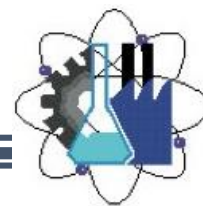




**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DEL
ESTADO DE MORELOS**



FACULTAD DE CIENCIAS QUÍMICAS E INGENIERÍA

LICENCIATURA EN INGENIERÍA QUÍMICA

**Mejora de la eficiencia del proceso de extracción de
minerales a través de la medición de variables de proceso**

MEMORIAS DE TRABAJO

**QUE PARA OBTENER EL GRADO DE:
LICENCIADO EN INGENIERÍA QUÍMICA**

PRESENTA:

ADRIANA FLORES ASCENCIO

ASESOR INTERNO:

DR. ROBERTO FLORES VELÁZQUEZ

DEDICATORIA

A papá y mamá por siempre estar ahí apoyando siempre en mis sueños mis metas, por nunca limitarme y siempre confiar en mí.

Para mi abuelita que, desde el cielo, sé que está muy feliz, porque este era su sueño.

A mis hermanos Jaime y Armando que siempre han estado ahí conmigo, siempre apoyando y creyendo que un día lo lograría.

A mi hermana Lucia y mi sobrina Samantha, que por más que me quiera rendir me recuerdan que siempre sale el sol.

A mi primo Gerardo, donde quiera que estés, sé que cuando regreses estarás orgulloso de mi. Te esperare toda la vida, para que veas este logro.

A Clemente Mendiola, gracias por ser el primero en decir que estabas orgulloso de mi, tú me enseñaste que el amor no limita, quien te quiere te apoya y nunca corta tus alas.

A mi mejor amiga Karen Cecilia y mi ahijado Carlos, por siempre estar ahí, en todo momento y no dejarme sola.

Al Ing. Daniel Montiel, amigo de la universidad que siempre ha estado presente en cada pequeño logro desde entonces.

Al Sr. Jerónimo Lagunas, amigo del laboratorio que me enseñó todo lo que sabía, para que fuera excelente desempeñando mi trabajo.

A todos los obreros de planta de beneficio, cada uno me enseñó algo nuevo, cada uno tiene su forma de trabajo y que sería un ingeniero sin sus trabajadores que lo apoyan, gracias a cada uno de ellos.

Y en especial a la Dra. Fernanda Morales y al Dr. Roberto Flores Velázquez, quiero expresar mi más profundo agradecimiento por su dedicación y compromiso como docentes. Sin ustedes, este logro no hubiera sido posible.

ÍNDICE

ÍNDICE	4
INTRODUCCION	6
CAPITULO I PLANTEAMIENTO DEL TRABAJO	8
1.1 Planteamiento del problema	8
1.2 Objetivo	8
1.2.1 Objetivo General	8
1.2.2 Objetivos Específicos	8
1.3 Alcances y limitaciones	9
1.3.1 Alcances	9
1.3.2 Limitaciones	9
CAPITULO II CONTEXTO DEL DESARROLLO DEL PROCESO EN PLANTA DE BENEFICIO	11
2.1 Acarreo del mineral	11
2.2 Trituración	11
2.2.1 Bandas transportadoras	12
2.2.2 Partes de las bandas transportadoras	12
2.3 Molienda	14
2.3.1 Molino cilíndrico	15
2.3.2 Variables del molino	16
2.3.3 Control de las variables del proceso.	18
2.3.4 La clasificación del producto molido	19
2.4 Flotación	20
2.4.1 Pulpa	20
2.4.2 Reactivos químicos	21
2.4.3 Aire	23
2.4.4 Agitación	23
2.4.4.1 Lavado con plato de tentaduras	24
2.4.4.2 Agua en los canalones	25
2.5 Filtrado y secado	25
2.6 Presa de Jales.	25
CAPITULO III CONTEXTO DEL PROCESO EN EL LABORATORIO	27

3.1 Análisis del proceso de flotación	27
3.2 Análisis del circuito de molienda	30
3.2 .1 Análisis granulométrico y análisis granulométrico valorado.	30
3.2.2 Análisis de los resultados.	31
3.2.3 Porcentaje de sólidos y densidad de pulpa.	31
CAPITULO IV METOLOGÍA UTILIZADA	32
4.1 Inicio.....	32
4.2 Planeación	37
CAPITULO V DESARROLLO DEL TRABAJO	39
5.1 Ejecución y control	39
5.1.1 Molienda y flotación	39
5.1.2 Laboratorio.....	45
CAPITULO VI RESULTADOS OBTENIDOS.....	49
6.1 Área de molienda y flotación	49
CAPITULO VII CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	55
BIBLIOGRAFIA	58

INTRODUCCIÓN

La industria minera es una de las actividades económicas más importantes en México, diversos estados del país se dedican a esta actividad, el estado de México cuenta con diversos sitios mineros, entre ellos el municipio de Zacualpan, siendo la primera mina no reconocido de la época colonial, este sitio lleva como nombre “Minera el Porvenir de Zacualpan”, en la Figura 1 podemos observar la ubicación de la mina, aquí principalmente se llevan a cabo los primeros procesos de la extracción

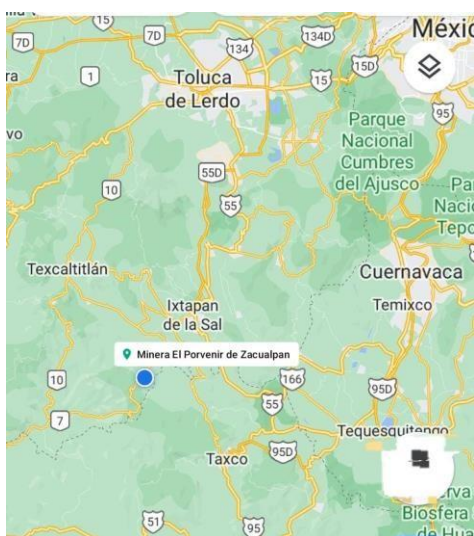


Figura 1 Ubicación geográfica de Minera El Porvenir de Zacualpan

del mineral, para ser enviados y continuar con su proceso.

La empresa el Porvenir de Zacualpan, patrocinada por Impact Silver es una productora de oro canadiense enfocada en la adquisición, exploración y desarrollo de propiedades de minerales con contenido de oro de fase avanzada en América. La compañía controla dos distritos mineros dentro de dos paquetes de tierra de total propiedad: Royal Mines del distrito de plata Zacualpan, como también un número de concesiones en el distrito de plata norteño Zacatecas, incluyendo el proyecto de plata Veta

Grande. Impact Silver tiene su sede en Vancouver, Canadá.

La empresa a través de los años se ha encargado de mejorar su proceso y obtener la mayor cantidad de mineral, es por ello que se implementaron nuevos procesos para la extracción y procesamiento del mineral.

La industria minera fue evolucionando de acuerdo a sus necesidades, al inicio cuando se inició con el proyecto se utilizaba la cianuración pero al analizar pruebas y estructura de mineral se optó por utilizar la flotación, los reactivos que se utilizaban al inicio daban los resultados esperados, sin embargo con el paso del tiempo el mineral fue cambiando y la recuperación bajo demasiado, por lo que fue necesario que se trabajara en pruebas a nivel piloto para buscar nuevos reactivos que

cumplieran con los requerimientos necesarios para optimizar el proceso, nuevamente se encontraron dosificaciones y reactivos que por un lapso de tiempo se acoplaron perfectamente.

En la Figura 2 podemos observar una imagen área de Minera El Porvenir de Zacualpan, cerca de la Capilla de la Señora de Guadalupe se hizo el descubrimiento de otra mina de mineral que abundaba en oro, se decidió mezclar el mineral pensando que se tendría el mismo resultado, pero no fue así, el mineral hizo que bajara la recuperación, por lo que nuevamente se hizo el proceso de buscar nuevos reactivos, pero no



Figura 2 Fotografía área de Minera El Porvenir de Zacualpan

funcionó, por lo que se empezaron a buscar factores, que anteriormente no se habían tomado en cuenta, desde la trituración, hasta el área de filtros, con los operadores y posibles fallas de la maquinaria. Por eso es importante que cada proceso de la planta sea monitoreado, en el laboratorio mediante el análisis de pruebas; vía húmeda y de vía seca para así obtener los balances metalúrgicos, con los que al final del día se verá reflejado si el proceso es rentable para cumplir con las metas que se tienen por año y obtener las ganancias necesarias.

CAPITULO I PLANTEAMIENTO DEL TRABAJO

1.1 Planteamiento del problema

La planta de beneficio de Minera el Porvenir de Zacualpan lleva a cabo su operación para la extracción del mineral. La empresa puede enfrentar diversas problemáticas y desafíos que afectan su funcionamiento y pueden tener impactos en el medio ambiente y la comunidad. Es por eso que se desea tener un control más explícito sobre el área de flotación y molienda, y así identificar posibles problemas que afecten la recuperación del mineral, y el concentrado. Tomando en cuenta que la empresa exige una recuperación del 90% y una ley o una pureza de 5000 en el peso de la plata.

Es por ello que se solicita llevar el control y medición de las variables que se involucran en el proceso.

También se sugiere analizar el proceso de ensaye en el laboratorio, para evitar algún error en el análisis químico.

1.2 Objetivo

1.2.1 Objetivo General

Definir y proponer un mecanismo de medición de variables de operación (tales como: reactivo, agua, densidad de pulpa, porcentajes de sólidos, tonelaje, granulometría) para optimizar el área de flotación y molienda, con el fin de ayudar a garantizar el cumplimiento de normativas de la empresa, ambientales y de seguridad.

1.2.2 Objetivos Específicos

- Conocer e identificar cada proceso que se lleva a cabo en la planta para la extracción del mineral.
- Obtener una comprensión completa del proceso de beneficio de una planta de minerales polimetálicos (Plata, plomo y zinc).

- Realizar pruebas en laboratorio, como granulometría, ensayos vía seca y húmeda para determinar la efectividad del proceso
- Recopilar datos y monitorear el proceso.

1.3 Alcances y limitaciones

1.3.1 Alcances

Las actividades metalúrgicas en los últimos años han sido de las más importantes en la industria minera, a lo largo de los años las industrias se han encargado de mejorar los procesos de extracción de los minerales polimetálicos (Ag, Pb).

Cada planta de beneficio tiene diferentes necesidades dependiendo del mineral que se requiera recuperar, así como también depende de los reactivos que se utilicen y la maquinaria que se tenga implementada. Por lo que el proyecto pretende tener alcance de conocer cada proceso y área que se lleve en la planta de beneficio para la extracción del mineral, esto permitirá tener una comprensión completa de lo que es un proceso de minerales polimetálicos (Ag, Pb y Zn).

De la misma manera el proyecto desea analizar las variables en la planta de beneficio realizando un muestro continuo y completo en el área de flotación, para después ser llevadas a ensaye y poder evaluar y determinar las variables que afectan el proceso en la recuperación del mineral.

1.3.2 Limitaciones

El proyecto tiene ciertas limitaciones, enfocadas principalmente a cada una de las áreas que integran el proceso

- Composición Mineralógica: El mineral es extraído de diferentes minas, todo llega a la planta donde se realiza un compósito, por lo tanto, la composición no es uniforme durante la flotación, cabe mencionar que este proceso es más eficiente para algunos minerales que para otros. Algunos minerales pueden ser difíciles de separar debido a sus propiedades químicas y físicas. El mineral no se puede cambiar.

- Limitaciones de Tamaño de Partícula: Es muy complicado mantener un tamaño estándar debido a las propiedades físicas del mineral. Las partículas demasiado pequeñas o demasiado grandes pueden ser difíciles de recuperar eficazmente mediante flotación. Las partículas finas pueden permanecer en suspensión durante más tiempo, mientras que las partículas gruesas pueden no ser atrapadas por las burbujas de aire.
- Limitaciones en la Reducción de Tamaño: Existe un límite teórico en la reducción de tamaño que se puede lograr mediante la molienda. Partículas extremadamente finas pueden volverse difíciles
- Minerales Oxidados y Superficiales: Entre los minerales que se obtienen de las minas existe algunos que destacan por ser minerales oxidados o minerales con recubrimientos superficiales pueden ser difíciles de flotar debido a que sus propiedades superficiales son diferentes de las del mineral subyacente.
- Reactivos Químicos Limitados: La elección y la disponibilidad de reactivos químicos adecuados pueden ser limitadas. Algunos minerales pueden requerir reactivos específicos que pueden ser costosos o difíciles de obtener.
- Factores Ambientales: Las condiciones ambientales, como la temperatura y la calidad del agua, pueden afectar la eficacia de la flotación. Cambios en estas condiciones pueden influir en la cinética de la flotación.
- Altos Costos de Energía: La flotación puede ser un proceso de alto consumo energético, especialmente cuando se trata de partículas finas o minerales de alta dureza, mantener la flotación durante más tiempo podría influir en la elevación de costos que harían el proceso poco rentable para la empresa.
- Dureza y Resistencia del Mineral: Los minerales extremadamente duros o resistentes pueden requerir una cantidad significativa de energía para la trituración, lo que puede aumentar los costos operativos, en el área de molienda.
- Desgaste de los Medios de Molienda: El desgaste de los medios de molienda, como las bolas de acero, puede ser un problema. El reemplazo frecuente de medios de molienda puede aumentar los costos

CAPITULO II CONTEXTO DEL DESARROLLO DEL PROCESO EN PLANTA DE BENEFICIO

2.1 Acarreo del mineral

El proceso inicia con el acarreo del mineral hacia la planta del beneficio. El mineral proviene de las minas: Guadalupe (en reservas), San Ramón, el Chivo, la Cuchara, Veta Negra, entre algunos otros terreros, las cuales se encuentran a las inmediaciones de la mina, para tal propósito la empresa cuenta con camiones con acarreo de mineral por parte de contratista.

El material es depositado en el patio de composito, donde se cuenta con un operador para el cargador, o máquina de carga, el cual se encarga de separar piedras clasificadas por tamaños, además de homogeneizar todo el mineral procedente de cada mina según el composito deseado.

El composito alimenta a las tolvas de gruesos, que son parrillas de aproximadamente 10 m de ancho cada una, se cuenta con 3, tienen una capacidad de 560 toneladas las cuales cuentan con un emparrillado de 12x12 [pulg], de abertura, cuando el composito es depositado en las parrillas se cuenta con personal obrero que se encargan de reducir el tamaño de las piedras para que logren un tamaño menor a 12 in, para después pasar a la etapa de trituración.

2.2 Trituración

El proceso de trituración se realiza con una maquinaria y tiene como finalidad reducir el tamaño del mineral a no menos de 3/8 pulg para poder facilitar el trabajo de los molinos, además de que un buen quebrado ayuda a iniciar la etapa de liberación de los sulfuros valiosos.

La operación comienza cuando el composito llega de las tolvas de gruesos a los alimentadores, conocidos como; alimentador manual, alimentador 1, alimentador 2, alimentador 3.

Los alimentadores son utilizados para “alimentar” a las quebradoras con una carga medida, además también se considera descargas violentas provenientes de las tolvas de gruesos.

Después de llegar a los alimentadores los operadores se encargan de medir la carga que pasara por la banda no. 1, mediante bandas transportadoras.

El mineral llega a un grizzly de 4x5 pulg (2 camas) donde separa el mineral, el más grueso va a la quebradora primaria de quijada de 15x24 pulg, con la finalidad de triturar el mineral de 12 pulg y descargarlo a 4pulg. El mineral menor de 4 pulg va directo a la quebradora secundaria Sandvic 430H; tiene la finalidad de triturar el mineral de 4 pulg y descargarlo a 1 ½ pulg.

El mineral que aún no ha conseguido el tamaño deseado es retornado a una quebradora terciaria en este caso una quebradora de cono SYMONS de 4 pies; que tiene la finalidad de triturar el mineral de 1 ½ pulg y descargarlo en 3/8 pulg.

Después cuando se tiene el mineral del tamaño deseado de 1 ½ pulg y 3/8 pulg es transportado hasta los silos, norte y sur, para su almacenamiento y seguir con el proceso.

