

**UNIVERSIDAD NACIONAL HERMILIO VALDIZÁN**

**FACULTAD DE INGENIERÍA INDUSTRIAL Y SISTEMAS  
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA INDUSTRIAL**



---

**ESTANDARIZACIÓN DEL PROCESO DE FILTRADO EN EL  
FILTRO DE PRENSA PARA LA REDUCCIÓN DE HUMEDAD  
DEL CONCENTRADO COBRE, PLOMO Y ZINC. J&H  
INGENIEROS S.A.C. - SOCIEDAD MINERA EL BROCAL.  
COLQUIJIRCA-PASCO.**

---

**TESIS PARA OPTAR TITULO DE INGENIERO INDUSTRIAL  
TESISTA**

**Bach. Ing. Ind. Javier Jonny JURADO ROSALES**

**ASESOR**

**Dr. Adam FRANCISCO PAREDES**

**HUANUCO – PERÚ**

**2019**

## **DEDICATORIA**

Dedico la presente tesis a mis padres Dionisio y Alfonsa, por su inmenso apoyo en todas las etapas de mi vida, inculcándome siempre el afán por la superación

## **AGRADECIMIENTOS**

De manera especial al dueño de la empresa J&H Hans Huaman Huacho, quien me dio la gran oportunidad de ser parte de su empresa e iniciarme laboralmente en la industria minera, por su apoyo intelectual sin ningún tipo de restricciones y por todas las facilidades que me dio para la realización de la presente tesis.

A la Sociedad Minera el Brocal Colquijirca - Pasco por su apoyo y autorización en la realización de la presente tesis.

A los docentes de la FIIS, quienes fueron parte de mi formación profesional, de manera muy especial al Dr Jorge R. Hilario Cardenas por sus consejos profesionales y de vida inculcándome siempre a ser una persona íntegra y con valores.

A todas las personas que de una u otra manera me apoyaron en la realización de la presente tesis.

A mi familia, por su ejemplo de integridad y honestidad; por su apoyo en todo momento de mi formación personal y profesional.

Gracias a todos ustedes, hoy presento la presente tesis.

## RESUMEN

La presente Tesis tiene por finalidad fijar estándares como son tiempos mínimos de filtrado, densidad del concentrado antes del filtrado, presión de aire al momento del filtrado. El objetivo de la presente investigación es la estandarización del proceso de filtrado en el filtro de prensa a fin de reducir el porcentaje humedad del concentrado de cobre, plomo y zinc. En Sociedad Minera el Brocal Colquijirca - Pasco. Para llegar a este objetivo se ha realizado diversos ensayos con tiempos, densidades y presiones de aire, así como también se ha observado el comportamiento del personal (filtreros) los cuales están a cargo del manejo del filtro de prensa en Sociedad Minera el Brocal Colquijirca – Pasco.

El proceso de filtrado es la última etapa por la cual pasa en mineral antes de ser obtenido como producto terminado (pt). Este producto tiene que ser de buena calidad a fin de ser vendido rápidamente a nuestros proveedores y continuar con la producción y evitar el stockeo.

Sociedad minera el brocal estuvo atravesando mala calidad en su producto final del concentrado de cobre, plata y zinc, debido a que este producto se estaba obteniendo con un porcentaje de humedad alto el cual no estaba apto para su venta inmediata, incurriendo en un secado externo el cual demandaba un costo adicional no previsto dentro de las operaciones.

Realizo una serie de ensayos de interacción hombre- máquina a fin de llegar a la estandarización de tiempos, densidades y presiones de aire los cuales pongo a conocimiento a fin de que se pueda implementar en nuevas unidades mineras las cuales van a iniciar operaciones.

Palabras clave: Estandarización, concentrado, parámetros, porcentaje de humedad, actitudes del personal.

## **ABSTRACT**

The purpose of this Thesis is to set standards such as minimum filtering times, density of the concentrate before filtering, air pressure at the time of filtering. The objective of the present investigation is the standardization of the filtering process in the press filter in order to reduce the moisture percentage of the copper, lead and zinc concentrate. In mining company el Brocal Colquijirca - Pasco. To reach this objective, various tests have been carried out with times, densities and air pressures, as well as the behavior of personnel (filters) who are in charge of handling the press filter in the mining company el Brocal Colquijirca – Pasco.

The filtering process is the last stage through which it passes in ore before being obtained as a finished product (pt). This product has to be of good quality in order to be sold quickly to our suppliers and continue production and avoid stocking.

The mining Company el Brocal was going through poor quality in its final product of the copper, silver and zinc concentrate, because this product was being obtained with a high humidity percentage which was not suitable for immediate sale, incurring in an external drying which demanded an additional cost not foreseen within the operations.

I carry out a series of human-machine interaction tests in order to reach the standardization of air times, densities and pressures, which I make known so that it can be implemented in new mining units which will start operations.

**Key words:** Standardization, concentrate, parameters, humidity percentage, staff attitudes.

## ÍNDICE

INTRODUCCIÓN .....	ix
GENERALIDADES .....	xii
TÍTULO DE LA INVESTIGACIÓN: .....	xii
TESISTA:.....	xii
ASESOR: .....	xii
CAPITULO I.....	13
I. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA .....	13
1.1. Antecedentes y fundamentación del problema. ....	13
1.2. Formulación del problema. ....	14
1.2.1 Problema General:.....	14
1.3. OBJETIVOS .....	14
1.3.1 Objetivo General .....	14
1.3.2 Objetivos Específicos.....	14
1.4 Hipótesis General .....	15
1.4.1 Hipótesis.....	15
1.5 Sistema Dimensiones e Indicadores.....	15
1.5.1 Variable Independiente: .....	15
1.5.2 Variable Dependiente:.....	15
1.6 Cuadro Operacional de Variables, Dimensiones e Indicadores .....	15
1.7 Justificación e Importancia. ....	16
1.7.1 Justificación.....	16
1.7.2 Importancia .....	16
1.8 Limitaciones.....	16
1.9 Viabilidad.....	17
CAPITULO II .....	18
MARCO TEÓRICO.....	18
2.1 Antecedentes .....	18
2.2. Principales Leyes, Definiciones, Conceptos Fundamentales .....	20
2.2.1 Filtración de Concentrados .....	20
2.2.2 Procesos Industriales.....	26
2.3 Marco Situacional .....	41
2.4 Conceptualización de Términos.....	42

2.5	DEFINICIONES CONCEPTUALES .....	53
CAPITULO III .....		56
MARCO METODOLÓGICO .....		56
3.1.	Nivel y Tipo de Investigación.....	56
3.2.	Diseño de la Investigación. ....	56
3.3.	Población y Muestra .....	56
3.4	Selección de la Muestra .....	57
CAPÍTULO IV .....		58
RESULTADOS .....		58
4.1	SITUACIÓN ACTUAL .....	58
4.2.	MEDIDAS DE POSESIÓN, DISPERSIÓN Y VARIABLES DE CALIDAD DEL PROCESO DEL FILTRADO DEL COBRE, PLOMO Y ZINC. ....	58
4.2.1	Variable de calidad del proceso de filtrado.....	59
4.2.2	Medidas de posición, dispersión .....	67
4.3	Proceso Productivo .....	68
4.3.1	Descripción del proceso .....	68
4.3.2	Ciclo de filtrado.....	71
4.3.3	Proceso de filtrado del concentrado de mineral .....	73
4.3.4	Puntos de medición de la densidad .....	75
4.3.6	Variable de medición: Densidad del concentrado.....	77
4.3.7	Variable de medición: Porcentaje de humedad del concentrado .....	78
4.4	Estandarizar los parámetros en el proceso .....	79
4.4.1	Válvulas.....	79
4.4.2	VERIFICACIÓN DEL ESTADO DE VÁLVULAS .....	80
4.4.3	Verificación de las mangueras del filtro de prensa .....	81
4.4.4	Verificación del cableado del filtro de prensa.....	82
4.4.5	Verificación del estado de sensores del filtro de prensa, faja de descarga y espesador .....	83
4.4.6	Toma de muestra de densidad del concentrado antes del filtrado del espesador .....	84
4.4.7	Verificación del manómetro para ver con que presión de aire se realiza el soplado en el filtro de prensa y cuarto de compresoras .....	85
4.4.8	Control de la programación de tiempos en panel view antes de cada filtrado .....	86
4.4.9	Verificación del porcentaje de humedad tomando muestras de la faja de descarga una vez concluido en proceso de filtrado .....	86
4.4.10	Verificación de las lonas de filtrado una vez concluido en proceso de .....	87
4.5	DISEÑO DEL PLAN PARA LA MEJORA CONTINUA.....	88

4.5.1. Objetivos .....	88
4.5.2 Área a implementarse.....	88
4.5.3 Acciones y recursos necesarios .....	89
4.5.4 Control .....	92
CAPÍTULO V .....	93
5 DISCUSIÓN O CONTRASTACIÓN DE RESULTADOS .....	93
CONCLUSIONES .....	96
SUGERENCIAS .....	98
REFERENCIA BIBLIOGRAFIA .....	99
ANEXOS .....	100



## INTRODUCCIÓN

Para llevar a cabo la presente tesis sobre **ESTANDARIZACIÓN DEL PROCESO FILTRADO EN EL FILTRO DE PRENSA PARA LA REDUCCIÓN DE HUMEDAD DEL CONCENTRADO COBRE, PLOMO Y ZINC. J&H INGENIEROS S.A.C. - SOCIEDAD MINERA EL BROCAL. COLQUIJIRCA-PASCO.** . Se ha tenido en cuenta las siguientes investigaciones.

Jerí Gómez, Antonio, et al. En su tesis titulada “Planeamiento Estratégico de la Logística de Exportación de Concentrados de Minerales”, para optar el grado de Magíster en Administración de Negocios Globales, en la Pontificia Universidad Católica del Perú. Lima. 2015, se fijaron como objetivos de la investigación

. El Sector Logístico de Exportación de Concentrados de Minerales es una industria atractiva que está conformada por tres empresas: Perubar, Impala Terminal, y TISUR

Camargo Rodríguez, Jorge Armando, en su tesis titulada “Estandarización de métodos de operación minera en la Empresa Agrocoal S.A.S., en el Municipio de Socha, Departamento de Boyacá”. 2015, para optar al título de Ingeniero en Minas en la modalidad de Práctica Con Proyección Empresarial, en la Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia Seccional Sogamoso Escuela Ingeniería de Minas se fijó como objetivo “Estandarizar los métodos de operación minera en la empresa AGROCOAL S.A.S.,

La principal desventaja de los filtros a vacío, comparados con los filtros de presión, es la menor diferencia de presión que se alcanza para el proceso, lo que se acentúa en operaciones a gran altura. Para compensar esta deficiencia se han desarrollado los llamados filtros hiperbáricos, que puede ser un filtro de discos, de tambor o de banda, inmerso en una cámara presurizada, lo que permite aplicar una mayor diferencia de presión que la alcanzable con el vacío convencional.” (Boletín minero 1300. 2016. 31)

Para la investigación se ha formulado el problema de la siguiente manera:  
¿Cuál será la estandarización del proceso de filtrado en el filtro de prensa para la reducción de humedad del concentrado cobre, plomo y zinc? J&H Ingenieros S.A.C. - Sociedad Minera el Brocal?

El motivo principal del estudio, fue reducir el porcentaje de humedad del concentrado de cobre, plomo y zinc a fin de obtener un concentrado de óptima calidad listo para la venta directa.

El objetivo principal fue: establecer e implementar herramientas para estandarizar el proceso de filtrado de prensa para la reducción de humedad del concentrado cobre, plomo y zinc.

El marco teórico se ha establecido teniendo en cuenta los fundamentos y los enfoques relacionados con el tema en general.

La hipótesis general fue, la estandarización del proceso filtrado en el filtro de prensa permitirá la reducción de humedad del concentrado cobre, plomo y zinc.

De la misma manera, para el estudio del problema de investigación, el trabajo se ha estructurado de la siguiente manera:

CAPÍTULO I: PLANTEAMIENTO DE PROBLEMA, En este capítulo se presenta los antecedentes y la fundamentación del problema, así como la formulación de problema, los objetivos que alcanzara la investigación, la hipótesis, variable, la justificación e importancia, así como las limitaciones de la presente investigación.

CAPITULO II: MARCO TEÓRICO, en esta parte de la investigación presentamos los antecedentes a nivel nacional como internacional, el fundamento teórico en el cual están todas las bases para el proceso de filtrado de concentrado de cobre, plomo y zinc.

CAPITULO III: MARCO METODOLÓGICO, esta parte de la investigación, está determinado por el tipo y nivel de investigación, diseño de la investigación, determinación del universo/población, la selección de la muestra, las técnicas e instrumentos de recolección de datos, como parte final el procesamiento y la presentación de datos

CAPÍTULO IV: están incluidos todos los resultados los cuales hemos llegado a alcanzar en la presente tesis, analizándolos e interpretándolos e indicando los porcentajes óptimos de humedad propuestos a fin de reducir el porcentaje de humedad del concentrado de cobre plomo y zinc

CAPITULO V: Esta comprendido con la discusión y contrastación de los resultados, los cuales.

Para concluir con la presente tesis se muestra al final las conclusiones y sugerencias, las referencias bibliográficas, concluyendo con los anexos (tablas y gráficos obtenidos).

## **GENERALIDADES**

### **TÍTULO DE LA INVESTIGACIÓN:**

Estandarización del proceso filtrado de prensa para la reducción de humedad del concentrado cobre, plomo y zinc. J&H Ingenieros S.A.C. - Sociedad Minera el Brocal. Colquijirca - Pasco.

### **TESISTA:**

Bach. Ing. Ind. Javier Jonny JURADO ROSALES

### **ASESOR:**

Dr. Adam FRANCISCO PAREDES

## **CAPITULO I**

### **I. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA**

#### **1.1. Antecedentes y fundamentación del problema.**

La demanda mundial de los metales se mantiene fluida, principalmente la del cobre, plomo y zinc. China sigue comprando enormes cantidades en el proceso de industrialización en el que está involucrada ya desde hace algunas décadas, esta situación permite que los precios de exportación de este recurso, se mantengan con una leve tendencia al alza, pero también se aprecia que, los requerimientos de calidad son cada vez mayores, la creciente oferta de este metal incide en este tema, premisas que en la práctica obliga a las empresas mineras a ser mucho más eficaces y eficientes en todos sus procesos, de manera tal que el producto final sea el más adecuado a las necesidades y requerimientos del comprador, nuestro país como uno de los principales productores mundiales del cobre, plomo y zinc, tiene este reto, razón por la cual el proceso de sensibilización en todos los estamentos de las empresas mineras está generando ideas innovadoras, con la finalidad de mejorar los procesos productivos, y con ello el producto final, en la Sociedad Minera el Brocal S.A.A. se ha podido observar que en los últimos tiempos tiene un problema debido a que, el porcentaje de humedad del concentrado cobre, plomo y zinc se ha elevado fuera de los estándares óptimos obteniendo un producto de mala calidad, lo que no permite una venta directa en al mercado nacional o extranjero, puesto que para que el producto sea de óptima calidad, se tiene que recurrir a terceros para realizar el secado del concentrado de mineral y esta operación le incurre en un

costo adicional de 35 \$ por tonelada como se puede ver se obtiene un producto con alto porcentaje de humedad, el cual ocasiona sobrecostos, reduce su participación en el mercado como producto de buena calidad, al no poder controlar y reducir el alto porcentaje de humedad del concentrado de cobre plomo y zinc y obtener un producto de óptima calidad al final de la línea de producción del mineral, si no tomamos medidas correctivas, la perdida en ventas y por consiguiente, la participación en el mercado se acrecentarán, lo que como es obvio pone en peligro su sobrevivencia en el mundo empresarial, es por esta razón que se propone realizar un trabajo de investigación que involucre el diagnóstico, control y estandarización de parámetros en el filtro de prensa con el objetivo de reducir el porcentaje de humedad del concentrado, contribuyendo con ello a obtener un producto de buena calidad.

## **1.2. Formulación del problema.**

### **1.2.1 Problema General:**

¿Cuál será la estandarización del proceso de filtrado en el filtro de prensa para la reducción de humedad del concentrado cobre, plomo y zinc? J&H Ingenieros S.A.C. - Sociedad Minera el Brocal?

## **1.3. OBJETIVOS**

### **1.3.1 Objetivo General**

Establecer e implementar herramientas para estandarizar el proceso de filtrado en el filtro de prensa para la reducción de humedad del concentrado de cobre plomo y zinc, en J&H Ingenieros S.A.C. para Sociedad Minera el Brocal Colquijirca - Pasco.

### **1.3.2 Objetivos Específicos**

a) Recopilar datos históricos y actuales del proceso de filtrado del cobre, plomo y zinc, procesarlos y

determinar sus medidas de posición, dispersión y formar las variables de calidad.

- b) Diagramar el proceso productivo, identificar sus puntos de medición y fuentes de variación.
- c) Estandarizar las actividades y tareas inherentes al proceso de filtrado del cobre, plomo y zinc
- d) Diseñar y documentar los controles necesarios para asegurar el mejoramiento continuo del proceso productivo.

#### 1.4 Hipótesis General

##### 1.4.1 Hipótesis.

La estandarización del proceso filtrado en el filtro de prensa permitirá la reducción de humedad del concentrado cobre, plomo y zinc.

#### 1.5 Sistema Dimensiones e Indicadores

##### 1.5.1 Variable Independiente:

Estandarización del proceso filtrado de prensa

##### 1.5.2 Variable Dependiente:

Humedad del concentrado cobre, plomo y zinc

#### 1.6 Cuadro Operacional de Variables, Dimensiones e Indicadores

VARIABLE	DIMENSIONES	INDICADORES
V.I.  Estandarización del proceso filtrado de prensa.	Cierre de prensa	Presión autorregulada por la filtración
	Rellenado	Tiempo
	Filtración	Tiempo
	Apertura de filtro	Velocidad
	Limpieza	Tiempo

<b>V. D.</b>		
Humedad del concentrado de cobre, plomo y zinc.	Concentrado minero de cobre, plomo, zinc	Humedad del concentrado minero de cobre, plomo, zinc.

## **1.7 Justificación e Importancia.**

### **1.7.1 Justificación**

Teniendo presente que las justificaciones de una investigación pueden ser de orden teórica, práctica o metodológica, la tesis a desarrollar tiene justificación práctica (Bernal: 2005, 104) debido a que estamos proponiendo un documento que contenga la estandarización del proceso de filtrado en el filtro de prensa el cual reducirá la humedad del concentrado de cobre, plomo y zinc. J&H Ingenieros S.A.C. – para Sociedad Minera el Brocal.

### **1.7.2 Importancia**

Esta investigación al concluirse generaría un valor agregado que permitiría a la Sociedad Minera el Brocal, mejorar el producto final, es reducir la humedad del concentrado mineral de cobre, plomo y zinc, con ello dejar de asumir los sobrecostos por la reprocesamiento por terceros del exceso de humedad y también permitiría mejorar su posicionamiento en este mercado tan competitivo.

## **1.8 Limitaciones**

No se encontró limitaciones para el desarrollo de la investigación.



## **1.9 Viabilidad**

El desarrollo de la presente investigación se contó con el apoyo y permiso de la minera para tener acceso a la información, así como el acceso al proceso de filtrado del cobre, plomo y zinc, y el financiamiento del trabajo de investigación correrá por cuenta del investigador. Por lo tanto, consideramos que la investigación propuesta es viable.

## CAPITULO II

### MARCO TEÓRICO

#### 2.1 Antecedentes

Capone Barraza, Marcelo Enrique, en su tesis titulada “Filtros de prensa para relaves”. 2016, para optar al grado de Magister en Gestión y Dirección de Empresas, en la Facultad de Ciencias Físicas y Matemáticas Departamento de Ingeniería Industrial de la Universidad de Chile; se trazó como objetivo “Analizar y comparar la tecnología de filtrado de relaves con filtros de prensa con el espesado de relaves de alta densidad, para hacer una evaluación más objetiva de lo que se realiza en la actualidad para el uso de la tecnología de filtrado de relaves en proyectos de concentración de minerales”, finalizada la investigación concluyo que “ Considerando solamente la depositación de relaves la tecnología de filtrado de relaves se visualiza como una opción más costosa tanto en inversión como en operación respecto de los relaves espesados. Sin embargo, esta es una alternativa, ya que dependiendo de diversos factores como son las características de los relaves, la topografía del lugar y las restricciones ambientales, puede llegar a ser atractiva.”, también concluye que “Ahora considerando la depositación de relaves y la recuperación de agua, se puede decir que se trata de una alternativa competitiva, que no puede dejar de evaluarse para un proyecto de planta concentradora.”

Jerí Gómez, Antonio, et al. En su tesis titulada “Planeamiento Estratégico de la Logística de Exportación de Concentrados de Minerales”, para optar el grado de Magíster en Administración de Negocios Globales, en la Pontificia Universidad Católica del Perú. Lima. 2015, se fijaron como objetivos de la investigación

“... se identificaron a las principales empresas dedicadas al servicio de exportación de concentrados de minerales, se estudió su situación actual y perspectivas futuras; posteriormente se definió la Visión, Misión, y Valores al horizonte 2025 y luego con la información recabada se elaboró el Planeamiento Estratégico de la Industria de la Logística de Exportación de Concentrados de Minerales en el Perú”, concluida la investigación llegaron a las siguientes tres conclusiones :

“1. El Sector Logístico de Exportación de Concentrados de Minerales en el Perú es competitivo y ha crecido de sostenidamente junto con el crecimiento económico del país. Su desarrollo está directamente alineado con las exigencias de la minería en el mundo. A 2014, continúa en la búsqueda de seguir incrementado valor a través de la utilización de nuevas tecnologías que le permita competir en el ámbito latinoamericano.

2. El Sector Logístico de Exportación de Concentrados de Minerales es una industria atractiva que está conformada por tres empresas: Perubar, Impala Terminal, y TISUR. El Sector tiene un rol principal en el desarrollo de la minería y representa el 59% del total de las exportaciones de esta.

3. El Sector tiene un alto potencial de crecimiento, dado el bajo número de participantes y debido a la cantidad de proyectos mineros aún en fase de exploración. Adicionalmente, el crecimiento sostenido de países como China y otros en el mundo serán favorables para el crecimiento sostenido del mismo.”

Camargo Rodríguez, Jorge Armando, 2015 en su tesis titulada “Estandarización de métodos de operación minera en la Empresa Agrocoal S.A.S., en el Municipio de Socha, Departamento de Boyacá”, para optar al título de Ingeniero en Minas en la modalidad de Práctica Con Proyección

Empresarial, en la Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia Seccional Sogamoso Escuela Ingeniería de Minas se fijó como objetivo “Estandarizar los métodos de operación minera en la empresa AGROCOAL S.A.S., en el municipio de Socha.”, al terminar la tesis llego a las conclusiones siguientes “Se ve que existen tiempos muertos para el cochero y el envasador del frente, lo que genera sobre costos y puede generar retrasos en los otros trabajadores.

La operación a la que mayor atención se le debe prestar es la de arranque de mineral, ya que es la operación crítica en el proceso.

Se evidencia la necesidad de controlar los tiempos de operación para mejorar la producción y poder cumplir con efectividad a los clientes.

Existen posibilidades de mejorar el proceso y así incrementar la producción actual, lo que servirá para abrirse a nuevos clientes.”

