Muestra		Parámetros Iniciales			
		% -200#	Tiempo hrs	NaCN ppm	pH
Jales 1	Sin Remoler	71.6	96	3000	11
	Remolida	75	96	3000	11
	Remolida	85.5	96	3000	11
Jales 2	Sin Remoler	72	96	3000	11
	Remolida	74.2	96	3000	11
	Remolida	84	96	3000	11

Todas las pruebas de este programa fueron corridas en botellas de 3.8 L, utilizando 500 gramos de muestra y 1000 mL de agua (no destilada). Se tituló el cianuro de sodio y se midió el pH a las 24, 48, 72 y 96 horas, el óxido de calcio a 96 horas; con la finalidad de determinar los consumos de ambos reactivos, (Mireles Juvencio. 2008). La cinética de la disolución de los reactivos para esta serie se presenta en la Tabla 25.

Tabla 25. Resultados de la cinética de disolución para las pruebas de la 1ª serie

Tiempo (Horas)	JALES 1		JALES 2	
	Granulometría	Ag %	Granulometría	Ag %
24	Sin Remoler 71.6% - 200#	56.14	Sin Remoler 72% - 200#	31.15
48		56.14		31.15
72		54.06		31.15
96		49.90		29.51
24	Remolida 75% -200#	58.95	Remolida 74.2% - 200#	29.01
48		56.84		29.01
72		54.74		29.01
96		52.63		27.48
24	Remolida 85.5% - 200#	70.73	Remolida 84% -200#	27.78
48		68.29		27.78
72		65.85		26.39
96		63.41		26.39

La Tabla 24 y la Figura 18 nos demuestran que a las 24 horas se logran las máximas disoluciones. Asimismo, con la muestra de Jales 1 los mejores resultados se logran remoliendo a 85% @ -200 mallas, mientras que con la de Jales 2 no es necesario remoler. Solo se ilustran las correspondientes a la plata dada la muy baja (casi nula) ley de oro en cabezas (Mireles, 2008).

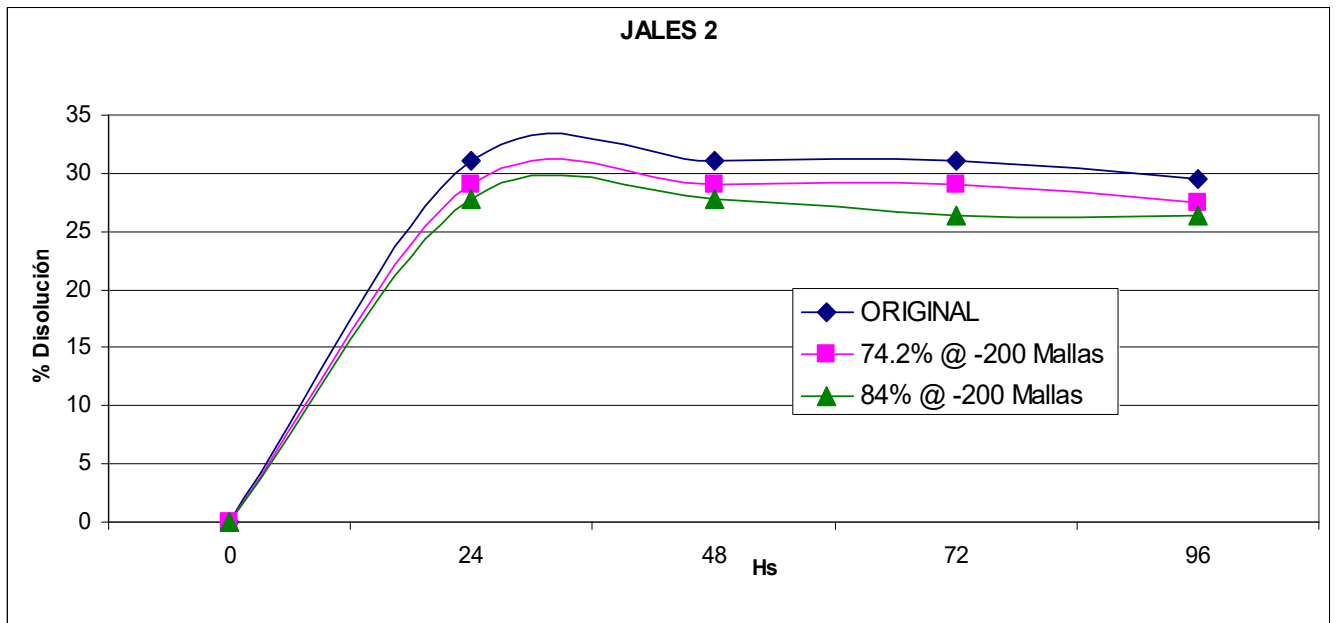
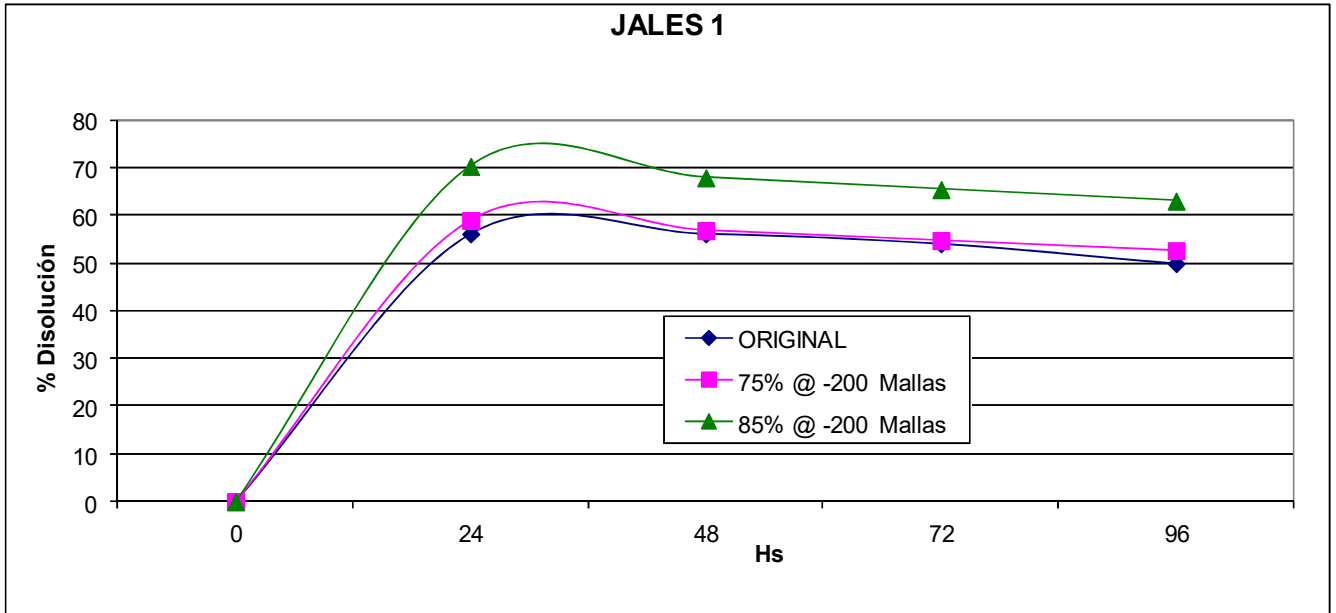


Figura 18. Cinética de disolución de la plata en la 1ª Serie

3.5.3.2 Variación de la concentración de cianuro de sodio

Las pruebas fueron efectuadas variando la concentración de cianuro: 500, 1000 y 2000 mg/L, esta serie de pruebas fue efectuada sin remoler ninguna de las dos muestras (Mireles, 2008). En la Tabla 26 se presentan los parámetros considerados para la 2ª serie.