2.2.1 Bandas transportadoras

Las bandas transportadoras sirven para “transportar” el mineral de los diferentes puntos del circuito a la maquinaria para su trituración, o clasificación, en forma rápida, cómoda y económica. (Arenales, 2022)

2.2.2 Partes de las bandas transportadoras *La banda que suele ser de caucho o de hule*

- *Poleas*: tienen la misión de sostener a la banda en sus extremos, existen dos tipos;
 - *Polea de cabeza*; lleva acoplado el motor que la mueve.
 - *Polea de cola*; es exactamente igual a la cabeza, pero no lleva motor.
- *Rodillos*; sostienen la banda entre las poleas principales, existen 3 tipos.

- *Rodillo de carga*; se encuentran debajo de la parte de la banda que conduce el mineral.
- *Rodillos de retorno*; sostienen la banda en su retorno, están colocadas en la inferior.
- *Rodillos verticales*; controlan la banda para que no se salga a los lados.
(VENMIR, 2022)
- *Templadores*; tienen la misión de tensar la banda evitando que resbale por estar muy floja. Existen dos tipos:
 - *Templadores de contrapeso*; colocados en un lugar conveniente al aumentar el contrapeso se aumenta la tensión de la banda.
 - *Templadores de tornillo*; templan a la banda por el simple hecho de ajustar la polea de cola. Este sistema es el más usado, sirve también para centrar la banda cuando esta se ladea. (VENMIR, 2021)
- *Electroimanes*: es muy común que el mineral que se envía de mina contenga desperdicios de hierro, y si por alguna razón llegaran a entrar a las quebradoras habría desperfectos en las transmisiones, motor, lo cual causaría tiempo perdido y dinero. Los electroimanes se encuentran suspendidos sobre la banda a una altura suficiente como para permitir que la carga pase libremente, pero lo bastante bajo para que atrape todos los hierros que acompaña.

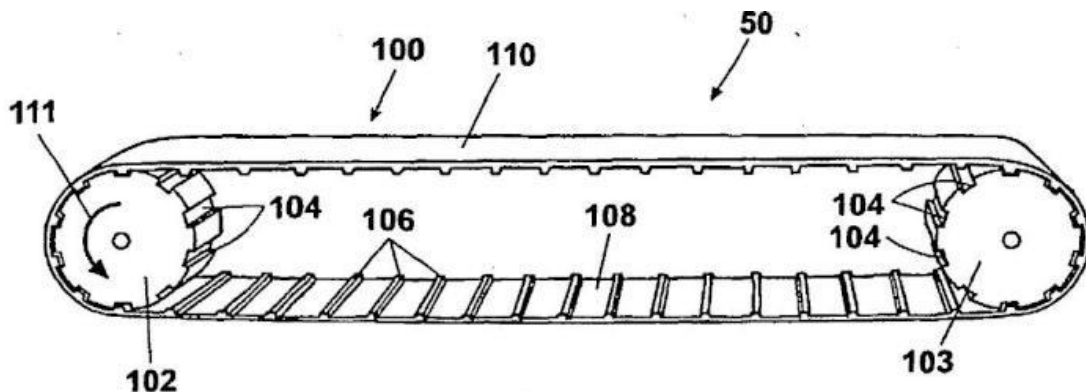


Figura 3 Partes de una banda transportadora

50: Electroimanes	103: Rodillo de carga	106: Templadores de contrapeso
100: Rodillos verticales	104: Poleas	
102: Rodillo de retorno		

108: Banda parte inferior.

110: Banda

111: Templadores de tornillo.

- *Cribas*: el mineral que procede de la mina contiene cierta cantidad de finos, de tamaños más pequeños que se entregan a las quebradoras. Si esta carga fina entrara a la quebradora, se tendría un trabajo innecesario a dichas máquinas, lo cual causaría apelmazamientos y se tendría menos espacio disponible para romper los trozos grandes que son los que realmente necesitan ser quebrados. Para ello se utilizan las cribas que tienen la misión de separar las piedras de los finos, y se utilizan generalmente antes de las quebradoras. La abertura de las cribas ya sean de rieles, varillas o tela, siempre están en relación con el tamaño de descarga de la quebradora con que trabajan, de tal manera que la cara que pasa por la criba es de igual tamaño que la descarga de la quebradora. Estas cribas tienen vibración que facilita el paso de la carga, su superficie es de polietileno y se usan en el quebrado secundario. La abertura de la superficie de polietileno es de 3/8 pulg x 3/8 pulg, es decir de forma cuadrada. (VIBRA SCREENER., 2021)

2.3 Molienda

Debido a que en la sección de quebrado aún no se ha terminado la liberación de los minerales, el producto final del quebrado es todavía muy grande e imposible llevarlo a la flotación, entonces será necesario moler el producto hasta reducir a una arena muy fina donde los minerales valiosos y pobres estén libres.

Se debe tener en cuenta que la molienda es la operación más cara en la planta, está considerada como una de las secciones de mayor importancia y responsabilidad, ya que de aquí depende el tonelaje y la liberación para obtener buenos resultados en la flotación.

Cuando un mineral está mal molido, puede ser grueso o demasiado fino.

En ambos casos la flotación será deficiente. Si el mineral está grueso, habrá minerales valiosos mal liberados que no flotarán y se perderán en las colas.

En cambio, si el mineral es demasiado fino, tendremos mucha suciedad que perjudicaran la operación en la flotación.

2.3.1 Molino cilíndrico

El molino es una maquina destinada a moler mineral reduciendo el tamaño de la carga a partículas tan pequeñas donde los minerales valiosos estén libres entre sí de los minerales estériles. El tamaño de la partícula será tan pequeño como lo exija la liberación y las necesidades de la flotación Las plantas cuentan en su mayoría con un molino cilíndrico que efectúa la molienda primaria y secundaria.

- *Molienda primaria:* es la acción efectuada en primer término a la carga de tolvas de finos, esta es llevada por lo regular en un sistema de circuito abierto, aunque también es práctica común llevarla en circuito cerrado, integrándose la molienda secundaria en el mismo molino.
- *La molienda secundaria:* se realiza en un molino que recibe el retorno (arenas del clasificador (ciclón) trabajando en circuito cerrado. (LIBRARY, 2022)

- **Partes del molino**

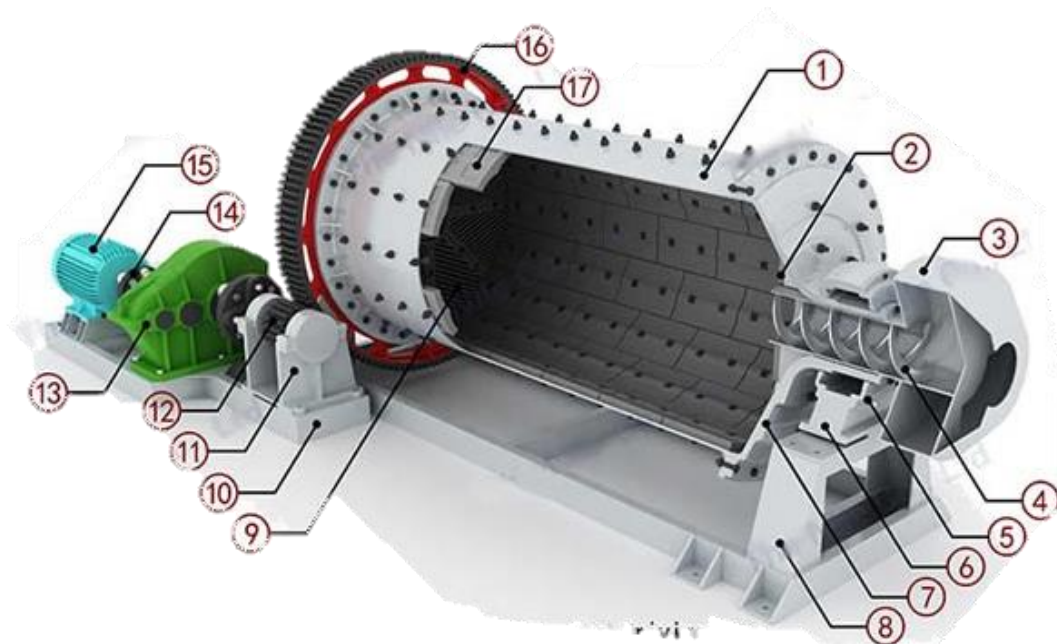


Figura 4 Partes del molino cilíndrico de una planta de beneficio.

- | | |
|------------------------------|---|
| 1.- Cuerpo giratorio | 10.- Marco para la parte de conducción |
| 2.- Losa o enlainado | 11.- Bloque de cojinete de puente cruzado |
| 3.- Alimentación | 12.- Piñón |
| 4.- Tornillo de alimentación | 13.- Reductor |
| 5.- Cubierta de cojinete | 14.- Acoplador |
| 6.- Asiento de rodamiento | 15.- Motor |
| 7.- Cabezal | 16.- Equipo grande |
| 8.- Marco | 17.- Forro grande |
| 9.- Hoja de tubo | |

2.3.2 Variables del molino

El molinero basándose en la densidad de pulpa con la descarga del molino, se encarga de regular las variables que afectan la pulpa, para así obtener una mayor eficiencia en el proceso de molienda. Las variables que influyen son:

A) Carga de mineral

- 1.- Buena en cantidad (Regulada con alimentadores), la cantidad de carga que entra al molino es registrada en una báscula, se debe procurar que la carga al molino sea la máxima posible.
- 2.- Buena en tamaño (Depende de la sección de quebrado)
- 3- Limpia de madera, trapos, madera, etc. Porque pueden tapar el trommel, las bombas, ciclones, etc.

B) Agua al molino

El agua al molino también es una variable de la molienda que está a cargo del molinero. Cuando el mineral y el agua ingresan al molino, forman un barro liviano que tiene tendencia a pegarse a las bolas. Con el molino trabajando las bolas caen y golpean al mineral que está pegado en ellas. Por otro lado, el agua hace avanzar la carga molida.

El exceso de agua, lava las bolas y cuando éstas caen se golpean entre sí y no muelen nada. Además, el exceso de agua saca la carga demasiado rápido no dando tiempo a moler, saliendo la carga gruesa. Estos 2 efectos son simultáneos.

Sin embargo, cuando hay poca agua la carga avanza lentamente y la pulpa se vuelve muy espesa alrededor de las bolas impidiendo buenos golpes, y que la pulpa espesa los amortigua haciendo que arroje carga gruesa y empiece a tirar su carga de bolas.

Para tener un mejor control del agua, de acuerdo a la cantidad de mineral que se esté alimentando, será necesario estar pesando la pulpa en la balanza de densidades, y de acuerdo a este resultado se disminuirá o aumentará la cantidad de agua. Por lo tanto, es necesario medir las densidades al menos cada hora.

Si no se cuenta con una balanza se podrá hacer una inspección visual, y si fuera necesario, hacer la corrección correspondiente, ya que cuando la pulpa es espesa empieza a girar con el molino y cuando es aguada, el muñón de salida presenta un aspecto de lavado. El punto óptimo es cuando el muñón presente una especie de lágrimas de la pulpa en su salida.

C) Carga de bolas

Son también una variable del molino, porque se gastan y es necesario reponerlas diariamente.

El consumo de bolas depende de los siguientes factores:

- 1.- Tonelaje molido
- 2.- Dureza del mineral
- 3.- Tamaño de carga en la entrada
- 4.- Tamaño de partícula.
- 5.- Tipo de bola y aleación (CMK , 2022)

2.3.3 Control de las variables del proceso.

En la molienda se deben controlar correctamente las variables del proceso. Existen diversos medios para llevar a cabo el monitoreo:

- La densidad en la descarga del molino es otra manera de controlar las variables (agua y carga en este caso). Debe ser una pulpa espesa (cuya densidad varía en cada planta) que avance con relativa facilidad, sin atorarse. Tampoco debe ser muy blanda o de densidad muy baja
- Control de la carga: Si no se controla la carga se pierde tonelaje, si entra demasiada carga, se sobrecargaría el molino y al descargarlo se pierde tonelaje, pero si entra muy poca, las bolas sonarán indicando descarga y pérdida de tonelaje. En consecuencia, se gastarán inútilmente bolas, losas de acero y energía eléctrica.
- El control de agua: Desempeña una misión importante en la molienda. El agua se controla mediante la densidad en la salida del molino. Una densidad baja señala exceso de agua (o falta de carga). El exceso de agua lava las bolas y retira la carga, mientras que una densidad alta señala falta de agua (o exceso de carga). Cuando hay poca agua dentro del molino las bolas se rodean con una pulpa espesa que amortigua los golpes, no avanzando con facilidad.
- Control de bolas: en el molino, los elementos moledores son las bolas y su control está a cargo del jefe de la planta. El nivel normal, carga de bolas es de 3 pulg a 4 pulg por debajo de la descarga del muñón de salida. Cuando un molino tiene exceso de bolas, entonces el espacio que corresponde al mineral, disminuyendo la capacidad del molino y por lo tanto el tonelaje.

2.3.4 La clasificación del producto molido

- El Ciclón (Clasificador Hidráulico)

A) La descarga de un molino no puede ser enviada directamente a la flotación porque aún contiene una cantidad considerable de material grueso, mal molido, que acompaña la carga fina. Para separar los gruesos del fino, se usa un ciclón como clasificador hidráulico, el cual trabaja en circuito cerrado con el molino, a donde hace regresar la carga gruesa que necesita ser remolida, en tanto que la fina va a la flotación.

El ciclón consiste en un cono abierto en su vértice, coronado en su parte superior, donde tiene su mayor diámetro, por un cilindro alimentador de corta altura. La parte superior del cilindro se cubre con una placa a través de la cual se proyecta un tramo corto de tubo conocido como localizador de vórtice (vortex).

La alimentación penetra tangencialmente en el cilindro a través de un tubo lateral y bajo cierta presión (este está conectado a la tubería de la bomba), esto hace que se generen fuerzas centrífugas, bajo esta influencia las partículas sólidas se separan de acuerdo a su tamaño y peso específico, los gruesos son impulsados a los lados del cono y descienden en espiral y descargan por el APEX.

Las partículas finas, son tomadas por el remolino que se forma en el centro y junto con la mayor parte del agua son descargadas por el vortex.

Se ha encontrado según el mineral que esta deberá ser de 35 a 40% de sólidos, por lo que se hace necesario pesar la pulpa con una balanza de densidades y según el resultado ajustar la adición del agua a la pulpa en el cajón de la bomba alimentadora del ciclón.

Otra parte importante es el trabajo del ápex que se encarga de realizar la descargar las arenas.

El Ápex siempre debe estar libre, sin obstrucciones y descargando los gruesos. Esta descarga debe de ser en forma de abanico o spray. Si es en forma de un cable grueso (soga) indica que el ciclón se encuentra sobrecargado. Los gruesos al no tener una salida libre tenderán a pasar al derrame del Vortex, por presentar esta menor resistencia a su paso (CMK , 2022)

- 1.- Cuando se tiene exceso de carga es fácil notarlo, si se cuenta con pesómetro automático el cual nos indica instantáneamente el tonelaje que está pasando. La pesada es manual se nota un ruido sordo del molino o la descarga espesa.
- 2.- Una alta dilución provoca que un mineral que tiene el tamaño de partícula adecuado descargue por el ápex, aumentando la carga circulante sobrecargando el ciclón.

2.4 Flotación

La flotación es un proceso donde se obtienen dos productos, uno donde se encuentra la mayor parte de los sulfuros valiosos, en el menor volumen posible, que se llama concentrado; y otro que es donde se encuentra la mayor parte del volumen con lo menos de sulfuros valiosos al que se llama jales o colas (MSM, 2020).

En la pulpa hay una infinidad de granitos con valor y sin valor, completamente mezclados, se deben seleccionar todos los granitos de sulfuros valiosos. El conjunto de estos granitos constituye un concentrado, y lo que se tira es el jal o cola. Indica que las celdas de flotación donde verdaderamente se realiza la concentración, y, por lo tanto, es una de las partes más importantes del proceso que se lleva a cabo en la planta de beneficio. La flotación es algo similar al lavado de ropa con detergentes.

En la flotación intervienen la pulpa, los reactivos químicos, el aire, la agitación, el lavado, y el contenido de agua en los canalones.

