

**UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN AGUSTÍN  
DE AREQUIPA**

**FACULTAD DE INGENIERÍA DE PROCESOS  
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA METALÚRGICA**



**ESTUDIO PARA MINIMIZAR NO CONFORMIDADES EN LA  
LÍNEA DE JUMBOS EN LA PLANTA DE REFINACIÓN DE ZINC  
EN HUACHIPA – LIMA**

Tesis presentada por el Bachiller:

**FARFAN CABALLERO, FERNANDO THOMAS**

para optar por el Título Profesional de

**INGENIERO METALURGISTA.**

**AREQUIPA - PERÚ**

**2019**

## **DEDICATORIA**

Esta tesis va dedicada en primer lugar a Dios quien supo guiarme siempre por el buen camino y por concederme una hermosa familia en esta vida.

A mis amados padres, su amor infinito y sus enseñanzas que me dieron desde pequeño es el fruto de la persona que ahora soy, siempre enseñándome el camino justo de la vida.

A mi hermano y futuro ingeniero, por estar siempre a mi lado.

Los amo con toda mi vida.

## PRESENTACIÓN

El zinc es un componente natural de nuestra corteza terrestre y es parte inherente de nuestro medio ambiente. Está presente, no sólo en las rocas y suelos sino también en el aire, el agua, las plantas, animales y seres humanos (LATIZA, 2004).

En nuestro país la minería es el sector que posee un enorme dinamismo económico, por ser un generador de empleo, riqueza y canon minero.

La refinería de Cajamarquilla es la más importante en nuestra industria la cual ha ampliado a 320,000, con esta ampliación es una de las primeras refinerías de Zinc a nivel mundial.

Existen varias etapas en la refinación de zinc, pero nos centraremos en la de fusión para realizar el presente trabajo

El propósito de las operaciones del área de fusión y moldeo es convertir los cátodos de zinc en un producto metálico comercializable.

El zinc refinado puede ser comercializado como metal puro o como aleaciones y se entrega en una variedad de formas como lingotes de 25 kg hasta bloques de 1,000 o 2,000 kg. Las operaciones consisten en la fusión del cátodo, la preparación de la aleación (cuando se requiera), moldeo del lingote o bloque, la preparación del producto y su despacho al mercado.

Una parte importante de estas operaciones es el control de la calidad del producto.

La planta cuenta con tres sistemas de Fusión y Moldeo de zinc:

En la primera línea, la fusión de los cátodos se lleva a cabo en un horno eléctrico DEMAG de inducción de baja frecuencia con una capacidad de 16 t/h, a una temperatura de trabajo entre 460° y 480°C y usando NH<sub>4</sub>Cl como fundente.

El zinc líquido obtenido dentro del horno DEMAG es enviado a las instalaciones de moldeo de barras.

En una segunda línea el horno ABB con una capacidad de fusión de 24 t/h, funde cátodos para producir bloques denominados “jumbos” de 1T y 2T de peso.

En algunas circunstancias (paradas de planta, cambio de inductores, reparación de canaletas, cambio de moldes etc.) este horno sirve de apoyo al moldeo de barras convencionales de 25 Kg en la línea de moldeo “Sheppard”.

Adicionalmente se tiene un horno ABP con una capacidad de fusión de 22 t/h, en el cual se funden cátodos para producir barras de calidad SHG.

Los Hornos DEMAG, ABB y ABP poseen un colector de gases y polvos independientes.

Los productos obtenidos luego de la fusión y moldeo incluyen:

- Barras con un peso de 25 kg cada uno como SHG.
- Jumbos de 1,090 kg y 2,000 kg conteniendo un máximo de 1% de aluminio producidos normalmente en la línea de Jumbos.

La escoria extraída del horno se envía a la planta de tratamiento de “Dross”, donde se efectúa una molienda para obtener dos productos: uno constituido por partículas finas (ZnO), que irán a la Planta de Tostación para recuperar el zinc contenido (alimentado junto con los concentrados) y otro material metálico grueso (granallas de zinc y escarchas) que se usa como materia prima para la planta de polvo de zinc.