## **2.2. Principales Leyes, Definiciones, Conceptos Fundamentales**

### **2.2.1 Filtración de Concentrados**

“El producto final de las plantas de concentración se obtiene después de una última etapa de separación de sólido-líquido, que es la filtración. La alimentación a la filtración consiste en una pulpa con un 50 a 60% de contenido de sólidos, proveniente de una etapa de espesamiento, obteniéndose como producto un concentrado con una humedad del orden de 10%. Con esta humedad, el concentrado puede ser manejado adecuadamente en cancha para su posterior carguío, transporte y alimentación a las operaciones siguientes, normalmente en una fundición. El agua recuperada en la filtración se recircula a la planta.

Con la creciente necesidad de moliendas más finas para procesar minerales de leyes más bajas y más complejos, la exigencia en materia de filtrado también ha aumentado. Las pulpas que contienen partículas más finas filtran más lentamente, afectando negativamente el rendimiento del proceso, así como el objetivo de humedad del producto.” (Boletín minero 1300. 2016. 30)

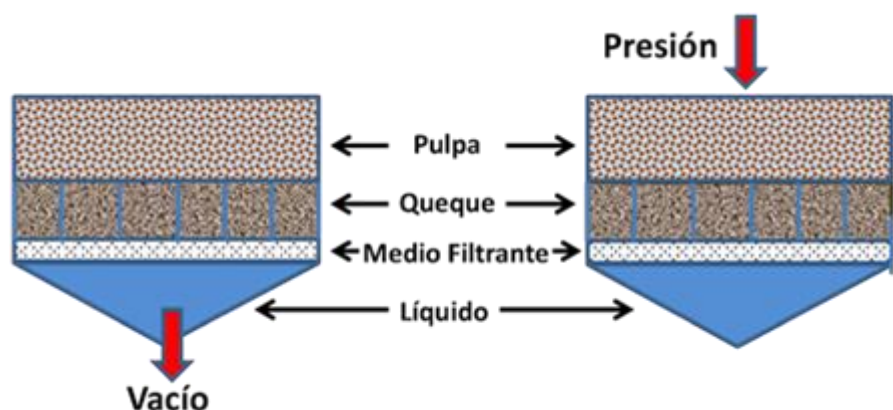
### **Proceso y equipos de filtración**

“La filtración es un proceso que separa sólidos de líquidos, usando un medio filtrante que retiene el sólido pero permite pasar el líquido. Para que esta separación sea posible se requiere que exista una diferencia de presión entre la cara anterior del medio filtrante, donde se alimenta la pulpa, y la cara posterior, lo que se consigue aplicando vacío o presión. Como resultado de esta operación se obtiene un líquido prácticamente libre de partículas, y un producto sólido con algún grado de humedad, denominado queque, que queda adherido al medio filtrante. En realidad, el medio filtrante actúa más bien como soporte del queque, ya que el verdadero filtro lo constituyen las capas del queque que progresivamente se va formando.

El medio filtrante se selecciona, principalmente, por su capacidad para retener los sólidos sin que se presente obstrucción, pero además debe ser mecánicamente fuerte, resistente a la corrosión y permeable al flujo del líquido filtrado, lo que se consigue con diferentes tipos de telas fabricadas de material textil, de fibra natural o sintética. El mercado ofrece una gran cantidad de medios filtrantes para seleccionar de acuerdo con la aplicación específica, lo que requiere la realización de pruebas de laboratorio para determinar la mejor opción.

Las pruebas de laboratorio no sirven sólo para seleccionar el medio filtrante, sino también para seleccionar la tecnología más adecuada para una aplicación dada. Para comparar diferentes tecnologías, el parámetro relevante es la tasa de filtración ( $\text{kg/h/m}^2$ ), lo que junto con los antecedentes de capex y opex permite seleccionar la mejor alternativa.

En cuanto a los equipos de filtración, éstos se diferencian de acuerdo con la forma de generar la diferencia de presión y la magnitud que esta alcanza, clasificándose en filtros de vacío y filtros de presión. En cualquier caso, la cantidad de queque que se forma depende de la concentración en peso de la pulpa, de la diferencia de presión y del tiempo de succión, y en el transcurso de este proceso existe un flujo continuo de líquido a través del medio filtrante y del queque. Con posterioridad viene una etapa de secado del queque, caracterizada por el desplazamiento del agua retenida en sus poros, soplando o succionando aire, finalizando con la descarga del queque, es decir su desprendimiento del medio filtrante.” (Boletín minero 1300. 2016. 30, 31)



## **Filtros de vacío**

“En la categoría filtros a vacío, los equipos principales son el filtro de tambor, el filtro de discos y el filtro de banda horizontal.

El filtro de tambor consiste en un tambor rotatorio, cubierto por la tela filtrante, con su parte inferior sumergida en la pulpa, la que al ser succionada desde el interior del tambor genera la evacuación del líquido a través de tuberías, en tanto que el sólido forma el queque en la superficie del tambor. Cuando el queque adherido emerge de la pulpa, el aire succionado cumple la función de secado, y antes que entre nuevamente a la pulpa se descarga con un mecanismo que raspa la superficie.

El filtro de discos consiste en un eje central que soporta un número determinado de discos conectados al equipo de vacío. Cada disco, formado por sectores, opera de manera similar al filtro de tambor, teniendo por ventaja una mayor superficie por unidad de área de piso ocupada, ya que cada disco permite filtrar por ambas caras. En lugar de que medio filtrante sea un tipo de tela, existen equipos que utilizan un material cerámico de alúmina micro poroso, conocidos como filtros cerámicos, los que requieren menor vacío que los filtros de discos, ya que para la adhesión del queque se utiliza el principio de la capilaridad.

El filtro de banda horizontal semeja una correa transportadora perforada conectada al vacío, con la banda formada por una tela filtrante. La pulpa se alimenta por gravedad sobre el filtro, y la filtración comienza inmediatamente por efecto de la presión de la capa de pulpa y el vacío. El queque formado se puede lavar agregando agua mientras se mantiene el vacío

La principal desventaja de los filtros a vacío, comparados con los filtros de presión, es la menor diferencia de presión que se alcanza para el proceso, lo que se acentúa en

operaciones a gran altura. Para compensar esta deficiencia se han desarrollado los llamados filtros hiperbáricos, que puede ser un filtro de discos, de tambor o de banda, inmerso en una cámara presurizada, lo que permite aplicar una mayor diferencia de presión que la alcanzable con el vacío convencional.” (Boletín minero 1300. 2016. 31)



### **Filtros de presión**

“La mayor diferencia de presión que se alcanza con estos equipos, ha motivado su desarrollo y aceptación en la industria minera, ya que permiten obtener queques con menor humedad y, con ello, minimizar el requerimiento de secado antes de ser alimentados, por ejemplo, a una fundición. Estos equipos son de tipo discontinuo, ya que deben detenerse para cargar la pulpa y para descargar el queque seco. Los equipos principales son los filtros prensa de placas verticales y los filtros prensa de placas horizontales.

En los filtros de prensa de placas verticales, las placas están montadas entre barras laterales, conectadas a un



cabezal fijo o alimentador, y a un cabezal de cierre, comprimiéndose por medio de un sistema hidráulico. Las placas dejan cámaras entre ellas, cubiertas de tela filtrante, a donde la pulpa se alimenta a presión, de manera que el líquido pasa la tela filtrante y drena por orificios en las placas. Al dejar de salir líquido, la filtración se detiene y el queque se remueve haciendo retroceder el pistón y separando las placas.

En los filtros de prensa de placas horizontales se tiene múltiples cámaras horizontales por donde pasa una tela filtrante continua. Cada cámara tiene en su parte superior un diafragma, y en su parte inferior un soporte de drenaje. Al estar las cámaras juntas (placas cerradas), la pulpa se alimenta a presión llenando la parte inferior de cada cámara. Luego se inyecta agua a presión en la parte superior, sobre el diafragma, presionando la pulpa para ayudar a la filtración y formación del queque. En la zona inferior se inyecta aire presionando el diafragma hacia arriba, para evacuar el agua y secar el queque. Por último se expanden las cámaras (placas abiertas) para iniciar el movimiento de la tela filtrante y provocar el desprendimiento del queque.” (Boletín minero 1300. 2016. 31-32)

### **Tendencias en filtración**

“No obstante que los principios básicos del proceso se mantienen, los equipos de filtración han evolucionado hacia equipos más sofisticados y de mayores capacidades y rendimientos, tendencia que seguramente continuará en los próximos años. La mayor sofisticación está asociada a mayores y mejores sistemas de control y automatización, en tanto que las mayores capacidades y rendimientos son la respuesta al creciente mayor tonelaje de mineral que se procesa en las plantas de concentración.

El aumento de la presión también es un objetivo buscado por los fabricantes de filtros. En esta línea se puede mencionar el desarrollo de los equipos denominados filtros prensa de tubos, diseñados para filtrar pulpas con sólidos muy finos para producir un queque con una humedad muy baja. La pulpa se alimenta en el espacio anular entre un tubo de filtro y un tubo exterior desde el cual se ejerce presión hidráulicamente a través de una membrana tubular que empuja el agua a través de perforaciones en el tubo de filtro, que es un tubo de acero perforado cubierto con un respaldo de malla de alambre fino y una tela de filtro. El líquido que se recoge en el conducto central se descarga con aire comprimido.

Por otra parte, no obstante que la filtración se asocia fundamentalmente al manejo de concentrados, algunas empresas mineras han considerado otras aplicaciones, tales como el manejo de relaves. Esta opción ha sido considerada por motivos ambientales y de seguridad, como lo son maximizar la recuperación y recirculación de agua en zonas áridas, y optimizar la seguridad en la disposición de los relaves, todo lo cual puede facilitar la aprobación de los proyectos.” (Boletín minero 1300. 2016. 32)

### **2.2.2 Procesos Industriales**

Todo este ítem fue tomado del paper “Mejora de procesos: Método de las ocho fases” de Bryan Salazar López, en el sitio web ingeniería industrial online.

“Un proceso es comprendido como todo desarrollo sistemático que conlleva una serie de pasos ordenados u organizados, que se efectúan o suceden de forma alternativa o simultánea, los cuales se encuentran estrechamente relacionados entre sí y cuyo propósito es llegar a un resultado preciso. Desde una perspectiva

general se entiende que el devenir de un proceso implica una evolución en el estado del elemento sobre el que se está aplicando el mismo hasta que este desarrollo llega a su conclusión.

De esta forma, un proceso industrial acoge el conjunto de operaciones diseñadas para la obtención, transformación o transporte de uno o varios productos primarios.

De manera que el propósito de un proceso industrial está basado en el aprovechamiento eficaz de los recursos naturales de forma tal que éstos se conviertan en materiales, herramientas y sustancias capaces de satisfacer más fácilmente las necesidades de los seres humanos y por consecuencia mejorar su calidad de vida.

### **Clasificación de los procesos**

Antes de centrarse en la clasificación de los procesos de manufactura, es adecuado tomarse un tiempo para mirar cuantos elementos se encuentran a nuestro alrededor, y transportarnos hacia el ¿cómo fueron obtenidos?, ya que es muy probable que no los encontrará en la naturaleza tal y como se encuentran a su alrededor.

La producción en general comprende una extensa variedad de procesos de manufactura, y es muy común encontrar más de un proceso de transformación capaz de lograr un mismo producto.

En este módulo clasificaremos los procesos industriales de la siguiente manera:

- Procesos de Conformado
- Procesos de Fundición
- Procesamiento de Polímeros
- Procesos de Maquinado y Acabado
- Procesos de Unión

### **Mejora de procesos: Método de las ocho fases**

Es común en la actualidad escuchar el término "servicio completo", y este implica que la producción y prestación de bienes y servicios alcancen un grado de conformidad y satisfacción en todos los procesos que componen la cadena de valor, desde los procesos que afectan la calidad del producto o la prestación del servicio, como los procesos que inciden en el soporte, la postventa y los servicios complementarios.

Como es lógico, pensar en que todos los factores que inciden en la prestación de un servicio alcancen un 100% de conformidad es algo sumamente complejo, sin embargo se convierte en una gran oportunidad de mejora, en una filosofía de trabajo bajo la premisa de que "todo puede hacerse mejor".

### **Modelo de las ocho fases (8D)**

El modelo de las ocho fases, también conocido como método 8D, corresponde a una metodología sistematizada para la aplicación de mejoras en los procesos, sobre la base de la mejora enfocada. Los procesos susceptibles de abordarse con esta metodología pueden relacionarse con proyectos de:

- Reingeniería de procesos.
- Gestión de la Calidad Total.
- Gestión de operaciones y muchos más.

La implementación de un grupo de mejora de procesos por medio de la metodología de las ocho fases se basa en los pilares de la mejora continua, al pretender que las mejoras que se obtengan sean incrementales y sostenibles, que involucren a todo el personal de la empresa y sin incurrir en inversiones intensivas; sin embargo, varía en el hecho de que el planteamiento de los objetivos de mejora y sus correspondientes indicadores de rendimiento, son

establecidos por la dirección de mejoramiento, es decir, mejora enfocada.

Las fases que componen la metodología 8D son:

1. Formación del grupo de mejora (equipo)
2. Definición del problema
3. Implementación de soluciones de contención
4. Medición y análisis: Identificación de las causas raíces
5. Análisis de soluciones para las causas raíces
6. Elección e implementación de soluciones raíces (comprobación)
7. Prevención de re ocurrencias del problema y causas raíces
8. Reconocimiento del equipo de mejora

### **Fase 1: Formación del equipo de trabajo**

El método de las ocho fases puede desarrollarse de forma individual o colectiva, y los criterios sobre los cuales se sustenta la decisión de conformar un equipo de trabajo son principalmente la complejidad del problema y/o su criticidad.

- Problema complejo: Situación cuyas causas y soluciones no son obvias, y se precisa de la interacción de varios individuos para definir correctamente el problema, y buscar medidas que lo mitiguen desde diferentes puntos de vista.
- Problema crítico: Situación de alto impacto en los procesos, en la que los errores tienen un alto costo, y los grados de responsabilidad son mayores.

Al abordar la mejora de procesos de forma colectiva, debemos decidir acerca de qué tipo de equipos vamos a conformar, y existen a grandes rasgos, dos tipos de estructuras de conformación muy interesantes para esta metodología.

1. Estructura de proyectos clásica: Estos equipos se caracterizan por tener un responsable del proyecto, quien trabaja a tiempo completo en el mismo; el resto de integrantes que conforman el equipo alternan su tiempo entre sus actividades diarias, y las actividades del proyecto; tiene una duración habitual de aproximadamente 4 a 16 semanas.
2. Estructura de proyectos Kaizen: Estos equipos se caracterizan por tener un responsable o coordinador que se encarga de gestionar diferentes equipos en la organización (Kaizen teams); los integrantes del equipo trabajan a tiempo completo en el proyecto (fuera de línea); tiene una duración habitual de aproximadamente 1 a 2 semanas.

### **Constitución del equipo y perfil de los integrantes**

Tal y como se ha expresado, la razón de ser de abordar la mejora de procesos de forma colectiva radica en la necesidad de establecer diversos puntos de vista, es por ello que citaremos unas pautas de constitución de un grupo de mejora de procesos:

- Normalmente un grupo de mejora de procesos lo componen entre 4 y 8 personas (dependiendo de la situación)
- Siempre debe encontrarse en el equipo mínimo dos personas de línea.
- Al grupo debe integrarse el responsable de línea.
- Siempre debe encontrarse en el equipo mínimo una persona de calidad.
- Siempre debe encontrarse en el equipo mínimo una persona de seguridad.
- Al grupo debe integrarse un miembro de mantenimiento (de aplicar)

- Debe encontrarse en el equipo mínimo una persona de financiera (de aplicar).
- Debe integrarse al equipo un responsable de métodos o procesos.

Debemos considerar que entre más personas integren el grupo de mejora, este será más complejo de coordinar, por dicha razón, la selección de los integrantes debe efectuarse de una manera tal que se conforme un grupo multidisciplinar, y corto, recurriendo a personal que domine más de una habilidad requerida.

Además del personal implicado al que ya nos referimos, el grupo contará con el responsable del proceso de mejora, y es una práctica recomendada, en la medida de lo posible, deben de integrarse formadores o facilitadores de grupos de mejora, es decir, personal con conocimiento en la dinámica de grupos de mejora de procesos.

Una vez integrado el equipo de mejora de procesos, el coordinador del proyecto debe transmitir los límites que la dirección ha establecido como marco de autonomía para el grupo, en materia de presupuesto, tiempo, objetivos, entre otros. Acto seguido, y a la mayor brevedad, debe iniciar la fase de presentación del grupo, de tal forma que el equipo se conozca e integre de la manera más efectiva posible, así entonces, quedará conformado el equipo de mejora de procesos.

## **Fase 2: Definición del problema**

Una vez conformado el equipo de trabajo, la primera labor específica que debe efectuar el grupo consiste en definir el problema. Si bien es probable que al tratarse de mejora enfocada, la dirección ya haya determinado cual es el problema sobre el cual el grupo debe centrarse, dicha información es tan solo data que el equipo debe ordenar y

clasificar para una mejor comprensión de la situación, de tal forma que el grupo debe abordar:

- Definición del proceso o los procesos afectados.
- Definición de las variables y elementos que afectan el proceso.
- Objetivos de la mejora, para ello deben establecerse indicadores de rendimiento, de manera tal que las metas del grupo queden claramente especificadas.
- Limitaciones de presupuesto, tiempo y habilidades.
- Consolidar la definición del problema.

En el caso tal de que el problema no haya sido definido por parte de la dirección, y el grupo haya sido encargado de dicha labor, o como pautas generales para la dirección, recomendamos:

- NO abordar procesos de poco impacto con grupos de mejora enfocada
- NO abordar procesos en transición
- NO abordar proyectos a partir de la solución, el eje es el problema
- Aborde proyectos donde el inicio y el fin puedan establecerse
- Aborde proyectos en los que se sabe a ciencia cierta quienes son los responsables del proceso, y a quienes afecta
- Aborde proyectos que no se cambiarán en corto y mediano plazo
- Aborde proyectos cuya información pueda revelarse al equipo
- Aborde proyectos en los que la solución dependa del equipo y no incurra en autorizaciones complejas.

Recuerde que un buen proyecto de mejora enfocada debe:

- Producir ahorros de costos de funcionamiento



- Mejorar la productividad
- Reducir demoras
- Agilizar procedimientos de gestión
- Mejorar la calidad de los servicios
- En general, son buenos proyectos de mejora todos aquellos que eliminan los siete desperdicios de la mejora continua.

Para que el equipo de mejora realice una correcta presentación del problema y las variables que lo componen, existen una serie de técnicas que soportan estos procesos, técnicas vigentes tales como:

- Matriz es / no es
- Seis preguntas o más: Técnica del interrogatorio
- Diagramas del proceso
- Diagramas de recorrido

Con la aplicación de las anteriores técnicas el grupo debe estar en capacidad de definir de forma clara y precisa el problema, y proceder a la evaluación de medidas de contención en la siguiente fase.

### **Fase 3: Implementación de soluciones de contención**

Es común que los problemas tratados por los grupos de mejora de procesos se caractericen por cierto grado de criticidad y urgencia, y cuando las situaciones son urgentes, se hace necesario que el problema se acote, y sus síntomas se contengan, de esta forma evitaremos que el problema se agrave. Las situaciones que requieren un despliegue mayor del grupo en materia de establecimiento de medidas de contención son usualmente las relacionadas con la seguridad de los procesos, sin embargo, y aunque pareciera que las medidas de contención son todas positivas, debemos evitar un desplazamiento de la carga, es decir, un enfoque en soluciones sintomáticas que nos

alejen de la solución raíz, por ello se debe tener absoluta claridad acerca de cuándo es conveniente aplicar medidas de contención.

### **¿Cuándo aplicar medidas de contención?**

- Cuándo NO se altera el ritmo de trabajo
- Cuándo NO se empeora la situación, es por ello que debe analizarse con detenimiento que pasaría sí se aplica una medida de contención
- Cuándo NO es irreversible
- Cuándo NO consume recursos considerables, dado que es probable que nos aleje de la solución raíz
- Cuándo se puede de forma práctica medir el impacto de la iniciativa

Cabe resaltar, que en algunas ocasiones existen ideas prácticas, que parecen medidas de contención, y que terminan por resolver el problema; en dichos casos debe darse por concluida la mejora del proceso.

### **Fase 4: Medición y análisis: Identificación de las causas raíces**

Es común que luego de la aplicación de medidas respecto a las fallas que presentan los procesos, nos encontremos con situaciones en las que aparezcan expresiones como "¿Por qué no desaparece ese problema?", "¿Estaba seguro que eso había quedado solucionado?", "¿Otra vez, cuánto nos vamos a tardar en solucionar el mismo problema?". Estas expresiones son comúnmente derivadas del método tradicional que tenemos de solucionar nuestros problemas, solemos acudir a medidas centradas en los síntomas, y es habitual que no analicemos la estructura real del problema, razón por la cual, la fase de medición y

análisis es quizá la que mayor valor agregue en una metodología de mejora de procesos.

La primer tarea a la que se enfrenta el grupo de mejora de procesos en esta fase consiste en el cálculo de los indicadores de rendimiento, dichos indicadores (Kpi's) debieron ser establecidos en la definición del problema según se hayan establecido los objetivos del grupo, es una práctica recomendada no excederse de 4 indicadores, y centrar la atención del equipo en los más relevantes, para ello debe establecerse de forma clara:

- ¿Cuáles son los indicadores más representativos del proceso?
- ¿Cómo se calculan los indicadores?
- ¿Cómo se recolectan los datos que alimentan los indicadores?

A partir de la recolección de datos para los indicadores, y como proceso transversal de la fase, debe especificarse un "Plan de toma de datos", dicho plan debe responder las siguientes preguntas y aplicarse para cada tarea de la fase de medición y análisis:

- ¿Qué datos se van a tomar?
- ¿Cómo se van a tomar, cuál es el procedimiento y cuáles son las herramientas?
- ¿Cuántos datos se van a tomar?
- ¿Quiénes se encargarán de la toma de datos?

Cuando el grupo tiene la información respecto al comportamiento de los indicadores relevantes del proceso, este tiene la base del análisis causal de la situación problema, y a partir de la data debe iniciar el grupo un debate que conduzca a encontrar la causa o las causas raíces. Existen múltiples técnicas, muchas de ellas tradicionales y de uso común que facilitan el proceso de

análisis, una aplicación de técnicas recomendada es la siguiente:

1. Realizar una lluvia de ideas de las causas del problema con base en los indicadores de rendimiento.
2. Aplicar la técnica del interrogatorio sobre las causas encontradas.
3. Realizar un diagrama de causa y efecto (Ishikawa o espina de pescado)
4. Realizar un diagrama causal (sistémico) para establecer las relaciones existentes entre las causas, identificar ciclos reforzantes o de compensación producto de un cambio de las causas.
5. Identificar las causas raíces o situaciones detonantes del diagrama causal
6. Determinar la frecuencia e importancia de las causas, mediante un Pareto

Concluida esta fase el grupo está más focalizado que nunca, tiene claro cuáles son sus objetivos y que causas debe atacar para encontrar una solución definitiva del problema.

#### **Fase 5: Análisis de soluciones para las causas raíces**

La calidad de las alternativas de solución que se generen en esta fase, dependerán en gran medida de la conformación del grupo de mejoras, tanto por la integración de colaboradores técnicos, creativos, como por el conocimiento de campo que se tenga de los procesos. La coordinación del grupo de mejora deberá establecer el método de generación de ideas, para hacer de esta fase un procedimiento ordenado, para ello recomendamos dos de los principales métodos de generación de ideas:

- Juicio diferido: En el juicio diferido se listan todas las alternativas posibles de solución, cualquier idea es

válida y una vez concluida la fase de aportación se procede a filtrar sobre el listado de posibles soluciones.