2.4.1 Pulpa

Es el producto que entrega el derrame del ciclón de finos, y ésta es una mezcla íntima de agua y mineral. La pulpa debe tener la densidad correcta, en este caso con un contenido de sólidos de 35% a 40%. Si, pulpa tiene una densidad muy baja, significa que está pasando menos tonelaje, y la pulpa es muy aguada conteniendo la mayor cantidad de lamas que dificultarán la flotación, tendiendo a ensuciar los concentrados unas veces, mientras que otras a consumir mucho reactivo, lo que aumenta los costos de operación. La pulpa es muy espesa cuando el porcentaje de sólidos es muy alto, ocasiona arenamiento en tanques y celdas, generando que los

concentrados salgan muy sucios por falta de liberación en las partículas y colas muy altas porque no flotarán por las partículas gruesas.

2.4.2 Reactivos químicos

Son sustancias químicas que se asocian a uno o más de los elementos anteriores (agua, aire o mineral). Por ejemplo, hay reactivos que asocian al aire, pero no el agua; hay otros que son afines los sulfuros, pero no los de zinc y hierro, a otros son compatibles a la ganga y no a los sulfuros valiosos y así sucesivamente. En la flotación, los reactivos se unen al elemento que más les atrae, ya sea a la ganga, los sulfuros valiosos, el agua o el aire. (UNAM, 2022)

- **Espumantes**

Los reactivos espumantes asocian al aire, preferencialmente que al agua. A una celda de flotación se le inyecta aire por la flecha de la máquina dentro del agua. Debido al movimiento del impulsor, se produce una agitación en conjunto con el aire introducido provocando su dispersión en pequeñísimas burbujas que van subiendo a través de la pulpa. (UNAM, 2022)

El espumante se acerca a las burbujas de aire y las rodea cubriéndolas completamente con una capa muy delgada, impidiendo que las burbujas pequeñas se junten unas con otras y formen burbujas grandes que podrían subir rápido a la superficie y reventarse. Al contrario, con esta capa de espumante alrededor de ellas, las burbujas de aire más pequeñas se protegen unas de otras y cuando llegan a la superficie, dicha capa de espumante impide que revienten pronto.

Para la operación en flotación se utiliza el espumante Teuton-100. Sin la adición del espumante se obtendrían concentrados pobres aumentando los sulfuros valiosos en las colas.

Un exceso de espumante no solamente representa un despilfarro de dinero, sino que durante la flotación se producirá mucha espuma que arrastraría mucha ganga ensuciando el concentrado y además se tendrían problemas en el bombeo de concentrados. Una cantidad baja de espumante ocasiona una cama de espuma muy baja, por lo que los sulfuros valiosos no alcanzan a subir en su totalidad, entonces pasarán a las colas bajando la producción

- **Colectores**

Los colectores son reactivos a los cuales reaccionan con los sulfuros valiosos y el aire, preferentemente que el agua. De esta manera en una celda de flotación actúan primero sobre los sulfuros valiosos cubriéndolos con una capa delgada (película) evitando que se humedezcan, se hagan pesadas y se vayan por las colas. Luego se pegan a una burbuja de aire que pase cerca viajando con ella hasta la superficie, llevando consigo los sulfuros valiosos, formándose así el concentrado.

Sin la presencia de colectores, los sulfuros valiosos no se unirían a las burbujas de aire. En este caso, las burbujas subirán sin carga a la superficie y los sulfuros valiosos pasarían a las colas. (911 Metallurgist, 2016)

El exceso de colector hace flotar en cantidades demasiado grandes al material indeseable (ganga). Por el contrario, si se cuenta con poca cantidad de colector se tendrían las colas con gran cantidad de sulfuros valiosos (colas altas) por lo que se obtendría menor recuperación.

- **Modificadores**

Estos reactivos se llaman así porque cambian o modifican las características de los minerales

Los reactivos depresores son modificadores que cambian la superficie de la ganga formando una capa alrededor de sus partículas impidiendo que estas entren en contacto con los colectores, por lo que provocan que estos no se vuelvan flotables y se depriman en el fondo de las celdas, pasando a formar la cola o jal de flotación. (911 Metallurgist, 2016)

- **Reactivos dispersantes**

En la molienda por efectos de la misma, se producen "lamas" que tienen la tendencia a unirse a las burbujas y flotan junto con ellas. También rodean a las partículas de sulfuros valiosos impidiendo que el colector las recubra y las haga flotables, con lo que pasarían a formar parte de las colas de flotación. Para evitar estos efectos se usan los dispersantes.

- **Reguladores de pH**

Algunas especies de mineral flotan mejor con algún pH determinado, los reactivos reguladores de pH tienen la misión de dar a la pulpa el pH necesario para una mejor flotación con lo que se aumenta la producción.

El factor pH indica la acidez o alcalinidad de la pulpa y se mide de 0-14 con aparatos llamados potenciómetros. De 0-6 el pH indica acidez, de 8-14 es alcalino el pH 7 es neutro o sea ni ácido ni alcalino y corresponde al agua pura.

2.4.3 Aire

El aire es un factor importante de la flotación porque forma las burbujas que se encargan de transportar los sulfuros valiosos hasta la superficie, formándose así la espuma.

Cuando se usa poco aire, la cama de espuma no tiene la altura correcta, derramando así poca espuma o concentrado, por lo que se tendrían las colas altas. En conclusión, no se debe usar ni mucho ni poco aire. El correcto control del aire y el nivel de pulpa en las celdas más una cantidad regulada de espumante, dará siempre una buena espuma.

2.4.4 Agitación

La flotación es una operación destinada a seleccionar los sulfuros valiosos contenidos en la pulpa y rechazar la ganga (como cola) o jal. pero no es posible hacerlo en una celda y conseguir concentrados altos y colas bajas. A veces es necesario que las espumas de las primeras celdas (rougher) pasen a un nuevo grupo de celdas (limpiadoras o cleaners) que se encargan de limpiar o eliminar lo indeseable que haya flotado junto con los sulfuros valiosos. Lo mismo ocurre con las colas de la primera máquina (primario o rougher), ya que tienen valores que no se pueden perder, es necesario recuperarlos en otro grupo de celdas (agotativo o scavenger) que se encargan de agotar la flotación de estos valores y darnos una cola baja en valores. (911 Metallurgist, 2016) Por esta razón casi siempre en cualquier planta de flotación se cuenta con tres tipos de máquinas que son iguales, pero de acuerdo a su función se denominan:

- celdas primarias o rougher: en estas celdas se recibe la pulpa proveniente del derrame de los acondicionadores, y se obtiene un concentrado primario, que puede mandarse a la celda limpiadora o considerarse como concentrado final dependiendo de su pureza y de las necesidades requeridas.
- celdas agotativas o scavenger: Aquí se recibe como alimentación las colas de las celdas primarias, en donde se hace flotar el resto de sulfuros valiosos que no se ha flotado ya sea por falta de tiempo, mala dosificación de reactivos o por operación incorrecta en general. A la cola de estas celdas se le llama cola final y es enviada a la Presa de Jales.
- celdas limpiadoras o cleaners: Estas celdas quitan la mayor cantidad de impurezas contenidas en los concentrados primarios y/o agotativos dándonos un producto intermedio o final.

Se pretende que todo buen operador de flotación obtenga siempre colas bajas y concentrados altos.

La altura que tiene la espuma a partir del nivel de pulpa debe ser de 3 pulg como mínimo y 6 pulg como máximo.

Esta se obtiene regulando cuidadosamente el aire, arenero, barras de nivel y/o el espumante. Como el aire es suministrado a la celda de flotación a la misma presión independiente de la altura a la que se encuentra la planta de flotación, su alimentación y descarga se efectúan a través de compartimientos especiales situados en la cabeza y cola de la celda respectivamente. El nivel de la pulpa se puede regular separadamente en cada límite de celdas y el derrame de descarga mediante vertederos de altura variable.

La altura de la espuma se puede regular separadamente en cada celda ajustando la altura del derrame o por medio de placas a niveles removibles, mientras que el volumen de la espuma se puede regular con la válvula de aire

2.4.4.1 Lavado con plato de tentaduras

Se hacen tentaduras con el objeto de verificar si hay material indeseable en los concentrados y/o en las colas con la visualización y correcta interpretación de la tentadura, para mantener un control la operación de flotación

Generalmente se hacen tentaduras en las siguientes partes:

- Concentrado de Plomo (Celda primaria y última limpia)
- Cabeza
- Colas (Circuitos)

Las tentaduras deben realizarse más o menos cada 30 min, o cuando cambien las espumas indicando una variación en la flotación. En general, depende de la estabilidad de operación de cada planta.

2.4.4.2 Agua en los canales

El agua en los canales sirve para empujar las espumas que ha caído en los canales y al mismo tiempo romper la espuma, para que no provoque problemas en el bombeo. Cuando en los canales de las celdas de flotación hay mucha agua sucede lo siguiente:

- Se diluye demasiado la densidad de pulpa
- Se diluyen los reactivos
- Se altera el pH en el circuito de flotación
- Se reduce el tiempo de flotación cuando retornan a las celdas

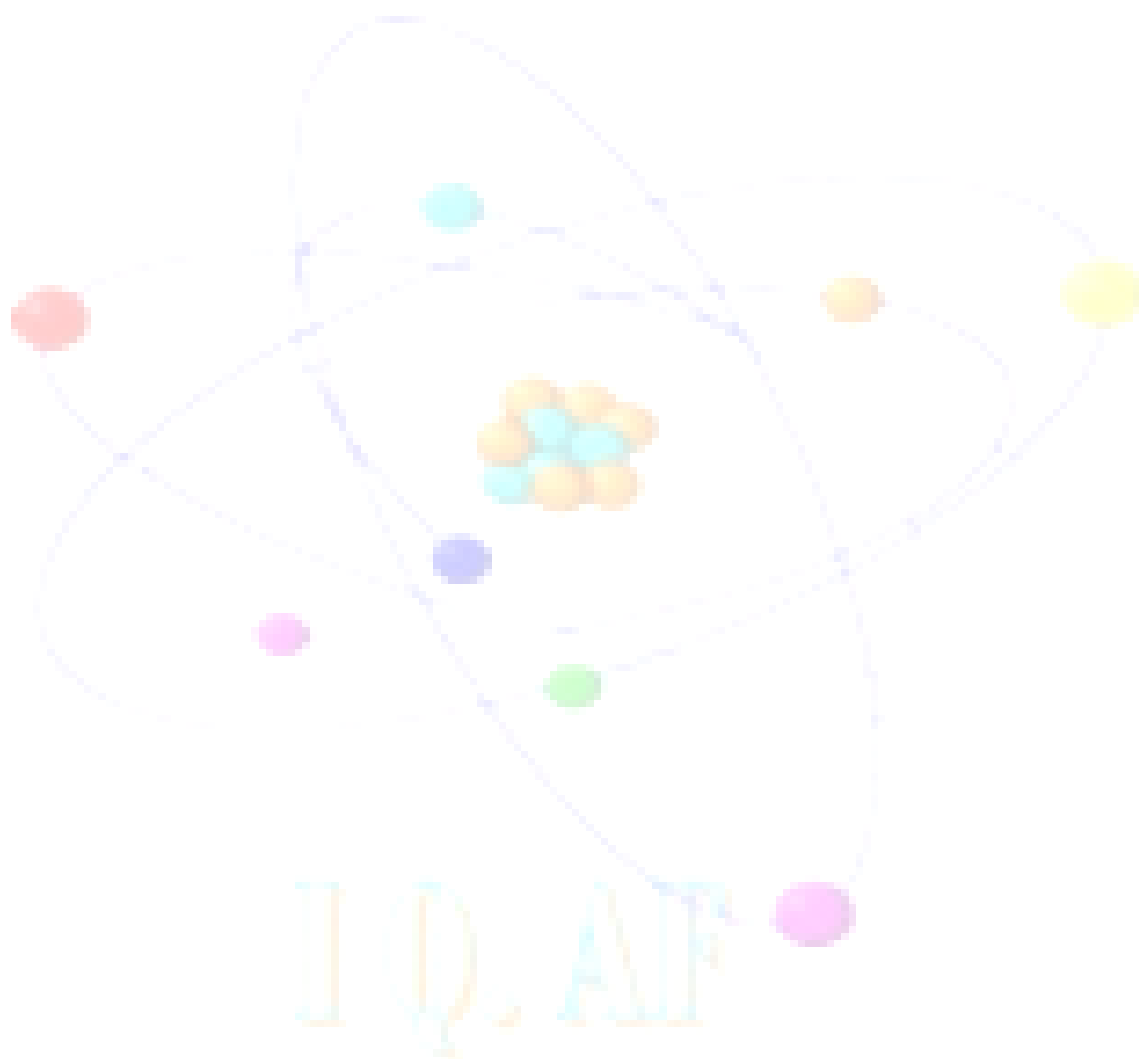
2.5 Filtrado y secado

Los concentrados producidos en la etapa anterior pasan a los tanques espesadores, donde se le agrega una capa fina de óxido de calcio (CaO , conocida como cal). El CaO ayuda a que las partículas que se encuentran en la espuma se asienten en el tanque donde se elimina agua y el concentrado se bombea a los filtros de vacío para continuar el proceso de eliminación de agua. Como última etapa de esta fase del proceso el concentrado es depositado en los patios para terminar el secado del mismo y ser embarcado en tráileres.

2.6 Presa de Jales

Las colas finales del proceso pasan a un espesador primario para recuperar parte del agua que se retorna al proceso y finalmente estas colas con el 48 % de sólidos

son depositadas en las presas de jales, donde también es recuperada el agua y reenviada a la planta de beneficio.



CAPITULO III CONTEXTO DEL PROCESO EN EL LABORATORIO

3.1 Análisis del proceso de flotación

Como parte del desarrollo del proceso se lleva a cabo un análisis del proceso de flotación. Se inicia con la toma de las muestras en el circuito de recuperación de plomo para poder estudiarlas en el laboratorio. El muestreo se realiza cada hora en las siguientes secciones:

- Cabeza (en los ciclones de finos de los molinos, 7x10, 6x8 y 5x21)
- Concentrado final
- Cola principal

Dentro del periodo de duración del muestreo existen dos posibilidades: muestreo de 12 h o de 24 h. Mientras más extenso sea el periodo más representativo será el análisis.

En este caso se muestrea cada hora, por 8h que dura el turno. Cada turno hace su muestreo para poder evaluar su desempeño y ver si se cumple con el objetivo diario.

En los lugares donde la presión de la corriente es alta (cabeza de flotación, cola final, medio limpia y concentrado final) se debe de romper fuente. Esto es meter el muestreador por atrás de la caída y pasarlo rápidamente por en medio, ya que de otra forma debido a la gran presión que ejerce el líquido éste se puede llevar el muestreador.

Para muestrear las celdas de flotación se debe de tomar la espuma que está en las inmediaciones de la cortina, evitando en los posible tomar líquido, ya que de si se tomara este último, el muestreo sería incorrecto, porque los valores que llegan al concentrado son los que van en la espuma.

Una vez recolectada la muestra en la planta de beneficio se lleva al laboratorio donde se somete a los siguientes pasos:

- **Decantación**, con la finalidad de eliminar el exceso de agua y se reduzca el consumo de energía utilizada durante la etapa de secado, y evitar la contaminación de las muestras aledañas debido a la salpicadura de líquido cuando la muestra empieza a hervir.

- **Secado**, para esto se utilizan estufas eléctricas; además como método para identificar la presencia de humedad dentro de la muestra y garantizar el secado eficiente se utiliza un embudo que se coloca boca abajo en contacto con la muestra. Si en el embudo se observa vapor indica que aún hay humedad en la muestra; en el caso contrario, la muestra; ya se encuentra lista para el siguiente paso
- **Raspado**, esta acción es sacar la muestra del molde que la contiene mediante la ayuda de una espátula.
- **Planchado (pulverización)**, la muestra se pasa a una plancha y mediante un mazo se disminuye el tamaño de la partícula para que sea de un tamaño homogéneo y manejable.
- **Cuarteado**, la muestra pulverizada se pasa a un cuadro de plástico con el cual se homogeniza. Se forma un cono que se va rebajando de tamaño con ayuda de un rodillo de metal para formar un “pastel” de aproximadamente 2 cm de espesor. El pastel se divide en 4 y se toma una rebanada de aproximadamente 100 gr. En caso de que la muestra sea de tamaño mayor el pastel se divide en varias secciones y se toma un poco de muestra al azar en diferentes regiones y a diferentes alturas hasta tener los 100 gr aproximados.
- **Pulverización**, a mallas <100, con la finalidad de poder hacer los análisis químicos necesarios. Para verificar que el material tiene el tamaño adecuado sin utilizar un tamiz se toca la muestra y esta debe de tener la textura del talco.
- **Almacenamiento**, la muestra se resguarda en bolsas de papel con su respectiva identificación.