Por eso Señores miembros del Jurado, me he centrado en esta parte de la refinación de zinc para poder producir el siguiente trabajo con el cual pretendo graduarme de Ingeniero Metalurgista y lo he titulado **“ESTUDIO PARA MINIMIZAR NO CONFORMIDADES EN LA LÍNEA DE JUMBOS EN LA PLANTA DE REFINACIÓN DE ZINC EN HUACHIPA – LIMA”**

# “ESTUDIO PARA MINIMIZAR NO CONFORMIDADES EN LA LÍNEA DE JUMBOS EN LA PLANTA DE REFINACIÓN DE ZINC EN HUACHIPA – LIMA”

## INDICE

### CAPÍTULO I – GENERALIDADES

1.1.	ANTECEDENTES	1
1.2.	PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	1
1.3.	JUSTIFICACIONES	2
1.3.1.	JUSTIFICACIONES TÉCNICAS	2
1.3.2.	JUSTIFICACIONES ECONÓMICAS	2
1.3.3.	JUSTIFICACIONES AMBIENTALES	2
1.4.	OBJETIVOS	3
1.4.1.	OBJETIVOS GENERALES	3
1.4.2.	OBJETIVOS ESPECÍFICOS	4
1.5.	HIPÓTESIS	3
1.6.	DESCRIPCION DE PLANTA	3
1.6.1.	FLOW SHEET GENERAL	3
1.6.2.	PLANTA TOSTACIÓN – ÁCIDO	5
1.6.2.1.-	INDICADORES DE CALIDAD	5
1.6.2.2.-	DESCRIPCIÓN DE CADA ETAPA DEL PROCESO	5
1.6.2.3.-	PREPARACIÓN DE CONCENTRADO	6
1.6.2.4.-	ALIMENTACIÓN DE CONCENTRADO AL HORNO	6
1.6.2.5.-	HORNOS DE TOSTACIÓN	7
1.6.2.6.-	CALDERA DE RECUPERACIÓN DE CALOR RESIDUAL (WHB)	8
1.6.2.7.-	DEPURACIÓN ELECTROSTÁTICA DE GAS CALIENTE	10
1.6.2.8.-	TRANSPORTE DEL MATERIAL DE LA TOSTACIÓN:	10
1.6.2.9.-	MOLIENDA DE LA CALCINA DEL HORNO:	11
1.6.3.	PLANTAS DE ÁCIDO SULFÚRICO	12
1.6.4.	PLANTA LIXIVIACIÓN	13
1.6.4.1.-	INDICADORES DE CALIDAD	13
1.6.4.2.-	FLUJOGRAMA DE LIXIVIACIÓN	15
1.6.5.	PLANTA PURIFICACIÓN	18
1.6.6.	PLANTA CADMIO	23
1.6.7.	PLANTA FLOTACIÓN	28
1.6.8.	PLANTA ELECTROLISIS	32