- Generación - Filtro: Este método consiste en la discusión de cada alternativa que se aporte, es decir, en cuanto una alternativa es propuesta, inmediatamente es debatida.

La elección del mejor método consistirá en la preferencia acerca de cantidad versus calidad en las ideas, sin embargo, existen expertos que sugieren que el método de generación y filtro producen un sesgo sobre futuras alternativas, razón por la que recomiendan el juicio diferido. Una vez elegido el método de tratamiento de las alternativas, deberá procederse a la actividad principal de la fase, la generación de ideas. Existen una serie de pautas para lograr un elevado número de ideas para la mejora de procesos, aquí un listado de algunas:

- Copiando: ¿Qué hacen los mejores en estos procesos, tanto en mi empresa como en otras empresas?; ¿Qué soluciones han funcionado en proyectos similares?
- Optimizar lo que se tiene: Balancear actividades y estandarizar
- Innovando: Por ejemplo creativamente mediante el método SCRAMPER (Sustituir, Combinar, Adaptar, Modificar, Utilizar en otros usos, Eliminar, Reordenar)
- Pensamiento lateral: Soluciones creativas, no convencionales y flexibles. Utilizar la técnica de los seis sombreros es una gran alternativa.

Una vez el equipo haya conseguido filtrar las mejores alternativas de solución, siempre será conveniente modelar las mismas, ya sea por medio de potenciar lo positivo, minimizar lo negativo, o ajustar a las limitaciones del proceso. De igual forma, es una buena práctica intentar

combinar las alternativas de solución, de tal forma que pueda obtener una idea mejor.

### **Fase 6: Elección, implementación y comprobación de soluciones raíces**

Al igual que con el análisis de las causas, en la elección de las alternativas, debe existir una valoración, de manera tal que adoptemos las mejores soluciones incurriendo en el mínimo de inversión de recursos. Así entonces, la primera tarea de esta fase corresponde a reducir el listado de alternativas, y para ello es posible aplicar las siguientes técnicas:

- Diagramas de afinidad: Nos sirve para agrupar soluciones afines y evitar redundancia de alternativas.
- Filtro inicial, multi voto: Por medio de una votación el equipo elige las mejores alternativas, las cuales serán valoradas luego.
- Modelado de ideas: Usualmente una combinación de alternativas filtra el listado inicial y potencia algunas soluciones.

El paso siguiente corresponde a elegir qué ideas deben implementarse, muchas de ellas no será posible mediante un simple vistazo cuantitativo, de manera que el equipo deberá recurrir a técnicas de valoración, tales como:

- FMEA (Failure Modes and Effects Analysis) Análisis de fallas
- Comparación por pares
- Matriz de decisión
- Análisis Jerárquico Multicriterio (AHP), también utilizado en valoración de activos y muy recomendado.

Una vez el equipo ha elegido, según una valoración, las soluciones que se aplicarán, debe procederse a la implementación. En algunos casos es necesario comunicar

a la dirección y recibir la aprobación, esto dependerá del marco de autonomía que se establece en la fase de conformación del equipo de mejora de procesos. La dirección o junta de aprobación se sentirá con todos los elementos de juicio y aprobará o rechazará en breve dependiendo de la herramienta utilizada en la comunicación, para ello recomendamos la utilización de un "storyboard", que detalle desde la definición hasta la propuesta de la implementación de las alternativas.

### **Implementar y comprobar las soluciones**

El equipo de trabajo, dependiendo de los recursos, riesgos, criticidad del proceso y de la implementación de las alternativas, deberá decidir si implementar directamente o a través de una prueba piloto. La prueba piloto es el método más recomendado dado que nos ayuda a probar tanto la solución como el proceso de implementación, que en ocasiones suele ser complejo y nuevo, además, a partir de una prueba piloto puede realizarse una implementación por fases, primero de forma parcial, permitiendo una comprobación inicial de datos esperados, y luego dependiendo de dicha comprobación, efectuar una implementación total.

Para la comprobación es necesario que esta se realice con base en indicadores de rendimiento, usualmente, son los mismos indicadores que acompañaron la definición y el análisis de la mejora de procesos, ya en esta fase estos deben ser específicos, fiables y consensuados, de manera tal que permita al equipo determinar si la solución obtuvo los resultados esperados.

Como parte final de esta fase, es una buena práctica realizar un control de resultados, especificando claramente un antes y un después de la situación objetivo del grupo de mejora.

### **Fase 7: Prevención de la recurrencia del problema y causas raíces**

Existe una necesidad latente de que las mejoras aplicadas se sostengan en el tiempo, que las buenas prácticas adoptadas se conserven y que las situaciones o causas raíces del problema no se vuelvan a presentar. Además existe el compromiso de que el éxito del proceso de mejora pueda ser emulado. Para ello el equipo puede apoyarse de varias herramientas:

- Estandarización por medio de un POE: Un Procedimiento Operativo Estándar consiste en la documentación del nuevo proceso, en la cual se consideran los procedimientos, los mapas de proceso, los indicadores de supervisión, y el control del rendimiento actual.
- Lecciones de un punto OPL (One Point Lesson): Representaciones sencillas y breves de aquellos aspectos relevantes del proceso, utilizadas para transmitir conocimiento al equipo de trabajo.
- Storyboard, Makigamis: Documentación del proceso de mejora por medio de un guion gráfico en que se especifican las situaciones del antes, el después y se agregan lecciones de un punto.

### **Fase 8: Reconocimiento del equipo de mejora de procesos**

Si bien esta es considerada la última fase de la metodología de mejora de procesos, el reconocimiento es un pilar transversal que debe acompañar todo el proceso de mejora, de manera tal que el equipo pueda comunicar y celebrar sus pequeñas victorias, celebrar los éxitos iniciales y en la última fase comunicar y celebrar los resultados



finales. Es común utilizar el "storyboard" o el "makigami" del proyecto para reconocer los integrantes del equipo y éxito obtenido.

También es práctica frecuente en organizaciones bien estructuradas el efectuar reconocimientos tales como desayunos de congratulación o bonos aplicados en un "plan de ideas". Recuerde además, que el grupo conformado inicialmente ahora es un equipo de mejora de procesos, un gran activo que la compañía puede utilizar para proyectos futuros.”

### **2.3 Marco Situacional**

Sociedad minera el brocal Colquijirca – Pasco, es una de las principales unidades Mineras dedicada a la extracción, concentración y comercialización de minerales polimetálicos, el Brocal explota dos minas contiguas: Tajo Norte, operación a tajo abierto que produce minerales de plata, plomo y zinc; y Marcapunta-Norte, mina subterránea que produce minerales de cobre. El mineral extraído se procesa en dos plantas concentradoras, que actualmente cuentan con una capacidad instalada de tratamiento de 18,000 toneladas métricas por día. El Brocal cuenta asimismo con toda la infraestructura asociada requerida, como centrales hidroeléctricas, sub estaciones, talleres, almacenes, canchas de relaves, planta de tratamiento de aguas ácidas, viviendas y oficinas administrativas.

hoy en día, la competitividad en la industria minera se caracteriza por la habilidad de los operadores de producir concentrados o metal a bajo costo, debido a que las empresas no tienen capacidad de influir en los precios de venta. En tal sentido en últimos tiempos la empresa ha estado produciendo concentrados de mineral con *ALTO PORCENTAJE DE HUMEDAD*, con referente al concentrado de cobre, plomo y zinc, lo cual viene ocasionando perjuicios económicos, puesto

que, al querer obtener un producto con un porcentaje óptimo de Humedad, se ha tenido que recurrir a proveedores externos a fin de secar el concentrado de tal manera que este pueda alcanzar porcentajes de humedad óptimos a fin de obtener un producto de calidad y recién poder ser comercializado.

## **2.4 Conceptualización de Términos.**

### **El Cobre, Plomo y Zinc**

#### **El cobre**

Tomado de la página web de Lenntech, de la Universidad Técnica de Delft en los Países Bajos.

“Elemento químico, de símbolo Cu, con número atómico 29; uno de los metales de transición e importante metal no ferroso. Su utilidad se debe a la combinación de sus propiedades químicas, físicas y mecánicas, así como a sus propiedades eléctricas y su abundancia. El cobre fue uno de los primeros metales usados por los humanos.

La mayor parte del cobre del mundo se obtiene de los sulfuros minerales como la calcocita, covelita, calcopirita, bornita y enargita. Los minerales oxidados son la cuprita, tenorita, malaquita, azurita, crisocola y brocantita. El cobre natural, antes abundante en Estados Unidos, se extrae ahora sólo en Michigan. El grado del mineral empleado en la producción de cobre ha ido disminuyendo regularmente, conforme se han agotado los minerales más ricos y ha crecido la demanda de cobre. Hay grandes cantidades de cobre en la Tierra para uso futuro si se utilizan los minerales de los grados más bajos, y no hay probabilidad de que se agoten durante un largo periodo.

El cobre es el primer elemento del subgrupo Ib de la tabla periódica y también incluye los otros metales de acuñación, plata y oro. Su átomo tiene la estructura electrónica  $1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^6 3d^{10} 4s^1$ . El bajo potencial de ionización del electrón  $4s^1$  da por resultado una remoción fácil del mismo

para obtener cobre(I), o ion cuproso,  $\text{Cu}^+$ , y el cobre(II), o ion cúprico,  $\text{Cu}^{2+}$ , se forma sin dificultad por remoción de un electrón de la capa 3d. El peso atómico del cobre es 63.546. tiene dos isótopos naturales estables  $^{63}\text{Cu}$  y  $^{65}\text{Cu}$ . También se conocen nueve isótopos inestables (radiactivos). El cobre se caracteriza por su baja actividad química. Se combina químicamente en alguno de sus posibles estados de valencia. La valencia más común es la de 2+ (cúprico), pero 1+ (cuproso) es también frecuente; la valencia 3+ ocurre sólo en unos cuantos compuestos inestables.

Un metal comparativamente pesado, el cobre sólido puro, tiene una densidad de  $8.96 \text{ g/cm}^3$  a  $20^\circ\text{C}$ , mientras que el del tipo comercial varía con el método de manufactura, oscilando entre 8.90 y 8.94. El punto de fusión del cobre es de  $1083.0 (+/-) 0.1^\circ\text{C}$  ( $1981.4 +/- 0.2^\circ\text{F}$ ). Su punto de ebullición normal es de  $2595^\circ\text{C}$  ( $4703^\circ\text{F}$ ). El cobre no es magnético; o más exactamente, es un poco paramagnético. Su conductividad térmica y eléctrica son muy altas. Es uno de los metales que puede tenerse en estado más puro, es moderadamente duro, es tenaz en extremo y resistente al desgaste. La fuerza del cobre está acompañada de una alta ductilidad. Las propiedades mecánicas y eléctricas de un metal dependen en gran medida de las condiciones físicas, temperatura y tamaño de grano del metal.

De los cientos de compuestos de cobre, sólo unos cuantos son fabricados de manera industrial en gran escala. El más importante es el sulfato de cobre (II) pentahidratado o azul de vitriolo,  $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ . Otros incluyen la mezcla de Burdeos;  $3\text{Cu}(\text{OH})_2\text{CuSO}_4$ ; verde de París, un complejo de metaarsenito y acetato de cobre; cianuro cuproso,  $\text{CuCN}$ ; óxido cuproso,  $\text{Cu}_2\text{O}$ ; cloruro cúprico,  $\text{CuCl}_2$ ; óxido cúprico,  $\text{CuO}$ ; carbonato básico cúprico; naftenato de cobre, el agente más ampliamente utilizado en la prevención de la putrefacción de la madera, telas, cuerdas y redes de pesca.

Las principales aplicaciones de los compuestos de cobre las encontramos en la agricultura, en especial como fungicidas e insecticidas; como pigmentos; en soluciones galvanoplásticas; en celdas primarias; como mordentes en teñido, y como catalizadores.

La producción mundial de Cobre está todavía creciendo. Esto básicamente significa que más y más Cobre termina en el medioambiente. Los ríos están depositando barro en sus orillas que están contaminados con Cobre, debido al vertido de aguas residuales contaminadas con Cobre. El Cobre entra en el aire, mayoritariamente a través de la liberación durante la combustión de fuel. El Cobre en el aire permanecerá por un periodo de tiempo eminente, antes de depositarse cuando empieza a llover. Este terminará mayormente en los suelos, como resultado los suelos pueden también contener grandes cantidades de Cobre después de que esté sea depositado desde el aire.

El Cobre puede ser liberado en el medioambiente tanto por actividades humanas como por procesos naturales. Ejemplo de fuentes naturales son las tormentas de polvo, descomposición de la vegetación, incendios forestales y aerosoles marinos. Unos pocos de ejemplos de actividades humanas que contribuyen a la liberación del Cobre han sido ya nombrado. Otros ejemplos son la minería, la producción de metal, la producción de madera y la producción de fertilizantes fosfatados.

El Cobre es a menudo encontrado cerca de minas, asentamientos industriales, vertederos y lugares de residuos.

Cuando el Cobre termina en el suelo este es fuertemente atado a la materia orgánica y minerales. Como resultado este no viaja muy lejos antes de ser liberado y es difícil que entre en el agua subterránea. En el agua superficial el cobre

puede viajar largas distancias, tanto suspendido sobre las partículas de lodos como iones libres.

El Cobre no se rompe en el ambiente y por eso se puede acumular en plantas y animales cuando este es encontrado en suelos. En suelos ricos en Cobre sólo un número pequeño de plantas pueden vivir. Por esta razón no hay diversidad de plantas cerca de las fábricas de Cobres, debido al efecto del Cobre sobre las plantas, es una seria amenaza para la producción en las granjas. El Cobre puede seriamente influir en el proceso de ciertas tierras agrícolas, dependiendo de la acidez del suelo y la presencia de materia orgánica. A pesar de esto el estiércol que contiene Cobre es todavía usado.

El Cobre puede interrumpir la actividad en el suelo, su influencia negativa en la actividad de microorganismos y lombrices de tierra. La descomposición de la materia orgánica puede disminuir debido a esto.

Cuando los suelos de las granjas están contaminados con Cobre, los animales pueden absorber concentraciones de Cobre que dañan su salud. Principalmente las ovejas sufren un gran efecto por envenenamiento con Cobre, debido a que los efectos del Cobre se manifiestan a bajas concentraciones.”

### **El plomo**

Tomado de la página web de Lenntech, de la Universidad Técnica de Delft en los Países Bajos.

“Elemento químico, Pb, número atómico 82 y peso atómico 207.19. El plomo es un metal pesado (densidad relativa, o gravedad específica, de 11.4 s 16°C (61°F)), de color azulado, que se empaña para adquirir un color gris mate. Es flexible, inelástico, se funde con facilidad, se funde a 327.4°C (621.3°F) y hierve a 1725°C (3164°F). Las valencias químicas normales son 2 y 4. Es relativamente resistente al

ataque de los ácidos sulfúrico y clorhídrico. Pero se disuelve con lentitud en ácido nítrico. El plomo es anfótero, ya que forma sales de plomo de los ácidos, así como sales metálicas del ácido plúmbico. El plomo forma muchas sales, óxidos y compuestos organometálicos.

Industrialmente, sus compuestos más importantes son los óxidos de plomo y el tetraetilo de plomo. El plomo forma aleaciones con muchos metales y, en general, se emplea en esta forma en la mayor parte de sus aplicaciones. Todas las aleaciones formadas con estaño, cobre, arsénico, antimonio, bismuto, cadmio y sodio tienen importancia industrial.

Los compuestos del plomo son tóxicos y han producido envenenamiento de trabajadores por su uso inadecuado y por una exposición excesiva a los mismos. Sin embargo, en la actualidad el envenenamiento por plomo es raro en virtud de la aplicación industrial de controles modernos, tanto de higiene como relacionados con la ingeniería. El mayor peligro proviene de la inhalación de vapor o de polvo. En el caso de los compuestos organoplúmbicos, la absorción a través de la piel puede llegar a ser significativa. Algunos de los síntomas de envenenamiento por plomo son dolores de cabeza, vértigo e insomnio. En los casos agudos, por lo común se presenta estupor, el cual progresa hasta el coma y termina en la muerte. El control médico de los empleados que se encuentren relacionados con el uso de plomo comprende pruebas clínicas de los niveles de este elemento en la sangre y en la orina. Con un control de este tipo y la aplicación apropiada de control de ingeniería, el envenenamiento industrial causado por el plomo puede evitarse por completo.

El plomo rara vez se encuentra en su estado elemental, el mineral más común es el sulfuro, la galeana, los otros minerales de importancia comercial son el carbonato, cerusita, y el sulfato, anglesita, que son mucho más raros.

También se encuentra plomo en varios minerales de uranio y de torio, ya que proviene directamente de la desintegración radiactiva (decaimiento radiactivo). Los minerales comerciales pueden contener tan poco plomo como el 3%, pero lo más común es un contenido de poco más o menos el 10%. Los minerales se concentran hasta alcanzar un contenido de plomo de 40% o más antes de fundirse.

El uso más amplio del plomo, como tal, se encuentra en la fabricación de acumuladores. Otras aplicaciones importantes son la fabricación de tetraetilplomo, forros para cables, elementos de construcción, pigmentos, soldadura suave y municiones.

Se están desarrollando compuestos organoplúmbicos para aplicaciones como son la de catalizadores en la fabricación de espuma de poliuretano, tóxicos para las pinturas navales con el fin de inhibir la incrustación en los cascos, agentes biocidas contra las bacterias grampositivas, protección de la madera contra el ataque de los barrenillos y hongos marinos, preservadores para el algodón contra la descomposición y el moho, agentes molusquicidas, agentes antihelmínticos, agentes reductores del desgaste en los lubricantes e inhibidores de la corrosión para el acero.

Merced a su excelente resistencia a la corrosión, el plomo encuentra un amplio uso en la construcción, en particular en la industria química. Es resistente al ataque por parte de muchos ácidos, porque forma su propio revestimiento protector de óxido. Como consecuencia de esta característica ventajosa, el plomo se utiliza mucho en la fabricación y el manejo del ácido sulfúrico.

Durante mucho tiempo se ha empleado el plomo como pantalla protectora para las máquinas de rayos X. En virtud de las aplicaciones cada vez más amplias de la energía atómica, se han vuelto cada vez más importantes las aplicaciones del plomo como blindaje contra la radiación.

Su utilización como forro para cables de teléfono y de televisión sigue siendo una forma de empleo adecuada para el plomo. La ductilidad única del plomo lo hace particularmente apropiado para esta aplicación, porque puede estirarse para formar un forro continuo alrededor de los conductores internos.

El uso del plomo en pigmentos ha sido muy importante, pero está decreciendo en volumen. El pigmento que se utiliza más, en que interviene este elemento, es el blanco de plomo  $2\text{PbCO}_3 \cdot \text{Pb}(\text{OH})_2$ ; otros pigmentos importantes son el sulfato básico de plomo y los cromatos de plomo.

Se utilizan una gran variedad de compuestos de plomo, como los silicatos, los carbonatos y sales de ácidos orgánicos, como estabilizadores contra el calor y la luz para los plásticos de cloruro de polivinilo. Se usan silicatos de plomo para la fabricación de fritas de vidrio y de cerámica, las que resultan útiles para introducir plomo en los acabados del vidrio y de la cerámica. El azuro de plomo,  $\text{Pb}(\text{N}_3)_2$ , es el detonador estándar para los explosivos. Los arsenatos de plomo se emplean en grandes cantidades como insecticidas para la protección de los cultivos. El litargirio (óxido de plomo) se emplea mucho para mejorar las propiedades magnéticas de los imanes de cerámica de ferrita de bario.

Asimismo, una mezcla calcinada de zirconato de plomo y de titanato de plomo, conocida como PZT, está ampliando su mercado como un material piezoeléctrico.

El Plomo ocurre de forma natural en el ambiente, pero las mayores concentraciones que son encontradas en el ambiente son el resultado de las actividades humanas.

Debido a la aplicación del plomo en gasolinas un ciclo no natural del Plomo tiene lugar. En los motores de los coches el Plomo es quemado, eso genera sales de Plomo (cloruros, bromuros, óxidos) se originarán.



Estas sales de Plomo entran en el ambiente a través de los tubos de escape de los coches. Las partículas grandes precipitarán en el suelo o la superficie de aguas, las pequeñas partículas viajarán largas distancias a través del aire y permanecerán en la atmósfera. Parte de este Plomo caerá de nuevo sobre la tierra cuando llueva. Este ciclo del Plomo causado por la producción humana está mucho más extendido que el ciclo natural del plomo. Este ha causado contaminación por Plomo haciéndolo en un tema mundial no sólo la gasolina con Plomo causa concentración de Plomo en el ambiente. Otras actividades humanas, como la combustión del petróleo, procesos industriales, combustión de residuos sólidos, también contribuyen.

El Plomo puede terminar en el agua y suelos a través de la corrosión de las tuberías de Plomo en los sistemas de transportes y a través de la corrosión de pinturas que contienen Plomo. No puede ser roto, pero puede convertirse en otros compuestos.

El Plomo se acumula en los cuerpos de los organismos acuáticos y organismos del suelo. Estos experimentarán efectos en su salud por envenenamiento por Plomo. Los efectos sobre la salud de los crustáceos pueden tener lugar incluso cuando sólo hay pequeñas concentraciones de Plomo presente.

Las funciones en el fitoplancton pueden ser perturbadas cuando interfiere con el Plomo. El fitoplancton es una fuente importante de producción de oxígeno en mares y muchos grandes animales marinos lo comen. Este es por qué nosotros ahora empezamos a preguntarnos si la contaminación por Plomo puede influir en los balances globales. Las funciones del suelo son perturbadas por la intervención del Plomo, especialmente cerca de las autopistas y tierras de cultivos, donde concentraciones

extremas pueden estar presente. Los organismos del suelo también sufren envenenamiento por Plomo.

El Plomo es un elemento químico particularmente peligroso, y se puede acumular en organismos individuales, pero también entrar en las cadenas alimenticias.”

## **Zinc**

Tomado de la página web de Lenntech, de la Universidad Técnica de Delft en los Países Bajos.

“Elemento químico de símbolo Zn, número atómico 30 y peso atómico 65.37. Es un metal maleable, dúctil y de color gris. Se conocen 15 isótopos, cinco de los cuales son estables y tienen masas atómicas de 64, 66, 67, 68 y 70. Cerca de la mitad del zinc común se encuentra como isótopo de masa atómica 64.

Los usos más importantes del zinc los constituyen las aleaciones y el recubrimiento protector de otros metales. El hierro o el acero recubiertos con zinc se denominan galvanizados, y esto puede hacerse por inmersión del artículo en zinc fundido (proceso de hot-dip), depositando zinc electrolíticamente sobre el artículo como un baño chapeado (electro galvanizado), exponiendo el artículo a zinc en polvo cerca de su punto de fusión (sherardizing) o rociándolo con zinc fundido (metalizado).

El zinc es uno de los elementos menos comunes; se estima que forma parte de la corteza terrestre en un 0.0005-0.02%. Ocupa el lugar 25 en orden de abundancia entre los elementos. Su principal mineral es la blenda, marmatita o esfalerita de zinc, ZnS. Es un elemento esencial para el desarrollo de muchas clases de organismos vegetales y animales. La deficiencia de zinc en la dieta humana deteriora el crecimiento y la madurez y produce también anemia. La insulina es una proteína que contiene zinc. El zinc está

presente en la mayor parte de los alimentos, especialmente en los que son ricos en proteínas. En promedio, el cuerpo humano contiene cerca de dos gramos de zinc.