Una vez que la muestra ha sido preparada para las pruebas se pasa a la sección de pesaje, en un cuarto acondicionado para que existan las menores perturbaciones posibles. Para ello, el piso del laboratorio tiene un sistema anti vibraciones, consiste en un contorno sin concreto en el perímetro relleno de grava. Esto con la finalidad de tener mediciones más certeras en las balanzas analíticas.

Una vez que la muestra está preparada se somete a ensaye para determinar mediante absorción atómica la cantidad de Plomo (Pb) y Zinc (Zn), de acuerdo al siguiente procedimiento:

Pesar 0.5 g de muestra en un vaso de precipitados de 250 ml. Cuando la muestra esta lista agregar 15 mL de ácido nítrico concentrado inmediatamente agregar 10 mL de ácido clorhídrico concentrado. Colocar en la estufa hasta que seque, dejar enfriar. Una vez que la muestra este fría, agregar 15 mL de ácido clorhídrico al 50%. Nuevamente colocar en la estufa cuando la muestra comienza a hervir, retirar del fuego, esperar 5 min para que la muestra se encuentre a temperatura ambiente. Con ayuda de una piseta lavar bien la tapa y la pared del vaso con agua destilada. Agregar la muestra a un matraz aforado de 100 mL, aforar con agua destilada. Una vez aforado leer la muestra en el aparato de absorción atómica para lecturas de ensayos de Pb y Zn.

Para obtener la ley de oro y plata por copelación se llevan a cabo los siguientes pasos:

En un crisol agregar 10 g de muestra, 20 g de fundante, 2 g de nitrato de potasio, 3 g de harina y 10 g de bórax. Una vez listo todo en el crisol, mezclar con ayuda de una espátula. Meter en el horno por 45 min a 950°C. Pasados los 45 min vaciar el contenido en la payonera. Dejar enfriar las muestras en la payonera por 10 min. Colocar las copelas en el horno a 800°C. Sucédidos los 10 min plomear, (esta actividad consiste en retirar todo el vidrio que se forma alrededor del botón del mineral, con un martillo, hasta que solo quede la parte metálica). Colocar las muestras plomeadas sobre las copelas previamente calentadas, aumentar la temperatura a 950 °C, dejar por 30 min o hasta que no aparezcan humos. Extraer las copelas del horno. Pesar en la balanza analítica el botón de muestra, así se obtiene la ley de Plata.

Una vez pesada la muestra colocar en un crisol de cerámica y agregar 30 mL ácido nítrico al 10%. Calentar hasta hervir durante 40 min. Lavar 3 veces con

agua destilada. Pesar la muestra obtenida en la balanza analítica, así se obtiene la ley de Oro

3.2 Análisis del circuito de molienda

Una de las partes primordiales dentro de la planta en el área de flotación es la referente a la molienda ya que de esta depende que las partículas tengan un tamaño adecuado para la flotación.

Como parte del trabajo diario se realiza un análisis en la molienda, mediante varios procedimientos:

3.2 .1 Análisis granulométrico y análisis granulométrico valorado

Para la realización de esta prueba se toman muestras cada hora, las cuales se depositan en cubetas, al finalizar la recolección de las muestras las cubetas se llevan al laboratorio para su posterior análisis.

Se somete a las muestras a secado para eliminar el agua contenida y obtener su peso inicial, para el estudio de Análisis Granulométrico Valorado se debe de tomar una muestra de cabeza de los Finos del Hidrocución, la cual se someterá a ensayos para obtener sus leyes.

Las muestras se desalman, lo cual consiste en lavar las mismas utilizando cribas con la finalidad de separar los finos (laminas) de los gruesos. Para ello se utiliza criba del número 200 para deslamar finos y gruesos

Los finos y los gruesos se pasan a diferentes charolas y se secan.

Los gruesos y finos se someten al cribado en el Ro-Tap durante 10 min, utilizando mallas del número 60 a -200 para finos y gruesos.

Finalmente se pesan los contenidos retenidos en cada malla.

Para poder realizar el Análisis Granulométrico Valorado se deben de guardar muestras de cada malla obtenida en el análisis de los Finos del Hidrociclón y realizar ensayos para obtener las leyes de plata, plomo y zinc, los cuales se comparan con los valores de la muestra de cabeza que se tomó al inicio.

3.2.2 Análisis de los resultados

Con los resultados obtenidos en el análisis granulométrico se pueden tomar decisiones respecto a las variables que intervienen en el circuito de molienda para llegar al resultado deseado de tamaño de partícula adecuado para el proceso de flotación y así obtener la mayor recuperación posible del concentrado.

Algunas variables que pueden modificarse con este análisis, si la cantidad de bolas que contiene cada molino es la adecuada, o si se necesita agregar más bolas. Diariamente se agregan bolas al molino, debido al desgaste que éstas pueden tener; sin embargo, en ocasiones el desgaste es mayor, dependiendo de la dureza del mineral y el factor de desgaste sufre algunas modificaciones. Por lo tanto, con el análisis de granulometría fácilmente se puede ver si la molienda está sobre los estándares establecidos. Este análisis ahorra tiempo y un posible paro en el proceso.

El análisis granulométrico valorado se realiza con la finalidad de certificar que el ensaye de cabeza tiene validez y que los datos arrojados son correctos, ya que un buen análisis se ve cuando los valores del análisis de cabeza son iguales o similares a la cabeza ensayada.

3.2.3 Porcentaje de sólidos y densidad de pulpa

Otros datos importantes que se debe de tomar en cuenta en la planta de beneficio es el porcentaje de sólidos, y densidad de pulpa. Estos datos sirven para llevar un control sobre el proceso en la flotación, los datos que expresan es sobre si es necesario aumentar el tonelaje, modificar el flujo del agua, para poder trabajar con los estándares necesarios y obtener la ley y recuperación requeridas.

CAPITULO IV METOLOGÍA UTILIZADA

4.1 Inicio

Con la finalidad de analizar el proceso de molienda y flotación e identificar ciertos problemas en el proceso, se solicita supervisar las áreas junto con los operadores durante un lapso de 10 h, que comprende el primer turno completo y las dos primeras horas del segundo turno. Cabe especificar que existe un cambio de operadores durante el periodo de supervisión.

Para comenzar con la medición de las variables a las 6:30 AM se hace un recorrido en el área para poder identificar problemas que pudieran surgir al finalizar el tercer turno. Una vez finalizado el recorrido, a las 7:00 AM se comienza a medir las variables para tener una noción previa de cómo se trabajó el turno anterior y si es necesario realizar cambios, o de lo contrario seguir trabajando de la misma manera. La manera en la que se realiza la medición de las variables es la siguiente:

- Ir a los pesómetros, buscar el tablero que diga común, y anotar el tonelaje que marca, en donde se indica “zero”.
- Para anotar el tonelaje máximo que pasa y el mínimo, es necesario permanecer observando el tablero común durante unos minutos para anotar la velocidad más alta que se tiene durante ese transcurso y la más baja, para poder tener un error de tonelaje, esta velocidad aparece en donde dice flow en el tablero.



Figura 5 Pantalla del pesómetro: Se muestra la lectura del pesómetro de la banda común, es decir el de la banda 1 ubicado en el área de molienda.

- Posterior a eso, ir al tablero que diga 2, de ahí se anota el tonelaje, que es el sumatorio total de todo lo que pasa en el día, denominado old zero. También se anota el new zero, que es la cantidad que va pasando en ese momento.

Ejemplo.

En esta medición se anota el old zero y new zero

$$ton_{act} = new\ zero - old\ zero$$

$$ton_{act} = 31295 - 31185$$

$$ton_{act} = 110\ ton/h$$

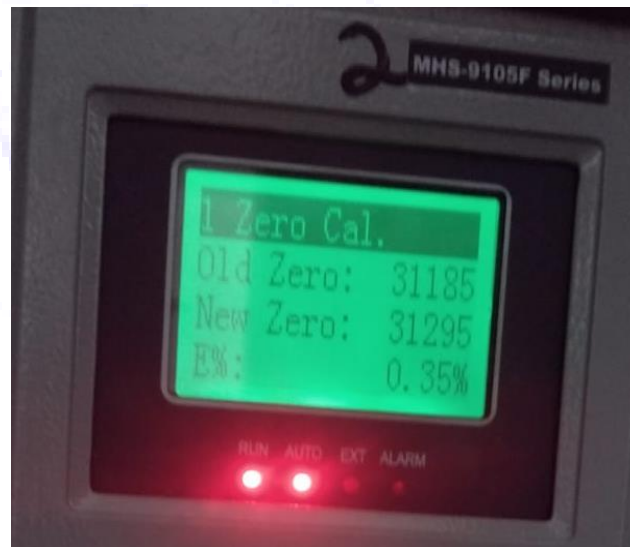


Figura 6 Pantalla del pesómetro: Se muestra la lectura del pesómetro de la banda 2, ubicado en el área de molienda.

- Tomar densidades y porcentaje de sólidos de las descargas; finos y gruesos de los molinos, para determinar la cantidad de agua para trabajar. Para ello, es necesario tomar una muestra, con un muestreador, de los finos y gruesos.

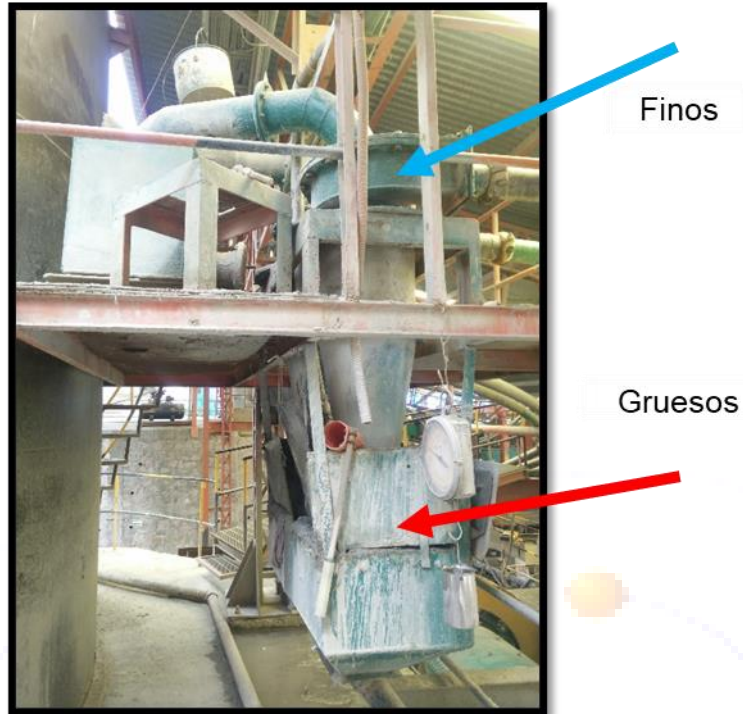


Figura 7 Hidrociclón del Molino 5x21: Equipo destinado a la separación de partículas de diferentes tamaños mediante la fuerza centrífuga.



Figura 8 Descarga de Gruesos del Hidrociclón del Molino 5x21



Figura 9 Descarga de finos del Hidrociclón del Molino 5x21

- Una vez que se tiene la muestra, colocar en el recipiente de la báscula Marcy, anotar el porcentaje de sólidos y la densidad de la muestra.

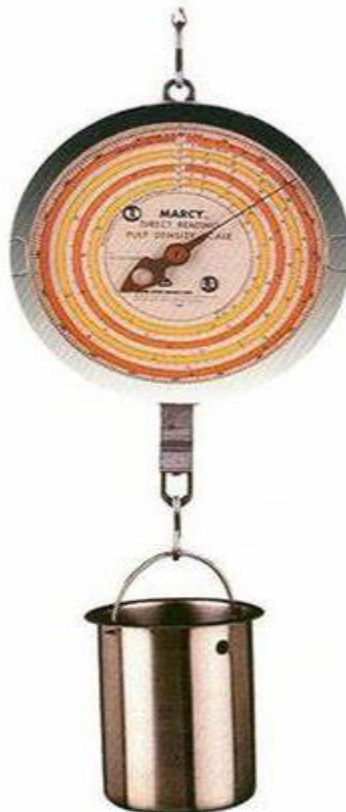


Figura 10 Báscula Marcy: Usada para la determinación de la densidad y gravedad específica en una pulpa del mineral.

- Realizar las mallas de las muestras ya recolectadas anteriormente de las descargas de los molinos, para determinar qué tan grueso se está moliendo. Para ello es necesario anotar el porcentaje de sólidos y los kg del mineral que marca la balanza Marcy, posteriormente la muestra es vaciada a un tamiz no. 200 para quitar toda la suciedad se lava con agua hasta quedar limpio.



Figura 11 Tamiz utilizado para separar las partes finas de las gruesas, en una pulpa.

- Regresar la muestra al recipiente de la balanza Marcy y agregar agua hasta la marca y registrar el segundo porcentaje de sólidos y los kg del mineral. Al tener los dos datos registrados, realizar el siguiente cálculo para obtener el resultado:

1^{er} pesada

$$kg = 1.340 \quad \%de\ solidos = 42$$

$$g^1_{de\ mineral} = \left(\frac{\%sólidos}{100}\right)(g_{de\ pulpa})(1000)$$

$$g^1_{de\ mineral} = \left(\frac{42}{100}\right)(1.340)(1000)$$

$$g^1_{de\ mineral} = 562.8$$

2^{da} pesada

$$kg = 1.150 \quad \%de\ solidos = 21$$

$$g^2_{de\ mineral} = \left(\frac{\%sólidos}{100}\right)(g_{de\ pulpa})(1000)$$

$$g^2_{de\ mineral} = \left(\frac{21}{100}\right)(1.150)(1000)$$

$$g^2_{de\ mineral} = 241.5$$

% al que se esta moliendo

$$x = (g_{2\text{ de mineral}})(100)\left(\frac{1}{562.8}\right)$$

$$x = (241.5)(1000)\left(\frac{1}{562.8}\right)$$

$$x = 57.1\%$$

En este caso el porcentaje es igual a 57.1%, el rango esta entre 55% a 60%.

- Checar la dosificación de los reactivos en todo el proceso, para ello es necesario ir con un cronometro y una pipeta de 10 ml, a las bombas dosificadoras y medir los milímetros que se juntan en un minuto, en caso de que no sean los establecidos se arregla la dosificación en la bomba.
- Tomar densidades y porcentajes de solidos de las celdas, para evaluarlas como un reactor único, para ello es necesario tomar la muestra y medir la densidad y porcentaje de solidos con la balanza Marcy.
- Supervisar al operador de flotación que se encuentre al pendiente de la cantidad de aire que introduce a las celdas. Esto se hace de manera visual, se deben de observar las celdas para analizar que el derrame sea continuo y en forma de pequeñas olas, también se debe de observar que las canaletas no se saturen de espuma y logren tirar la espuma.