Tabla 26. Parámetros utilizados en la 2ª serie

Muestra	% -200#	Tiempo hrs	NaCN ppm	pH
Jales 1	Sin Remoler (71.6% -200#)	96	500	11
	Sin Remoler (71.6% -200#)	96	1000	11
	Sin Remoler (71.6% -200#)	96	2000	11
Jales 2	Sin Remoler (72% -200#)	96	500	11
	Sin Remoler (72% -200#)	96	1000	11
	Sin Remoler (72% -200#)	96	2000	11

Para fines de comparación, en la Tabla 27 se presentan los resultados de la cinética de disolución del cianuro de sodio en las pruebas de la 2ª serie y se incluyen en esta tabla, a manera de comparación, las pruebas con 3000 ppm de Cianuro de Sodio de la 1ª serie (Mireles, 2008).

Tabla 27. Resultados de la cinética de disolución para las pruebas de la 2ª serie y comparación con la disolución de 3000 ppm de NaCN de la 1ª serie.

Tiempo (Horas)	JALES 1		JALES 2	
	NaCN	Ag %	NaCN	Ag %
24	500 ppm	53.19	500 ppm	19.26
48		55.32		20.74
72		55.32		23.70
96		53.19		23.70
24	1000 ppm	55.91	1000 ppm	23.70
48		58.06		25.19
72		55.91		26.67
96		53.76		26.67
24	2000 ppm	58.70	2000 ppm	28.57
48		60.87		30.08
72		58.70		28.57
96		56.52		28.57
24	3000 ppm	56.14	3000 ppm	31.15
48		56.14		31.15
72		54.06		31.15
96		49.90		29.51

En la Figura 19 se presenta la gráfica con la disolución de la plata en las pruebas de la 2ª serie.

Analizando los resultados de las pruebas tenemos que:

- a) La mayor recuperación de plata para los jales de presa 1 es el 60.87 % en un tiempo de residencia de 48 hrs con una concentración de 2000 ppm de NaCN.
- b) Los jales de presa 2 siguen teniendo una baja recuperación. El mayor resultado fue de 31.15 % con una concentración de 3000 ppm de NaCN. El tiempo de residencia en esta recuperación es entre 24 a 72 horas.

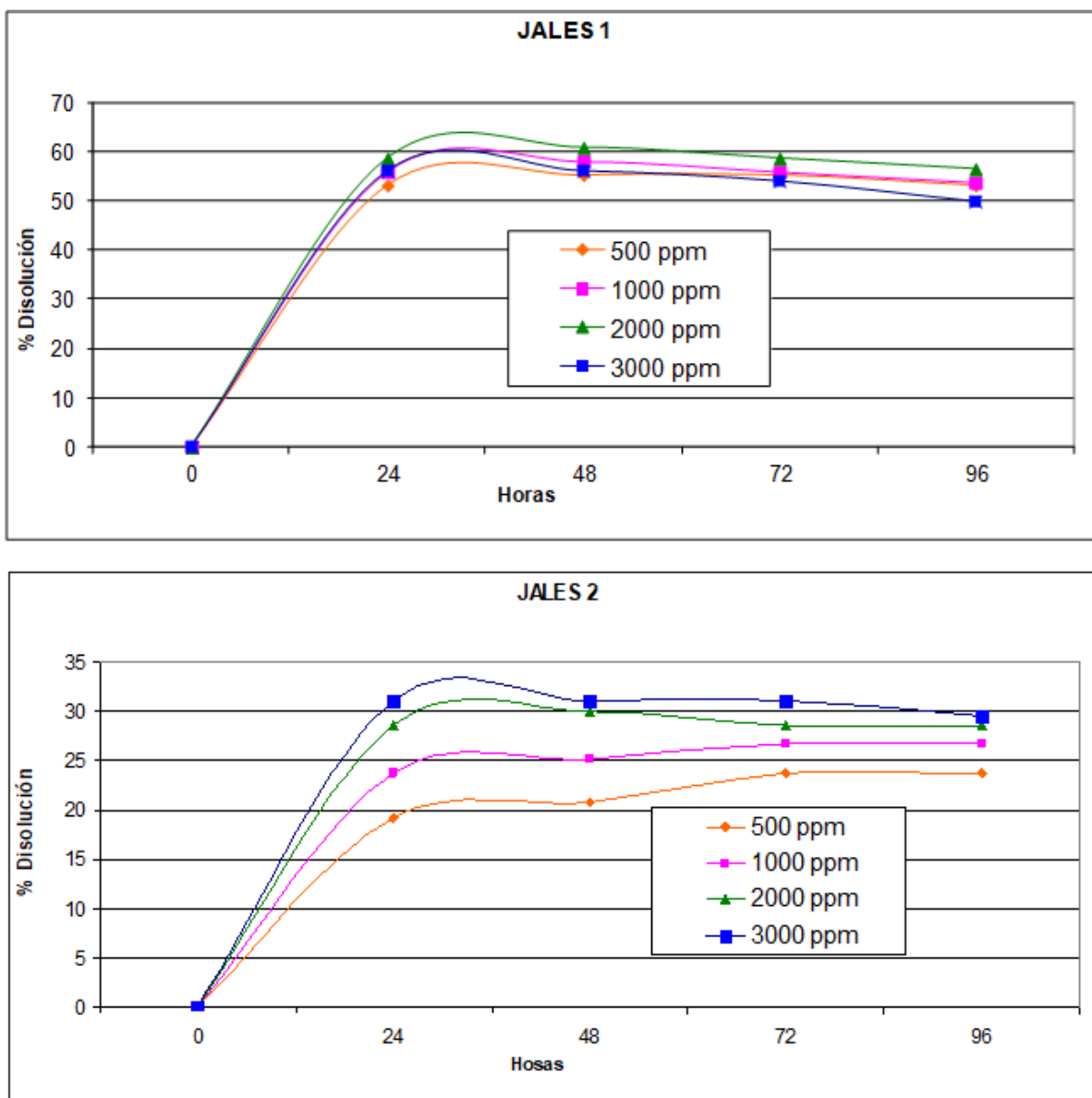


Figura 19. Cinética de disolución de la plata en la 2ª Serie

3.5.3.3 Adición de oxidante

En las pruebas de la 3ª serie se probó con la adición de oxidante: Litargirio y Nitrato de Plomo (Mireles, 2008). En la Tabla 28 se muestran los parámetros de utilizados en estas pruebas.

Tabla 28. Parámetros utilizados en la 3ª serie

Muestra	% -200#	Tiempo hrs	NaCN ppm	Oxidante	pH
Jales 1	Sin Remoler (71.6% -200#)	72	3000	Litargirio: 100 g/t	11
	Sin Remoler (71.6% -200#)	72	3000	Nitrato Pb: 350 g/t	11
Jales 2	Sin Remoler (72% -200#)	72	3000	Litargirio: 100 g/t	11
	Sin Remoler (72% -200#)	72	3000	Nitrato Pb: 350 g/t	11

Los resultados de la cinética de disolución de la plata en las pruebas de la 3ª serie de presentan en la tabla 29.

Tabla 29. Cinética de disolución de la plata en las pruebas de la 3ª Serie

Tiempo (Horas)	JALES 1		JALES 2	
	Oxidante	Ag %	Oxidante	Ag %
24	Litargirio: 100 g/t	59.81	Litargirio: 100 g/t	26.67
48		59.81		30.67
72		59.81		30.67
24	Nitrato Pb: 350 g/t	62.26	Nitrato Pb: 350 g/t	28.38
48		62.26		31.08
72		60.38		31.08

Discusión de resultados

- Para la presa 1 la mayor recuperación es 62.26% con 350 g/t de PbNO₃, con tiempos de residencia entre 24 hasta 48 hrs. Haciendo comparativa de resultados solo es un pequeño porcentaje más que el de CaCN 60.87%, la diferencia es de 1.39 %,se observa también que el PbO no tiene resultados positivos ya que la recuperación máxima es de 59.81 % y este es menor a las pruebas sin adición de este oxidante.
- En presa 2 se obtiene un 31.08 % de recuperación en 48 y 72 hrs. de residencia con 350 g/t de PbNO₃cabe mencionar que los resultados no son satisfactorios ya que en las pruebas si la adición de estos oxidantes la recuperación es un poco mayor 31.15 % y con tiempos de residencia de 24 y 48 hrs.