El zinc puro y recientemente pulido es de color blanco azulado, lustroso y moderadamente duro (2.5 en la escala de Mohs). El aire húmedo provoca su empañamiento superficial, haciendo que tenga color gris. El zinc puro es dúctil y maleable pudiéndose enrollar y tensar, pero cantidades pequeñas de otros metales como contaminantes pueden volverlo quebradizo. Se funde a 420°C (788°F) y hierve a 907°C (1665°F). Su densidad es 7.13 veces mayor que la del agua, ya que un pie cúbico (0.028m<sup>3</sup>) pesa 445 lb (200 Kg).

El zinc es buen conductor del calor y la electricidad. Como conductor del calor, tiene una cuarta parte de la eficiencia de la plata. A 0.91°K es un superconductor eléctrico. El zinc puro no es ferromagnético.

Es un metal químicamente activo. Puede encenderse con alguna dificultad produciendo una flama azul verdosa en el aire y liberando óxido de zinc en forma de humo. El zinc metálico en soluciones ácidas reacciona liberando hidrógeno para formar iones zinc, Zn<sup>2+</sup>. Se disuelve también en soluciones fuertemente alcalinas para formar iones dinegativos de tetrahidroxozincatos, Zn(OH)<sup>2-</sup><sub>4</sub>, escrito algunas veces como ZnO<sup>2-</sup><sub>2</sub> en las fórmulas de los zincatos.

El zinc es siempre divalente en sus compuestos, excepto algunos cuando se une a otros metales, que se denominan aleaciones de zinc. Forma también muchos compuestos de coordinación. En la mayor parte de ellos la unidad estructural fundamental es un ion central de zinc, rodeado por cuatro grupos coordinados dispuestos espacialmente en las esquinas de un tetraedro regular

El Zinc ocurre de forma natural en el aire, agua y suelo, pero las concentraciones están aumentando por causas no

naturales, debido a la adición de Zinc a través de las actividades humanas. La mayoría del Zinc es adicionado durante actividades industriales, como es la minería, la combustión de carbón y residuos y el procesado del acero. La producción mundial de Zinc está todavía creciendo. Esto significa básicamente que más y más Zinc termina en el ambiente.

El agua es contaminada con Zinc, debido a la presencia de grandes cantidades de Zinc en las aguas residuales de plantas industriales. Estas aguas residuales no son depuradas satisfactoriamente. Una de las consecuencias es que los ríos están depositando fango contaminado con Zinc en sus orillas. El zinc puede también incrementar la acidez de las aguas.

Algunos peces pueden acumular Zinc en sus cuerpos, cuando viven en cursos de aguas contaminadas con Zinc, cuando el Zinc entra en los cuerpos de estos peces este es capaz de biomagnificarse en la cadena alimentaria.

Grandes cantidades de Zinc pueden ser encontradas en los suelos. Cuando los suelos son granjas y están contaminados con Zinc, los animales absorben concentraciones que son dañas para su salud. El Zinc soluble en agua que está localizado en el suelo puede contaminar el agua subterránea.

El Zinc no sólo puede ser una amenaza para el ganado, pero también para las plantas. Las plantas a menudo tienen una toma de Zinc que sus sistemas no puede manejar, debido a la acumulación de Zinc en el suelo. En suelos ricos en Zinc sólo un número limitado de plantas tiene la capacidad de sobrevivir. Esta es la razón por la cual no hay mucha diversidad de plantas cerca de factorías de Zinc. Debido a que los efectos del Zinc sobre, las plantas es una amenaza sería para la producción de las granjas. A pesar de esto estiércol que contiene zinc es todavía aplicado.

Finalmente, el Zinc puede interrumpir la actividad en los suelos, con influencias negativas en la actividad de microorganismos y lombrices. La descomposición de la materia orgánica posiblemente sea más lenta debido a esto.”

## 2.5 DEFINICIONES CONCEPTUALES

**Acciones correctivas:** Se emplean para eliminar la causa de una no conformidad detectada. Es decir, están orientadas a prevenir recurrencias.

**Acciones preventivas:** Son aquellas que se implementan para eliminar la causa de una inconformidad u otra situación potencial indeseable.

**Calidad:** Es el juicio que el cliente tiene sobre un producto o servicio, resultado del grado con el cual un conjunto de características inherentes al producto cumple con sus requerimientos.

**Concentradora:** Son las instalaciones donde se procesa el mineral para separar el mineral de la roca madre.

**Concentrado:** Es un producto de la concentradora que contiene de usualmente de 20 a 40 % de mineral.

### **Capacidad de un proceso**

Consiste en conocer la amplitud de la variación natural del proceso para una característica de calidad dada, ya que esto permitirá saber en qué medida tal característica de calidad es satisfactoria (cumple especificaciones).

**Control de calidad:** Este proceso administrativo consiste en las siguientes etapas: Evaluar el desempeño actual del proceso. Comparar el desempeño actual con las metas de calidad (real frente a estándar). Actuar sobre la diferencia.

**Defecto:** Es cualquier no conformidad o desviación de la calidad especificada de un producto.

**Estandarización:** Se denomina estandarización al acto y al resultado de estandarizar (ajustar a un estándar), implica

concertar algo para que resulte coincidente o concordante con un modelo, un patrón o una referencia.

**Filtro de prensa:** Es un sistema de filtración por presión es uno de los tipos de prensa más usados para separación de líquidos, consiste en una serie de placas y marcos alternados con una tela (lona) filtrante a cada lado de las placas, las placas contienen incisiones con formas de canales para drenar el filtrado en cada placa. Con capacidad de 0.5 a 300 pies cúbicos, pueden estar fabricados en acero al carbón resistencia química o bien en acero inoxidable.

**Flotación:** Es el proceso para concentrar materiales en base a la adhesión selectiva de ciertos minerales a las burbujas de aire de una mezcla de agua con mineral molido. Cuando se agregan los químicos correctos al baño de agua espumosa de mineral que ha sido molido a un polvo fino, los minerales flotan a la superficie.

**Humedad:** Es el agua que impregna un cuerpo o al vapor presente en la atmosfera.

**Humedad del concentrado de mineral.** Es la cantidad de agua que contiene el concentrado luego del proceso de filtrado, esta humedad es un factor muy importante, ya que a mucha humedad el productos será lodoso y a poca humedad, el producto de polucionara con la presencia del aire.

**Lixiviación:** Es el proceso químico por el cual un compuesto metálico soluble se extrae del mineral disolviendo los metales en un solvente.

**Molienda:** Es el proceso de reducir el mineral en partículas muy pequeñas por medio de presión o impacto.

**Molino:** Es una planta en la que se trata el mineral y se recuperan los metales o se los prepara para la fundición.

**Muestra:** Es una pequeña porción der roca o de un depósito de mineral que se toma para poder determinar por ensayo el contenido de los metales.

**Muestreo:** Es la selección de una parte fraccional pero representativa de un depósito mineral para el análisis.

**Proceso:** Se entiende, como un conjunto de actividades mutuamente relacionadas o que interactúan, las cuales transforman elementos de entrada en resultados. Por lo general, en una organización interactúan muchos procesos para al final producir o entregar un producto o servicio, de tal forma que los elementos de entrada para un proceso son generalmente resultado de otros procesos. Por ello es importante enfocarse en las actividades que producen los resultados, en lugar de limitarse a los resultados finales.

**Satisfacción del cliente:** Es la percepción de éste acerca del grado con el cual sus necesidades o expectativas han sido cumplidas.

**Variabilidad:** Se refiere a la diversidad de resultados de una variable o de un proceso.

**Variables de entrada del proceso:** Son las que definen las condiciones de operación del proceso e incluyen las variables de control y las que aunque no son controladas, influyen en el desempeño del mismo.

**Variables de salida:** Son las características de calidad en las que se reflejan los resultados obtenidos en un proceso.

## CAPITULO III

### MARCO METODOLÓGICO

#### 3.1. Nivel y Tipo de Investigación.

##### **Nivel.**

La investigación desarrollada fue de nivel descriptivo.

##### **Tipo.**

En la investigación se “utilizó los conocimientos, descubrimientos y conclusiones de la investigación básica, para solucionar un problema concreto” (Gómez M., 2009), la investigación será del tipo aplicada.

#### 3.2. Diseño de la Investigación.

La investigación desarrollada fue de diseño experimental.

##### **Esquema de la investigación**

**B ← O**

Dónde:

B= Sociedad Minera el Brocal

O= Estandarización del proceso filtrado en el filtro de prensa para la reducción del porcentaje de humedad del concentrado cobre, plomo y zinc

#### 3.3. Población y Muestra

**Población-Muestra:** Actividades del proceso de filtrado en el filtro de prensa la cual permitió la reducción del porcentaje de humedad del concentrado cobre, plomo y zinc



### **3.4 Selección de la Muestra**

En las muestras probabilísticas, todos los elementos de la población tienen la misma posibilidad de ser escogidos, la muestra se obtuvo utilizando herramientas estadísticas las cuales nos devolvieron un valor resultante de una cantidad representativa de la población, para este caso los ensayos diarios de filtrado en el cual se muestran los porcentajes de humedad del concentrado de cobre, plomo y zinc.

## **CAPÍTULO IV**

### **RESULTADOS**

#### **4.1 SITUACIÓN ACTUAL**

SOCIEDAD MINERA EL BROCAL S.A.C. en los últimos tiempos ha venido atravesando por un problema muy álgido el cual el porcentaje de humedad del concentrado cobre, plomo y zinc se ha elevado fuera de los estándares óptimos obteniendo un producto de mala calidad, los cuales no les permite una venta directa ya sea al mercado nacional o extranjero puesto que para que el producto sea de óptima calidad se tiene que recurrir a terceros para realizar el secado del concentrado de mineral y esta operación le incurre en un costo adicional de 35 \$ por tonelada.

Es por ello que sociedad minera el brocal, recurre a la Empresa J&H INGENIEROS S.A.C. a fin de realizar un diagnóstico, control y estandarización parámetros en el filtro de prensa con el objetivo de reducir el porcentaje de humedad del concentrado evitar gastos no previstos y obtener un producto de alta calidad dentro de la línea del proceso productivo del mineral.

#### **4.2. MEDIDAS DE POSESIÓN, DISPERSIÓN Y VARIABLES DE CALIDAD DEL PROCESO DEL FILTRADO DEL COBRE, PLOMO Y ZINC.**

Las medidas de tendencia central más utilizadas son: media, mediana y moda. En cambio, las medidas de dispersión miden el grado de dispersión de los valores de la variable.

#### **4.2.1 Variable de calidad del proceso de filtrado**

La variable de calidad del proceso de filtrado para el estudio es la densidad. Para llevar a cabo este análisis se hace un análisis de datos utilizando las herramientas de control de calidad, en la cuál será lo primordial utilizar la gráfica de tipo X – S, porque se tiene más de 10 observaciones por cada día en el proceso de filtrado y estas observaciones fueron tomados dejando un intervalo de una hora de las guardias de día y de noche .Este estudio se hizo durante el mes de setiembre de 2018

#### **Análisis de la densidad del Cobre**

*Tabla N°01*

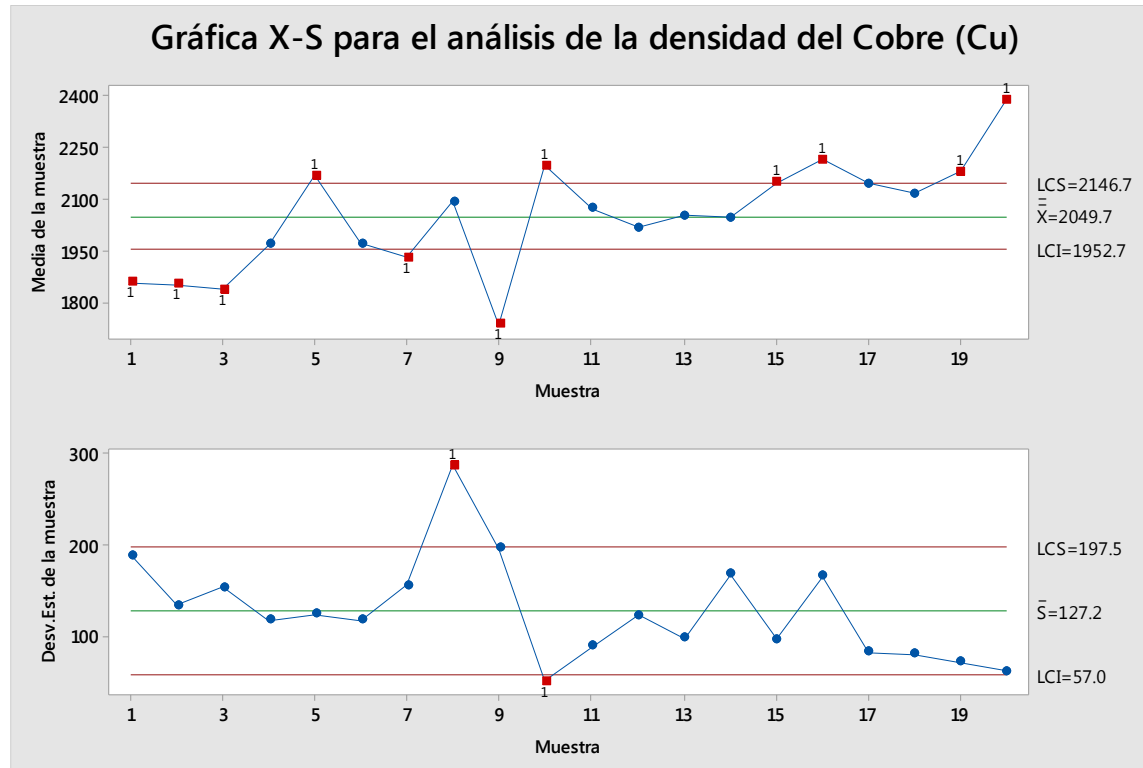
Mes de análisis	: Setiembre de 2018
Densidad del material	: Cobre (Cu)
Tipo de análisis	: Gráfica de control X - S
Lugar de análisis	: Tanque N°01

Días	Horas																Gráfica X			Gráfica S				
	07:00	08:00	09:00	10:00	11:00	12:00	13:00	14:00	15:00	16:00	17:00	18:00	19:00	20:00	21:00	22:00	Media X	LCI	LC	LCS	Media S	LCI	LC	LCS
4 Set	1790	1800	1880	2210	1750	1755	1720	1720	1760	1670	2100	2070	1980	2050	1950	1500	<b>1856.6</b>	1953	2049.7	2147	<b>187.9</b>	57.0	127.2	197.5
5 Set	1700	1720	1700	1820	1620	2050	2050	2050	1870	1860	1850	1780	1820	1860	1900	1990	<b>1852.5</b>	1953	2049.7	2147	<b>132.7</b>	57.0	127.2	197.5
6 Set	1740	1710	2010	2010	1940	2115	1650	1650	1680	1680	1680	1820	1960	1920	1900	1900	<b>1835.3</b>	1953	2049.7	2147	<b>152.2</b>	57.0	127.2	197.5
7 Set	1750	1880	1900	1890	1910	1990	1930	2020	1980	2040	2150	2230	1920	1980	2050	1850	<b>1966.9</b>	1953	2049.7	2147	<b>116.7</b>	57.0	127.2	197.5
8 Set	1960	1960	2000	2100	2230	2280	2390	2350	2170	2170	2180	2150	2140	2150	2220	2240	<b>2168.1</b>	1953	2049.7	2147	<b>123.2</b>	57.0	127.2	197.5
9 Set	1880	1880	1880	1880	1880	1880	1860	1860	1910	1960	2120	2120	2130	2150	2130	2000	<b>1970.0</b>	1953	2049.7	2147	<b>117.2</b>	57.0	127.2	197.5
11 Set	1550	1550	1890	1960	2010	2000	2010	1960	1990	1990	1990	1990	1990	2110	1940	1950	<b>1930.0</b>	1953	2049.7	2147	<b>155.1</b>	57.0	127.2	197.5
12 Set	1775	1800	1800	1820	1810	1940	1940	1950	1870	2400	2420	2460	2470	2380	2310	2360	<b>2094.1</b>	1953	2049.7	2147	<b>285.6</b>	57.0	127.2	197.5
13 Set	1930	1930	1950	1950	2010	1400	1400	1450	1700	1750	1780	1760	1765	1660	1660	1660	<b>1734.7</b>	1953	2049.7	2147	<b>195.2</b>	57.0	127.2	197.5
14 Set	2120	2120	2130	2300	2240	2250	2240	2220	2230	2220	2220	2180	2170	2160	2200	2195	<b>2199.7</b>	1953	2049.7	2147	<b>50.6</b>	57.0	127.2	197.5
15 Set	2020	2010	2030	2000	2010	2010	2010	2040	1980	1990	2180	2230	2200	2200	2140	2120	<b>2073.1</b>	1953	2049.7	2147	<b>88.5</b>	57.0	127.2	197.5
16 Set	2140	2140	2160	2150	2070	1800	1900	1900	1850	1890	1900	2080	2050	2080	2080	2100	<b>2018.1</b>	1953	2049.7	2147	<b>122.0</b>	57.0	127.2	197.5
18 Set	1880	1900	1900	1950	2000	2080	2070	2120	2150	2200	2130	2110	2110	2090	2080	2080	<b>2053.1</b>	1953	2049.7	2147	<b>97.3</b>	57.0	127.2	197.5
19 Set	2000	1990	1950	1810	1990	2100	2350	2360	2330	2160	1950	1950	1950	1950	1950	1950	<b>2046.3</b>	1953	2049.7	2147	<b>166.6</b>	57.0	127.2	197.5
20 Set	2150	2190	2195	2230	2230	2230	2250	2300	2130	2130	2070	2000	2150	2130	2000	1980	<b>2147.8</b>	1953	2049.7	2147	<b>95.5</b>	57.0	127.2	197.5
21 Set	1900	1900	2010	2055	2120	2240	2260	2320	2320	2400	2400	2340	2300	2300	2280	2290	<b>2214.7</b>	1953	2049.7	2147	<b>165.0</b>	57.0	127.2	197.5
22 Set	1900	2150	2185	2180	2170	2150	2170	2070	2220	2220	2230	2170	2170	2050	2140	2170	<b>2146.6</b>	1953	2049.7	2147	<b>81.3</b>	57.0	127.2	197.5
23 Set	1960	2090	2130	2040	2040	2040	2050	2250	2200	2170	2170	2180	2040	2190	2135	2160	<b>2115.3</b>	1953	2049.7	2147	<b>79.7</b>	57.0	127.2	197.5
24 Set	2170	2170	2170	2170	2170	2170	2170	2150	2080	2080	2100	2160	2230	2260	2280	2350	<b>2180.0</b>	1953	2049.7	2147	<b>71.3</b>	57.0	127.2	197.5
25 Set	2400	2400	2400	2400	2400	2400	2400	2400	2450	2450	2450	2450	2310	2420	2290	2235	<b>2390.9</b>	1953	2049.7	2147	<b>61.4</b>	57.0	127.2	197.5

Fuente: La empresa

Fuente: Elaboración propia en Excel

Gráfica N°01



Fuente: Tabla N°01

Fuente: Análisis en Minitab 18

Hecho el análisis en la gráfica N°01 y tabla N°01, los límites de control de la densidad del cobre se encuentran entre el rango de LCI = 1952.7, LC = 2049.7 (promedio de densidad por día) y LCS = 2146.7. Los límites de desviación estándar se encuentran en un rango mucho menor, además esto representa la variabilidad de la densidad promedio diaria con respecto a

la otra; estos rangos (s=desviación estándar) son LCIs =57.0, LCs=127.2 y LCSs=197.5; lo cual de estos dos análisis se interpreta que el proceso no está bajo control porque hay puntos fuera de los límites permisibles en ambos casos.

Tabla N°02

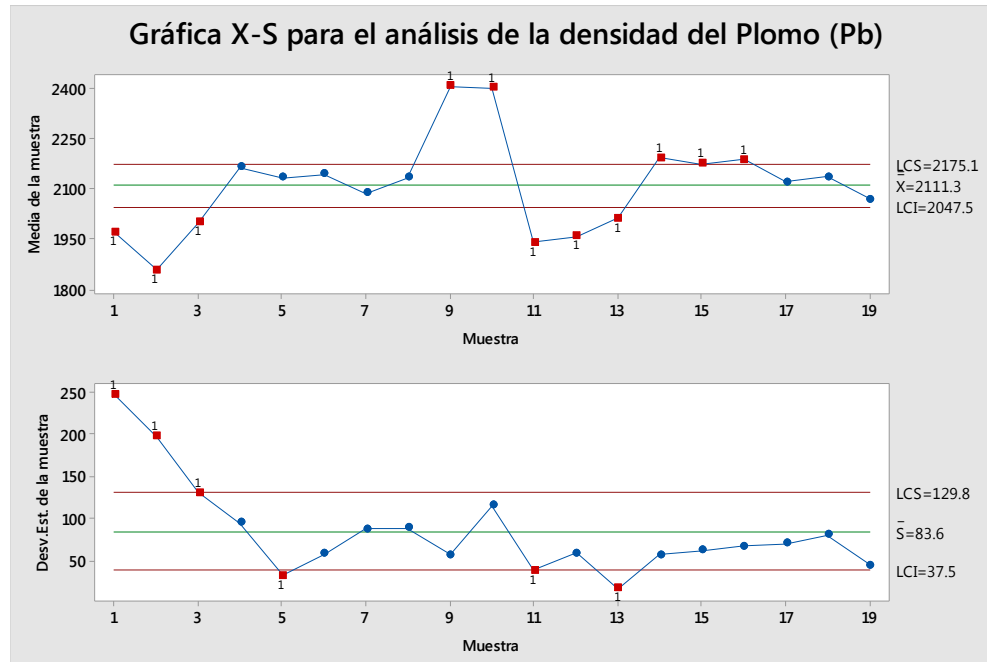
Mes de análisis : Setiembre de 2018  
 Densidad del material : Plomo (Pb)  
 Tipo de análisis : Gráfica de control X - S  
 Lugar de análisis : Tanque N°02