4.2 Planeación

La planeación es por día, durante un lapso de 10 h, y es la misma para los demás días de la semana

Día	Lunes											
Hora / ACTIVIDAD	7	8	9	10	11	12	1	2	3	4	5	6
Realizar el recorrido en la planta												

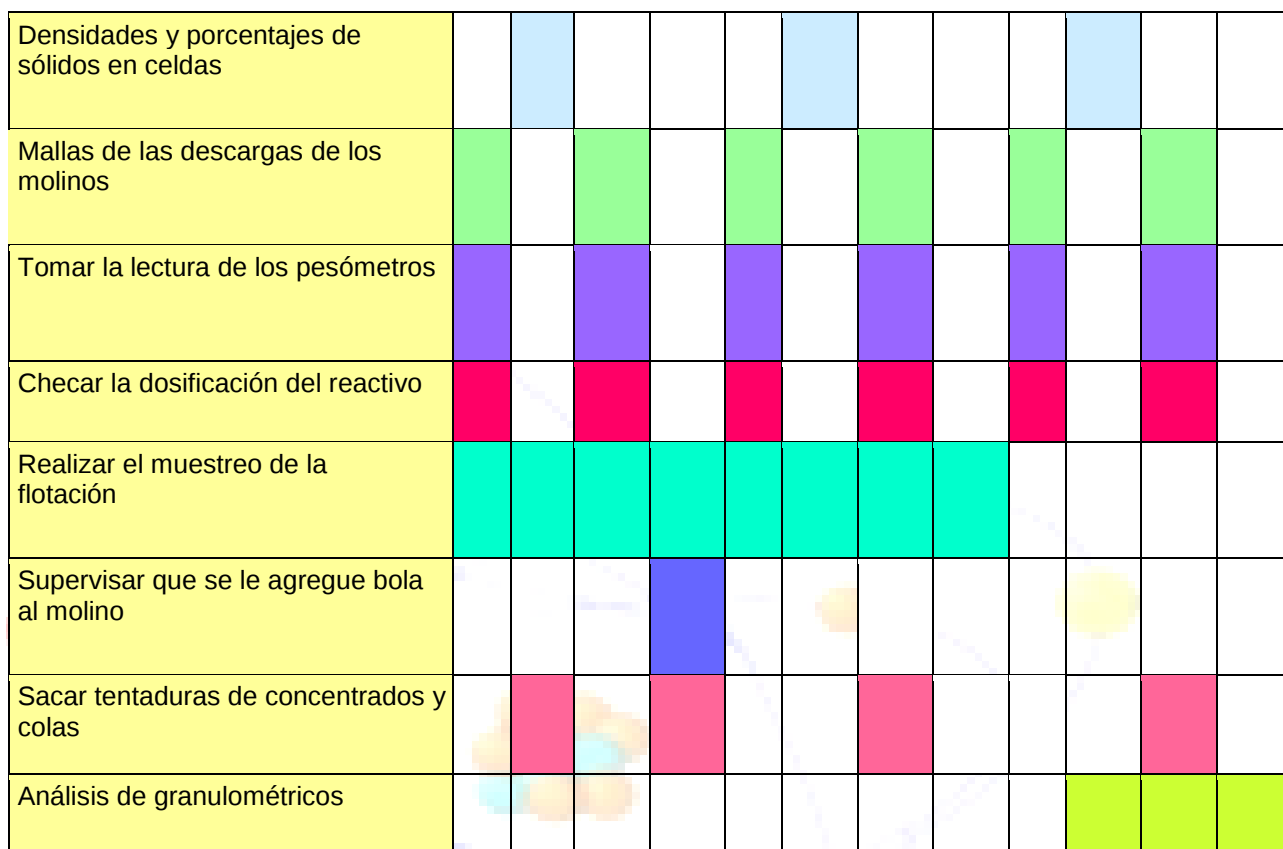


Figura 12 Cronograma de actividades realizadas en planta de beneficio.

CAPITULO V DESARROLLO DEL TRABAJO

5.1 Ejecución y control

5.1.1 Molienda y flotación

Una vez realizada la planificación se lleva a cabo la medición de las variables para determinar ciertos parámetros.

Las herramientas que principalmente se utilizaron fueron el registro de cada actividad en tablas de control en Excel para desarrollar programas que nos permitieran realizar los balances de forma automática.

Una vez que se van recaudando los datos se organizan en elaborar una base de datos en Excel.

La hoja de cálculo cuenta con ciertas funciones interactivas que hacen que se pueda obtener la información de una manera fácil, como se muestra en la Figura 13.

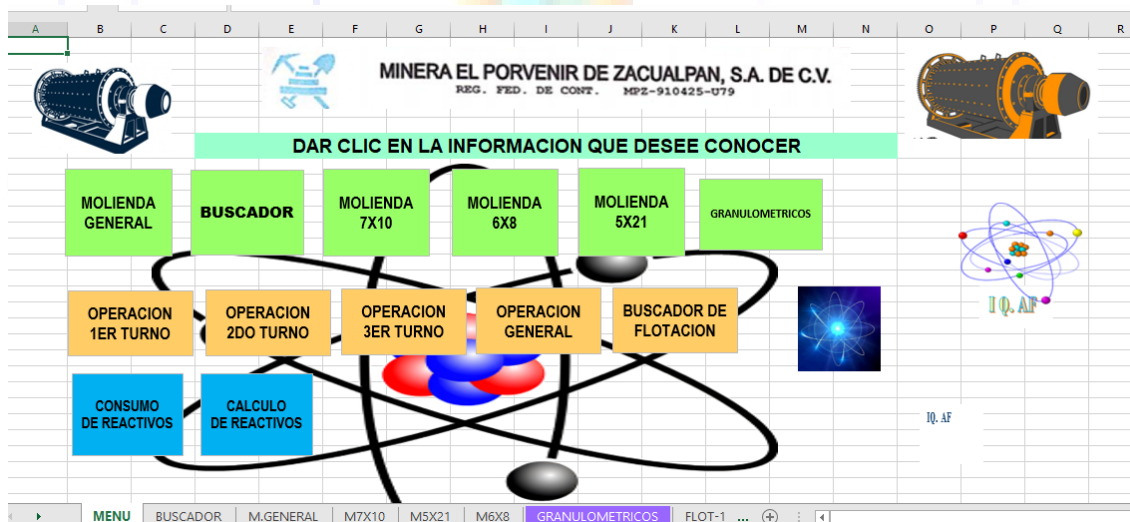


Figura 13 Pantalla interactiva del programa de la base de datos de planta de beneficio.

En la hoja de cálculo se captura la información acerca de la molienda diaria mediante el análisis de mallas.

En la Figura 14 se puede observar la información que se recopila de cada molino. Esta base de datos es del molino 7x10, donde se cuenta con la fecha de la toma de muestra, así mismo se lleva el control del molinero que se encontraba en el turno, cada molinero tenía la orden de realizar 3 mallas como mínimo durante su turno, al

final del turno se obtenía el promedio de mallas con el cual había trabajado durante el turno, para después obtener el porcentaje de molienda con el cual se trabajó todo el día, este consistía en obtener el promedio de los promedios de cada turno.

Tal como se organizó en la base de datos de la Figura 14 y 15.

B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q	R	S	
				MOLIENDA 7 X10														
FECHA	MOLINERO	1 ER TURNO			PRO.	MOLINERO	2 DO TURNO			PRO	MOLINERO	3 ER TURNO			PRO	OLIENDA DEL D		
		I	II	III			I	II	III			I	II	III				
19/12/2021	FERNANDO GAMA	54.5	57.6	57.6	56.567	FRANCISCO L	61.8	60	60	60.6	ELOY GOMEZ	57.6	55.2	53.6	55.467	57.544		
20/12/2021	J. CARLOS GARCIA	55.9	57.1	57.1	56.700	FRANCISCO L	57.1	57.1	57.1	57.1	ELOY GOMEZ	57.1	58.1	60	58.400	57.400		

Figura 14 Base de datos de molienda 7x10, molienda organizada por turnos.

B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q	R	
MOLIENDA 7 X10																	
MENU  																	
FECHA	MOLINERO	1 ER TURNO			PRO.	MOLINERO	2 DO TURNO			PRO.	MOLINERO	3 ER TURNO			PRO.	OLIENDA DEL D	
		I	II	III			I	II	III			I	II	III			
19/12/2021	FERNANDO GAMA	54.5	57.6	57.6	56.567	FRANCISCO L	61.8	60	60	60.6	ELOY GOMEZ	57.6	55.2	53.6	55.467	57.544	
20/12/2021	J. CARLOS GARCIA	55.9	57.1	57.1	56.700	FRANCISCO L	57.1	57.1	57.1	57.1	ELOY GOMEZ	57.1	58.1	60	58.400	57.400	
21/12/2021						FRANCISCO L	SIN	SIN	SIN		FERNANDO GAMA	58.1	55.3	52.3	55.233	55.233	
22/12/2021	J. CARLOS GARCIA	SIN	SIN	SIN		ELOY GOMEZ	62.2	63.1	54.5	59.9333	FERNANDO GAMA	56.7	57.6	56.7	57.000	58.467	
23/12/2021	FRANCISCO LAGUNA	58.8	59.4	60	59.400	ELOY GOMEZ	63.3	60	61.2	61.5	FERNANDO GAMA	55.2	57.6	56.3	56.367	59.089	
24/12/2021	FRANCISCO LAGUNA	62.5	62.2	62.5	62.400	ELOY GOMEZ	66.7	60	62.1	62.9333						62.667	
25/12/2021	*****	---	---	---													
26/12/2021	FRANCISCO LAGUNA	58.2	56.1	59.3	57.867	PEDRO A.	58.2	57.2	58.2	57.8667	FERNANDO GAMA	56.7	58.1	58.1	57.633	57.789	
27/12/2021	FRANCISCO LAGUNA	65.6	57.4	59.4	60.800	PEDRO A.	59.3	58.3	57.4	58.3333	JUAN CARLOS	64.5	63.3	59.4	62.400	60.511	
28/12/2021	FRANCISCO LAGUNA	57.6	67.9	65.2	63.567	FERNANDO GAMA	56.7	55.2	56.7	56.2	FELIPE PEREZ	60	59	58.1	59.033	59.600	
29/12/2021	PEDRO ALCANTARA	60.6	62.5	63.7	62.267	FERNANDO GAMA	57.1	58.6	58.6	58.1	JUAN CARLOS	57.1	57.1	57.1	57.100	59.156	
30/12/2021	PEDRO ALCANTARA	SIN	SIN	SIN		FERNANDO GAMA	57.1	58	59	58.0333	FRANCISCO L	58.6	60	59.4	59.400	58.717	
31/12/2021	PEDRO ALCANTARA	58.2	59.2	60	59.133											59.133	
01/01/2022	*****	---	---	---													
02/01/2022	PEDRO ALCANTARA	SIN	SIN	SIN		FERNANDO GAMA	SIN	SIN	SIN		FRANCISCO L	SIN	SIN	SIN			
03/01/2022	PEDRO ALCANTARA	SIN	SIN	SIN								65.2	64.5	65.4	65.033	65.033	
04/01/2022	FERNANDO GAMA	60	59	60	59.667	JUAN CARLOS	61.4	62.5	57.1	60.3333	FRANCISCO L	65.2	62.5	62.5	63.400	61.133	
05/01/2022	FERNANDO GAMA	58.1	60	61.2	59.767	JUAN CARLOS	57.7	59.4	61.3	59.4667	PEDRO A.	60.7	60	59.4	60.033	59.756	
06/01/2022	FERNANDO GAMA	60	60	59.3	59.767	FRANCISCO L	63.3	65.2	64.5	64.3333	PEDRO A.					62.050	
07/01/2022	FERNANDO GAMA	57.6	58.1	58.1	57.933	FRANCISCO L	58.3	62.5	60	60.2667	PEDRO A.	60	61.3	60	60.433	59.544	

FIG. 15 Base de datos de molienda 7x10, molienda organizada desarrollada

La base de datos cuenta con las especificaciones del comportamiento de la molienda durante los tres turnos, la información proveniente de las mallas realizadas por los operadores, cada uno cuenta con el grado del concentrado, y recuperación, obtenido del ensaye de laboratorio, como se muestra en la Figura 16.

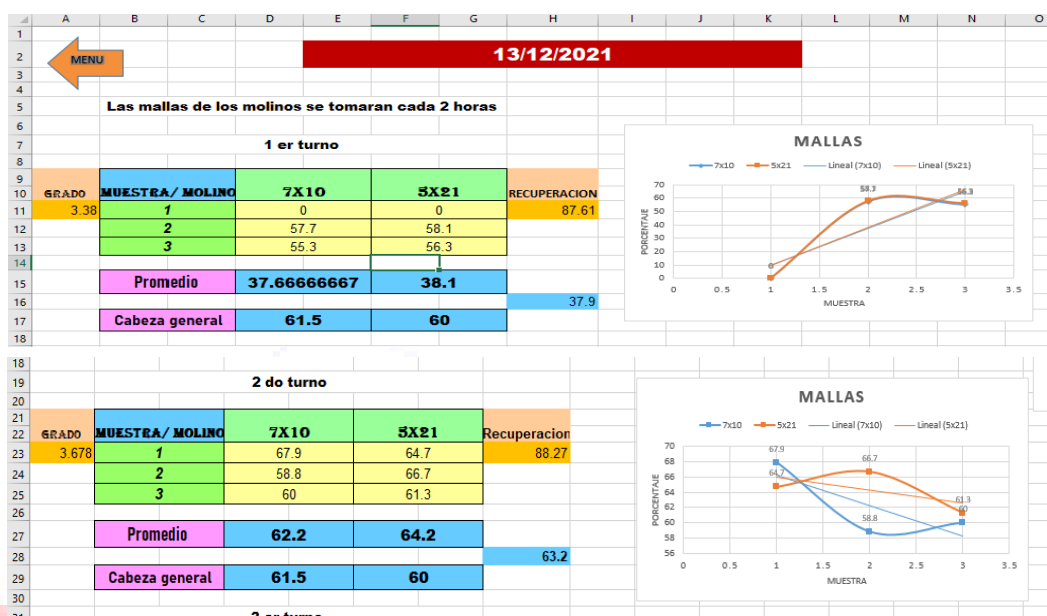


Figura 16 Base de datos por día de la molienda realizada en planta de beneficio.

En la parte final de la hoja de la base de datos se calcula la molienda del día, siendo el promedio del promedio de la molienda de cada turno, de esta manera obtenemos un dato real de la molienda durante el día, también se agrega el resultado de mallas que se obtiene mediante las pruebas de laboratorio, estas por lo regular difieren entre ellas, por lo cual se optó por agregar la diferencia que existía entre ambos resultados, para tener un panorama de ambos resultados, como se muestra en la Figura 17.

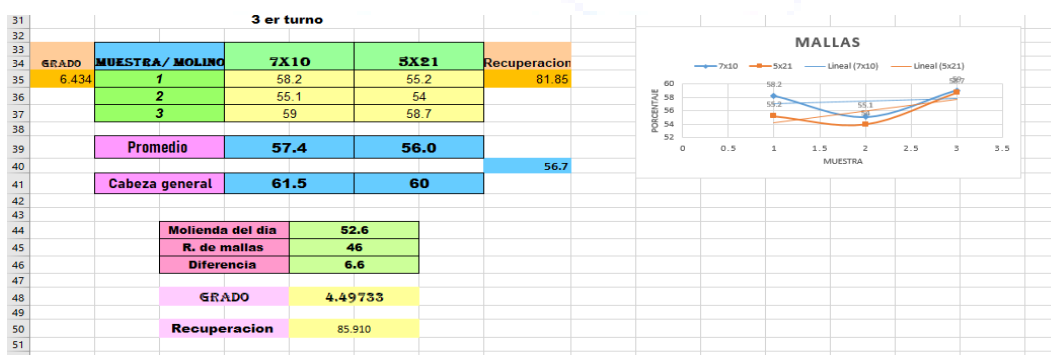


Figura 17 Base de datos por día de la molienda realizada en planta de beneficio parte final.

Otra parte importante que se tiene en la base de datos son las gráficas que permiten analizar de manera visual el comportamiento de la molienda, estas se encuentran por turno como se muestra en la Figura 18, y de manera general como molienda del día como se muestra en la Figura 19.