3.5.3.4 Pruebas adicionales

Se efectuaron pruebas utilizando Tiosulfato de Sodio como lixiviante (Mireles, 2008). La Tabla 30 presenta los datos para estas pruebas con Tiosulfato y en la Tabla 31 se pueden ver los resultados.

Tabla 30. Parámetros utilizados en las pruebas con Tiosulfato de sodio.

Muestra	% -200#	Tiempo hs	Tiosulfato de Na ppm	pH
Jales 1	Sin Remoler (71.6% -200#)	48	20000	9.5 a 10
Jales 2	Sin Remoler (72% -200#)	48	20000	9.5 a 10

Como se observa en la Tabla 31, los niveles de extracción son muy pobres estos resultados muestran que el tiosulfato de sodio es poco atractivo para la recuperación de plata.

Tabla 31 Resultados de las pruebas con Tiosulfato de sodio

Horas	Muestra	Ag %
24	Jales 1	5.66
48		5.66
24	Jales 2	3.97
48		3.97

4.5.4 Consumo de reactivos

De los resultados de las pruebas realizadas, se hizo un análisis del consumo de reactivo para determinar las concentraciones que se deberán ocupar en la planta, (Mireles, 2008) en la tabla 32 se resumen los consumos.

Tabla 32. Consumo de reactivos con base en los parámetros que se analizaron.

Prueba	Parámetros	NaCN kg/t		CaO kg/t	
		Jales 1	Jales 2	Jales 1	Jales 2
1	Sin Remoler-3000ppm	4.75	12.3	1.82	0.54
2	Remolida-3000ppm	5.60	10.4	1.80	0.68
3	Remolida-3000ppm	6.25	10.9	1.75	0.68
4	Sin Remoler-500ppm	1.9	3.4	2.16	1.25
5	Sin Remoler-1000ppm	2.3	5.75	2.16	1.25
6	Sin Remoler-2000ppm	3.3	9.95	2.09	1.30
7	Sin Remoler-3000ppm-Litargirio	2.55	8.10	2.58	1.35
8	Sin Remoler-3000ppm-Nitrato	3.25	8.20	2.45	1.35

Para los parámetros de reactivos que se establecen en el circuito son lo que nos dan la mayor recuperación en las pruebas antes mencionadas para los jales de las presas 1 y 2 dichas recuperaciones son:

Presas 1 70.73% de recuperación con un consumo de 6.25 kg/ t de NaCN y 1.75 kg/t de CaO

Presas 2 31.15% de recuperación con un consumo de 3.4kg/t NaCN y 1.25 Kg/t de CaO

Las gráficas de la Figura 20 muestran un resumen de resultados con las 8 pruebas de cianuración. Es posible apreciar de manera evidente que los mejores resultados se obtienen cuando se efectúa una etapa de remolienda. Es probable que moliendo aún más fino se pueda incrementar un poco la disolución de plata.

En las gráficas también se destaca que hay una mayor recuperación en los jales de la presa 1, en ambos casos la recuperación máxima se obtiene cuando se alcanzan 24 horas de agitación; después de este tiempo, la recuperación disminuye hasta volverse constante; por lo cual se determinó que el tiempo óptimo de agitación es de 24 horas.

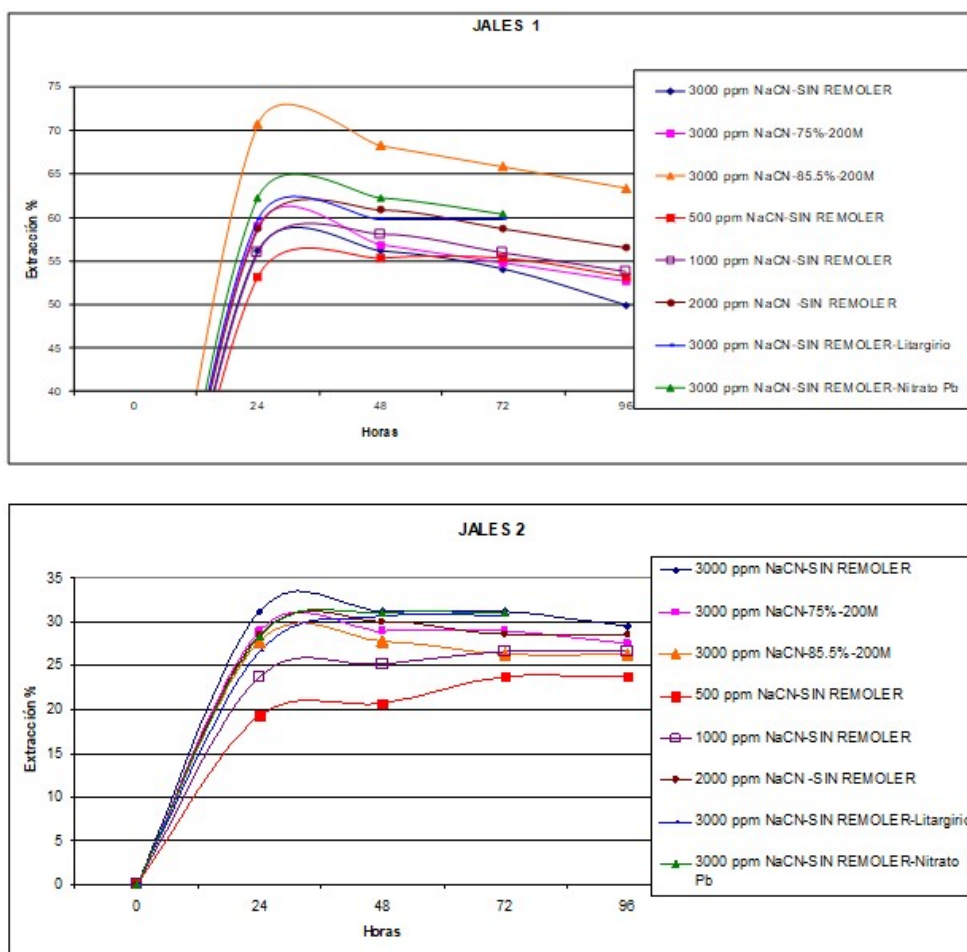


Figura 20. Resultado comparativo de las ocho pruebas de extracción

Finalmente, en las Tablas 33 y 34 se muestra la extracción en porcentaje que se obtuvo de plata en cada prueba y se puede destacar que para el caso de los jales de la presa 1 la mayor extracción fue de 70.73% que corresponde a la prueba 3 con una etapa de remolienda y agitación de 24 horas; mientras que para los jales de la presa 2 la recuperación no fue tan significativa ya que solo se alcanzó una recuperación máxima de 31.15 % en la prueba 1 sin remolienda y con agitación de 24 horas.

Tabla 33. Recuperaciones obtenidas en los jales de la presa 1

Prueba	Parámetros	Ag %
1	Sin Remoler-3000ppm-24hs	56.14
2	Remolida-3000ppm-24hs	58.95
3	Remolida-3000ppm-24hs	70.73
4	Sin Remoler-500ppm-48hs	55.32
5	Sin Remoler-1000ppm-48hs	58.06
6	Sin Remoler-2000ppm-48hs	60.87
7	Sin Remoler-3000ppm-Litargirio-24hs	59.81
8	Sin Remoler-3000ppm-Nitrato-24hs	62.26

Tabla 34. Recuperaciones obtenidas en los jales de la presa 2

Prueba	Parámetros	Ag %
1	Sin Remoler-3000ppm-24hs	31.15
2	Remolida-3000ppm-24hs	29.01
3	Remolida-3000ppm-24hs	27.78
4	Sin Remoler-500ppm-72hs	23.7
5	Sin Remoler-1000ppm-72hs	26.67
6	Sin Remoler-2000ppm-48hs	30.08
7	Sin Remoler-3000ppm-Litargirio-48hs	30.67
8	Sin Remoler-3000ppm-Nitrato-48hs	31.08

Después de estos resultados la estrategia para la extracción de los jales es hacer un compuesto de las dos presas para obtener una recuperación del 40 % en el proceso de cianuración.