Días	Horas																Gráfica X			Gráfica S				
	07:00	08:00	09:00	10:00	11:00	12:00	13:00	14:00	15:00	16:00	17:00	18:00	19:00	20:00	21:00	22:00	Media X	LCI	LC	LCS	Media S	LCI	LC	LCS
4 Set	2280	2100	1730	1810	1670	1730	1730	1720	1700	1970	2300	2280	2230	2270	2090	1950	<b>1972.5</b>	2047.5	2111.3	2175.1	<b>246.9</b>	37.5	83.6	129.8
5 Set	1720	1700	1690	1720	1700	1720	1700	1720	1740	1730	2000	2080	2090	2180	2100	2150	<b>1858.8</b>	2047.5	2111.3	2175	<b>196.7</b>	37.5	83.6	129.8
6 Set	1970	2270	2000	1960	2000	1910	1950	1960	1650	1950	2110	2020	2060	2020	2040	2150	<b>2001.3</b>	2047.5	2111.3	2175	<b>129.9</b>	37.5	83.6	129.8
7 Set	2040	2190	2200	2200	2000	2250	2300	2300	2260	2200	2180	2200	2120	2080	2060	2060	<b>2165.0</b>	2047.5	2111.3	2175	<b>94.0</b>	37.5	83.6	129.8
8 Set	2090	2100	2150	2170	2115	2120	2100	2130	2150	2190	2120	2140	2110	2190	2130	2170	<b>2135.9</b>	2047.5	2111.3	2175	<b>31.6</b>	37.5	83.6	129.8
9 Set	2060	2070	2070	2170	2190	2210	2180	2180	2170	2180	2240	2190	2100	2100	2110	2100	<b>2145.0</b>	2047.5	2111.3	2175	<b>56.6</b>	37.5	83.6	129.8
11 Set	1800	2050	2050	2050	2060	2090	2140	2140	2100	2110	2160	2130	2120	2110	2160	2160	<b>2089.4</b>	2047.5	2111.3	2175	<b>86.8</b>	37.5	83.6	129.8
12 Set	2100	2140	2140	2100	2100	2080	2110	2080	2120	2100	2100	2100	2090	2090	2300	2400	<b>2134.4</b>	2047.5	2111.3	2175	<b>87.9</b>	37.5	83.6	129.8
13 Set	2480	2480	2480	2480	2480	2390	2350	2420	2320	2350	2390	2390	2350	2400	2360	2420	<b>2385.0</b>	2047.5	2111.3	2175	<b>1067.2</b>	37.5	83.6	129.8
14 Set	2520	2530	2580	2580	2400	2400	2400	2350	2470	2310	2350	2370	2380	2380	2310	2130	<b>2403.8</b>	2047.5	2111.3	2175	<b>114.5</b>	37.5	83.6	129.8
15 Set	1910	1900	1900	1900	1900	1910	1920	1920	1930	1950	2000	1980	1980	1980	1980	1980	<b>1940.0</b>	2047.5	2111.3	2175	<b>37.2</b>	37.5	83.6	129.8
16 Set	2030	2010	2050	2060	1960	2000	2000	1950	1890	1890	1890	1900	1920	1920	1940	1940	<b>1959.4</b>	2047.5	2111.3	2175	<b>58.4</b>	37.5	83.6	129.8
18 Set	2000	2000	2020	2010	2000	2000	2010	2010	2020	2030	2050	2000	2040	2000	2000	2000	<b>2011.9</b>	2047.5	2111.3	2175	<b>16.0</b>	37.5	83.6	129.8
19 Set	2150	2160	2210	2100	2200	2090	2220	2150	2210	2190	2200	2200	2290	2280	2220	2250	<b>2195.0</b>	2047.5	2111.3	2175	<b>55.6</b>	37.5	83.6	129.8
20 Set	2230	2250	2280	2200	2210	2270	2200	2100	2170	2150	2160	2170	2100	2120	2110	2100	<b>2176.3</b>	2047.5	2111.3	2175	<b>61.2</b>	37.5	83.6	129.8
21 Set	2230	2210	2260	2260	2260	2240	2200	2260	2200	2180	2200	2120	2050	2110	2120	2110	<b>2188.1</b>	2047.5	2111.3	2175	<b>66.7</b>	37.5	83.6	129.8
22 Set	2065	2140	2140	2140	2150	2190	2210	2210	2210	2100	2180	2080	2020	2050	2020	2030	<b>2120.9</b>	2047.5	2111.3	2175	<b>69.7</b>	37.5	83.6	129.8
23 Set	2025	2020	2160	2250	2270	2250	2220	2200	2080	2100	2070	2100	2100	2100	2120	2130	<b>2137.2</b>	2047.5	2111.3	2175	<b>79.3</b>	37.5	83.6	129.8
25 Set	1995	2040	2020	2060	2070	2100	2195	2100	2060	2050	2090	2100	2070	2080	2050	2050	<b>2070.6</b>	2047.5	2111.3	2175	<b>44.2</b>	37.5	83.6	129.8

Fuente: La empresa

Fuente: Elaboración propia en Excel

Gráfica N°02



Fuente: Tabla N°02

Fuente: Análisis en Minitab 18

Según el análisis observado en la gráfica N°02 y tabla N°02, los límites de control de la densidad del plomo se encuentran entre el rango de LCI = 2047.5, LC = 2175.1 (promedio de densidad por día) y LCS = 2146.7. Los límites de desviación estándar se encuentran en un rango mucho menor, además esto representa la variabilidad de la densidad promedio diaria con respecto a la otra;

estos rangos (s=desviación estándar) son LCIs =37.5, LCs=83.6 y LCSs=129.8; lo cual de estos dos análisis se interpreta que el proceso no está bajo control porque hay puntos fuera de los límites permisibles en ambos casos.

Tabla N°03

Mes de análisis : Setiembre de 2018  
 Densidad del material : Zinc (Zn)  
 Tipo de análisis : Gráfica de control X - S  
 Lugar de análisis : Tanque N°03

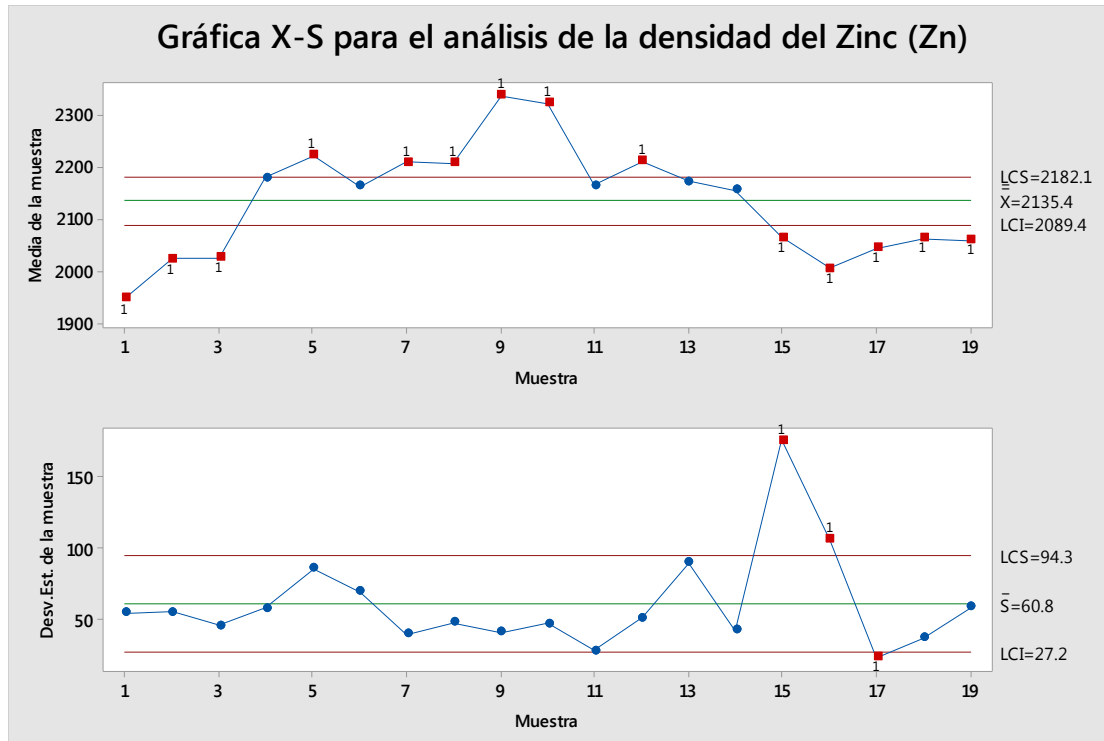
Días	Horas																Gráfica X				Gráfica S			
	07:00	08:00	09:00	10:00	11:00	12:00	13:00	14:00	15:00	16:00	17:00	18:00	19:00	20:00	21:00	22:00	Media X	LCI	LC	LCS	Media S	LCI	LC	LCS
4 Set	1840	1940	1880	1995	2040	2040	1990	1900	1900	1910	1930	1960	1970	1960	1940	1950	<b>1946.6</b>	2089.4	2135.4	2182.1	<b>54.4</b>	27.2	60.8	94.3
5 Set	2000	1880	2020	2070	2020	2000	2010	2020	2010	2000	1960	2060	2100	2080	2080	2080	<b>2024.4</b>	2089.4	2135.4	2182.1	<b>55.1</b>	27.2	60.8	94.3
6 Set	2040	2020	2010	2070	2080	2090	2070	1950	1960	1960	1960	2020	2040	2050	2040	2040	<b>2025.0</b>	2089.4	2135.4	2182.1	<b>45.8</b>	27.2	60.8	94.3
7 Set	2160	2160	2150	2070	2150	2170	2190	2340	2100	2190	2180	2190	2230	2190	2200	2200	<b>2179.4</b>	2089.4	2135.4	2182.1	<b>58.0</b>	27.2	60.8	94.3
8 Set	2210	2190	2200	2160	2160	2150	2120	2100	2350	2330	2320	2350	2320	2260	2210	2150	<b>2223.8</b>	2089.4	2135.4	2182.1	<b>85.7</b>	27.2	60.8	94.3
9 Set	2040	2080	2150	2150	2160	2170	2180	2150	2220	2340	2235	2100	2130	2140	2220	2150	<b>2163.4</b>	2089.4	2135.4	2182.1	<b>69.1</b>	27.2	60.8	94.3
11 Set	2190	2180	2190	2190	2200	2200	2140	2240	2300	2230	2230	2280	2180	2220	2180	2220	<b>2210.6</b>	2089.4	2135.4	2182.1	<b>39.9</b>	27.2	60.8	94.3
12 Set	2160	2160	2200	2170	2170	2170	2180	2210	2210	2210	2210	2250	2320	2300	2230	2230	<b>2207.5</b>	2089.4	2135.4	2182.1	<b>48.0</b>	27.2	60.8	94.3
13 Set	2340	2340	2350	2350	2350	2360	2360	2380	2340	2390	2350	2350	2370	2250	2260	2270	<b>2338.1</b>	2089.4	2135.4	2182.1	<b>41.3</b>	27.2	60.8	94.3
14 Set	2300	2320	2320	2330	2350	2400	2280	2310	2350	2340	2400	2300	2290	2260	2250	2300	<b>2317.7</b>	2089.4	2135.4	2182.1	<b>935.3</b>	27.2	60.8	94.3
15 Set	2190	2190	2150	2150	2150	2160	2160	2150	2160	2160	2250	2160	2150	2120	2160	2170	<b>2164.4</b>	2089.4	2135.4	2182.1	<b>28.0</b>	27.2	60.8	94.3
16 Set	2150	2150	2200	2200	2230	2230	2310	2300	2210	2265	2225	2210	2215	2190	2130	2160	<b>2210.9</b>	2089.4	2135.4	2182.1	<b>50.9</b>	27.2	60.8	94.3
18 Set	2100	2050	2050	2040	2100	2080	2270	2250	2250	2250	2250	2280	2260	2190	2180	2160	<b>2172.5</b>	2089.4	2135.4	2182.1	<b>89.4</b>	27.2	60.8	94.3
19 Set	2110	2150	2140	2200	2100	2100	2150	2170	2140	2140	2140	2260	2210	2190	2150	2140	<b>2155.6</b>	2089.4	2135.4	2182.1	<b>42.3</b>	27.2	60.8	94.3
20 Set	2330	2310	2140	2190	2050	2000	1800	1820	1780	2080	2040	2040	1860	2190	2190	2200	<b>2063.8</b>	2089.4	2135.4	2182.1	<b>175.2</b>	27.2	60.8	94.3
21 Set	2010	1900	2040	2050	2040	2020	2000	2000	1910	1910	1910	1910	1990	1910	2230	2240	<b>2004.4</b>	2089.4	2135.4	2182.1	<b>105.5</b>	27.2	60.8	94.3
22 Set	2050	2040	2060	2080	2070	2060	1985	2040	2020	2040	2050	2020	2020	2050	2060	2060	<b>2044.1</b>	2089.4	2135.4	2182.1	<b>23.6</b>	27.2	60.8	94.3
23 Set	1965	2000	2070	2100	2030	2050	2065	2080	2070	2070	2070	2090	2060	2100	2100	2080	<b>2062.5</b>	2089.4	2135.4	2182.1	<b>36.9</b>	27.2	60.8	94.3
25 Set	1990	2000	2000	2040	2040	2040	2050	2100	2050	2060	2140	2100	2040	2200	2100	1980	<b>2058.1</b>	2089.4	2135.4	2182.1	<b>58.3</b>	27.2	60.8	94.3

Fuente: La empresa

Fuente: Elaboración propia en Excel



Gráfica N°03



Fuente: Tabla N°03

Fuente: Análisis en Minitab 18

Por último, en las observaciones en el análisis hecho en la gráfica N°03 y tabla N°03, los límites de control de la densidad del Zinc se encuentran entre el rango de LCI = 2089.4, LC = 2135.4 (promedio de densidad por día) y LCS = 2182.1. Los límites de desviación estándar se encuentran en un rango mucho menor, además esto representa la variabilidad de la densidad promedio diaria con

respecto a la otra; estos rangos ( $s$ =desviación estándar) son  $LCIs = 27.2$ ,  $LCs = 60.8$  y  $LCSs = 94.3$ ; lo cual de estos dos análisis se interpreta que el proceso no está bajo control porque hay puntos fuera de los límites permisibles en ambos casos.

#### 4.2.2 Medidas de posición, dispersión

Según los resultados obtenidos en el ítem anterior se muestra los intervalos de posición y dispersión con el análisis de la gráfica de control X – S.

*Cuadro N°01*

#### Medidas de posición y dispersión de la densidad de Cobre, Plomo y Zinc

Material	Variación media de densidad			Variación estandar de densidad		
	LCI	LC	LCS	LCIs	LCs	LCSs
Cobre	1952.7	<b>2049.7</b>	2146.7	57.0	<b>127.2</b>	197.5
Plomo	2047.5	<b>2111.3</b>	2175.1	37.5	<b>83.6</b>	129.8
Zinc	2089.4	<b>2135.4</b>	2182.1	27.2	<b>60.8</b>	94.3

Fuente: Tabla N°01, 02 y 03

Elaboración: Propia

En resumen, en este cuadro se muestra solo los valores promedios y el límite donde se comporta la densidad de cada material.

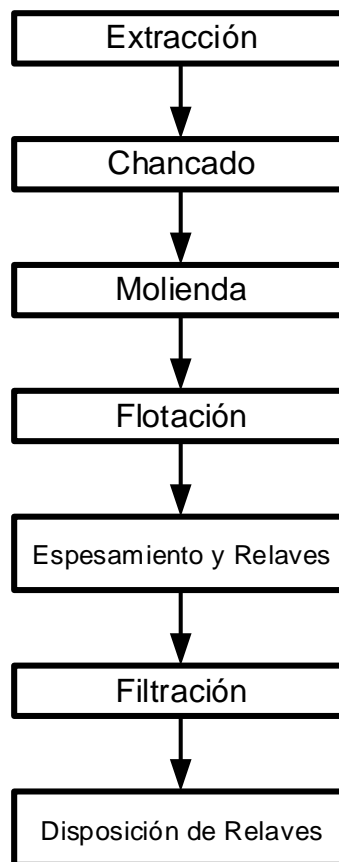
### 4.3 Proceso Productivo

#### 4.3.1 Descripción del proceso

El proceso de producción que tiene Sociedad Minera el Brocal para el procesamiento de minerales sigue la forma como se describe en el siguiente diagrama de bloques.

*Gráfico N°04*

Diagrama del proceso productivo de extracción de mineral (diagrama de bloques)



Fuente: Proceso de producción de la empresa

Elaboración: Propia

1. **Extracción.** - Es el proceso mediante el cual el mineral se obtiene de la veta luego de realizar labores como perforación, carguío y voladura, para luego dar paso al desate y sostenimiento de rocas, se utiliza maquinaria pesada como Jumbo (para realizar la perforación), Scoop, cargador frontal

Johnn Deere y enormes volquetes de 20 cubos, los cuales llevan el mineral obtenido hacia la chancadora

2. **Chancado.** – Es el proceso donde se reduce el tamaño del mineral de 1.0m promedio a 10pulgadas y se deja apto el tamaño del mineral para el proceso de molienda y el proceso de chancado se realiza en seco es decir sin agua.
3. **Molienda.** – Es el proceso donde enormes molinos el cual contiene en su interior bolas de acero, trituran el material de 10 pulgadas aproximadamente hasta 150 micrones para luego dar paso a la flotación.
4. **Flotación.** - El mineral es sometido a un proceso físico químico para separar los minerales de la roca, el mineral que no flota es considerado como relave, y el que flota es llamado concentrado
5. **Espesamiento y Relaves:** Se recibe el producto de la flotación por un lado el concentrado y por otro el relave la función de este proceso es la recuperar el agua usada en el proceso de flotación. El espesador es un tanque grande donde se realiza la separación solido líquido. Los concentrados tienen que eliminar agua para su posterior tratamiento de filtración.
6. **Filtración.** - El material es conducido a una planta de filtros, donde se obtendrá un concentrado con un 9% de humedad.
7. **Disposición de Relaves.** - Según el código de minería DS 055-2010 - EM y contemplada por leyes de conservación y protección del medio ambiente y estándares como el ISO 14001, los sólidos contenidos en los relaves son utilizados en relleno hidráulico o en su defecto son depositados en canchas de relaves.

La sociedad nacional de minería petróleo y energía establece que en el Perú el rango optimo del porcentaje de humedad de concentrado de cobre debe de ser  $\leq 9.0\%$  el de plomo debe de ser  $\leq 10\%$  y el de zinc debe de ser  $\leq 10.5\%$

El ingeniero Percy Marmolejo Gutarra superintendente de generación y transmisión de SMEB señala que el porcentaje de humedad del cobre

debe fluctuar entre 8.5 a 10 % el plomo entre 8 a 10 % y el zinc entre 9 a 10.5%.

También refiere que ningún concentrado debe ser filtrado cuando la densidad en el tanque espesador está por debajo a los 2000 gr/lit. Según la tesis realizada por el ingeniero Rafael Velaques España “Ampliación de producción de la unidad Minera Volcán S.S.A.” señala tiempos promedios para el filtrado del concentrado como son cobre <10 8% 50 minutos plomo 11% 35 minutos zinc 10% 15 minutos. De igual modo en SMEB se tiene un aplicativo para calcular el porcentaje de humedad del concentrado y se utiliza según la siguiente formula:

$$H = \frac{PH - PS}{PH - T} \times 100\%$$

%H: Porcentaje de humedad

PH: Peso húmedo

PS: Peso seco

T: Tara del recipiente donde se procesa la muestra

Las muestras son tomadas de la faja transportadora de descarga.

Los operadores del Filtro de prensa realizaron pruebas a fin de reducir el porcentaje de humedad del concentrado aumentando el tiempo de filtrado a cobre 15 minutos obteniendo 11% de humedad, plomo 50 minutos 11.5%, zinc 30 minutos 11%. Todos con una densidad promedio de 2000gr/lit.

Un indicador que no se consideró en el momento del filtrado es la presión del aire en la etapa de soplado ya que con una presión menos a 6 psi no se realizará una correcta separación agua – sólido y la torta seguirá saliendo con un porcentaje de humedad elevado.

$$1\text{psi} = 0.068948 \text{ bar}$$

$$1\text{psi} = \text{libra por pulgada cuadrada}$$

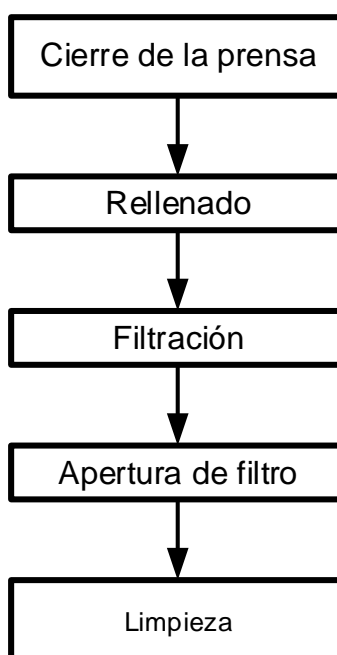
### 4.3.2 Ciclo de filtrado

Es parte del proceso para la obtención del concentrado final de mineral, en esta etapa se separa la parte líquida de la sólida, obteniendo un concentrado con un porcentaje de humedad óptimo para ser comercializado.

En la gráfica se muestra a detalle el ciclo de filtrado.

*Gráfico N°05*

Diagrama de bloques del proceso del ciclo de filtrado



Fuente: Proceso de producción de la empresa

Elaboración: Propia

Cada operación de prensado supone los siguientes pasos:

- 1. Cierre de la prensa:** Cuando el filtro está totalmente vacío, la cabeza móvil que es activado por el sistema hidráulico-neumático cierra las placas. La presión de cierre es autorregulada mediante la filtración.
- 2. Rellenado:** Durante esta fase corta la cámara se llena con lodos para su filtración. El tiempo de relleno depende del flujo de la bomba de alimentación. Para lodo con gran capacidad de filtración es mejor rellenar el filtro

rápidamente para evitar la formación de una pasta en la cámara primaria antes de que se haya rellenado del todo.

- 3. Filtración:** Una vez rellenada la cámara, la llegada de manera continua de lodo a tratar para ser desaguado provoca un aumento de la presión debido a la formación de una capa espesa de lodo en las membranas. Esta fase de filtración puede reducirse de manera manual, mediante un temporizador o un indicador del flujo que activa una alarma de parada cuando se alcanza el final de la capacidad de filtración. Cuando se ha parado la bomba de filtración, los circuitos de filtración y ductos centrales, que están todavía rellenos de lodo se les aplica aire comprimido para su purgado.
- 4. Apertura del filtro:** La cabeza movable se retira para desarmar la primera cámara de filtración. La torta cae por su propio peso. Un sistema mecanizado tira de las placas una por unas. La velocidad en la separación de las placas puede ajustarse teniendo en cuenta la textura de la torta.
- 5. Limpieza:** La limpieza de las membranas puede llevarse a cabo entre 15-30 operaciones del proceso. Para unidades largas o medias esto tienen lugar en prensados usando spray de agua a altas presiones (80-100 bar). La limpieza está sincronizada con la separación de las placas.

El filtro prensa tienen una amplia aplicación en la separación sólido-líquido. Se utilizan mucho para el filtrado y clarificación de numerosos líquidos, también tienen utilidad en las industrias químicas o en las de los textiles artificiales, industria azucarera, cervecería, vinificación, industrias aceiteras, industria cerámica o en ciertas industrias extractivas. Actualmente los filtros de prensa tienen un uso preferencial en muchas industrias por los altos rendimientos

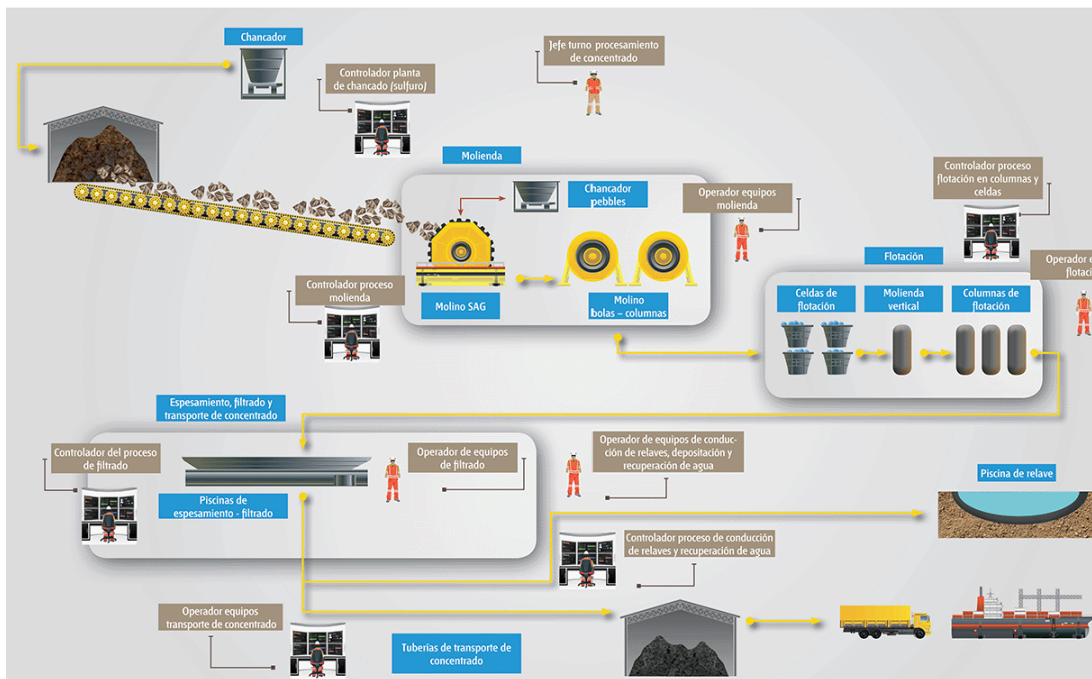


obtenidos, factor determinante en la industria pesada y minera, donde se exigen respuestas muy efectivas con equipos de nivel técnico especial.