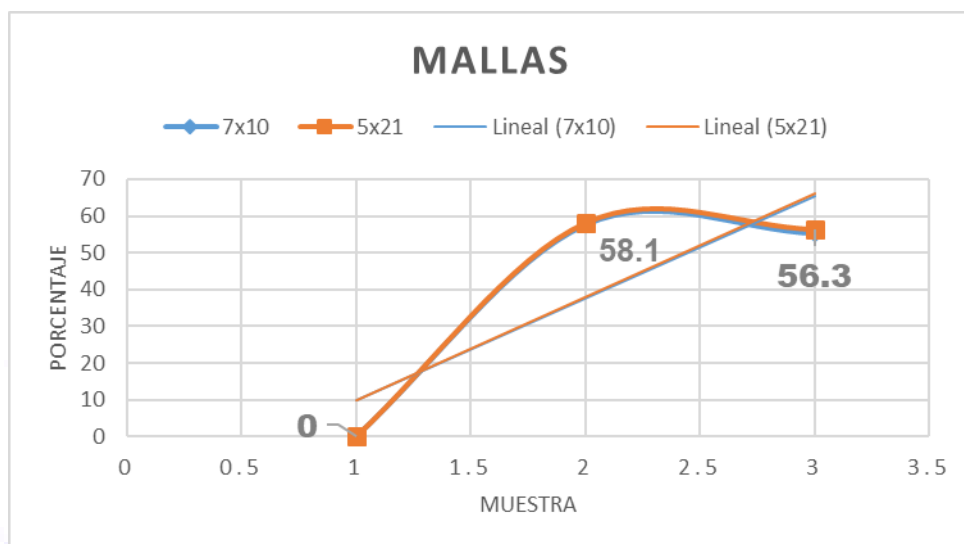


Figura 18 Grafica de molienda de primer turno, de los molinos 5x21 y 7x10

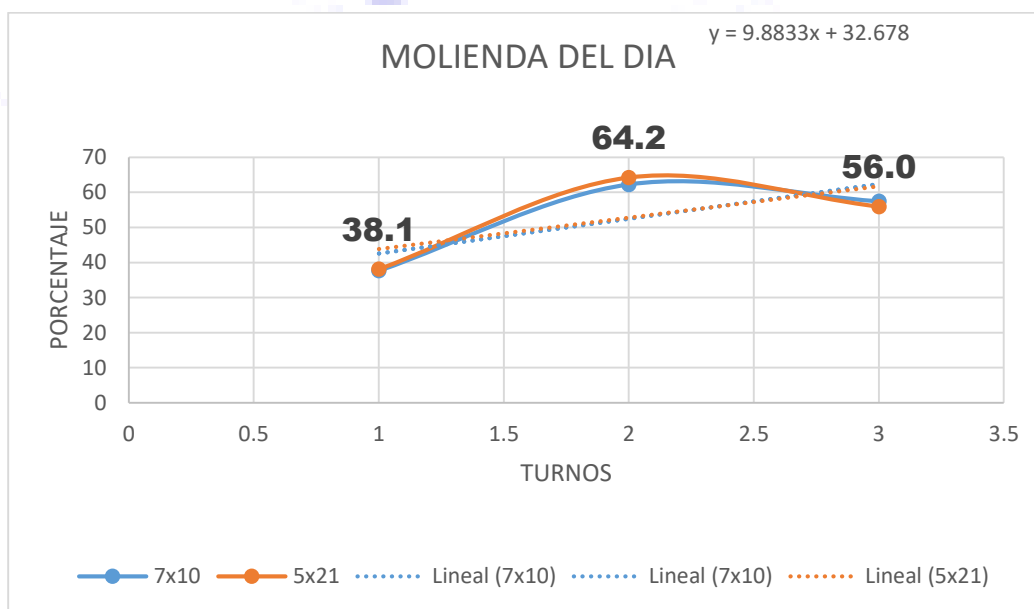


Figura 19 Grafica de molienda del día 13 de enero, de los molinos 5x21 y 7x10

Para hacer aún más fácil de encontrar la información se cuenta con una “Hoja buscador” que solo con ingresar el día, automáticamente da la información de molienda de ese día, como se muestra en la Figura 20.



MINERA EL PORVENIR DE ZACUALPAN, S.A. DE C.V.

REG. FED. DE COM. 1025-910425-079

MENU

BUSCADOR DE MOLIENDA

INGRESA LA FECHA QUE DESEA CONOCER DATOS EN EL FORMATO DD/MM/AAAA

FECHA

04/03/2022

7X10

MOLINERO	1 ER TURNO			PRO.	MOLINERO	2 DO TURNO			PRO.	MOLINERO	3 ER TURNO			PRO.	MOLIENDA DEL DIA
	I	II	III			I	II	III			I	II	III		
PEDRO ALCANTARA	61.3	63.3	64.3	62.967	ERLANDO GAM	61.6	63.6	62.5	62.63333	FRANCISCO L	58.1	58.8	58.8	58.567	61.389

5X21

MOLINERO	1 ER TURNO			PRO.	MOLINERO	2 DO TURNO			PRO.	MOLINERO	3 ER TURNO			PRO.	MOLIENDA DEL DIA
	I	II	III			I	II	III			I	II	III		
PEDRO ALCANTARA	0	0	0	#DIV/0!	ERLANDO GAM	0	0	0	#DIV/0!	FRANCISCO L	0	0	0	#DIV/0!	#DIV/0!

6X8

MOLINERO	1 ER TURNO			PRO.	MOLINERO	2 DO TURNO			PRO.	MOLINERO	3 ER TURNO			PRO.	MOLIENDA DEL DIA
	I	II	III			I	II	III			I	II	III		
PEDRO ALCANTARA	66.7	65.6	64.5	65.600	ERLANDO GAM	64.7	65.6	64.5	64.33333	FRANCISCO L	65.4	64.5	64.5	64.800	65.111

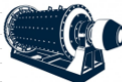


Figura 20 Página principal del buscador de molienda, organizados por molino y por turno.

En el área de flotación también se obtuvieron datos que se recabaron y también se elaboró una hoja de cálculo, con la fecha, el flotista encargado del turno, y con las leyes obtenidas, así como también con la recuperación, obtenida del ensaye de laboratorio con las muestras recabadas durante el día.

A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	
	MENU			OPERACIÓN PRIMER TURNO											
	FECHA	FLOTISTA	TONELADAS	CABEZA			CONCENTRADO			COLAS			RECUPERACION		
				Ag	Pb	Zn	Ag	Pb	Zn	Ag	Pb	Zn	Ag	Pb	
	01/01/2022														
	02/01/2022														
	03/01/2022	NT	NT	NT	NT	NT	NT	NT	NT	NT	NT	NT	NT	NT	
	04/01/2022	FELIPE PEREZ	136	166	0.26	0.74	4.48	8.34	11.12	37	0.02	0.43	78.36	93.13	
	05/01/2022	FELIPE PEREZ	136	158	0.21	0.63	5.464	7.89	11.03	24	0.02	0.37	85.18	92.55	
	06/01/2022	FELIPE PEREZ	119	200	0.18	0.5	7.48	9.64	11.21	38	-0.03	0.26	81.41	116.58	
	07/01/2022	DIEGO L.	119	158	0.23	0.58	4.864	8.38	11.53	24	0	0.27	85.23	100.87	
	08/01/2022	DIEGO L.	130	104	0.14	0.46	6.842	6.7	11.63	35	0.07	0.35	66.69	48.51	
	09/01/2022														
	10/01/2022	NT	NT	NT	NT	NT	NT	NT	NT	NT	NT	NT	NT	NT	
	11/01/2022	DIEGO L.	165	132	0.16	0.43	6.15	9.91	12.82	35	0	0.23	73.91	98.25	
	12/01/2022	JUAN CARLOS	150	124	0.21	0.61	2.912	6.71	14.48	28	-0.01	0.13	78.17	106.36	
	13/01/2022														
	14/01/2022	JUAN CARLOS	150	142	0.14	0.29	5.99	7	11.03	40	0.02	0.1	72.31	85.71	
	15/01/2022	JUAN CARLOS	160	118	0.16	0.48	2.84	4.9	8.34	19	-0.01	0.19	84.46	107.48	
...	BUSCADOR	M.GENERAL	M7X10	M5X21	M6X8	GRANULOMETRICOS	FLOT-1	FLOT- ...	+	:	<				

Figura 21 Pagina de la base de datos, de la operación de flotación del primer turno del mes.

Así mismo, se elaboró una hoja para buscar la información de una manera más rápida y organizada.

MENU

MINERA EL PORVENIR DE ZACUALPAN, S.A. DE C.V.

REG. FED. DE CONF.

MPZ-910425-079

BUSCADOR DE FLOTACION

INGRESA LA FECHA QUE DESEA CONOCER DATOS EN EL FORMATO DD/MM/AAAA

FECHA

04/03/2022

1 ER TURNO

FECHA	FLOTISTA	ONELADA	CABEZA	CONCENTR	COLAS	CUPERACION
			Ag	Ag	Ag	Ag
#####	BENITO ROSA	120	150	6.092	42	72.5

2 DO TURNO

FECHA	FLOTISTA	ONELADA	CABEZA	CONCENTR	COLAS	CUPERACION
			Ag	Ag	Ag	Ag
#####	DIEGO LAGUN	141	181	6.342	43	76.76

3 ER TURNO

FECHA	FLOTISTA	ONELADA	CABEZA	CONCENTR	COLAS	CUPERACION
			Ag	Ag	Ag	Ag
#####	REINALDO NA	155	133	4	40	73.32

Figura 22 Buscador de la base de datos, de la operación de flotación organizada por día.

Una parte fundamental en el área de flotación es el consumo y dosificación de reactivos, por lo tanto, se cuantificó, por turno, por reactivo, por fecha, la dosificación que se ocupaba diariamente.

A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q	R	S	
				CONSUMO DE REACTIVOS															
MENU																			
1 ER TURNO																			
FECHA	FLOTISTA	MOLIENDA						PRIMARIO		MEDIOS	AGOTATIVO		LIMPIA Pb		FLOTISTA	NaCN			
		NaCN		SILICATO				F-100-10	0020	0020	F-1234	XANTATO SIPX	SILICATO	NaCN		7X10	6X8		
		7X10	6X8	5X21	7X10	6X8	5X21												
01/02/2022	FELIPE PEREZ	15	0	15	27		27		24	4			37	15		BENITO ROSALES	15	0	
02/02/2022	ALBERT GAMA	15	0	15	27		27		24	4			37	15		BENITO ROSALES	15	0	
03/02/2022	JUAN CARLOS	15	0	15	27		27		24	4			37	15		BENITO ROSALES	15	0	
04/02/2022	JUAN CARLOS	15	15	0	27	27			24	4			37	15		BENITO ROSALES	15	15	
05/02/2022	JUAN CARLOS	15	15	0	27	27			24	4			37	15		JULIAN GLEZ	15	15	
06/02/2022	BENITO ROSAL	15	15	0	27	27			24	4			37	15		JULIAN GLEZ	15	15	
07/02/2022				0												0			
08/02/2022	BENITO ROSAL	15	15	0	27	27			24	4			37	15		FERNANDO GAMA	15	15	
09/02/2022	BENITO ROSAL	15	15	0	27	27			24	4			37	15		JULIAN GLEZ	15	15	
10/02/2022	BENITO ROSAL	15	15	0	27	27			24	4			37	15		DIEGO LAGUNAS	15	15	
11/02/2022	BENITO ROSAL	15	15	0	27	27			24	4			37	15		DIEGO LAGUNAS	15	15	
12/02/2022	JULIAN GLEZ	15	15	0	27	27			24	4			37	15		DIEGO LAGUNAS	15	15	
13/02/2022	NT	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	NT		
14/02/2022	PEDRO A	15	15		27	27			24	4			37	15		DIEGO LAGUNAS	15	15	
15/02/2022	FERNANDO	15	15		27	27			24	4			37	15		DIEGO LAGUNAS	15	15	
16/02/2022	NT	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	DIEGO LAGUNAS	15	15	
17/02/2022	FERNANDO	15	15		27	27			24	4			37	15		FELIPE PEREZ	15	15	
18/02/2022	DIEGO L	15	15		27	27			24	4			37	15		FELIPE PEREZ	15	15	
19/02/2022	DIEGO L	15	15		27	27			24	4			37	15		JUAN CARLOS	15	15	
FLOT-1		FLOT-2		FLOT-3		FLOT-GEN		BUSCADOR-FLOT		REAC.CONS		REACTIVOS							

Figura 23 Hoja de consumo de reactivos, organizada por turnos.

Al estar midiendo variables y realizando el estudio, se pudo notar que las toneladas molidas durante el día variaban, y siempre se tenía la misma dosificación lo que podía causar que afectara a la recuperación o a la ley de concentrado. Por lo tanto, también se elaboró una hoja donde se introducían las toneladas molidas diarias de

mineral y automáticamente calculaba la dosificación que se requería. Esto a partir de la prueba estándar con la que se trabaja la planta de beneficio.

1	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q	R	S	
2	CALCULO DE REACTIVOS																			
3	INGRESE LAS TONELADAS DIARIAS																			
4	MENU																			
5																				
6																				
7	460 ton/dia																			
8	0.32 ton/min																			
9																				
10																				
11																				
12																				
13																				
14	AREA		MOIENDA						PRIMARIO		MEDIOS		AGOTATIVO		LIMPIA Pb					
15	REACTIVO		NaCN		SILICATO		F-108-10		8820		8020		F-1234		XANTATO SIPX		SILICATO		NaCN	
16	CANTIDAD	g/ton	5	5	5	61	61	61			89		820		12					
17	DENSIDAD		0.1	0.1	0.1	1.3	1.3	1.3			0.99	1.18	1.18		0.1	1.3	0.1			
18			7X10	6X8	5X21	7X10	6X8	5X21												
19	DOSIFICACION		ml/min		16	16	16	15	15	15	0	24	4	#DIV/0!	38	0	0			
20																				
21																				

Figura 24 Hoja de cálculo de reactivos, según las toneladas molidas diariamente

Al realizar los granulométricos también se creó una hoja de cálculo que permitiera ver los resultados de una forma fácil y sencilla, solo introduciendo los datos y ensayos de laboratorio para tener toda la información organizada, como se observa en la Figura 25.

15 de enero de 2022															
COLA		Malla	Peso	% Peso	(+) Acum.	(-) Acum.	ENSAYES			CONTENIDO			% DISTRIBUCIÓN		
							Ag	Pb	Zn	Ag	Pb	Zn	Ag	Pb	Zn
60	20	2.78	2.8	97.2						0.000	0.000	0.000	#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!
100	125	17.36	20.1	79.9						0.000	0.000	0.000	#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!
200	140	19.44	39.6	60.4						0.000	0.000	0.000	#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!
325	80	11.11	50.7	49.3						0.000	0.000	0.000	#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!
-325	355	49.31	100.0	0.0						0.000	0.000	0.000	#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!
TOTAL	720	100.0								0.000	0.000	0.000	#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!
CABEZA		Malla	Peso	% Peso	(+) Acum.	(-) Acum.	ENSAYES			CONTENIDO			% DISTRIBUCIÓN		
							Ag	Pb	Zn	Ag	Pb	Zn	Ag	Pb	Zn
60	20	2.75	2.7	97.3						0.000	0.000	0.000	#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!
100	130	17.86	20.6	79.4						0.000	0.000	0.000	#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!
200	135	18.54	39.1	60.9						0.000	0.000	0.000	#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!
325	88	12.09	51.2	48.8						0.000	0.000	0.000	#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!
-325	355	48.76	100.0	0.0						0.000	0.000	0.000	#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!
TOTAL	728	100.0								0.000	0.000	0.000	#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!

Figura 25 Hoja de cálculo de reactivos, según las toneladas molidas diariamente

5.1.2 Laboratorio

Filtrado de pulpas; Las muestras de pulpas procedentes del proceso son recolectadas por el personal de planta de beneficio en turno. Se realiza la

separación de fases por decantación dejando la muestra con un 25% de humedad. Posteriormente se agita manualmente y se extraen 2 porciones de aproximadamente 100 mL. La muestra recolectada es colocada en una charola previamente etiquetada.

Temperatura de Secado: La temperatura no se controla ya que, el horno secador no cuenta con un controlador, por lo que se alcanza una temperatura mayor a la requerida para el secado, Las pulpas obtenidas del muestreo del proceso son secadas directamente en flama en las parrillas de calentamiento, a una temperatura más alta aún que con la que cuenta el horno.

Triturado: La trituration se lleva a cabo en 2 fases, primaria con trituradora de quijada y secundaria con trituradora de cono.

Homogenización: Se realiza por manteo con una lona.

Pulverizado: Para geología y embarques se realiza con un pulverizador de discos. Para muestras de planta de beneficio se usan las planchas de pulverizado con brazo, teniendo una mesa para baja ley y otra para alta ley.

Etiquetado de Sobre: Se indica el tipo, código y fecha de la toma de muestras. Después de aquí se tienen dos tipos de análisis, vía húmeda y vía seca.

Vía seca

Reactivos y composición

Reactivo	Peso (g)	Porcentaje
Litargirio	50	65.5
Carbonato de sodio	16.50	20.63
Bórax	10.5	13.13
Harina	3.0	3.75
Nitrato de potasio	2.3	-

Portadores de muestra: Son de barro con una capacidad de 10 g y un grosor adecuado.