5. Extracción de jales

5.1 Diseño del sistema de extracción

Inicialmente el plan de extracción comienza en el área de la presa 2, este diseño iniciara considerando el trazo de calles para dar acceso. Las dimensiones son de 4 metros de altura por 10 m de ancho para bancos y 10 m de ancho para calles, estas dimensiones son para dar tiempo de secado y se tenga el tránsito de camiones y maquinaria, al inicio se romperá el bordo y se continuara con una calle principal de apertura paralela al bordo, después se trazaron calles perpendiculares a esta calle para ir definiendo los bancos y calles. Esto se ve en las Figuras 21 y 22.

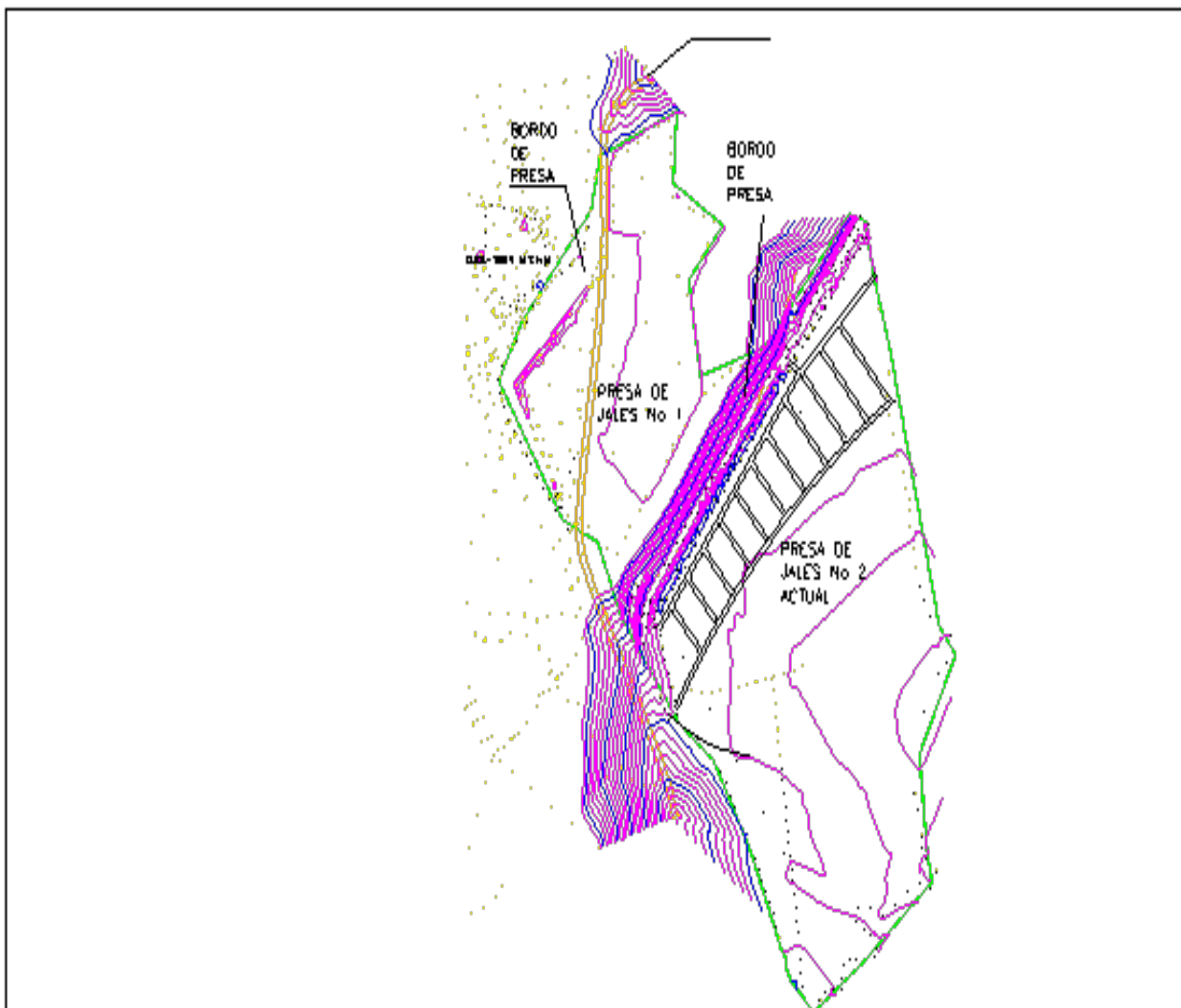


Figura. 21 Distribución de las calles de minado plano

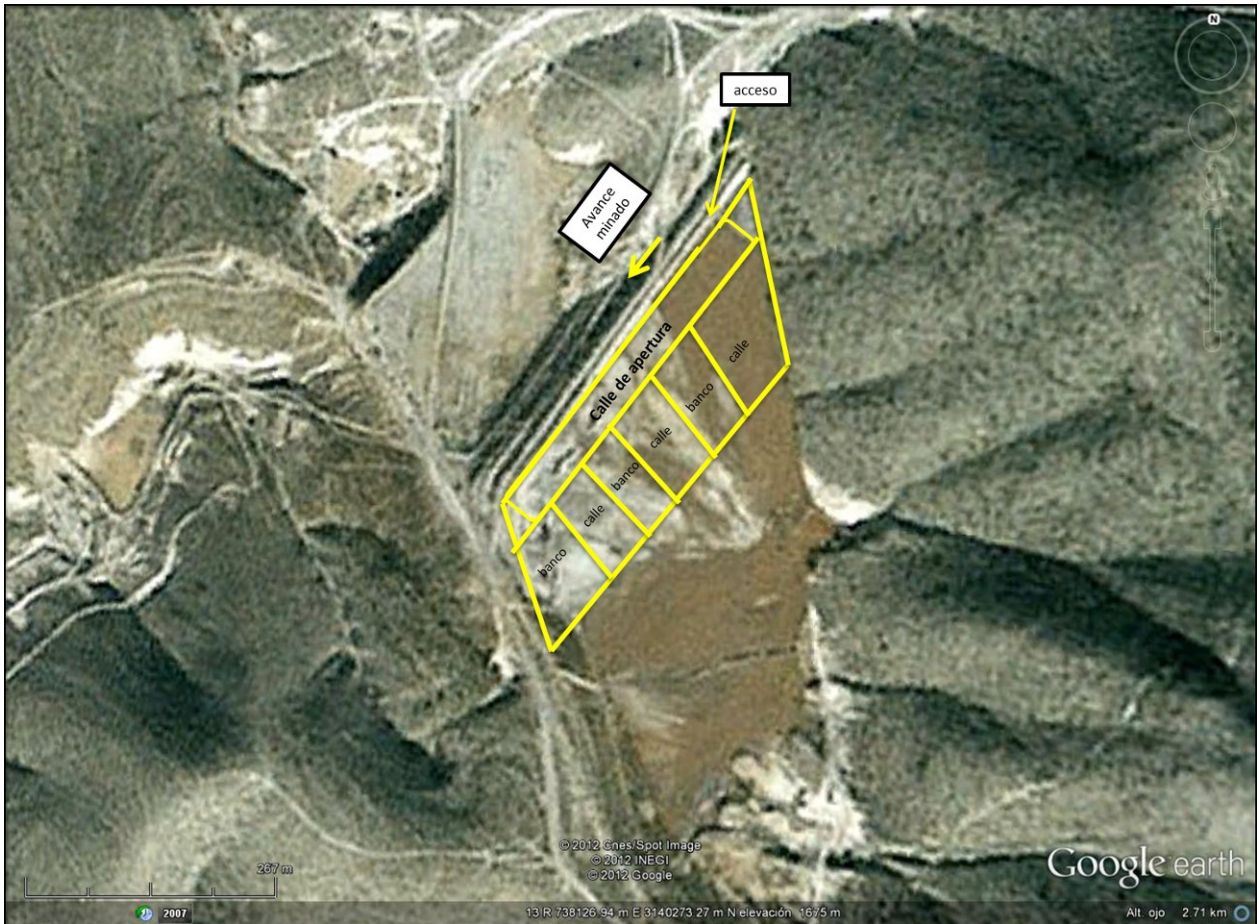


Figura. 22 plan de extracción visto en planta

5.2 Extracción y transporte de los jales

5.2.1 Extracción de los jales

Inicialmente la extracción de jales se lleva en la presa 2 y se lleva a cabo con 3 cargadores dos de ellos de orugas (CAT 963, CAT 953) y un cargador frontal de llantas (CAT 966) y una flotilla de 6 camiones con capacidad de 20 toneladas; en la Figura 23 se muestra cómo un cargador de orugas raspa el los jales lo que genera carga para que el otro cargador llene los camiones. La metodología es seguir la carga que ya está suelta.