### 4.3.3 Proceso de filtrado del concentrado de mineral

Es la operación de quitar todo lo que se pueda el agua después del espesado, para ello intervienen dos elementos principales: El medio filtrante y la succión por vacío, la filtración es una operación, en la que una mezcla heterogénea de un fluido y de las partículas de un sólido se separa en sus componentes.

Figura N°01

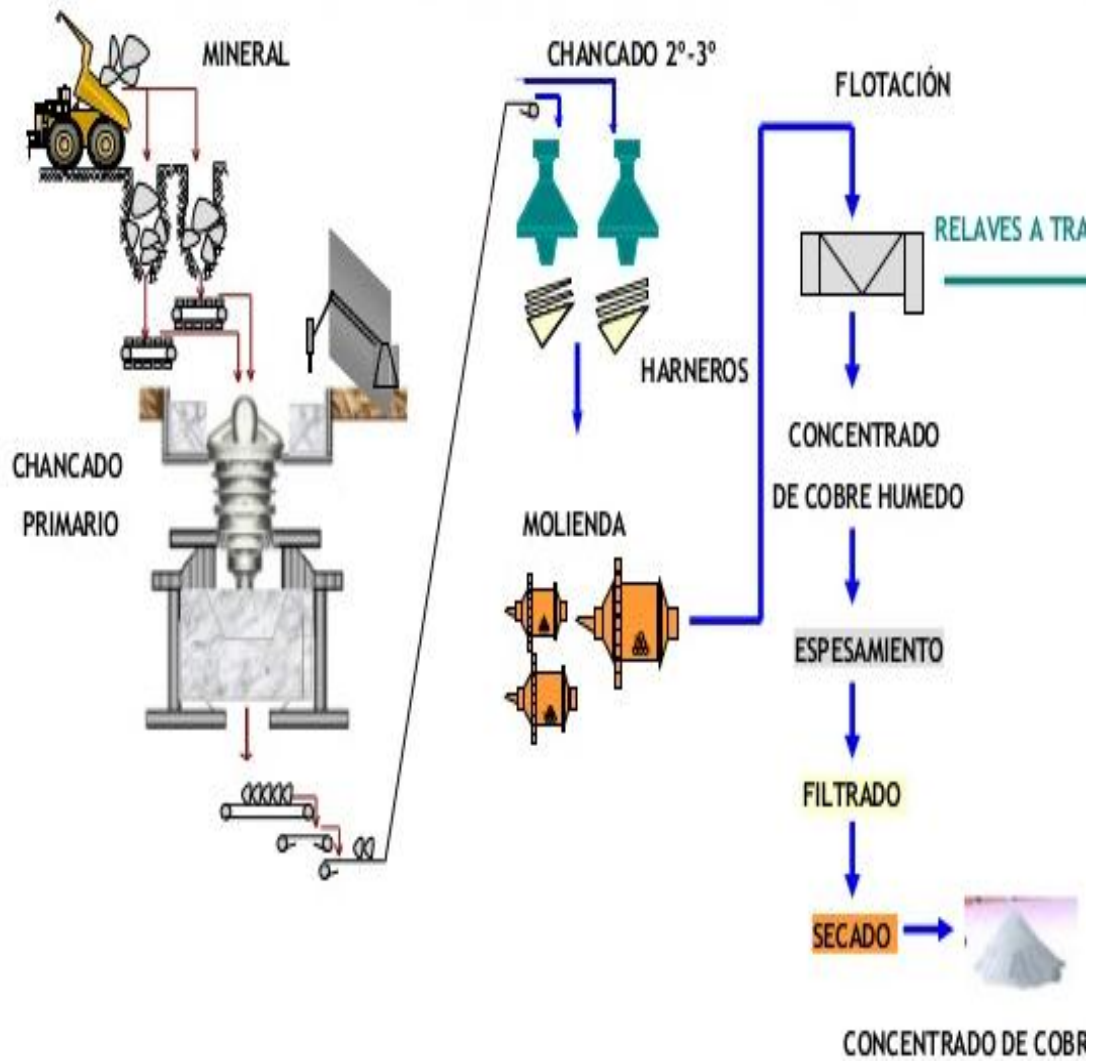


Fuente: La empresa

Elaboración: Propia

Figura N°02

Diagrama de flujo de procesamiento de minerales

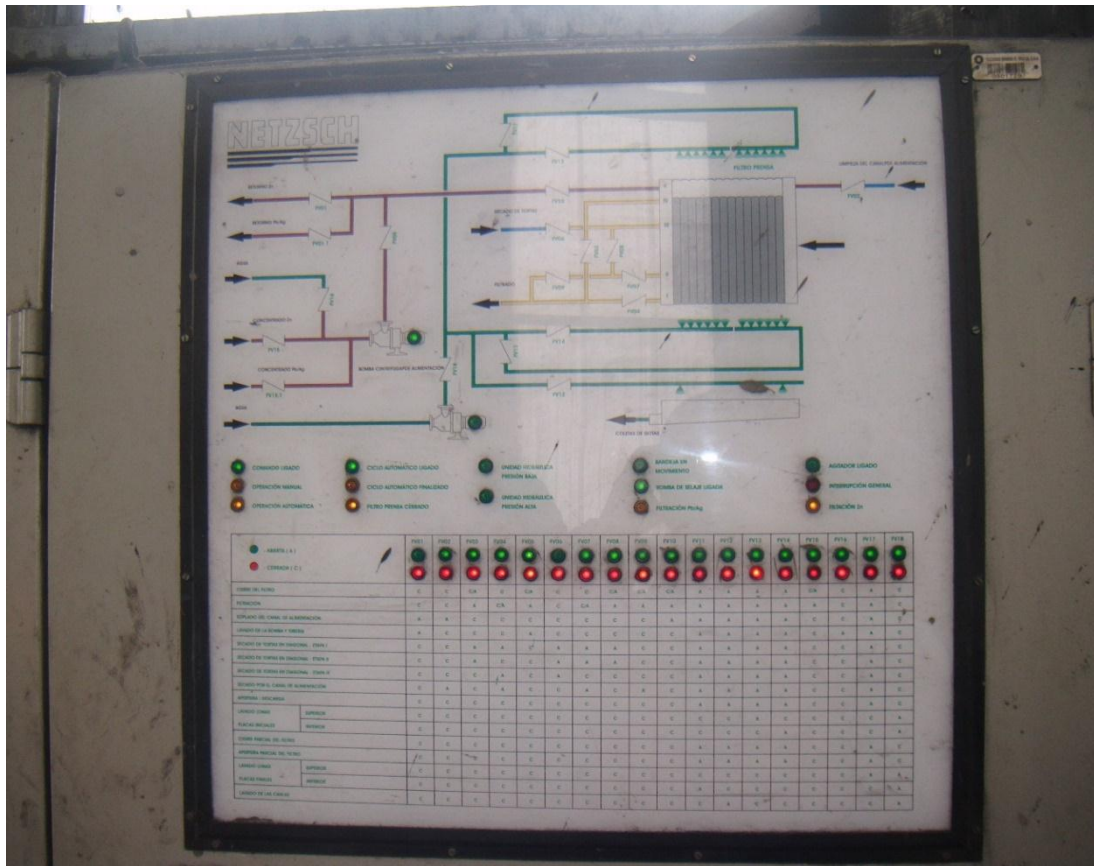


Fuente: La empresa

Elaboración: Propia

Figura N°03

Tablero de control del filtro de prensa



Fuente: La empresa

Elaboración: Proveedor de filtro de prensa

#### 4.3.4 Puntos de medición de la densidad

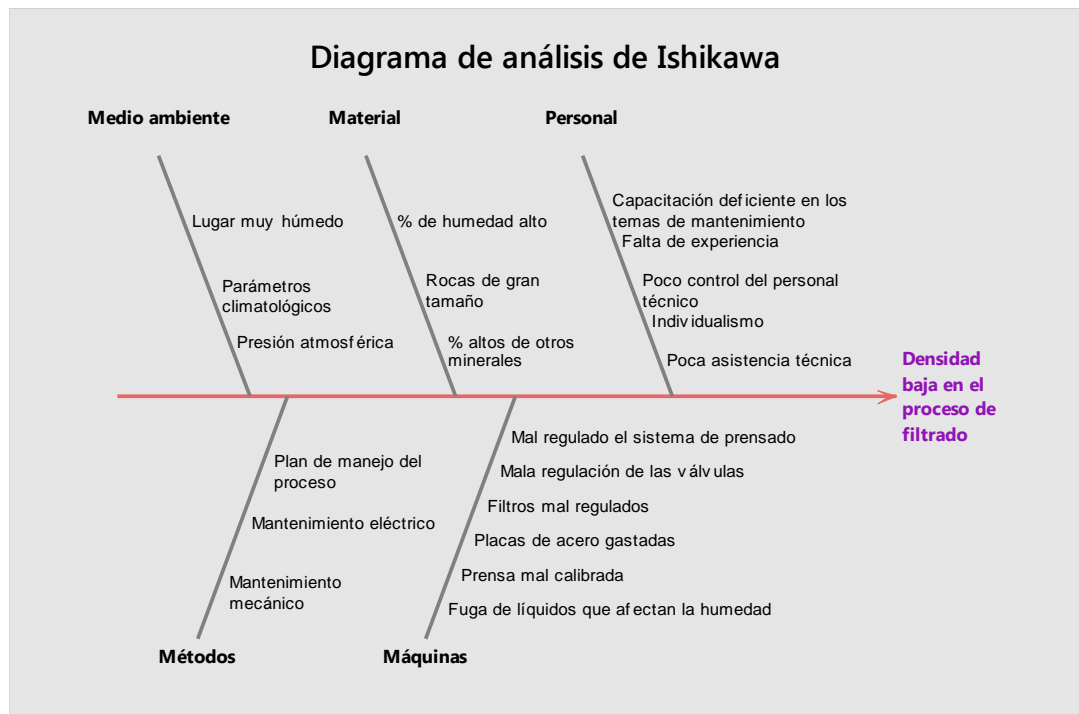
Los puntos de medición de la densidad del cobre, plomo y zinc se determinan desde flotación, espesamiento y disposición de relaves en lo cual la sociedad nacional de minería petróleo y energía establece que en el Perú el rango óptimo del porcentaje de humedad de concentrado de cobre debe de ser  $\leq 9.0\%$  el de plomo debe de ser  $\leq 10\%$  y el de zinc debe de ser  $\leq 10.5\%$ . En este trabajo de investigación se obtuvo diferentes resultados de las densidades en el ítem anterior, donde se analizó sus límites de comportamiento de densidad de cada mineral.

#### 4.3.5 Fuentes de variación

Siguiendo el orden de la producción del mineral y específicamente en ciclo de filtrado se identificó los lugares, la máquina, el método, materia prima que origina la variación porcentual de la humedad expresado en la densidad, que a continuación todo este comportamiento se explica en la gráfica.

Gráfico N°04

#### Diagrama de bloques del proceso productivo



Fuente: La empresa

Elaboración: Minitab 18

Como se puede apreciar en el diagrama de causa y efecto se identificaron las causas que dan como resultado la variación de las densidades en el proceso de filtrado de prensa. Culminado la fase de diagnóstico de la producción se puede llegar a la conclusión de que la empresa necesitaba implementar mejoras para mantener un estándar mayor a 2000 gr/lit de las densidades de cada producto, de

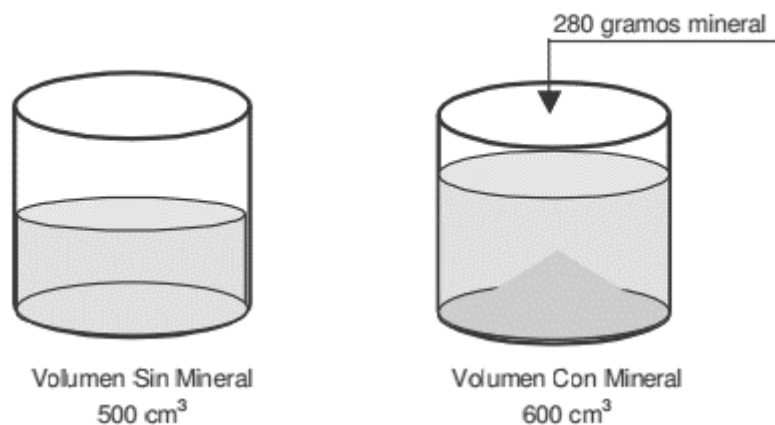
esa forma evitar sobre costos al contratar a terceros para terminar el proceso, se identificaron que los procesos que presentan mayor variabilidad y que son causa de que no se filtra con una densidad adecuada, no hay una coordinación adecuada entre los jefes de guardia de metalurgia y producción, no se respetan tiempos óptimos de filtrado del concentrado, la presión del aire para soplado no es constante, nivel de porcentaje de humedad del concentrado está muy por encima del óptimo, así mismo se identificó los factores que influyen en cada uno de esos procesos, como son el mantenimiento de la maquinaria, dispositivos y equipos, la capacitación, incentivo y compromiso del recurso humano y el ambiente de trabajo.

#### 4.3.6 Variable de medición: Densidad del concentrado

La densidad de un mineral corresponde al peso que tiene un determinado volumen, la densidad de manera tradicional se puede determinar por el desplazamiento de agua en un vaso graduado cuando se agrega una cantidad conocida de mineral. Supongamos el siguiente caso:

*Figura N°04*

#### Ejemplo del cálculo de la densidad del mineral



Elaboración y análisis: Propia

En la figura anterior se observa que, al agregar 280 gramos de mineral, el volumen ocupado dentro de la probeta ha aumentado en 100.00 cm<sup>3</sup>, por lo tanto, la densidad del mineral es:

$$\text{Densidad Mineral} = \frac{280 \text{ gramos}}{100 \text{ cm}^3} = 2,8 \text{ (gramos / cm}^3\text{)} = 2,8 \text{ (ton / m}^3\text{)}$$

Como el agua tiene una densidad de 1.0 (gramo / cm<sup>3</sup>), es decir de 1 (ton / m<sup>3</sup>), el mineral del ejemplo es 2.8 veces “más pesado” que el agua. La densidad multiplicada por la aceleración de la gravedad “g” se conoce como el “peso específico”.

#### **4.3.7 Variable de medición: Porcentaje de humedad del concentrado**

El porcentaje de humedad de un mineral es la expresión numérica de la cantidad de agua existente en un material húmedo. Se obtiene al calentar el mineral, unos grados más que el punto de ebullición del agua, por un tiempo que depende de la distribución del agua en el material. El aparato para determinación rápida de la humedad es el hidrómetro, pero a falta de este equipo, se puede emplear una estufa eléctrica de temperatura graduable. La contabilidad metalúrgica requiere el conocimiento exacto del peso exacto del sólido que se maneja, los materiales reales contienen varios grados de humedad y se deben tomar muestras para medir exactamente este constituyente. La muestra húmeda y la muestra de ensayo ideal se preparan de la misma cantidad de material, tomándose ambas de un punto cercano al equipo de pesado. Con un manejo apropiado, los errores debidos a la humedad o al secado

subsecuente se reducen a los más bajos niveles posibles en la práctica, es común encontrar alguna forma de muestreo al azar para determinar la humedad. Por este método, se selecciona al azar o a distancias determinadas con pequeñas cantidades de material de los diferentes lugares de la gran masa y se mezclan para formar la base de la muestra final. Una vez tomado la muestra se pesa y luego son secadas a una temperatura apropiada hasta que toda el agua higroscópica sea expulsada y entonces se pesan de nuevo. La diferencia en peso representa la humedad y se expresa como:

$$\%H = \frac{PH - PS}{PH - T} \times 100\%$$

**%H:** Porcentaje de humedad

**PH:** Peso húmedo

**PS:** Peso seco

**T:** Tara de del recipiente donde se procesa la muestra

#### **4.4 Estandarizar los parámetros en el proceso**

Estandarizar las actividades y tareas inherentes al proceso de filtrado del cobre, plomo y zinc.

##### **4.4.1 Válvulas**

Dispositivo con características móviles que permite abrir y cerrar una vía de circulación con el fin de permitir prevenir o controlar el flujo de fluidos. Debido a su diseño y materiales, las válvulas pueden abrir y cerrar, conectar y desconectar, regular, modular o aislar una enorme serie de líquidos y gases, desde los más simples hasta los más corrosivos o tóxicos. Sus tamaños van desde unos milímetros hasta los 90 m o más de diámetro (aunque en tamaños grandes suelen llamarse compuertas).

Para el óptimo funcionamiento del proceso de filtrado de prensa para la reducción de humedad del concentrado cobre, plomo y zinc se hizo la estandarización y regulación de todas las válvulas para llevar a cabo el proceso de forma continua.

#### **4.4.2 VERIFICACIÓN DEL ESTADO DE VÁLVULAS**

##### **4.4.2.1 Objetivos**

Reconocer el tipo de válvula y electro válvulas neumáticas  
Reconocer el estado de trabajo la misma.

##### **4.4.2.2 Recursos empleados**

Observación en cada filtrado.

Múltímetro para revisar su conexionado de cableado interno.

Revisión de la presión de aire al momento del soplado.

##### **4.4.2.3 Actividades realizadas**

Se identificó válvula a válvula rotulándola para una mejor verificación y control de las mismas.

Se verifico el estado de cada válvula (operativa o puenteada).

Se verifico el tipo de válvula en este caso se trabaja con dos tipos de válvulas una que es del tipo mariposa y otra del tipo diafragma.

Se verifico si el estado del posicionamiento correspondía a lo que se visualizó en el software (normalmente abierto o cerrado).

Se realizó el mantenimiento de válvulas e informe sobre el estado de las mismas y cambio si ameritaba el caso.

Se realizó un control de lonas de las placas del filtro de prensa.



Figura N°05



Fuente: La empresa

#### **4.4.3 Verificación de las mangueras del filtro de prensa**

##### **4.4.3.1 Objetivos**

Verificar el estado de las mangueras. Revisar posibles fugas al momento del soplado

##### **4.4.3.2 Recursos empleados**

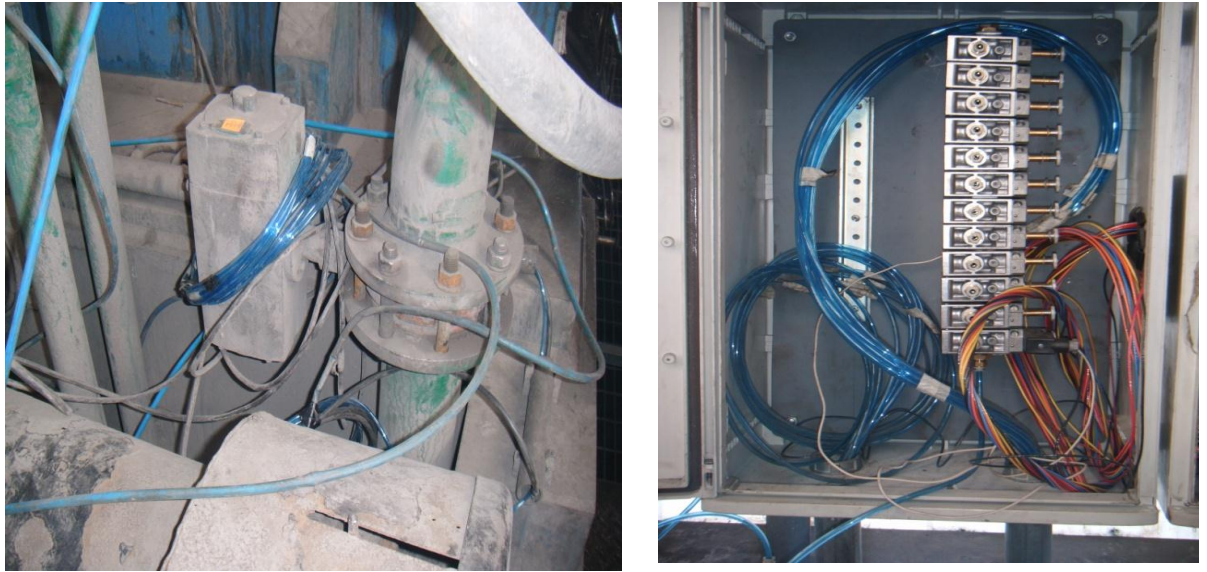
Verificación manual

##### **4.4.3.3 Actividades realizadas**

Se cambió todo el sistema de mangueras puesto que las que se encontraban, por el mismo hecho de estar expuestas a polvo fino de concentrado y por el paso del tiempo se encontraban reseca y había pequeñas fugas de aire al momento del soplado de aire.

Se empleó más de mil metros de mangueras Diámetro Exterior: 1/2" (12.7mm), Diámetro Interior: 8.7mm, Material: PU (Poliuretano), Color: Azul, Presión de Operación: 0-10Kg/cm<sup>2</sup> (0-150Psi), Temperatura: -20 -60°C, Fluido: Aire-Agua o Aceites no corrosivos.

Figura N°06



Fuente: La empresa

#### **4.4.4 Verificación del cableado del filtro de prensa**

##### **4.4.4.1 Objetivos**

Verificar el estado del cableado. Revisar posibles cortos circuitos, verificar si hay puentes en las borneras.

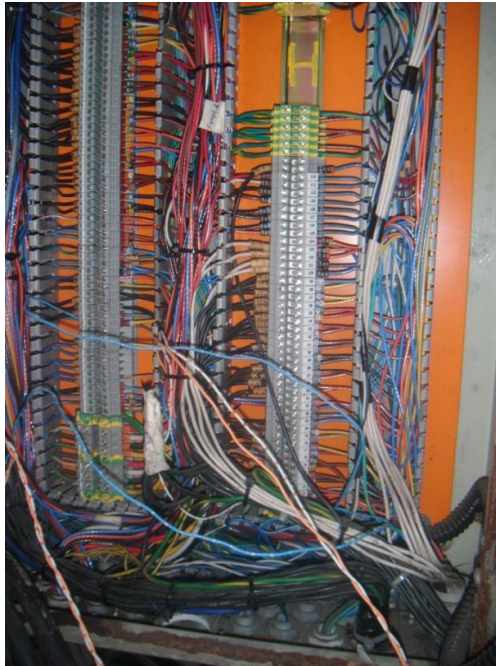
##### **4.4.4.2 Recursos empleados**

Multímetro probador con led de 24 voltios.

##### **4.4.4.3 Actividades realizadas**

Luego de la verificación del cableado se llegó a la conclusión que se tendría que cambiar todo el cableado con cable de apantallamiento, ya que existían muchos puntos puenteados, los cuales no registraban al momento de verificar en el software, existían muchos cables anulados los cuales estaban de más dentro de la caja de control.