Copelas: Son elaboradas por personal del laboratorio, con una formulación en proporción volumen/volumen de 1/1 de cemento gris y ceniza de hueso. La adición

de agua es al tanteo y la copelera aplica la misma fuerza de compactación para cada una de ellas.

Homogenización: La homogenización de la muestra con los reactivos se realiza en el crisol de barro con ayuda de una espátula.

Tiempo y Temperatura de Fundición: La etapa de fundición se realiza a una temperatura de 950°C durante un período de 1h.

Tiempo y Temperatura de Copelación: La etapa de copelación se realiza en 2 fases, 40 min a 800°C y 30 min a 950°C.

Vía húmeda

Digestión Ácida: Es por medio de 2 ácidos, clorhídrico y nítrico, en etapas separadas y posteriormente adicionando ácido clorhídrico para disolver sales metálicas. Para la digestión de concentrados se le agrega una cucharada de cloruro de amonio para despegar sales y ácido acético en el aforo de la muestra. Para la adición de estos reactivos se usa una bureta de 500 mL.

Calidad de Agua: Se tiene un destilador que proporciona el agua con las especificaciones para no generar interferencias en el desarrollo de los ensayos.

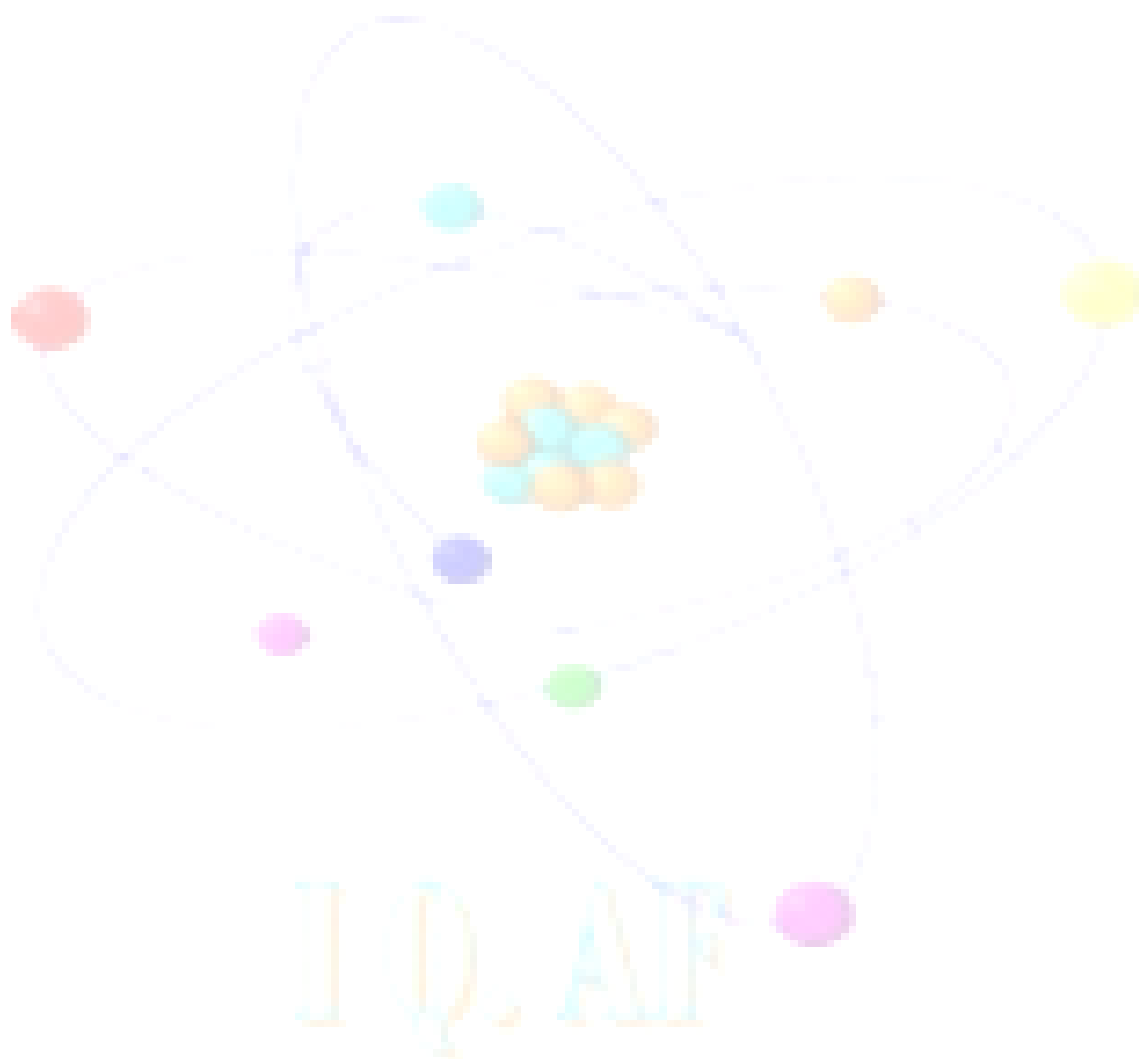
Configuración del método

Método	Longitud de onda (nm)	Ranura (nm)	Tiempo de integración (s)	Retraso de lectura (s)	Replicas
Pb	283	2	1	3	1
Zn	213	2	1	3	1
Fe	248	2	1	3	1
Cu	324	2	1	3	1

Curvas de Calibración: Las forman solo 2 estándares de concentraciones variables ajustadas a una ecuación no lineal.

Preparación de Estándares: Los estándares están preparados de la solución madre de 1000 ppm con acetato de plomo y uso de ácido clorhídrico como ácido matriz.

Almacenamiento de Estándares: Los estándares son preparados y trasvasados a unos recipientes Nalgene color ámbar de 250 mL.



CAPITULO VI RESULTADOS OBTENIDOS

6.1 Área de molienda y flotación

Durante las observaciones que se realizaron en la estancia de operación entre los molinos y flotación se pudo notar un cambio de mineral. Esto se logró observar a través de la flotación donde las celdas se volvían más espesas aumentando su densidad; la espuma se veía más densa, y la espuma cambiaba de color, un negro oscuro, que fácilmente entre operadores y supervisores se decía coloquialmente que “iba más cargado de plomo”; sin embargo, al recibir los resultados de los balances metalúrgicos, se podía notar que no era así, se tenía un bajo grado, y sucesivamente durante algunos días se pudo notar ese tipo de mineral. Algunos datos que se lograron recabar fueron:

- El cambio en ese tipo de comportamiento era cuando el área de trituración arrancaba, entre las 11:30am-1:30pm, dependiendo la hora de terminación del manto.
- El mineral solo procedía de Mina Guadalupe, en algunas ocasiones era mezclado con mineral proveniente de Mina de Beta negra.
- Hay un mineral de Mina Guadalupe, el cual presenta condiciones de más humedad, tiene una coloración más oscura, tiene una consistencia viscosa (chiclosa).
- El tipo de coloración del mineral es idéntico al de la espuma.
- La espuma era muy abundante, por lo que las canaletas no daban abasto y están derramaban.
- En las tentaduras que se realizaban a las celdas de limpia de plomo, y al concentrado cuando este tipo de comportamiento sucedía, se podía observar que tenía una parte muy pequeña de Pb, poco Fe y el Zn no se notaba, lo que si abundaba era este tipo de mineral negro.
- El porcentaje de solidos de la celda #1 era de 17%, cuando normalmente era entre 10% y 12%.
- El porcentaje de solidos de las celdas limpiadoras de plomo #1, #2, #3, #4, era de 19%, cuando estaba normalmente alrededor de los 11%, con máximos

de 13% y mínimo de 9%, por lo tanto, se consideró el exceso como suciedad, en el mineral.

- La humedad del filtro aumentaba, aun teniendo el mismo tiempo de secado.
- Cuando el concentrado era raspado de las lonas del filtro, era más viscoso.
- La velocidad del derrame en las celdas era más lenta, aunque la válvula del aire se abriera toda.
- El porcentaje de sólidos de las colas era de 27%, cuando normalmente se tiene de 33% a 35%.

Después de identificar cierto tipo de comportamiento en el mineral se indaga acerca de las posibles causas que ocasiona ese problema, por lo que se plantea la hipótesis “El tipo de mineral afecta de forma directa la flotación causando bajo grado y problemas con la recuperación.” Aún se desconocen muchas características, tanto físicas como químicas del mineral. No todo el mineral tiene un comportamiento lineal. En ocasiones suelen tener comportamientos senoidales, teniendo cierta dificultad para encontrar el tipo de dosificación adecuada.

Posteriormente se plantea otra hipótesis “Si lo que ocasiona la saturación de las celdas y la poca cantidad de recuperación del mineral, se debe a las altas cantidades de carbón que el mineral contiene”

Se hace referencia a esa hipótesis porque haciendo investigaciones en la bibliografía general, menciona que el carbono es hidrofóbico y al agregar un colector (debido a sus características químicas), tiende a subir de manera más rápida que los minerales metálicos. Es por ello que se llevan procesos de separación de des carbonización para después agregar colectores y recuperar la mayor parte de minerales. Por otro lado, se tienen algunas características generales que se presentaron en algunas otras plantas metalúrgicas al norte del país. Como por ejemplo la saturación de las celdas, baja recuperación y grado, coloración oscura, filtro con mayor humedad, por la cantidad de cadenas de carbono que el concentrado contiene.

Por otro lado, en el área de molienda las observaciones que se realizaron fueron que cuando se tiene un porcentaje de sólidos de 33% a 34% se obtiene mallas

superiores al 60, pero en los estándares se tiene que moler a un porcentaje de sólidos de 37% o 38%, entonces se tienen mallas entre los 55 y 60.

Cuando se destaparon las tuberías de agua para tener más agua y la pulpa no fuera tan espesa cuando se clasificaba, los porcentajes de sólidos bajaron hasta 27%. Entonces por capacidad del volumen se cerraron tuberías de agua para mantener el mismo tonelaje, por lo que por lógica el nivel de agua siguió siendo el mismo.

Tomando en cuenta lo siguiente:

Cuando en planta se toma la muestra para determinar el % de sólidos, se tiene dos partes que lo conforman, la masa de agua (M_A) y la masa de los sólidos (M_S).

Entonces 1 kg de pulpa es equivalente a:

$$Pulpa = M_S + M_A$$

Entonces si en molinos se agrega más agua por lógica tendrá más peso y disminuirá el % de sólidos. Por lo tanto, no se puede querer agregar más agua y querer seguir conservando el estándar de porcentaje de sólidos.

La densidad es una propiedad intensiva lo que quiere decir que no depende de la cantidad de masa. Entonces va en constante cambio por el flujo volumétrico de agua.

Lo contrario al volumen que es una propiedad extensiva, porque si cambia el volumen si se agrega cierto material, aunque siga siendo el mismo.

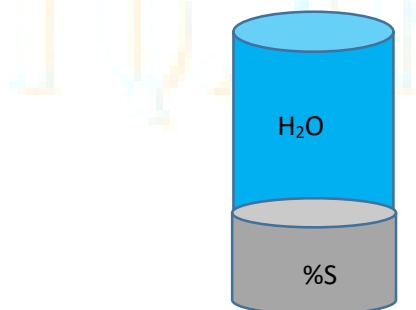


Figura 26 Representación gráfica de la toma de una muestra de pulpa con la báscula Marcy

Por desarrollo de fórmulas tomando como base de cálculo 1 kg de pulpa se tiene que la masa de la pulpa es:

$$M_P = \frac{1 (\%S)}{100}$$

La masa de agua es igual a

$$M_A = 1 - \frac{(\%S)}{100}$$

La masa de pulpa es igual a:

$$1kg \text{ pulpa} = M_S + M_A$$

Entonces la densidad de pulpa es igual a:

$$\rho_P = \frac{m_p}{v_p} = \frac{M_S + M_A}{V_S + V_A}$$

$$\therefore \rho_P = \frac{1}{\frac{M_S}{V_S} + \frac{M_A}{V_A}} = \frac{1}{\frac{\%S/100}{\rho_s} + \left[1 - \frac{\%S}{1}\right]}$$

$$\therefore \rho_P = \frac{1}{\frac{\%S/100}{\rho_s} + 1 - \frac{\%S}{100}}$$

Sustituyendo con 37% de porcentaje de sólidos

$$\therefore \rho_P = \frac{1}{\frac{37/100}{2.8} + 1 - \frac{37}{100}} = 1.31 \text{ ton}/m^3$$

Sustituyendo con 35% de porcentaje de sólidos

$$\therefore \rho_P = \frac{1}{\frac{35/100}{2.8} + 1 - \frac{35}{100}} = 1.29 \text{ ton}/m^3$$

Sustituyendo con 33% de porcentaje de sólidos

$$\therefore \rho P = \frac{1}{\frac{33/100}{2.8} + 1 - \frac{33}{100}} = 1.26 \text{ ton}/m^3$$

Entonces variando los porcentajes de sólidos, la densidad de pulpa va cambiando, tomando en cuenta que el porcentaje de sólidos cambia también dependiendo la cantidad de agua. La diferencia no es mucha matemáticamente, pero en operación si marca la diferencia, en cuestión de granulometría.

Otro punto que hay que resaltar, es que al día se tiene un tonelaje que se muele diariamente y es registrado por los pesómetros, pero no todos los días se tiene la misma molienda; en ocasiones los molinos tiran más granza que en otras ocasiones.

Un ejemplo es cuando el molino 7x10 empieza a tirar granza, cuando se está resbalando carga, que es muy común en el turno de primera, las carretillas se llena cada 10 min.

$1h = 60 \text{ min} \therefore 6 \text{ carrerillas} \times \text{hora} = (6 \text{ carrillas} \times 8h) =$
 $24 \text{ carretillas en el turno.}$

Experimentalmente no se sabe cuántos kg les caben a las carretillas, pero aproximadamente una carretilla con el volumen de $0.22m^3$, sostiene el peso de 207 kg.

Pero el volumen es de $0.22m^3$, se puede suponer que son 22 kg con los que llena entonces:

$$22kg \times 24 = 528 \text{ kg}$$

Lo que sería media tonelada en un turno.

Pero hay ocasiones en el que en un turno se tiene de 50 a 70 carretillas cuando se han contado dando como resultado:

$$22kg \times 60 = 1320 \text{ kg}$$

En un balance de materia está dado por:

$$ENTRADAS = SALIDAS$$

“La materia no se crea ni se destruye solo se transforma”

Por lo tanto:

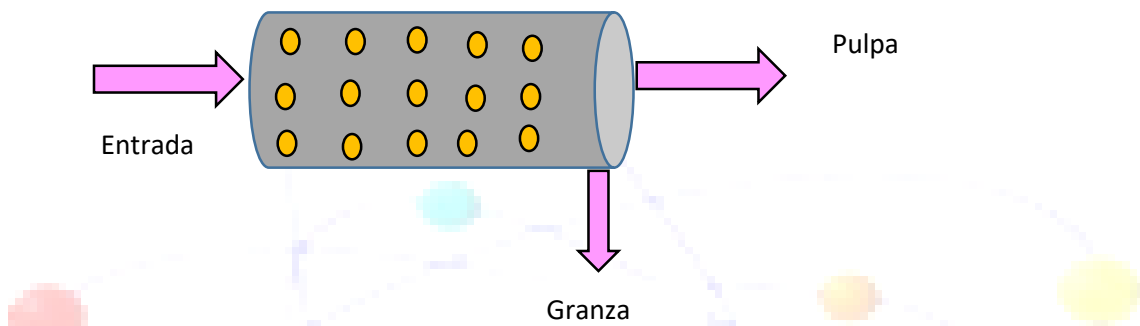


Figura 27 Representación gráfica del balance de materia de un molino.

$$E_M = S_P + S_G$$

Entonces a la hora de hacer los balances se toman tal cual las toneladas de los pesómetros, sin tomar en cuenta la pérdida de toneladas, de la granza, que al final es un poco de mineral perdido, que puede ser parte de lo que en ocasiones falta en la recuperación. No es mucho, pero a la cuenta si falta un poco cuando el molino tira demasiada granza.

CAPITULO VII CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

En conclusión, al término de la estancia en el área de flotación se sugiere llevar a cabo una capacitación acerca de la importancia del grado del concentrado, para que los operadores se den cuenta que no solo es una requisición a nivel empresa sino también influyente en el nivel comercial de los minerales metálicos, y comprendan la importancia de cuidarlo, para no simplemente decir coloquialmente “Salí bien o mal”.