1.6.9.	TRATAMIENTO DE EFLUENTES	35
--------	--------------------------	----

## **CAPÍTULO II - MARCO TEÓRICO DE LA PRODUCCIÓN DE ZINC: TOSTACIÓN Y FUSIÓN**

2.1.	LA TOSTACIÓN	40
2.1.1.	TOSTACIÓN, CONCEPTO, OBJETO Y FINES	40
2.1.2.	PLANTA DE TOSTACIÓN DE CONCENTRADOS DE ZINC	42
2.1.3.	TOSTADOR DE CAMA TURBULENTE DE CAJAMARQUILLA	43
2.1.4.	DATOS TÉCNICOS DEL TOSTADOR DE CAMA TURBULENTE	45
2.1.5.	TERMODINÁMICA DE LA TOSTACIÓN	46
	2.1.5.1.- DIAGRAMAS DE TOSTACIÓN DE KELLOGG-INGRAHAM (K-1)	46
	2.1.5.2.- CINÉTICA DE LA TOSTACIÓN OXIDANTE	48
2.1.6.	PROCESO OPERATIVO	50
2.1.7.	VARIABLES OPERATIVAS EN LA TOSTACIÓN DE CONCENTRADOS DE ZINC	52
2.1.8.	INFLUENCIA DE MATERIAS EXTRAÑAS EN LA TOSTACIÓN DE CONCENTRADOS DE ZINC	54
2.1.9.	CÁLCULO DE LA CANTIDAD DE COMPONENTES	55
2.2.	LA FUSIÓN DE ZINC EN CAJAMARQUILLA	57
2.2.1.	INDICADORES DE CALIDAD	57
2.2.2.	DIAGRAMA FUSIÓN Y MOLDEO DE ZINC	57
2.2.3.	HORNOS DE FUSIÓN Y DESCRIPCIÓN DEL PROCESO	58
	2.2.3.1.- VERIFICACIÓN Y CONTROL DE PARÁMETROS HORNO ABB	59
	2.2.3.2.- VERIFICACIÓN Y CONTROL DE PARÁMETROS HORNO AJAX	61
	2.2.3.3.- VERIFICACIÓN Y CONTROL DE OPERATIVIDAD DE EQUIPOS	62
	2.2.3.4.- ALIMENTACIÓN DEL HORNO ABB	64
2.2.4.	ALMACENAMIENTO DE LÁMINAS DE ZINC	67
2.2.5.	TERMODINAMICA DE LA FUSIÓN DE ZINC	68
	2.2.5.1.- USO DE FUNDENTE Y MANIPULACIÓN DE LA ESCORIA	70
2.2.6.	MOLDEO DE ZINC	71
	2.2.6.1.- OPERACIÓN DE BOMBEO DE METAL HACIA EL MOLDE	73
2.2.7.	ALMACENAMIENTO DEL ZINC REFINADO	74

## **CAPÍTULO III - ANALISIS DE LA DATA** **75**

## **CAPÍTULO IV - ANTECEDENTES Y ANALISIS DE LOS RESULTADOS**

4.1.	VERIFICACIÓN DE CONDICIONES INICIALES	77
4.2.	PROCEDIMIENTOS OPERACIONALES / PETS	81
4.3.	CALCULO DE ADICIÓN INICIAL DE GRANALLAS	81
4.3.1.	CÁLCULO DE LA CANTIDAD INICIAL	82

4.4.	PROCEDIMIENTOS OPERACIONALES / PETS	85
4.5.	PROGRAMACIÓN DE BALANZAS	86
4.6.	PROCEDIMIENTOS OPERACIONALES / PETS	88
4.7.	CONTROL OPERACIONAL	88
4.8.	PROCEDIMIENTOS OPERACIONALES / PETS	88
4.9.	VERIFICACIÓN DE PESO EN BALANZAS	89
4.10.	PROCEDIMIENTOS OPERACIONALES / PETS	91
4.11.	CONTROL ESTADÍSTICO	91
4.12.	PROCEDIMIENTOS OPERACIONALES / PETS	94
4.13.	PROGRAMA DE AJUSTE DE BALANZA DE ALEACIONES	95
4.13.1.	PROGRAMA DE AJUSTE DE BALANZA DE ALEACIONES	99
4.13.2.	FÓRMULA MACROS	100
4.14.	ACCIÓN INMEDIATA PARA CORRECCIÓN DE ANOMALÍAS DE PROCESO	103
	<b>CONCLUSIONES</b>	<b>104</b>
	<b>SUGERENCIAS</b>	<b>105</b>
	<b>BIBLIOGRAFÍA</b>	<b>106</b>
	<b>ANEXOS</b>	<b>107</b>

# RESUMEN

Dentro de los productos de fusión se tienen los jumbos, que contiene un máximo de 1% de aluminio.

Estos jumbos pasan un control de calidad, sino pasan se regresan a hornos llamándose jumbos no conformes, lo cuales tienen las siguientes características:

Aspecto Físico. - presenta en su superficie una cavidad originada por la contracción del metal durante la solidificación (Efecto Shrinkage)

Aspecto Químico. - Es decir están fuera de las especificaciones, ya sea en alto o bajo contenido de aluminio.