Figura N°07



Fuente: La empresa



Fuente: Elaboración propia

#### **4.4.5 Verificación del estado de sensores del filtro de prensa, faja de descarga y espesador**

##### **4.4.5.1 Objetivos**

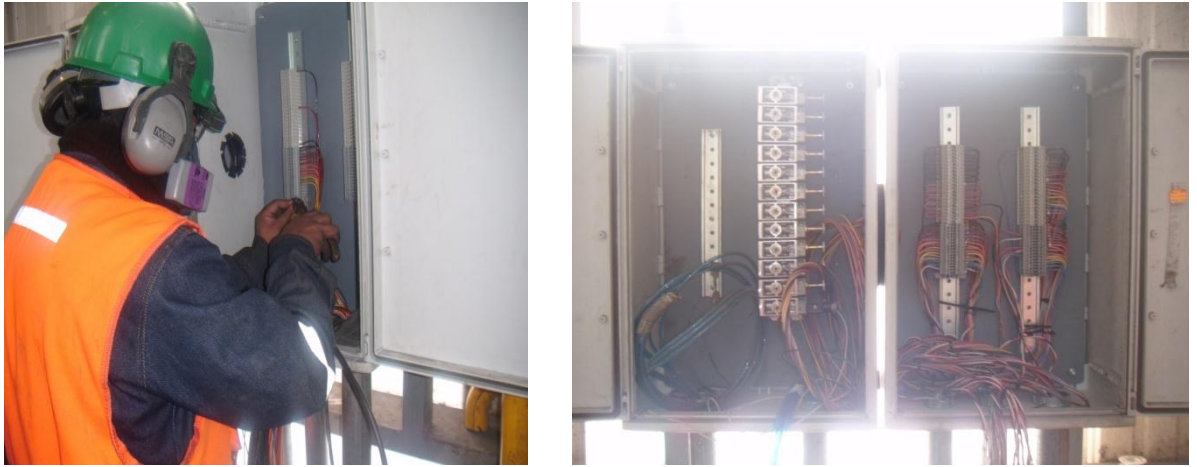
Verificar el estado de cada sensor (sensores de cercanía, ultrasónicos, finales de carrera, parada de emergencia).

Revisar el conexionado de cada sensor y verificar su comportamiento dentro del SCADA de programación.

##### **4.4.5.2 Actividades realizadas**

Se verifico cada sensor y se realizó el cambio de los que se encontraban inoperativos.

Figura N°08



Fuente: Elaboración propia

#### **4.4.6 Toma de muestra de densidad del concentrado antes del filtrado del espesador**

##### **4.4.6.1 Objetivos**

Verificar la densidad del concentrado antes de cada filtrado

##### **4.4.6.2 Recursos empleados**

Toma de muestra manual

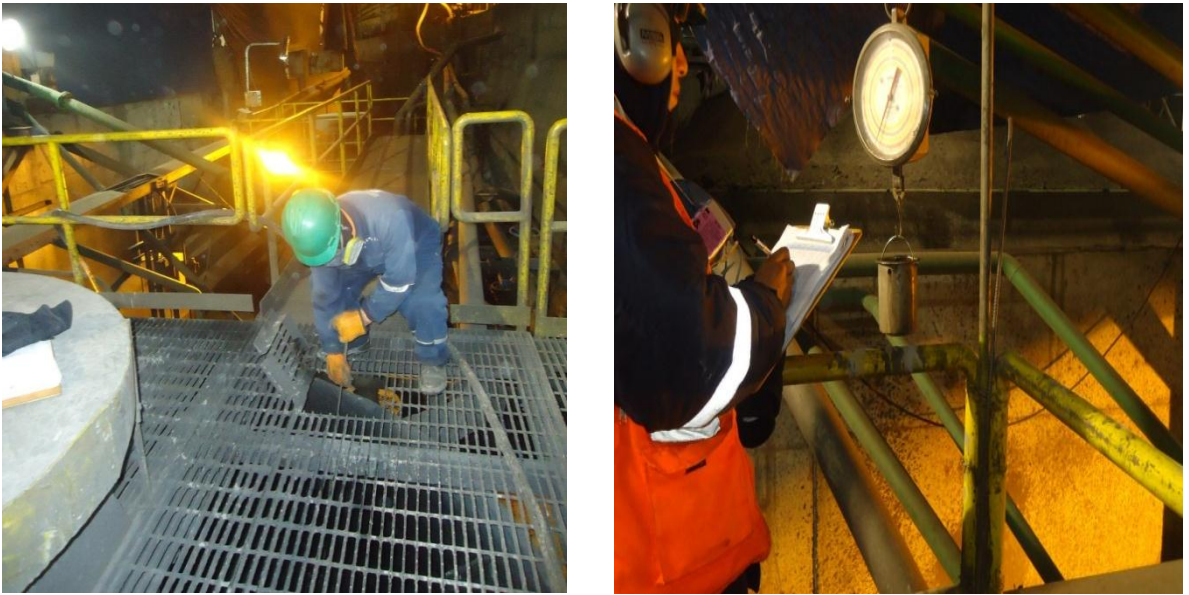
Densímetro

Cuadro de comparaciones

##### **4.4.6.3 Actividades realizadas**

Se tomó muestra de densidad de concentrado antes de cada filtrado, las muestras fueron tomadas directamente del tanque espesador.

Figura N°09



Fuente: La empresa

#### 4.4.7 Verificación del manómetro para ver con que presión de aire se realiza el soplado en el filtro de prensa y cuarto de compresoras

##### 4.4.7.1 Objetivos

Verificar el estado del manómetro del filtro de prensa.

##### 4.4.7.2 Recursos empleados

Observación

##### 4.4.7.3 Actividades realizadas

Se verifico el estado del manómetro y con qué presión de aire se filtraba.

Figura N°10



Fuente: La empresa

#### **4.4.8 Control de la programación de tiempos en panel view antes de cada filtrado**

##### **4.4.8.1 Objetivos**

Verificar los tiempos programado por cada operador antes de cada filtrado.

##### **4.4.8.2 Recursos empleados**

Comprobación en el software instalado para el control del filtro de prensa. En este caso la empresa trabaja bajo la plataforma Rockwell Software 5000 con Plc de la marca Allen Bradley.

##### **4.4.8.3 Actividades realizadas**

Comprobación y reprogramación de tiempos en cada uno de los procesos antes de cada descarga de torta.

*Figura N°11*



Fuente: La empresa

#### **4.4.9 Verificación del porcentaje de humedad tomando muestras de la faja de descarga una vez concluido en proceso de filtrado**

##### **4.4.9.1 Objetivos**

Verificar el porcentaje de humedad del concentrado una vez realizada la descarga.

##### **4.4.9.2 Recursos empleados**

Un operario para la toma de muestra

Pala para sacar el concentrado de la faja de descarga

#### **4.4.9.3 Actividades realizadas**

Una vez realizada la descarga se tomó muestras de cada concentrado directamente de la faja, para luego ser llevada al laboratorio y procesarla a fin de conocer el porcentaje de humedad del concentrado.

*Figura N°12*



Fuente: La empresa

#### **4.4.10 Verificación de las lonas de filtrado una vez concluido en proceso de filtrado**

##### **4.4.10.1 Objetivos**

Verificar el estado de la Lona de Filtrado una vez concluido la operación.

##### **4.4.10.2 Recursos empleados**

Verificación ocular.

##### **4.4.10.3 Actividades realizadas**

Una vez terminado el ciclo del filtrado, se procede a la verificación del estado de las lonas para cerciorarse el estado de estas, si se encontraban rotas o fisuradas se procede con su inmediato parchado o en su defecto el cambio de estas.

Figura N°13



Fuente: La empresa

#### 4.5 DISEÑO DEL PLAN PARA LA MEJORA CONTINUA.

##### 4.5.1. Objetivos

###### Objetivo General

Establecer e implementar herramientas para estandarizar el proceso de filtrado de prensa para la reducción de humedad del concentrado cobre, plomo y zinc.

###### Objetivos Específicos

- Establecer herramientas de mejora
- Aplicar herramientas de mejora

##### 4.5.2 Área a implementarse

Se identificaron los procesos y actividades que se desarrollan para llevar a cabo el filtrado en la prensa, estos factores son las que son principales para la estandarización del proceso; se destaca que para ejecutar toda operación está acompañado a los factores de mano de obra, estado de los equipos y maquinarias y el ambiente de trabajo que son básicamente las causas principales para estandarizar el proceso de filtrado de prensa para la reducción de humedad del concentrado cobre, plomo y zinc.



### **4.5.3 Acciones y recursos necesarios**

#### **Acciones**

##### **a) Capacitaciones al personal**

En la presente investigación no solo basta plantear las mejoras para estandarizar el proceso de filtrado; sino también se tiene que considerar el recurso humano, como aspecto importante para el proceso de filtrado, por lo que se plantea capacitar al personal con la finalidad de corregir y reforzar sus conocimientos y prácticas, con la finalidad de obtener óptimos resultados, las capacitaciones de las personas que llevan el proceso deben estar en base a los siguientes temas:

- Mantenimiento de los equipos y maquinarias
- Comportamiento organizacional y trabajo en equipo
- Sistema y tecnología de la información
- Redes y cableado estructurado
- Conocimiento de procedimientos y normas del mantenimiento.
- Compromiso con la empresa.
- Seguridad y salud en el trabajo
- Procesos industriales

Por ello se plantea un programa de capacitación al personal, una capacitación de 4 a 5 veces al año el cual debe desarrollarse de acuerdo a los cambios de los personales, así como, ingenieros, operarios o técnicos especialistas de tal manera esto permita reforzar sus conocimientos y prácticas para llevar a cabo el proceso del filtrado de la prensa y para el desarrollo de todo tipo de proyectos futuros de mantenimiento la empresa.

**b) Calibración y mantenimiento de equipos maquinarias y dispositivos.**

Tener en condiciones óptimas el funcionamiento de los equipos, maquinarias y dispositivos es fundamental para el desarrollo eficaz de un proceso de producción. La realización de un mantenimiento preventivo y correctivo de los equipos y maquinarias son indispensables para tenerlos en óptimas condiciones para su uso, el trabajo de calibración y mantenimiento se deben realizar de manera periódica de acuerdo al plan de mantenimiento o según sea necesario de aplicarlo.

Para mantener el control de los trabajos de mantenimiento de los equipos y maquinaria se proponen un formato de calibración, mantenimiento y renovación de equipos y maquinarias según su vida útil y desgaste en el proceso.

**c) Recursos**

Los recursos para una correcta estandarización de proceso y establecer mejoras en el presente trabajo son de vital importancia para lograr los objetivos, para ello debe ser un compromiso desde la alta gerencia en temas de disponibilidad financiera, hasta el compromiso adquirido por los técnicos y trabajadores.

**d) Financieros**

Los recursos financieros que garantizaran las acciones establecidas para la estandarización del filtrado de prensa para la reducción de la humedad.

## Cuadro N° 02

### Recursos financieros para implementar el plan

N°	Acción	Recurso	Precio unitario	Cantidad	Precio
1	Mantenimiento de la prensa	Técnico en mantenimiento	S/15,500.00	2	S/31,000.00
2	Mantenimiento del cableado estructurado	Técnico en mantenimiento	S/15,500.00	3	S/46,500.00
3	Calibración de los sensores	Técnico en mantenimiento	S/18,700.00	2	S/37,400.00
4	Mantenimiento de las válvulas	Técnico en mantenimiento	S/20,000.00	2	S/40,000.00
5	Calibración de equipos de control de Humedad	Personal técnico especialista	S/25,000.00	2	S/50,000.00
6	Capacitación al personal	Couching	S/12,000.00	4	S/48,000.00
TOTAL					S/252,900.00

Fuente: La empresa

Elaboración: Propia

### e) Personal

El personal es uno de los recursos más importantes para su desarrollo y su existencia de todas las empresas u organizaciones, por ello actualmente muchas empresas en el mundo están dando la mayor importancia a sus personas ya que son ellos parte del funcionamiento óptimo. Pues, por ese motivo las empresas tienen que fomentar un buen clima laboral y forma con valores que les permite entre todos desarrollar las actividades de la mejor manera.

La creación de un buen clima organizacional acompañado de capacitaciones e incentivos (no necesariamente económicos) lograremos que el personal se comprometa con el presente plan que busca estandarizar el proceso de filtrado. Además, se conseguirá el compromiso del personal a adaptarse y sentirse involucrado con los objetivos y metas de la empresa. Por lo que se recomienda realizar actividades o ensayos para crear un buen clima laboral.

#### **4.5.4 Control**

La presente fase tuvo como objetivo estandarizar el proceso del filtrado de prensa para reducir la humedad de los minerales. Durante el desarrollo de las actividades de la empresa se tiene que trabajar siempre con registros de datos para generar información que nos faciliten identificar en tiempo real los porcentajes de humedad, densidad y otros parámetros físicos controlables para que se obtenga resultandos óptimos estandarizados de manera asó se pueda reducir costos en el proceso de producción. El registro de datos ayudará a tomar decisiones futuras para su mayor control, en el cuál esta empresa cuenta con diversas herramientas para el control de la filtración.

En los anexos se tiene formatos que se diseñó un registro para llevar el control adecuado de las mediciones ya sea de la densidad, el porcentaje de humedad u otros parámetros que se puedan medir y ser controlado; hacer seguimiento continuo es parte de la estandarización de los procesos en la cual se mejorará la calidad de los productos.

## CAPÍTULO V

### 5 DISCUSIÓN O CONTRASTACIÓN DE RESULTADOS

De acuerdo resultados obtenidos en otras investigaciones las cuales han sido citadas en los antecedentes del marco teórico de la presente investigación se tiene que: Capone Barraza, Marcelo Enrique, en su tesis titulada “Filtros de prensa para relaves”, concluyó que “considerando solamente la depositación de relaves la tecnología de filtrado de relaves se visualiza como una opción más costosa tanto en inversión como en operación respecto de los relaves espesados. Sin embargo, esta es una alternativa, ya que dependiendo de diversos factores como son las características de los relaves, la topografía del lugar y las restricciones ambientales, puede llegar a ser atractiva.”, también concluye que “Ahora considerando la depositación de relaves y la recuperación de agua, se puede decir que se trata de una alternativa competitiva, que no puede dejar de evaluarse para un proyecto de planta concentradora, mientras que en nuestra investigación titulada “ESTANDARIZACIÓN DEL PROCESO FILTRADO EN EL FILTRO DE PRENSA PARA LA REDUCCIÓN DEL PORCENTAJE DE HUMEDAD DEL CONCENTRADO COBRE, PLOMO Y ZINC”, al controlar cada proceso para mantener el estándar establecido de los parámetros como son tipo de filtrado, presión, densidad se ha logrado reducir el porcentaje de humedad del concentrado de cobre, plomo y zinc en el filtrado de prensa permitiendo incrementar la calidad del producto disminuyendo costos de pagar a terceros para terminar con el proceso, el control y medición dependerá siempre del tipo de material, el comportamiento climatológico, los factores del mantenimiento, la mano de obra y el trabajo coordinado entre todos para llegar a óptimos resultados.

De lo que se puede colegir que en nuestro caso la mejora del proceso está en tener un proceso estandarizado, controlado y monitoreado constantemente.

Jerí Gómez, Antonio, et al. En su tesis titulada “Planeamiento Estratégico de la Logística de Exportación de Concentrados de Minerales”, llegaron a las siguientes tres conclusiones:

“1. El Sector Logístico de Exportación de Concentrados de Minerales en el Perú es competitivo y ha crecido de sostenidamente junto con el crecimiento económico del país. Su desarrollo está directamente alineado con las exigencias de la minería en el mundo. Continúa en la búsqueda de seguir incrementado valor a través de la utilización de nuevas tecnologías que le permita competir en el ámbito latinoamericano.

2. El Sector Logístico de Exportación de Concentrados de Minerales es una industria atractiva que está conformada por tres empresas: Perubar, Impala Terminal, y TISUR. El Sector tiene un rol principal en el desarrollo de la minería y representa el 59% del total de las exportaciones de esta.

3. El Sector tiene un alto potencial de crecimiento, dado el bajo número de participantes y debido a la cantidad de proyectos mineros aún en fase de exploración. Adicionalmente, el crecimiento sostenido de países como China y otros en el mundo serán favorables para el crecimiento sostenido del mismo.”  
Mientras que en nuestra investigación titulada “ESTANDARIZACIÓN DEL PROCESO FILTRADO EN EL FILTRO DE PRENSA PARA LA REDUCCIÓN DEL PORCENTAJE DE HUMEDAD DEL CONCENTRADO COBRE, PLOMO Y ZINC”, se hizo la estandarización de las actividades y tareas inherentes al proceso de filtrado del cobre, plomo y zinc apoyado del factor mano de obra, mantenimiento y controlado constantemente por los supervisores para obtener un bajo porcentaje de humedad de los minerales y mantener siempre la densidad por encima de 2000 gr/lt de cada mineral para entregar un producto de calidad a nuestros clientes.

Camargo Rodríguez, Jorge Armando, en su tesis titulada “Estandarización de métodos de operación minera en la Empresa

Agrocoal S.A.S.”, al terminar la tesis llego a las conclusiones siguientes:

- “Se ve que existen tiempos muertos para el cochero y el envasador del frente, lo que genera sobre costos y puede generar retrasos en los otros trabajadores.
- La operación a la que mayor atención se le debe prestar es la de arranque de mineral, ya que es la operación crítica en el proceso.
- Se evidencia la necesidad de controlar los tiempos de operación para mejorar la producción y poder cumplir con efectividad a los clientes.
- Existen posibilidades de mejorar el proceso y así incrementar la producción actual, lo que servirá para abrirse a nuevos clientes.”

Sin embargo, en nuestra investigación titulada “ESTANDARIZACIÓN DEL PROCESO FILTRADO EN EL FILTRO DE PRENSA PARA LA REDUCCIÓN DEL PORCENTAJE DE HUMEDAD DEL CONCENTRADO COBRE, PLOMO Y ZINC”, se hizo la estandarización de las actividades y tareas inherentes al proceso de filtrado del cobre, plomo y zinc apoyado del factor mano de obra, mantenimiento y controlado constantemente por los supervisores para obtener un bajo porcentaje de humedad de los minerales y se determinó que los límites de variación de la densidad del cobre se encuentran entre el rango de 1952.7gr/lit a 2146.7gr/lit, plomo de 2047.5 gr/lit a 2146.7gr/lit y el zinc de 2089.4 gr/lit a 2182.10 gr/lit. Tiempos mínimos de filtrado para el cobre 17 minutos, plomo 45 minutos y zinc 28 minutos. Presión de aire al momento del filtrado tiene que ser a 6 psi.

## CONCLUSIONES

- Se realizó el análisis exploratorio de los datos históricos y actuales de filtrado de prensa para la reducción de humedad del concentrado cobre, plomo y zinc para cuantificarlo y determinar las medidas de posición, dispersión y formar las variables de calidad; el análisis de datos se hizo con la herramienta de control de calidad la gráfica X - S en función a ello se determinó que los límites de variación de la densidad del cobre se encuentran entre el rango de 1952.7gr/Lt a 2146.7gr/Lt, plomo de 2047.5 gr/Lt a 2146.7gr/Lt y el zinc de 2089.4 gr/tl a 2182.10 gr/tl. Esta alta variación es generada porque los procesos no siguen una operación estándar y sincronizada a causa de factores de mano de obra, estado de los equipos, dispositivos, maquinarias y el ambiente de trabajo.
- Se hizo la estandarización de las actividades y tareas inherentes al proceso de filtrado del cobre, plomo y zinc apoyado del factor mano de obra, mantenimiento y controlado constantemente por los supervisores para obtener un bajo porcentaje de humedad de los minerales para entregar un producto de calidad a nuestros clientes.
- Se hizo la estandarización de tiempos mínimos de filtrado la cual tiene que ser 17 minutos para el cobre; 45 minutos para el plomo 28 minutos para el zinc
- Se hizo la estandarización de la densidad del concentrado de plomo, cobre y zinc, la cual tiene que ser mayor a 2000 gr/Lt
- Se hizo la estandarización de la presión del manómetro al momento del soplado la cual tiene que ser igual o mayor a 6 psi
- Se elaboró un plan de mejoras y un check list que para la Calibración y mantenimiento de equipos, dispositivos y maquinarias y Capacitaciones al personal. Además, se estableció el monitoreo con registros para la toma de medición de los parámetros en un determinado intervalo de tiempo para su análisis gráfico de control de calidad.



- **Por lo tanto: Con la estandarización que se realizó, se logró reducir el porcentaje de humedad del concentrado de Cobre un promedio de 13% a  $\leq 9.0\%$  en 17 min; del concentrado de plomo un promedio de 12.5% a  $\leq 10\%$  en 45 min. y la del zinc de un promedio de 13.5% a  $\leq 10.5\%$  en 28 min. Teniendo en cuenta que la densidad siempre tiene que ser mayor a 2000 gr/lt.**

## SUGERENCIAS

- Con el control adecuado mantener que la densidad promedio esté por encima de los 2000 gr/lit.
- Los encargados de filtro de prensa deben tener una coordinación adecuada entre los jefes de guardia de metalurgia y producción.
- Hacer un seguimiento continuo a los inspectores y encargados para que respeten los tiempos óptimos de filtrado del concentrado.
- La presión del aire para soplado debe ser constante para evitar reventamiento de lomas de filtrado y mayor o igual a 6 psi.
- Respetar los tiempos mínimos de filtrado para cara concentrado de mineral (cobre, plomo y zinc).
- Tener siempre información de la granulometría del mineral según el lugar de extracción.
- Mantener constante el porcentaje de humedad en el nivel óptimo para que se evite un producto de mala calidad.