Es importante que el área de mantenimiento haga cálculos acerca de la velocidad de las bombas de cabeza para que no graviten y reduzcan los niveles de las camas de espuma de las celdas primarias. Se comentaron esas situaciones al departamento de planta y las soluciones que dieron a los operadores fue cerrar el arenero cuando eso pasara, pero es imposible debido a la velocidad de las gravitaciones de la bomba, y el controlar las demás celdas.

Por otro lado, el proceso de autoevaluación permite comprobar cuestiones importantes para una compañía. Por ejemplo, el nivel autocrítico de cada uno de los profesionales y la descripción de sus potencialidades y debilidades. Asimismo, hace factible conocer cuál es el nivel de compromiso que tienen con la empresa. Una de las ventajas de la autoevaluación es que el propio colaborador es quien refleja el rendimiento que le caracteriza en el papel que desempeña. Otro beneficio es que es factible que el mismo empleado sugiera maneras de optimizar su desempeño laboral.

Debido a la problemática en cuestión del área de flotación y molienda se propone llevar a cabo una autoevaluación para tomar en cuenta opiniones y que cada trabajador tenga una competencia con sus propias habilidades día a día. La autoevaluación que se sugiere es la que se muestra a continuación:

PREGUNTA	Si	No
¿Se cuáles son mis responsabilidades de mi trabajo?		
¿Considero que mi supervisor me asigna mucho trabajo?		
¿Considero que puedo discutir mis problemas con mi supervisor?		

¿Conozco mis beneficios?		
¿Considero que formo parte de un equipo de trabajo productivo?		
¿Siempre estoy enterado de las metas diarias y semanales?		
¿Se cuáles son las metas de la compañía a largo plazo?		
¿Realizo todas las actividades que corresponde a mi área?		
¿He sido exigente conmigo mismo en el trabajo?		
¿Me siento satisfecho con el trabajo realizado?		
¿Necesito mejorar algún aspecto de mi trabajo?		
¿He alcanzado mis objetivos en el trabajo?		
¿Reconozco sin complejos mis fracasos profesionales?		

La autoevaluación que se sugiere tiene como primer objetivo poder identificar posibles fallas en el propio desempeño a la hora de realizar sus tareas y ver de qué forma se pueden solucionar, así como analizar las relaciones de comunicación que se tienen con los supervisores. Un segundo objetivo es verificar que el operador que lleva años en su puesto de trabajo no se encuentre en su zona de confort y limite sus habilidades al realizar su trabajo, teniendo como consecuencia un bajo rendimiento en la operación.

Para finalizar una vez analizado el proceso en el laboratorio se sugiere:

- Implementar que la muestra recolectada durante el turno de 8 h debe ser filtrada en su totalidad y no una porción de ella. Al agitar la pulpa manualmente y hacer turbulencia en el interior de la cubeta se genera una separación de tamaños de partículas, y al tomar una porción de muestra no se obtiene representatividad de la operación.
- Instalar un controlador de temperatura en el horno secador para regularla a un máximo de 105 °C. Todas las muestras tendrán que ser secadas en el horno y no en la parrilla. La finalidad del secado es la pérdida de agua y no de otros materiales, y por las altas temperaturas usadas en este punto se tienen pérdidas por calcinación.
- Indicar que el tipo de equipo recomendado para minerales de Ag es el pulverizador de anillos, teniendo éste la mayor facilidad de limpieza para evitar

contaminaciones entre una muestra y otra. El uso del pulverizador de discos no es muy recomendable debido a las características de abrasividad que presentan algunos materiales, lo cual provoca pérdidas del material.

- Elaborar copelas respetando las proporciones indicadas, así como la incorporación de otros aditivos en su composición para encontrar, por medio de la investigación y desarrollo, la copela más eficiente para el mineral con el cual se está trabajando y eliminar variaciones en los resultados de Au y Ag.
- Evaluar las temperaturas de fundición con las cuales están trabajando actualmente. La temperatura de fusión de la Ag es de 962 °C y la del Au es de 1 064 °C. Actualmente, en este paso se someten a una temperatura de 950 °C durante 1 h.
- Implementar el uso de una solución al 5% de hidróxido de amonio como punto final, ya que ayuda a mejorar la limpieza del botón de oro.
- Realizar la digestión por 3 ácidos usando ácido perclórico. El ataque químico que actualmente se realiza resulta incompleto, ya que puede observarse en el fondo del vaso de precipitados residuos de mineral sin digerir.
- Establecer nuevas curvas de calibración con 4 puntos de referencia, y curvas de baja y alta ley, procurando los valores más típicos caigan dentro de la región de alta confiabilidad como lo indica la metrología química.
- Valorar periódicamente las concentraciones de los estándares que formarán parte de las nuevas curvas de calibración.

BIBLIOGRAFIA

- 911 Metallurgist. (28 de Junio de 2016). *Reactivos*. Obtenido de <https://www.911metallurgist.com/metallurgia/colectores-y-quimica-de-la-flotacion/>
- Arenales, I. J. (Enero de 2022). *Bandas*. Obtenido de <http://biblio3.url.edu.gt/Libros/2013/ing/pim/3.pdf>
- CMK. (10 de 2022). *Introducción al molino de bolas*. Obtenido de <https://www.cumark.com.cn/en/show-459.html>
- LIBRARY. (01 de 2022). *MOLINOS ROTATORIOS O DE VOLTEO*. Obtenido de <https://1library.co/article/molinos-rotatorios-o-de-volteo-molienda-humeda.y69xmnnny>
- MSM. (29 de 01 de 2020). *Metodos de separacion de mezcla*. Recuperado el 28 de Enero de 2023, de MSM. (29 de 01 de 2020). *Metodos de separacion de mezclas*. Obtenido de <https://metodosdeseparaciondemezclas.win/flotacion/>
- UNAM. (Octubre de 2022). *Tipos de reactivos quimicos*. Obtenido de UNAM. (10 de 2022). <https://www.rua.unam.mx/portal/recursos/ficha/71228/tipos-de-reactivos-quimicos>
- VENMIR. (06 de 04 de 2021). *Bandas transportadoras en la industria de la minería*. Obtenido de <https://venmir.com/bandas-transportadoras-en-la-industria-de-la-mineria/>
- VENMIR. (21 de 02 de 2022). *Partes esenciales de una banda transportadora*. Obtenido de <https://venmir.com/partes-esenciales-de-una-de-bandas-de-transportadora/>
- VIBRA SCREENER. (Mayo de 2021). *Minas*. Obtenido de <https://vibrascreener.com/mining/?lang=es>



Facultad de Ciencias
Químicas e Ingeniería

FORMA T4
NOMBRAMIENTO COMITÉ REVISOR

Cuernavaca, Mor., a 28 de agosto de 2023

DRA. CARMEN HENEFF GARCÍA ESCOBAR
DRA. MARIANA SÁNCHEZ RAMOS
DR. ROBERTO FLORES VELÁZQUEZ
DRA. FERNANDA MORALES GUZMÁN
DRA. CATALINA BUSTOSRIVERA BAHENA
P R E S E N T E

Me permito comunicarles que han sido designados integrantes del **COMITÉ REVISOR** de la MEMORIA DE TRABAJO titulada: **Mejora de la eficiencia del proceso de extracción de minerales a través de la medición de variables de proceso.**

Dirigida por el **Dr. Roberto Flores Velázquez**

Que presenta (el) o (la) **C. ADRIANA FLORES ASCENCIO**, del programa educativo de la **LICENCIATURA en INGENIERÍA QUÍMICA**

A T E N T A M E N T E
Por una humanidad culta

DRA. VIRIDIANA AYDEÉ LEÓN HERNÁNDEZ DIRECTORA D I C T A M E N

Se anexa firma electrónica

DRA. VIRIDIANA AYDEÉ LEÓN HERNÁNDEZ
DIRECTORA DE LA FCQeI
P R E S E N T E

En respuesta a su amable solicitud para emitir DICTÁMEN sobre el trabajo que se menciona, me permito informarle que nuestro voto es:

VOTO	NOMBRE
Aprobatorio	DRA. CARMEN HENEFF GARCÍA ESCOBAR
Aprobatorio	DRA. MARIANA SÁNCHEZ RAMOS
Aprobatorio	DR. ROBERTO FLORES VELÁZQUEZ
Aprobatorio	DRA. FERNANDA MORALES GUZMÁN
Aprobatorio	DRA. CATALINA BUSTOSRIVERA BAHENA

Se anexan firmas electrónicas de cada revisor, en las cuales se incluye la fecha y hora que se ha emitido el voto aprobatorio.

VALH/fmq

Av. Universidad 1001 Col. Chamilpa, Cuernavaca Morelos, México, 62209,

Tel. (777) 329 7000. Ext. 7039. fcae@uaem.mx

Se expide el presente documento firmado electrónicamente de conformidad con el ACUERDO GENERAL PARA LA CONTINUIDAD DEL FUNCIONAMIENTO DE LA UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DEL ESTADO DE MORELOS DURANTE LA EMERGENCIA SANITARIA PROVOCADA POR EL VIRUS SARS-COV2 (COVID-19) emitido el 27 de abril del 2020.

El presente documento cuenta con la firma electrónica UAEM del funcionario universitario competente, amparada por un certificado vigente a la fecha de su elaboración y es válido de conformidad con los LINEAMIENTOS EN MATERIA DE FIRMA ELECTRÓNICA PARA LA UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE ESTADO DE MORELOS emitidos el 13 de noviembre del 2019 mediante circular No. 32.

Sello electrónico

VIRIDIANA AYDEE LEON HERNANDEZ | Fecha: 2023-08-29 23:34:57 | Firmante

jPVYkJEN3FXsOR1I9rbMkUUX/b3sineToYfBuPWBsEKMMsNlAxoDsYQcSfe+JG59QCotcjV3imGdFlxBUaqJjywkDem1xCXPu25ikgqeSxUFYoy/NDVS8T2uJQUT2O3pB2Irl3Z8WmWHol9zkcaOwVHrzoYtKliDZxVZFu06Fyg7i0FJlDLFDtnofueecrmSzBz1qPGLp8cL9+WJ7Ge/v0RSvR1yTtqUdmhToqNAeYdWuDp5vZvamBg67kS81MDEuMdGCXWHKzzq4nHIYUw/Zv3QLIENa4rh1OLyWaDwwczbPvDX2aOF9cwExynVV/OgqblaQiEm3WGxticyObvRjQ==

Puede verificar la autenticidad del documento en la siguiente dirección electrónica o
escaneando el código QR ingresando la siguiente clave:



dkFRXziN0

<https://efirma.uaem.mx/noRepudio/AkVLp874Hkzq3eCuHLWruQ6BlcIKg3XB>

Se expide el presente documento firmado electrónicamente de conformidad con el ACUERDO GENERAL PARA LA CONTINUIDAD DEL FUNCIONAMIENTO DE LA UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DEL ESTADO DE MORELOS DURANTE LA EMERGENCIA SANITARIA PROVOCADA POR EL VIRUS SARS-COV2 (COVID-19) emitido el 27 de abril del 2020.

El presente documento cuenta con la firma electrónica UAEM del funcionario universitario competente, amparada por un certificado vigente a la fecha de su elaboración y es válido de conformidad con los LINEAMIENTOS EN MATERIA DE FIRMA ELECTRÓNICA PARA LA UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE ESTADO DE MORELOS emitidos el 13 de noviembre del 2019 mediante circular No. 32.

Sello electrónico

CATALINA BUSTOSRIVERA BAHENA | Fecha:2023-08-31 11:41:08 | Firmante

uDXy2204UNunpn9lUAhsDmUw8huWiM/oJTtp+VTIY7v/ZWBHuuwcB9TGMTLgUyl8xG//L9MHu41to/rwmnB4oK/T3mNGTQvxhtStGsTdR11ZODTj6Kbvm2lqgNvPtKmYXgMwce
rR1P8ci45on21ThKwWGVTRS7hfMuWRJHr9v6AjpjmMNMVlKsaqYsN8pPjpmSnu0C7TBbkboofURjBd5jhfuEqBDMzCfoAAEVZq8/ezwehWEFvkl0VTZ8lYkxsvRA2TfLYwG3
7l0snvPaDV67KQMoHV7yFIP40JWdTOEG3MQTxmPTExzyE4Q8+8z3bhsRXK9JXP0DfDW9l5o3Q==

MARIANA SANCHEZ RAMOS | Fecha:2023-09-01 08:02:51 | Firmante

hdfFbykc+pEoCAhcep2V2pzjhq3Nife/+H7XywwzgvLq4TyVv1HjrFe5GZChmtYr4yKPElmcSDtnagQsGjuhtl3jaTQt8p+nkmXlrRaLyAdhT4LwStAO3V1PFKSD4cqDhS7lX8sYl9l3byq
f7gGgcNk7zjlnM4Wl9bsQcUkt4E351lCur8lO7mC7/Q6eFCspP9NULSgzMkRq3SY5gmY245YF9P0pnt5P7LxCzdZptCfAazkiLMC8FRyk6wmXW+H6F4FhWR+1TjZimDVvThmyufN
5gvp/PsXMKMuA0d8ksepww9MxryQDXDizJlgY4HbkLhiWCL2fzsSC6tL+7vZRg==

ROBERTO FLORES VELAZQUEZ | Fecha:2023-09-03 15:08:15 | Firmante

clGt2ol2YA3H4IntogjEUvrfGcXKKDj/1fqrOA/+qvy+9pau/ShlcRKh2Q9JTKwl0kGHASbkmW2bazvMmdGdMG9/WnZ+WV4y2AG4Txl0g2w5Y23yUQ9EmhQRP2KvZmTjxGtiZB
2lY8Wdg7gy8HaSURyEDqM0o3lX7UZ7A9VOlxlppQkf9Oq8wOzQUTZ8d7NQC3+VZCisiB2LA1yO1KSMUH9EvClaf/swEaWURBu+Ux5jE0aFOeh9jMdBAPxASQ4k4CVW SG6sg
Mpa7l5Mhdd/Ywk0A6DyP+WhcSabR6M8/bgk10EAFMbC/dELA+jD/JVP4gEF1yd1lNjeHtgNLzbQ==

CARMEN HENEFF GARCIA ESCOBAR | Fecha:2023-09-04 12:54:13 | Firmante

cWmUxc8Ynl/Ft+DnpX+IoRinV+GK/CBLfxEuF09fsJhDDY3rlheGCfElZIWGXwVJg5hwct6MpdK1xM3wcBFHU/HrrUJYqW2ZZcttvWs0eEU0melxw7kEMdrv0mUu/cp7mBUbvRB8
ns3xR3jZvoOWJEb6Bzw6DsQYDAsmPZmDKewQohwrABLiUGdWZiJYXvSwxuWEOEZypPL85k9MEaVTOdCr9TfQqY3uLn5ZZFqIL47TntOha+wuJByt08FQTJs7M5agCRJ//m
hfUKtY6OKYlxcexu2UJxqxQDQoZ3d+Ry0Pwgn5bYH8fG/TUbeCUsoQxBDAJOvblmSKqfrXX+AA==

FERNANDA MORALES GUZMAN | Fecha:2023-09-05 18:58:54 | Firmante

sr14rlCHPj5ljbZU+FnDrZelBJjJvOmBRySdD2PafinvfugmWRpdJBwQUR9HABE0rIrljKP/K6/NxhPXJEMHF/KYDV0QNR/cluTBG20ej9L900L9vM97pTIQT0KLTaEm55MPEfbX
Cu6VFYkFsBaPM2sL7t1ZPbkXdR3RwYbtWFHZNvzFm22fZDqURFGmqPs/xERwMXIC4kFK0FujypoUZ+0xV/t5e/zL6EQTq0YPv6GfLThsv7WpGVwHH0tA+NDd9TLJMn6BB9R
Fu75JaiqWn8297ZqYJLuHe9rrsNH9VcWPNVbRsBJikJcsoeOq8/2M/sG/Ph2mhSRY6zUbZuoA==

Puede verificar la autenticidad del documento en la siguiente dirección electrónica o
escaneando el código QR ingresando la siguiente clave:



6YKv38PGH

<https://efirma.uaem.mx/noRepudio/R46mVPFzpgfKJaWzcpSLW6g3zogA15tP>