También durante la fusión se producen espumas, las cuales se sacan del horno (tienen contenido de aluminio) para luego volverlas a usar, cuando se carga tanto jumbos no conformes como espumas el hornero hace un cálculo muy ligero del aluminio, que en muchos casos nos lleva a un mal cálculo del contenido de aluminio en nuevos jumbos.

Por eso he realizado una mejora en la adición de aluminio, realizando cálculos a través de una aplicación de un programa de ajuste, para esto he recolectado datos que involucren a estos cálculos, aplicándolo para un ajuste en la balanza de aleantes.

**PALABRAS CLAVE:** Aleantes, Aluminio, Fusión, Jumbos

## **ABSTRAC**

Among the fusion products are jumbos, which contains a maximum of 1% aluminum.

These jumbos pass a quality control, otherwise they return to ovens calling themselves nonconforming jumbos, which have the following characteristics:

Physical Aspect.- it has a cavity on its surface caused by the contraction of the metal during solidification (Shrinkage Effect)

Chemical Aspect.- In other words, they are outside the specifications, either high or low aluminum content.

Also during the melting foams are produced, which are taken out of the oven (they have aluminum content) and then reused, when loading both non-compliant jumbo and foams the oven makes a very light calculation of the aluminum, which in many cases we leads to a poor calculation of the content of aluminum in new jumbos.

That is why I have made an improvement in the addition of aluminum, making calculations through an application of an adjustment program, for this I have collected data that involves these calculations, applying it for an adjustment in the balance of alloys.

**KEY WORDS:** Aleantes, Aluminum, Fusion, Jumbos

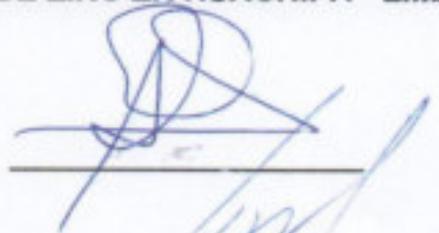
**UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN AGUSTIN DE AREQUIPA  
FACULTAD DE INGENIERIA DE PROCESOS  
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA METALURGICA**

**Bachiller: FARFAN CABALLERO, FERNANDO THOMAS**

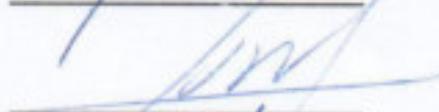
**TESIS:**

**ESTUDIO PARA MINIMIZAR NO CONFORMIDADES EN LA LINEA DE  
JUMBOS EN LA PLANTA DE REFINERIA DE ZINC EN HUACHIPA - LIMA**

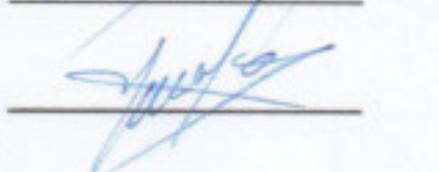
**Mg. DANIEL SALVADOR SILVA ARCE**



**Mg. LUIS ALBERTO ALVAREZ SOTO**



**Dr. JERSON EDWIN ALVARADO QUINTANILLA**



# **CAPÍTULO I**

## **GENERALIDADES**

### **1.3. ANTECEDENTES**

Nuestro trabajo es la producción de Jumbos conformes que deben de estar dentro de las especificaciones técnicas (bajo normas) para nuestros clientes.

Pero al no estar dentro de las especificaciones técnicas (normas) todo el lote sería rechazado, afectando la producción programada

Es decir que durante la producción de Jumbos o barras se generan rechazos que posteriormente tendrán que ser reprocesados y esto genera pérdidas económicas a la compañía, esto generalmente se da ya que no cumplen las especificaciones técnicas sea por calidad química o calidad física.

### **1.4. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA**

Al producir un jumbo, se obtiene el jumbo y encima de él se generan espumas que son recepcionadas en contenedores y posteriormente reprocesadas en el horno ABB.