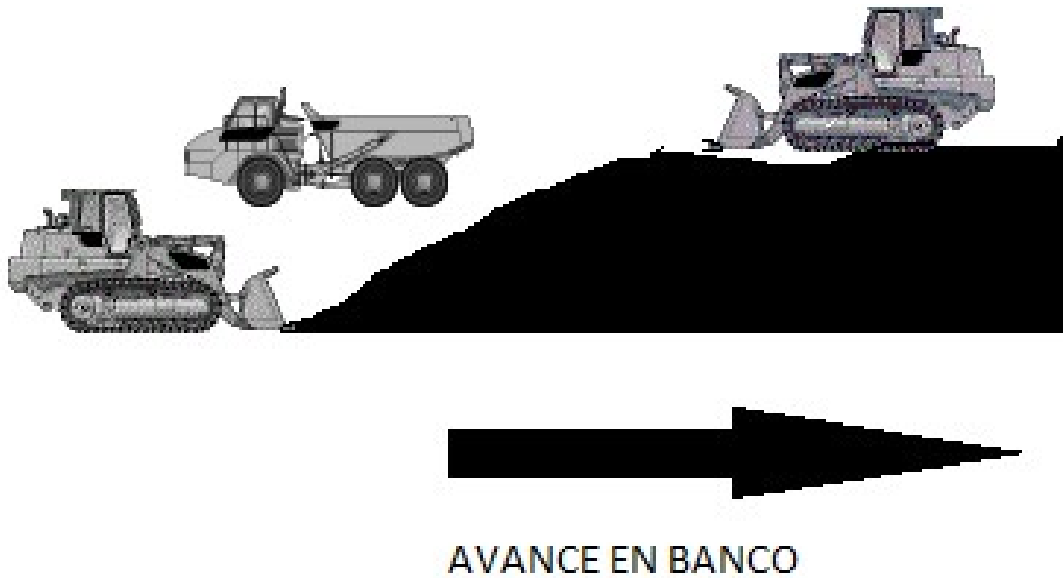


Figura 23 Avance de corte en la extracción en cada banco

En el avance del banco se le da una pendiente de 2% esto es para cuando haya lluvia el agua se canalice a una esquina de la presa y sea bombeada al circuito del proceso, Al continuar con la extracción, la humedad es un problema, el cual hace que los camiones y los equipos se atasquen. Al analizar esto se cambia el corte a un metro de profundidad y se secciona el área de extracción en tres partes. Esto es para que mientras se va cortando el jal en una sección, en otra se vaya secando y permita el acceso para la extracción del jal. Se considera dejar caminos de servicio por el bordo y centro de la presa para poder dar acceso y salida de esta ya que la misma humedad no deja transitar libremente. En estos caminos las dimensiones son de 10 m de ancho para darle una seguridad de tránsito a los camiones.

Para iniciar como se mencionó anteriormente, en el Paso 1 se rompe una parte del bordo y se inicia abriendo una calle principal paralela al bordo conforme se avanza se van delimitando las calles perpendiculares a la principal, esto se hace hasta llegar a la orilla de la presa donde el cerro la resguarda (Figura 23), la secuencia es la siguiente:

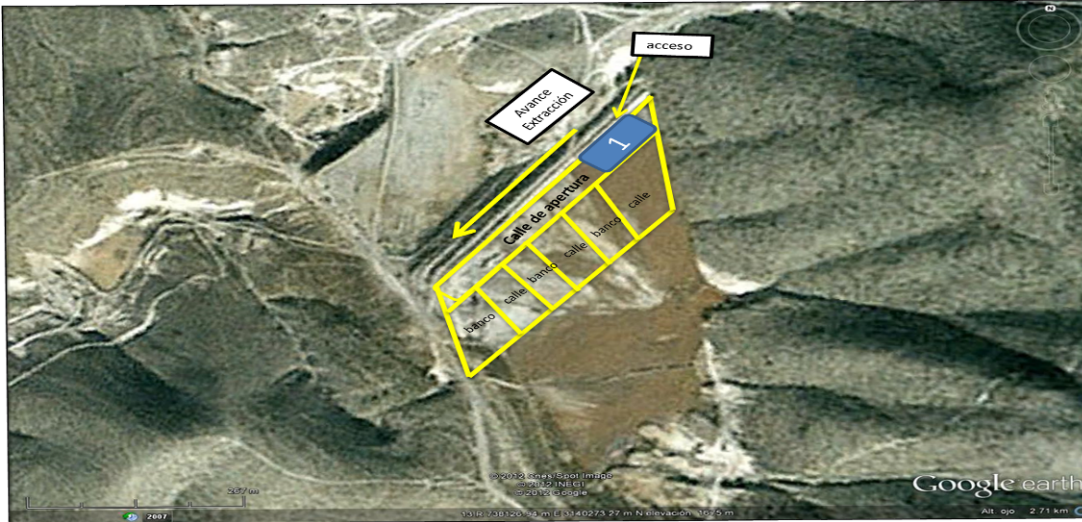


Figura. 24 se abre acceso sobre bordo y se mueve carga

En la Figura 25 el paso número 2 la extracción se lleva viendo al frente con esto se va avanzando más la calle de apertura para seguir exponiendo la parte frontal y se vaya secando el jal para después hacer la extracción esa área.



Figura 25 Paso número 2 continuidad y avance de la calle hacia la falda o límite de presa

En la Figura 26 se muestra cómo va haciéndose la extracción y la continuidad hasta llegar hasta las faldas del cerro que guardan la presa.



Figura 26 paso 3 de avance en calle

En la Figura 27 se muestra el último paso de la extracción en la calle de apertura 4 y después la secuencia es en las calles perpendiculares a esta que son los siguientes 5, 6, 7. Estas últimas secuencias son de igual forma para dejar área de exposición para la disminución de humedad o secado de jal para su futura extracción y alimentación a la planta.



Figura. 27 con secuencias de extracción 4, 5, 6, 7

Continuando con la extracción hay más problemas con la humedad. El contratista adquiere una excavadora CAT 320B y esta continúa cortando el jal a un metro de profundidad. Con este equipo

se cambia el cargado así los camiones no se exponen al jal húmedo. Ahora la excavadora los lleva sobre la superficie firme y seca con esto los camiones tienen menos problemas para transitar sobre el jal. Esto se muestra en las siguientes figuras.

En la Figura 28 y Figura 29 se muestra como el camión ya no es expuesto a transitar sobre el jal húmedo ahora se coloca a un lado.



Figura 28 Cargado de camiones sin exposición al jal húmedo.



Figura 29 Se muestra el corte que lleva la excavadora sin exponer al camión al jal húmedo.

En la Figura 29 se muestra la excavadora cargando en otra área de la presa los caminos son firmes y transitables. El jal está seco y tratable para el proceso.



Figura 30 Cargado de camión en la cresta de la presa

Más adelante con la extracción se toma el bordo interno de la presa este tiene una altura 12 m, por seguridad se cambia y se hace banqueo descendente esto es que los equipos trascabos CAT 963 y CAT 953 se suben al banco y empiezan a cortar la carga, de ahí ya teniendo buen tonelaje cortado un equipo se baja a la pata del banco y comienza a cargar camiones; El tonelaje planeado son 4000 tpd para el promedio de ley que pide la planta, esto se muestra en las figuras 30 y 31.