## REFERENCIA BIBLIOGRAFIA

1. Augusto Bernal C. Metodología de la investigación. México: Pearson Prentice Hall; 2006.
2. Camargo Rodríguez. Estandarización de métodos de operación minera en la Empresa Agrocoal S.A.S., en el Municipio de Socha, Departamento de Boyacá. Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia Seccional Sogamoso Escuela Ingeniería de Minas. Colombia. 2015.
3. Capone Barraza, Marcelo Enrique. Filtros de prensa para relaves. Facultad de Ciencias Físicas y Matemáticas Departamento de Ingeniería Industrial de la Universidad de Chile. Chile. 2016.
4. Carrasco Díaz S. Metodología de la investigación científica. Perú: San Marcos; 2006.
5. Fundación Tecnológica. Boletín Minero 1300. 2016.  
[www.fundaciontecnologica.cl/.../Articulo-FT-Boletin-Minero-1300\\_2016\\_06.pdf](http://www.fundaciontecnologica.cl/.../Articulo-FT-Boletin-Minero-1300_2016_06.pdf)
6. Hernández Sampieri R, Fernández Collao C, Baptista Lucio P. Metodología de la investigación. 4ª ed. México: McGraw Hill; 2008.
7. Jerí Gómez, Antonio, et al. Planeamiento Estratégico de la Logística de Exportación de Concentrados de Minerales. Pontificia Universidad Católica del Perú. Lima. 2015.
8. Krajewski, Lee; Ritzman, Larry y Malhotra, Manoj. Administración de operaciones. Procesos y cadenas de valor. Naucalpan de Juárez: Pearson Educación. 2008.
9. Salazar López, Bryan. Mejora de procesos: Método de las ocho fases” de Bryan Salazar López.  
<https://www.ingenieriaindustrialonline.com/herramientas-para-el-ingeniero-industrial/gestion-y-control-de-calidad/mejora-de-procesos-metodo-de-las-ocho-fases/>
10. Elementos. Lenntech. Universidad Técnica de Delft. Países Bajos.  
<https://www.lenntech.es/periodica/elementos/pb.htm>

# ANEXOS

## Anexo N°01

### Tabla N°01

Mes de análisis : Setiembre de 2018  
 Densidad del material : Cobre (Cu)  
 Tipo de análisis : Gráfica de control X - S  
 Lugar de análisis : Tanque N°01

Días	Horas																Gráfica X			Gráfica S				
	07:00	08:00	09:00	10:00	11:00	12:00	13:00	14:00	15:00	16:00	17:00	18:00	19:00	20:00	21:00	22:00	Media X	LCI	LC	LCS	Media S	LCI	LC	LCS
4 Set	1790	1800	1880	2210	1750	1755	1720	1720	1760	1670	2100	2070	1980	2050	1950	1500	<b>1856.6</b>	1953	2049.7	2147	<b>187.9</b>	57.0	127.2	197.5
5 Set	1700	1720	1700	1820	1620	2050	2050	2050	1870	1860	1850	1780	1820	1860	1900	1990	<b>1852.5</b>	1953	2049.7	2147	<b>132.7</b>	57.0	127.2	197.5
6 Set	1740	1710	2010	2010	1940	2115	1650	1650	1680	1680	1680	1820	1960	1920	1900	1900	<b>1835.3</b>	1953	2049.7	2147	<b>152.2</b>	57.0	127.2	197.5
7 Set	1750	1880	1900	1890	1910	1990	1930	2020	1980	2040	2150	2230	1920	1980	2050	1850	<b>1966.9</b>	1953	2049.7	2147	<b>116.7</b>	57.0	127.2	197.5
8 Set	1960	1960	2000	2100	2230	2280	2390	2350	2170	2170	2180	2150	2140	2150	2220	2240	<b>2168.1</b>	1953	2049.7	2147	<b>123.2</b>	57.0	127.2	197.5
9 Set	1880	1880	1880	1880	1880	1880	1860	1860	1910	1960	2120	2120	2130	2150	2130	2000	<b>1970.0</b>	1953	2049.7	2147	<b>117.2</b>	57.0	127.2	197.5
11 Set	1550	1550	1890	1960	2010	2000	2010	1960	1990	1990	1990	1990	1990	2110	1940	1950	<b>1930.0</b>	1953	2049.7	2147	<b>155.1</b>	57.0	127.2	197.5
12 Set	1775	1800	1800	1820	1810	1940	1940	1950	1870	2400	2420	2460	2470	2380	2310	2360	<b>2094.1</b>	1953	2049.7	2147	<b>285.6</b>	57.0	127.2	197.5
13 Set	1930	1930	1950	1950	2010	1400	1400	1450	1700	1750	1780	1760	1765	1660	1660	1660	<b>1734.7</b>	1953	2049.7	2147	<b>195.2</b>	57.0	127.2	197.5
14 Set	2120	2120	2130	2300	2240	2250	2240	2220	2230	2220	2220	2180	2170	2160	2200	2195	<b>2199.7</b>	1953	2049.7	2147	<b>50.6</b>	57.0	127.2	197.5
15 Set	2020	2010	2030	2000	2010	2010	2010	2040	1980	1990	2180	2230	2200	2200	2140	2120	<b>2073.1</b>	1953	2049.7	2147	<b>88.5</b>	57.0	127.2	197.5
16 Set	2140	2140	2160	2150	2070	1800	1900	1900	1850	1890	1900	2080	2050	2080	2080	2100	<b>2018.1</b>	1953	2049.7	2147	<b>122.0</b>	57.0	127.2	197.5
18 Set	1880	1900	1900	1950	2000	2080	2070	2120	2150	2200	2130	2110	2110	2090	2080	2080	<b>2053.1</b>	1953	2049.7	2147	<b>97.3</b>	57.0	127.2	197.5
19 Set	2000	1990	1950	1810	1990	2100	2350	2360	2330	2160	1950	1950	1950	1950	1950	1950	<b>2046.3</b>	1953	2049.7	2147	<b>166.6</b>	57.0	127.2	197.5
20 Set	2150	2190	2195	2230	2230	2250	2300	2130	2130	2070	2000	2150	2130	2000	1980	1980	<b>2147.8</b>	1953	2049.7	2147	<b>95.5</b>	57.0	127.2	197.5
21 Set	1900	1900	2010	2055	2120	2240	2260	2320	2320	2400	2400	2340	2300	2300	2280	2290	<b>2214.7</b>	1953	2049.7	2147	<b>165.0</b>	57.0	127.2	197.5
22 Set	1900	2150	2185	2180	2170	2150	2170	2070	2220	2220	2230	2170	2170	2050	2140	2170	<b>2146.6</b>	1953	2049.7	2147	<b>81.3</b>	57.0	127.2	197.5
23 Set	1960	2090	2130	2040	2040	2040	2050	2250	2200	2170	2170	2180	2040	2190	2135	2160	<b>2115.3</b>	1953	2049.7	2147	<b>79.7</b>	57.0	127.2	197.5
24 Set	2170	2170	2170	2170	2170	2170	2170	2150	2080	2080	2100	2160	2230	2260	2280	2350	<b>2180.0</b>	1953	2049.7	2147	<b>71.3</b>	57.0	127.2	197.5
25 Set	2400	2400	2400	2400	2400	2400	2400	2400	2450	2450	2450	2450	2310	2420	2290	2235	<b>2390.9</b>	1953	2049.7	2147	<b>61.4</b>	57.0	127.2	197.5

Fuente: La empresa

Fuente: Elaboración propia en Excel

## Anexo N°02

Tabla N°02

Mes de análisis : Setiembre de 2018  
 Densidad del material : Plomo (Pb)  
 Tipo de análisis : Gráfica de control X - S  
 Lugar de análisis : Tanque N°02

Días	Horas																Gráfica X				Gráfica S			
	07:00	08:00	09:00	10:00	11:00	12:00	13:00	14:00	15:00	16:00	17:00	18:00	19:00	20:00	21:00	22:00	Media X	LCI	LC	LCS	Media S	LCI	LC	LCS
4 Set	2280	2100	1730	1810	1670	1730	1730	1720	1700	1970	2300	2280	2230	2270	2090	1950	<b>1972.5</b>	2047.5	2111.3	2175.1	<b>246.9</b>	37.5	83.6	129.8
5 Set	1720	1700	1690	1720	1700	1720	1700	1720	1740	1730	2000	2080	2090	2180	2100	2150	<b>1858.8</b>	2047.5	2111.3	2175	<b>196.7</b>	37.5	83.6	129.8
6 Set	1970	2270	2000	1960	2000	1910	1950	1960	1650	1950	2110	2020	2060	2020	2040	2150	<b>2001.3</b>	2047.5	2111.3	2175	<b>129.9</b>	37.5	83.6	129.8
7 Set	2040	2190	2200	2200	2000	2250	2300	2300	2260	2200	2180	2200	2120	2080	2060	2060	<b>2165.0</b>	2047.5	2111.3	2175	<b>94.0</b>	37.5	83.6	129.8
8 Set	2090	2100	2150	2170	2115	2120	2100	2130	2150	2190	2120	2140	2110	2190	2130	2170	<b>2135.9</b>	2047.5	2111.3	2175	<b>31.6</b>	37.5	83.6	129.8
9 Set	2060	2070	2070	2170	2190	2210	2180	2180	2170	2180	2240	2190	2100	2100	2110	2100	<b>2145.0</b>	2047.5	2111.3	2175	<b>56.6</b>	37.5	83.6	129.8
11 Set	1800	2050	2050	2050	2060	2090	2140	2140	2100	2110	2160	2130	2120	2110	2160	2160	<b>2089.4</b>	2047.5	2111.3	2175	<b>86.8</b>	37.5	83.6	129.8
12 Set	2100	2140	2140	2100	2100	2080	2110	2080	2120	2100	2100	2100	2090	2090	2300	2400	<b>2134.4</b>	2047.5	2111.3	2175	<b>87.9</b>	37.5	83.6	129.8
13 Set	2480	2480	2480	2480	2480	2390	2350	2420	2320	2350	2390	2390	2350	2400	2360	2420	<b>2385.0</b>	2047.5	2111.3	2175	<b>1067.2</b>	37.5	83.6	129.8
14 Set	2520	2530	2580	2580	2400	2400	2400	2350	2470	2310	2350	2370	2380	2380	2310	2130	<b>2403.8</b>	2047.5	2111.3	2175	<b>114.5</b>	37.5	83.6	129.8
15 Set	1910	1900	1900	1900	1900	1910	1920	1920	1930	1950	2000	1980	1980	1980	1980	1980	<b>1940.0</b>	2047.5	2111.3	2175	<b>37.2</b>	37.5	83.6	129.8
16 Set	2030	2010	2050	2060	1960	2000	2000	1950	1890	1890	1890	1900	1920	1920	1940	1940	<b>1959.4</b>	2047.5	2111.3	2175	<b>58.4</b>	37.5	83.6	129.8
18 Set	2000	2000	2020	2010	2000	2000	2010	2010	2020	2030	2050	2000	2040	2000	2000	2000	<b>2011.9</b>	2047.5	2111.3	2175	<b>16.0</b>	37.5	83.6	129.8
19 Set	2150	2160	2210	2100	2200	2090	2220	2150	2210	2190	2200	2200	2290	2280	2220	2250	<b>2195.0</b>	2047.5	2111.3	2175	<b>55.6</b>	37.5	83.6	129.8
20 Set	2230	2250	2280	2200	2210	2270	2200	2100	2170	2150	2160	2170	2100	2120	2110	2100	<b>2176.3</b>	2047.5	2111.3	2175	<b>61.2</b>	37.5	83.6	129.8
21 Set	2230	2210	2260	2260	2260	2240	2200	2260	2200	2180	2200	2120	2050	2110	2120	2110	<b>2188.1</b>	2047.5	2111.3	2175	<b>66.7</b>	37.5	83.6	129.8
22 Set	2065	2140	2140	2140	2150	2190	2210	2210	2210	2100	2180	2080	2020	2050	2020	2030	<b>2120.9</b>	2047.5	2111.3	2175	<b>69.7</b>	37.5	83.6	129.8
23 Set	2025	2020	2160	2250	2270	2250	2220	2200	2080	2100	2070	2100	2100	2100	2120	2130	<b>2137.2</b>	2047.5	2111.3	2175	<b>79.3</b>	37.5	83.6	129.8
25 Set	1995	2040	2020	2060	2070	2100	2195	2100	2060	2050	2090	2100	2070	2080	2050	2050	<b>2070.6</b>	2047.5	2111.3	2175	<b>44.2</b>	37.5	83.6	129.8

Fuente: La empresa

Fuente: Elaboración propia en Excel

## Anexo N°03

Tabla N°03

Mes de análisis : Setiembre de 2018  
 Densidad del material : Zinc (Zn)  
 Tipo de análisis : Gráfica de control X - S  
 Lugar de análisis : Tanque N°03

Días	Horas																Gráfica X			Gráfica S				
	07:00	08:00	09:00	10:00	11:00	12:00	13:00	14:00	15:00	16:00	17:00	18:00	19:00	20:00	21:00	22:00	Media X	LCI	LC	LCS	Media S	LCI	LC	LCS
4 Set	1840	1940	1880	1995	2040	2040	1990	1900	1900	1910	1930	1960	1970	1960	1940	1950	<b>1946.6</b>	2089.4	2135.4	2182.1	<b>54.4</b>	27.2	60.8	94.3
5 Set	2000	1880	2020	2070	2020	2000	2010	2020	2010	2000	1960	2060	2100	2080	2080	2080	<b>2024.4</b>	2089.4	2135.4	2182.1	<b>55.1</b>	27.2	60.8	94.3
6 Set	2040	2020	2010	2070	2080	2090	2070	1950	1960	1960	1960	2020	2040	2050	2040	2040	<b>2025.0</b>	2089.4	2135.4	2182.1	<b>45.8</b>	27.2	60.8	94.3
7 Set	2160	2160	2150	2070	2150	2170	2190	2340	2100	2190	2180	2190	2230	2190	2200	2200	<b>2179.4</b>	2089.4	2135.4	2182.1	<b>58.0</b>	27.2	60.8	94.3
8 Set	2210	2190	2200	2160	2160	2150	2120	2100	2350	2330	2320	2350	2320	2260	2210	2150	<b>2223.8</b>	2089.4	2135.4	2182.1	<b>85.7</b>	27.2	60.8	94.3
9 Set	2040	2080	2150	2150	2160	2170	2180	2150	2220	2340	2235	2100	2130	2140	2220	2150	<b>2163.4</b>	2089.4	2135.4	2182.1	<b>69.1</b>	27.2	60.8	94.3
11 Set	2190	2180	2190	2190	2200	2200	2140	2240	2300	2230	2230	2280	2180	2220	2180	2220	<b>2210.6</b>	2089.4	2135.4	2182.1	<b>39.9</b>	27.2	60.8	94.3
12 Set	2160	2160	2200	2170	2170	2170	2180	2210	2210	2210	2210	2250	2320	2300	2230		<b>2207.5</b>	2089.4	2135.4	2182.1	<b>48.0</b>	27.2	60.8	94.3
13 Set	2340	2340	2350	2350	2350	2360	2360	2380	2340	2390	2350	2350	2370	2250	2260	2270	<b>2338.1</b>	2089.4	2135.4	2182.1	<b>41.3</b>	27.2	60.8	94.3
14 Set	2300	2320	2320	2330	2350	2400	2280	2310	2350	2340	2400	2300	2290	2260	2250	2300	<b>2317.7</b>	2089.4	2135.4	2182.1	<b>935.3</b>	27.2	60.8	94.3
15 Set	2190	2190	2150	2150	2150	2160	2160	2150	2160	2160	2250	2160	2150	2120	2160	2170	<b>2164.4</b>	2089.4	2135.4	2182.1	<b>28.0</b>	27.2	60.8	94.3
16 Set	2150	2150	2200	2200	2230	2230	2310	2300	2210	2265	2225	2210	2215	2190	2130	2160	<b>2210.9</b>	2089.4	2135.4	2182.1	<b>50.9</b>	27.2	60.8	94.3
18 Set	2100	2050	2050	2040	2100	2080	2270	2250	2250	2250	2250	2280	2260	2190	2180	2160	<b>2172.5</b>	2089.4	2135.4	2182.1	<b>89.4</b>	27.2	60.8	94.3
19 Set	2110	2150	2140	2200	2100	2100	2150	2170	2140	2140	2140	2260	2210	2190	2150	2140	<b>2155.6</b>	2089.4	2135.4	2182.1	<b>42.3</b>	27.2	60.8	94.3
20 Set	2330	2310	2140	2190	2050	2000	1800	1820	1780	2080	2040	2040	1860	2190	2190	2200	<b>2063.8</b>	2089.4	2135.4	2182.1	<b>175.2</b>	27.2	60.8	94.3
21 Set	2010	1900	2040	2050	2040	2020	2000	2000	1910	1910	1910	1910	1990	1910	2230	2240	<b>2004.4</b>	2089.4	2135.4	2182.1	<b>105.5</b>	27.2	60.8	94.3
22 Set	2050	2040	2060	2080	2070	2060	1985	2040	2020	2040	2050	2020	2020	2050	2060	2060	<b>2044.1</b>	2089.4	2135.4	2182.1	<b>23.6</b>	27.2	60.8	94.3
23 Set	1965	2000	2070	2100	2030	2050	2065	2080	2070	2070	2070	2090	2060	2100	2100	2080	<b>2062.5</b>	2089.4	2135.4	2182.1	<b>36.9</b>	27.2	60.8	94.3
25 Set	1990	2000	2000	2040	2040	2040	2050	2100	2050	2060	2140	2100	2040	2200	2100	1980	<b>2058.1</b>	2089.4	2135.4	2182.1	<b>58.3</b>	27.2	60.8	94.3

Fuente: La empresa

Fuente: Elaboración propia en Excel

# ANEXO N°04

## Lista de control de parámetros

Encargado de inspección : .....  
Material (mineral) : .....  
Parámetro a medirse : ..... Fecha ...../...../.....  
Nombre de equipo o dispositivo : .....  
Intervalo de medición (tiempo) : cada ..... horas | Turno : .....  
Inicio de inspección : de ..... hasta : .....

Fechas	Observaciones: .....   Horas de ..... hasta .....									

---

Encargado de la inspección

## Anexo N°05

### CHECK LIST DE VALVULAS FILTRO PRENSA N° 1. PB-CU

Encargado de inspección : .....

Inspección de válvula :..... Código :.....

Fecha y hora de inspección :..... Fecha ...../...../.....

Lugar de inspección : .....

VALVULA	DESCRIPCION	OBSERVACIONES
FV01 FV01.1	Válvula de diafragma 3" automática	Calibración de sensores
FV 02	Válvula de diafragma 1.1/2"automática	Mantenimiento
FV 03	Válvula de mariposa 4" automática	Mantenimiento y calibración de sensores
FV 04	Válvula de mariposa 4" automática	Mantenimiento
FV 05	Válvula de diafragma 6" automática	Sensores deshabilitados
FV 06	Válvula de diafragma 2" automática	En buen estado
FV 07	Válvula de mariposa 4" automática	Mantenimiento y calibración de sensores
FV 08	Válvula de mariposa 4" automática	Mantenimiento
FV 09	Válvula de mariposa 4" automática	Mantenimiento
FV 10	Válvula de diafragma 6" automática	No tiene sensores de posición
FV 11	Válvula de bola 2" automática	En buen estado
FV 12	Válvula de bola 2" automática	En buen estado
FV 13	Válvula de diafragma 6" automática	Instalación de sensores de posición
FV 14	Válvula de diafragma 2" automática	Sensores deshabilitados



## Anexo N°06

### CHECK LIST VALVULAS FILTRO PRENSA N° 2- ZN

Encargado de inspección : .....

Inspección de válvula :..... Código :.....

Fecha y hora de inspección :..... Fecha ...../...../.....

Lugar de inspección : .....

VALVULA	DESCRIPCION	OBSERVACIONES
<b>FV01 FV01.1</b>	Válvula de diafragma 3" automática	Mantenimiento de sensor de posición FV01.1
<b>FV 02</b>	Válvula de diafragma 1.1/2"automática	Mantenimiento y calibración de sensores
<b>FV 03</b>	Válvula de mariposa 4" automática	Mantenimiento y calibración de sensores
<b>FV 04</b>	Válvula de mariposa 4" automática	Mantenimiento y calibración de sensores
<b>FV 05</b>	Válvula de diafragma 6" automática	Válvula sin sensores de posición
<b>FV 06</b>	Válvula de diafragma 2" automática	Buen estado
<b>FV 07</b>	Válvula de mariposa 4" automática	Mantenimiento y calibración de sensores
<b>FV 08</b>	Válvula de mariposa 4" automática	Mantenimiento y calibración de sensores
<b>FV 09</b>	Válvula de mariposa 4" automática	Mantenimiento y calibración de sensores
<b>FV 10</b>	Válvula de diafragma 6" automática	Válvula sin sensores de posición
<b>FV 11</b>	Válvula de bola 2" automática	Mantenimiento y calibración de sensores
<b>FV 12</b>	Válvula de bola 1" automática	Válvula presenta fuga de agua
<b>FV 13</b>	Válvula de bola 2" automática	Mantenimiento y calibración de sensores
<b>FV 14</b>	Válvula de bola 2" automática	Válvula presenta fuga de agua
<b>FV15</b>	Válvula de diafragma 6" automática	Sensores de posición deteriorados
<b>FV 16</b>	Válvula de diafragma 2" automática	Sensores de posición desconectados
<b>FV 17</b>	Válvula de bola 2" automática	Válvula presenta fuga de agua
<b>FV 18</b>	Válvula de bola 2" automática	Manómetro de válvula requiere reposición

### Anexo N°07

CHECK LIST PARA CONTROL DE LONAS Y PLACAS																														
FILTRO 23 PLACAS					ANDRITZ																									
Noviembre 2015																														
FEC HA	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30
PLAC A																														
1																														
2									R																				C	
3								C																						
4								C														C	C							
5																						C	C							
6																														
7																														
8																							C							C
9																														
10																														C
11																														
12																														
13																														
14																														C
15																														
16																														C
17																														
18																														
19																														
20									C																					
21									C																					
22																														
23																														
CICL OS																														
CIC/ DIA																														
C	CAMBIO DE LONAS						R	REPARACION DE PLACAS						P	PARCHADO DE LONA															
OBSERVACIONES:																														
El dia 23 se realizo prueba con lona cofasa																														

# Anexo N°08

CHECK LIST CONTROL DE LONAS Y PLACAS																															
FILTRO 21 PLACAS					ANDRITZ																										
NOVIEMBRE 2015																															
FEC HA	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31
PLA CA																															
1																	C													C	
2																															
3																															
4																C															C
5																															C
6																															C
7																															
8																															
9																															C
10																															C
11																	C														
12																															C
13																															C
14																															
15	C																														
16	C															C	C													C	
17																															C
18																															C
19																															
20																	C														
21																C															
CICL OS																															
CIC/ DIA																															
C	CAMBIO DE LONAS						R	REPARACION DE PLACAS						P	PARCHADO DE LONA																
OBSERVACIONES:																															

## Anexo N°09

<b>SOCIEDAD MINERA EL BROCAL</b>
----------------------------------

CHECK LIST DE FILTROS DE CONCENTRADO		
Filtro No:.....23 PLACAS.....	J. de Guardia:.....	
Fecha: .....	Turno:.....	
Operador:.....		
No de Ciclos: Inicio: .....Final:.....	Estado	
DESCRIPCION	B	M
Panel de control		
Válvulas de agua		
Válvulas de aire		
Válvulas de pulpa		
Carro de lavado		
Bomba de agua		
Bomba de agua de alta presión		
Sistema de lavado de alta presión		
Estado de lonas		
Estado de placas		
Cilindros hidráulicos de placas		
Bandeja		
Cilindros hidráulicos de bandeja		
Bomba de Pulpa		
Homogenizador		
Faja de filtro		
Faja de concentrado		
Canaletas y drenajes		
<b>OBSERVACIONES</b>		

## Anexo N°10

SOCIEDAD MINERA EL BROCAL
---------------------------

CHECK LIST DE FILTROS DE CONCENTRADO		
Filtro No 21 PLACAS	J. de Guardia:.....	
Fecha: .....	Turno:.....	
Operador:.....		
No de Ciclos: Inicio: .....Final:.....	Estado	
DESCRIPCION	B	M
Panel de control		
Válvulas de agua		
Válvulas de aire		
Válvulas de pulpa		
Carro de lavado		
Bomba de agua		
Bomba de agua de alta presión		
Sistema de lavado de alta presión		
Estado de lonas		
Estado de placas		
Cilindros hidráulicos de placas		
Bandeja		
Cilindros hidráulicos de bandeja		
Bomba de Pulpa		
Homogenizador		
Faja de filtro		
Faja de concentrado		
Canaletas y drenajes		
<b>OBSERVACIONES</b>		

## Anexo N°11

### CONTROL DE PARAMETROS DE OPERACIÓN DE FILTRADO

Hora de inicio		Nro de Batch		Filtro Nro	
Hora de Fin		Tiempo Total		Fecha	
PARAMETROS OPERACIONALES					
Densidad gr/cm <sup>3</sup>					
Presión Set	Presión Real EF				
TIEMPOS DE PROCESO					
Parámetro	Se cambio		Valor anterior (s)	Valor actual (s)	
	Si	No			
Parada de la Bomba de Alimentación					
Lavado de Bomba y tubería					
Soplado de Canal de Alimentación					
Secado diagonal de tortas Etapa *1*					
Secado diagonal de tortas Etapa *2*					
Secado diagonal de tortas Etapa *3*					
Secado por Canal de Alimentación					

Muestra Humedad	Si	No	Valor			

Observaciones