Dichas espumas contienen aluminio que es un componente de la aleación del jumbo, que al ser reprocesadas (espumas), ese aluminio se sumaría al aluminio

que se adiciona en forma normal, ya que en cada fusión para fabricar un jumbo se hace un ajuste en el balance de aleantes (balance químico), es decir que si comparamos con las especificaciones técnicas tendríamos un exceso de aluminio en la obtención del nuevo jumbo.

### **1.3. JUSTIFICACIONES**

#### **1.3.1. JUSTIFICACIONES TÉCNICAS**

Cuando el hornero fabrica un jumbo este le agrega los aleantes como el aluminio de acuerdo a un cuadro específico que se le ha proporcionado.

Por lo que si agrega espumas a dicho horno se está agregando también más aluminio sobre el que se ha agregado de acuerdo con el cuadro específico.

Es por lo que he elaborado un programa de ajuste para que el hornero cuando agrega los aleantes en especial el aluminio tenga los datos técnicos para poder realizar los ajustes de la adición de aleantes

#### **1.3.2. JUSTIFICACIONES ECONÓMICAS**

Como cualquier empresa una pérdida económica, es de mucha importancia y como se dijo anteriormente, la pérdida de una colada que no cumpla las especificaciones técnicas ya sea por calidad química o calidad física, es una pérdida económica que debe de ser subsanada por los metalurgistas. Esto se corrige con la buena dosificación de los aleantes

#### **1.3.3. JUSTIFICACIONES AMBIENTALES**

Las espumas que se obtienen de los hornos, éstas se almacenan en los pasadizos, o sitios aledaños al horno, que al enfriarse generan esquirlas que se desprenden de los bloques de espumas y van al medio ambiente generando una molestia a los horneros y personal de la empresa, es por eso que deben de ser reprocesadas en el menor tiempo posible

## **1.4. OBJETIVOS**

### **1.4.1. OBJETIVOS GENERALES**

Corregir la adición de aluminio de una manera más rápida, realizando los cálculos a través de la aplicación de un programa de ajuste, cuando se agrega espumas con contenido de aluminio a los hornos.

Con este programa de ajuste, el hornero agregara la cantidad de aluminio adecuada a las normas técnicas

### **1.4.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS**

- Recolectar los datos que se involucran en los cálculos
- Realizar un ajuste en la balanza de aleantes, minimizando el aluminio que entra
- al horno Ajax (por agregar espumas)
- Formular un programa de ajuste, con los datos obtenidos

## **1.5. HIPÓTESIS**

Con el diseño y aplicación del programa de ajuste, se hará un control técnico, químico y mecánica de la adición de aleantes, por lo que se bajará ostensiblemente la obtención de no conformes en la línea de jumbos en la planta de refinación de zinc en Huachipa – Lima.

## **1.6. DESCRIPCIÓN DE PLANTA**

### **1.6.1. FLOW SHEET GENERAL**

Como se muestra en la siguiente Fig. N° 1.1.  
(Fuente: Catálogo de la empresa)