Como ejemplo se hace un ejercicio para el cálculo de la carga que se depositara en el stock.

5.3 Cálculo de la carga para alimentación al proceso

Para la alimentación de la planta con 4,000 ton de jales, se pide una ley entre 180 a 220 gr Ag por tonelada cada día, se hace un plan para dar un promedio de ley de 200 gr Ag, el cálculo de la ley se hace con la aplicación de la fórmula de ley media y contenido ya teniendo la información se puebla al acarreo y se le define las zonas de extracción para dar el tonelaje y ley.

la fórmula de ley media se presenta a continuación:

$$\text{Ley Media} = \frac{\Sigma \text{ de los contenidos}}{\Sigma \text{ de los pesos}}$$

Para la aplicación de la formula se recibe un muestreo de ley de laboratorio de los bancos de extracción. ver tabla 35

Tabla 35 Cálculo de tonelaje y ley de alimentación a planta

Muestras	Ley (Ag /ton)	ton	Cont. Ag	(*) No. Viajes
Banco 1	240	2500	600,000	139
Banco 2	186	1000	186,000	56
Banco 3	100	500	50,000	28

Aplicación de la formula y arroja el siguiente resultado:

$$\text{Ley Media} = \frac{836,000\text{gr}}{4000\text{ton}} = 209 \text{ gr Ag/ton}$$

De los cálculos se muestra las toneladas que se toman de cada banco para dar la ley de alimentación. El número de viajes se define dividiendo el tonelaje por el factor de carga de los camiones y este es entre 18 a 19 toneladas por camión.

En la Figura 31 se ve aplicando el banqueo descendente esto nos permita mayor disponibilidad de carga y no transitar sobre jal húmedo se le da tiempo de mayor secado.



Figura 31 Aquí se muestra la carga cortada y acumulada

En la Figura 32 se muestra el cargado de camiones con. Al fondo con excavadora cargando y más cerca de la imagen, el trascabo esperando camión para cargar



Figura 32 Otra vista donde se muestra el cargado de camiones con dos diferentes equipos

5.2.2 Transporte de los jales

El manejo y transporte de los jales es hacia un patio a una distancia de 700 m donde se encuentra una banda alimentadora y transportadora que descarga a una criba. La capacidad de ese patio es de 15 mil toneladas con un cargador frontal el jal se dosifica hacia la banda, si la banda está llena lo apila para que haya más lugar donde descargar.

Si el patio está lleno se pasa a otro con capacidad de 100 mil toneladas este lugar se encuentra a un lado de mismo patio de la banda alimentadora a 100 m de distancia, este stock se tiene por contingencias climáticas ya que con lluvia o nieve los camiones no tiene acceso a la presa y de aquí se toma el jal para alimentar a la planta, se hace a través de una pala y un camión. (Figura 35)



Figura 33 Camino donde transitan los camiones para descargar en el área de stock banda.



Figura 34 Al fondo se ve stock banda y a la derecha. stock para contingencias de lluvia o nieve

En la figura 35 se muestra el área donde los camiones depositan, apilan y se almacena el jal, después de esto se alimenta a la banda y se deja una pila de carga sobre el alimentador de la banda y con el movimiento de la banda va jalando hacia el interior el jal y esta la deposita sobre la banda transportadora que va por un túnel y está banda alimenta a la criba.



Figura 35 Pala y carga apilada en banda alimentadora, área stock banda

En la Figura 36 se muestra la banda transportadora al fondo se ve el túnel donde se encuentra el alimentador de la banda. Estas bandas tienen la capacidad para alimentar 220 tph.



Figura 36 Banda transportadora capacidad de 220 ton por hora.

En la Figura 37 Se muestra una vista superior de la banda aquí muestra donde descarga hacia la criba.



Figura 37 Aquí se muestra como alimenta a la criba vibratoria.

En la Figura 37 se puede apreciar la criba con carga. En su interior hay un sistema de espreas las cuales bañan el jal con solución de cianuro y lo vuelven en pulpa y es bombeada a la planta.

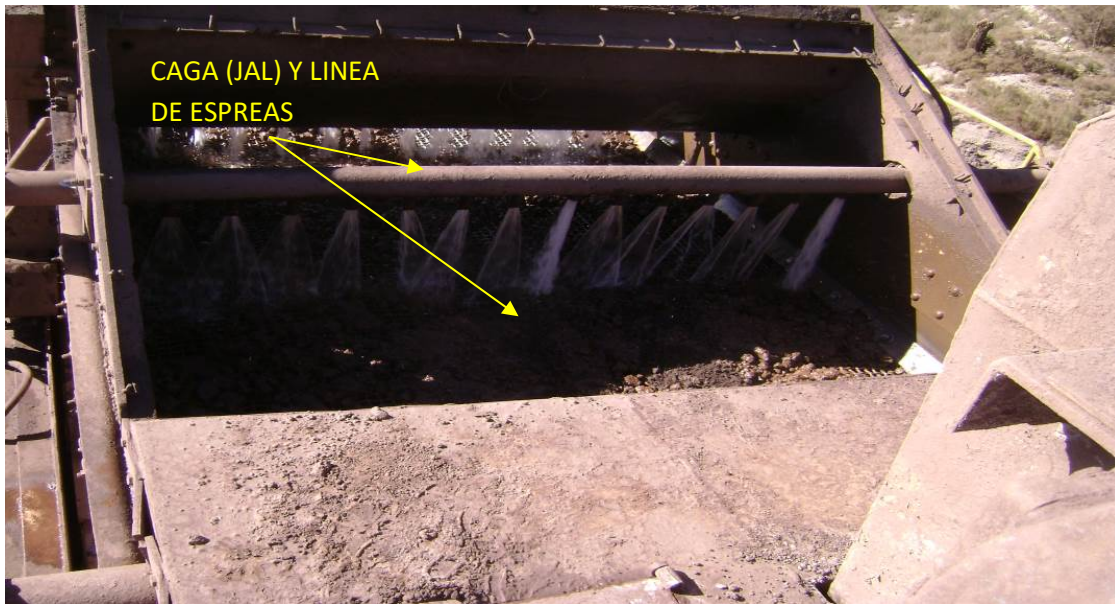


Figura 38 Carga alimentada a criba.

6. Análisis financiero del proyecto

Este análisis se hizo con referencia al mes de octubre del año 2010, ya que en este año el comportamiento de los costos fue uniforme en comparación de los otros meses del mismo año; procesando en total 105,260 toneladas de mineral, de mina, y jales de presa. La mina produjo 13,661 ton más 12, 733 ton de rellenos da un total de 26 394 ton (25 %) y la presa 78, 866 ton de jal (75 %) de las cuales son 70,022 alimentadas a criba y 8,846 alimentadas al monitoreo hidráulico.

6.1 Costos extracción mineral

El gran total en toneladas de mineral y tepetate en octubre de 2010 es de 26,394 toneladas de las cuales 13,661 son de mineral y 2,589.18 de tepetate, adicional a ello se obtienen 12,733 ton de rellenos con leyes favorables para su beneficio, tomando en cuenta el gasto general de mina que incluye todos los servicios ver en Tabla 36.

Tabla 36 costos de Mina, octubre 2010

Costos por mes	Octubre 2010	Costos por mes	Octubre 2010
MINA		Bombeo	\$92,194
Tumbe	\$1,800,731	Mtto Perforadoras	\$46,145
Tumbe de Tepetate	\$322,480	Mtto Diesel	\$750,369
Rezagado	\$52,720	Mtto Jumbos	\$27,649
Manteo	\$421,152	Mtto Otros	\$537
Acarreo Interior Mina	\$242,130	Mtoo eléctrico mina	\$92,244
Ventilación	\$44,608	Acarreo a Planta	\$756,746
Mina General	\$979,322	Total Mina	\$5,628,847

Para obtener el costo por tonelada tumbada tanto de mineral como de tepetate se aplica la siguiente operación:

$$\text{Costo por ton} = \$ 5, 628, 847.0 \text{ pesos} / 26,394 \text{ ton} = \$ 213.27 \text{ pesos/ton}$$

6.2 Costo de trituración y molienda

Aquí solo retomaremos los costos de trituración y molienda en planta uno ya que en esta área se tritura y muele el mineral que es extraído de mina en su caso 26,394 toneladas que fueron alimentadas a la planta.