## Flowsheet de Proceso de Producción

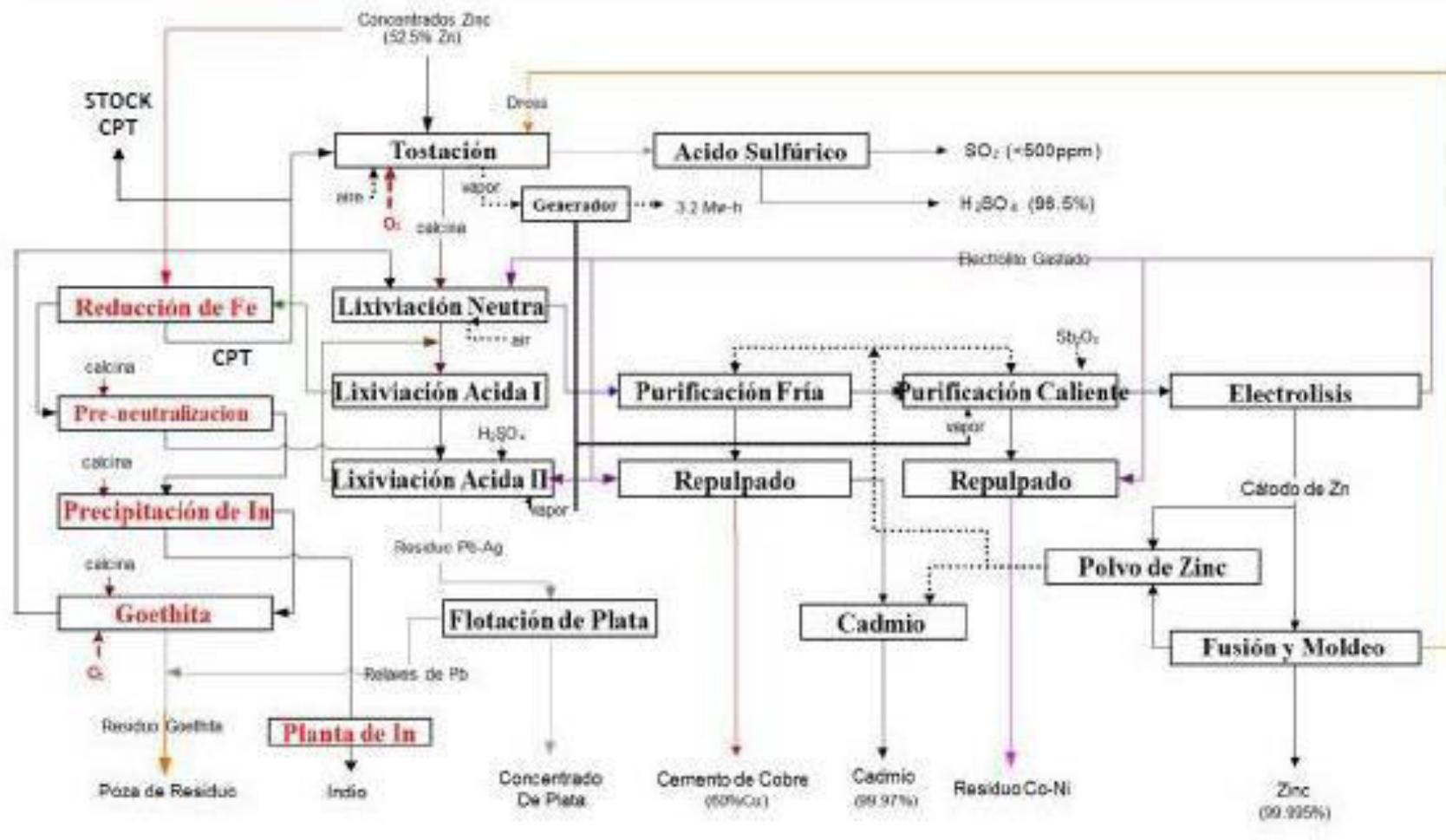
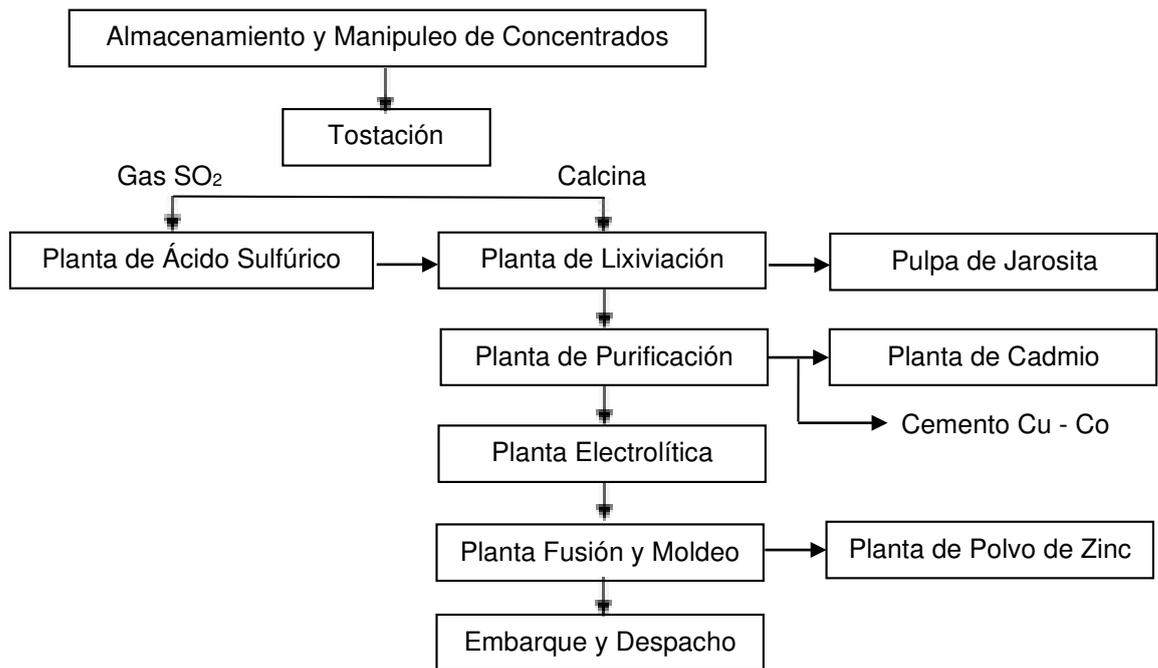