Tabla 37 Costos de trituración planta 1, octubre 2010

Costos por mes	Octubre 2010
Planta Cianuración 1	
Trituración	\$555,493
Molienda	\$658,960
Espesado y Filtración	\$69,568
Total Planta Cianuración 1	\$1,248,021

La suma de los costos de los tres procesos trituración, molienda y espesamiento para bombear ya el mineral en pulpa es igual a \$1, 284,021.0 pesos.

El costo unitario por tonelada = \$1, 248,021 ton / 26, 394 ton = \$ 47.28 pesos/ton.

6.3 Costos de extracción del jal

En este caso se maneja la extracción del jal a partir de las presas 1 y 2, desde su extracción, acarreo, depósito (en almacén), cribado y repulpeo que sería lo siguiente:

Tabla 38 costos de Área de Stock Planta 2

Costos por mes	Octubre 2010
Planta de Cianuración 2 Área Stock	
Movimientos de Jales	\$1,751,409
Stock, Cribado y Atricionamiento	\$986,660
Total Planta 2 Área Stock	\$2,738,069

Considerando la extracción, acarreo y depósito en el almacén el costo es el siguiente:

$$\text{\$ 2, 738,069 pesos / 78,867 ton} = \text{\$34.72 pesos/ ton}$$

6.4 Costos de Cianuración

En esta parte del proceso, se junta el mineral procedente de la mina con el jal que se extrae de las presas 1 y 2, por lo que los costos que aquí se manejan corresponden al tonelaje total en su conjunto.

De aquí se toma ya los costos desde la remolienda considerando el proceso fundición y depósito de pastas (residuo), mantenimiento de la planta y generales de ella misma.

Tabla 39 Costo de Tratamiento Químico y Asentamiento Planta 2

Costos por mes	Octubre 2010
Planta de Cianuración proceso Dinámico y Químico	
Remolienda y Conc. Gravimétrica	\$1,000,159
Bombeo de Agua	\$412,903
Tratamiento Químico y Espesamiento	\$9,357,272
Precipitación (Adición de Zn, Filtrado)	\$2,310,021
Fundición	\$580,196
Depósito de Jales	\$2,621,481
Mantenimiento Mecánico	\$530,608
Mantenimiento Eléctrico	\$331,532
Planta General	\$1,225,370
Total de planta de Cianuración	\$18,369,542

$$\text{\$18, 369,542 pesos/ 105, 260 ton} = \text{\$174. 52 pesos / ton}$$

Considerando la proporción entre la cantidad de mineral y la cantidad de jal que entra al proceso, 25 % y 75 %, respectivamente, se puede considerar que la distribución de los costos de cianuración serían los siguientes:

Costo de cianuración para el mineral de mina: \$43.63 pesos / ton

Costo de cianuración para el jal: 130.89 pesos / ton

6.5 Costos administrativos

En última parte se toman también los costos indirectos relacionados con el proceso para así tener la suma total de los costos.

Tabla 40 Costos Indirectos

Costos por mes	Octubre 2010	Costos por mes	Octubre 2010
Indirectos		Indirectos	
Gerencia	\$247,630	Taller Eléctrico	\$91,377
Contabilidad	\$155,438	Oficina de Mtto	\$90,642
Compras	\$93,713	Comedor de Empleados	\$191,380
Almacén	\$229,600	Casa de Visitas	\$8,412
Ingeniería	\$154,285	Hotel y Colonia de Empleados	\$30,370
Geología	\$258,960	Comedor Obreros	\$299,408
Seguridad	\$197,170	Campamento y Colonia Obreros	\$11,303
Vigilancia	\$311,244	Laboratorio	\$361,260
Recursos Humanos	\$368,500	Mtto de Caminos	\$42,484
Trans. de Personal	\$99,348	Mtto Edificios	\$538
Cons. de Med Amb.	\$33,547	General	\$459,943
Taller Automotriz	\$22,352		
Taller Mecanico	\$22,354	Total de Indirectos	\$3,781,256

En indirectos el gasto total es de \$3, 781, 256.0.

El costo por tonelada es \$3,781,256 / 105, 260 ton = \$35.92 / ton.

6.6 Resumen de costos

El total del proceso de cianuración es de 174.52 pesos y este costo se distribuye proporcionalmente entre las operaciones de mina (25%) y las de extracción del jal (75%). Con este mismo criterio se distribuyó el costo total administrativo que es de \$2.57 pesos.

Tabla 41 Resumen de costos del mes de octubre 2010

DISTRIBUCION DE CARAGAS %	MINERAL (25%)	JAL (75%)
TRITURACIÓN Y MOLIENDA	\$20.50 pesos	\$61.50 pesos
CIANURACIÓN	\$43.63 pesos	\$130.89 pesos
ADMINISTRATIVOS	\$8.96 pesos	\$26.96 pesos
TOTAL	\$73.09 pesos	\$219.35 pesos

Las cargas corresponden al mineral total que entra a la planta de cianuración.

En el caso del mineral de mina, el costo por tonelada se obtuvo dividiendo el costo total entre las toneladas extraídas de la mina 26, 394 ton. Mientras que el costo por tonelada de jal el mismo procedimiento el costo del jal entre 78, 867 ton que se procesaron en el mes.

Como resumen final se presenta en las Tabla 42 los costos totales generales anexando costos de corporativo fundición ISR y PTU y la Tabla 43 el costo de producción de una onza en el mes.

Tabla 42 Resumen Costos Totales

DEFINICION DE COSTOS	PESOS
MINA	\$30,992,258.12
FUNDICION	414,660,575.07
CORPORATIVO	\$2,019,058.35
ISR	\$29,680,157.75
PTU	\$9,893,358.92
TOTAL	\$87,245,435.21

Tabal 43 Resumen Costo de Onza Producida

Onza Ag	Pesos	Dólar
1	\$247.56	USD\$19.04

6.7 Estimación de ingresos

Para la obtención de ingresos se parte del balance metalúrgico correspondiente a octubre, mismo que se analizó para determinar la producción tanto de mineral como de jal.

En octubre se produjeron un total de 352, 417.70 onzas de Ag.

En esta tabla está compuesta por el tonelaje y ley promedio acumulado del mes de octubre. De estos datos se aplica una fórmula para obtener el contenido del elemento que se está recuperando.

Tabla 44 Balance general metalúrgico del mes de octubre del 2010

	TONELAJE	LEY gr/ton	CONTENIDO Kg Ag	RECUPERACION %	ONZAS
TOTAL	105, 2605	224.17	23,596.2	46.45	352417.67
MINERAL	26,394	264.65	6,985.0	55.65	124985.54
JAL	70,022	211.18	14,787.7	42.7316	203161.11
MONITOREO HIDRAHULICO	8,846	206.144	1,823.5	41.39	24271.02

Contenido = Peso (Ton) X Ley (gr /ton).

Lo siguiente es la Recuperación esta se obtiene con el promedio General del mes de la ley de cabeza alimentada a la planta y el promedio general de las colas de la planta del mes.

$$\text{Recuperación} = [100 - (\text{colas /cabeza})] \times 100 = \text{valor en } \%$$

El número de onzas se obtiene de la siguiente manera. Es el contenido en Kg del elemento entre peso de la onza en su caso se aplica el de la onza troy y su peso es 31.10 gr

La fórmula es = peso total (se obtiene del contenido) del elemento por oz troy (31.10 gr Ag) = número de onzas.

Como ejemplo para explicar la recuperación en el proceso de precipitación se cuenta con un balance de plata precipitada este se deduce con los metros cúbicos que son bombeados a las prensas durante un día y de este proceso se obtiene un acumulado mensual el cual se presenta en la siguiente tabla

Tabla 45 Eficiencia en el área de precipitación

	ACUMULADO		
	m ³ /día	Ensaye gr Ag /m ³	Contenido Kg Ag
Solución Rica	381,744	27.53	10509
Solución Estéril		1.36	520.74
Kg de Ag precipitada			9988.8
Onza de Ag precipitada			321,148
Eficiencia de Precipitación			95 %

La eficiencia de precipitación (plata en solución bombeada Vs plata precipitada) se toma de los siguientes datos:

$$(\text{Contenido de Kg de Ag precipitada} / \text{contenido de Ag bombeados}) \times 100$$

Se hace la operación y es la siguiente:

$$9988.8 / 10509 = 0.9504 * 100 = 95 \%$$

6.8 Análisis financiero

Tabla 46 Resumen de los costos totales de operación

DEFINICION DE COSTOS	PESOS \$	USD\$
MINA	5,079,431.00	390,725.46
TRITURACION Y MOLIENDA	1,284,021.00	98,770.85
JAL	2,738,069.00	210,620.69
CIANURACION	18,369,542.00	1,413,041.69
INDIRECTOS	3,521,195.00	270,861.15
TOTAL	30,992,258.12	2,384,019.84

El costo total de operación de la unidad por la producción de onzas del mes es de \$30,992,259.00 en dólares USD \$2, 348, 019.84

Las onzas producidas en octubre 2010 es 352, 417.67 Oz.

En de octubre el precio de la onza en el mercado es de USD \$32.00 por onza.

Se obtiene el valor de la ganancia total de la producción de las onzas.

$$352, 417.67 \text{ Oz} \times \text{USD}\$32 = \text{USD}\$11, 277, 365.44$$

En pesos \$146, 605, 750.72

De la ganancia se sustrae los costos de la unidad minera los cuales son \$30, 992, 258.12.

$$\begin{aligned} & \$146, 605,750.22 \\ & \$ 30, 992, 258.12 \\ & \text{Total } \mathbf{\$115, 613, 492.60} \end{aligned}$$

Los costos de fundición por parte de comprador son del 10% del contenido de plata en el doré.

$$\$146, 605,750.72 \times 0.10 = \$ 14, 660,575.07$$

Del total de la sustracción de los gastos de la unidad, se le sustrae nuevamente los costos de fundición (comprador).

$$\begin{aligned} & \$ 115, 613, 492.60 \\ & \$ 14, 660, 575.07 \\ & \text{Total } \mathbf{\$ 100, 952, 917.53} \end{aligned}$$

De este total se sustrae los gastos corporativos de la empresa que se aplica el 2% sobre la utilidad después de costos

$$\$ 100, 952, 917.53 \text{ pesos} \times .02 = 2, 019.058.35$$

$$\begin{aligned} & \$ 100, 952, 917.53 \\ & \$ 2, 019, 058.35 \\ & \text{Total } \mathbf{\$ 98, 933, 859.1} \quad \text{Utilidad bruta.} \end{aligned}$$

De estas deducciones al final obtenemos la utilidad bruta. Ahora hay que deducirle los impuestos para obtener la utilidad neta mensual. A la utilidad bruta se aplica el ISR del 30% y el 10% de PTU.

$$\begin{array}{ll} \text{ISR} & \$ 98, 933, 859.18 \times 0.30 = \$29, 680, 157.75 \\ \text{PTU} & \$ 98, 933, 859.18 \times 0.10 = \$9, 983, 385,92 \end{array}$$

Se hace la sustracción a la utilidad bruta de ISR y PTU

	\$ 98, 933, 859.18
	\$ 29, 680, 157.75
	\$ 9, 893, 385.92
Utilidad Neta =	\$ 59, 360, 315.51

A continuación, se determina el costo total por onza producida en la unidad minera.

En este caso se sumarán los costos deducidos anteriormente.

	\$ 30, 992, 258.12 Costo de unidad
	\$ 14, 660, 575.07 fundición (comprador)
	\$ 2, 019, 058.35 gastos corporativos
	\$ 29, 680, 157.75 ISR
	\$ 9, 843, 385.92 PTU
Total	\$ 87, 245, 435.2

El total de los costos generales de la unidad son \$ 87, 245, 435.21

Este resultado dividido entre la producción de onzas obtenida en el mes da como resultado el costo por onza producida y esto queda de la siguiente manera.

\$ 87, 245, 435.21 pesos / 352417.67 Oz

Costo / onza = \$ 247.56 por onza

En dólares \$ 247.56 / USD\$13 = 19.04 USD por onza

7. Conclusiones

El muestreo realizado permitió tener una distribución de leyes de plata y tonelaje en los jales, y también tener una muestra representativa para hacer pruebas de recuperación de plata mediante cianuración.

Las pruebas de cianuración permitieron determinar que era posible una recuperación de 45 % (esto es el promedio de las dos recuperaciones dadas por el laboratorio 70 % presa 1 y 30 % presa 2) de plata a partir de los jales.

El método aplicado para la extracción del jal permitió disponer de este material a bajo costo; el proceso de extracción consistió en cortar mecánicamente el jal, al inicio con un cargador frontal y después con una excavadora, a diferencia del mineral extraído en la mina, para el jal no fue necesario el uso de explosivo y otros implementos aplicados en una operación normal mina.

Se resolvió el problema de presencia de agua en los jales (humedades del 14% al 16%), llevando una secuencia en corte y avance la cual permitiera abarcar toda el área de extracción, dándole un tiempo de exposición al jal húmedo para su secado al ambiente y también se daba una pendiente para confinar el agua de lluvia y ser bombeada esta misma al proceso.

La mezcla de jales con el mineral de la mina, permitió durante 3 años completar las 4,000 ton requeridas por la planta de beneficio.

La utilidad obtenida, así como la rentabilidad del proyecto, resultó muy alta debido a los bajos costos de explotación del jal mencionado en los puntos anteriores; ya que con el bajo costo de extracción del jal y los contenidos de plata que este presentó, ayudo a amortiguar los costos de operación de la mina.

En mi participación de este proyecto se aplicaron diversos conocimientos adquiridos en la carrera de ingeniería de minas y metalurgista esto fue en el diseño para la extracción del jal, en el área de mina: diseño de minado, extracción del jal y acarreo, en el área de metalurgia el proceso de cianuración. Además del conocimiento en el área de geología para preparación de la carga para la alimentación a la planta.

Referencias bibliográficas

Carrillo Pedroza Francisco Raúl. 2000. Estudio de Caracterización Mineralógica por Fracciones +100,+150.+200 y -200 de la Cabeza General la muestra procedente de la Mina “La Encantada”Coah. GRUPO PEÑOLES..

Compañía la Encantada S.A. DE C.V. 1995 Unidad David Contreras Generalidades, Industrias Peñoles, S.A. DE C.V.

Universidad Autónoma de Coahuila. 2009. Estudios Especializados de Microscopia Óptica (EEMO). Cía. Minera Majestic Silver.

Díaz Medina Francisco Jonás. 2009. Estudio de caracterización y concentración por mesas gravimétricas y/o flotación a escala laboratorio. Reporte Final. Consultores Metalúrgicos. First Majestic.

Mireles Juvencio. 2008. Pruebas Metalúrgicas para Determinar las Extracciones de Plata y Oro por Cianuración y Concentración Gravimétrica de dos Muestras de Jales de “La Encantada”. First Majestic

Mesografía

Coahuila Municipios Página web:

<http://www.inafed.gob.mx/work/enciclopedia/EMM05coahuila/municipios/05023a.html>. Fecha de consulta Febrero 2013.

Ocampo.gob.mx Página web:

<http://www.ocampo.gob.mx.htm> Fecha de consulta Febrero 2013.

Google earth, 2010

Servicio meteorológico Nacional Pagina web:

http://smn.cna.gob.mx/index.php?option=com_content&view=article&id=169:coahuila&catid=14:normales-por-estacion Fecha de consulta Abril 2013

Semarnat. Página web:

<http://biblioteca.semarnat.gob.mx/janium/Documentos/Ciga/agenda/PPD02/DO337.pdf>. Fecha de consulta julio 2013.