Figura N° 1.1.  
FlowSheet General



## 1.62 PLANTA TOSTACIÓN – ÁCIDO

### 1.6.2.1.- INDICADORES DE CALIDAD

Entre los indicadores de calidad de la calcina producida se tienen:

- Mantener una granulometría por encima del 70% en peso la malla menor a 75  $\mu$ ,
- Mantener un contenido de S/S = menor a 0.32% en el tostador 1 y menor a 0.36% en el tostador 2
- Mantener un contenido de Fe menor a 8.5%.

### 1.6.2.2.- DESCRIPCIÓN DE CADA ETAPA DEL PROCESO

Se cuenta con dos reactores para una producción de 320K de Zinc Refinado por año:

- Un Horno de lecho fluido de 100 m<sup>2</sup> de área de parrilla, con inyección de aire enriquecido con oxígeno para un ritmo de alimentación de concentrado de 38 tmh/h (34.2 tms/h), considerando una humedad promedio de 10%.

- Un Horno de lecho fluido de 123 m<sup>2</sup> de área de parrilla, con inyección solo de aire para un ritmo de 48 tmh/h o 43.2 tms/h.

### 1.6.2.3.- PREPARACIÓN DE CONCENTRADO

La tostación requiere de un concentrado homogéneo y que cumpla: Cuadro N<sup>o</sup> 1.1.

**Cuadro N<sup>o</sup> 1.1.**  
**Especificaciones del concentrado**

Descripción	Límites de Especificación
Contenido de Fe	< 8.5%
Contenido de Pb	< 1.0%
Contenido de Cu	< 1.0%
Contenido de Sílice	< 3.0%
Contenido de Co	< 50ppm
Contenido de Hg	< 40 ppm (< 100 ppm desde julio 2016)
Humedad	9.5% - 10.5%
Contenido de Zn	> 52.0%

#### **Fuente propia**

Para la descarga de concentrado de zinc, hay vías de ferrocarril que pasan sobre las pilas.

El concentrado de zinc se almacena en 11 pilas c/u con una capacidad promedio de 2,200 th y en montones sobre la plataforma superior de concreto, con un total de 24,200 th con un promedio de humedad de 10%.

Se tiene un separador magnético para eliminar piezas ferromagnéticas de hasta 60 kg y una estación de tamizado para lograr una granulación adecuada.

### 1.6.2.4.- ALIMENTACIÓN DE CONCENTRADO AL HORNO

La mezcla de concentrados de la tolva va a una banda ancha y se descarga sobre un plato giratorio el mismo que lo distribuye uniformemente sobre la cinta lanzadora.

Parte esencial del proceso lo representa la cinta lanzadora (“slinger”) empleada para alimentar la carga de concentrado dentro del horno

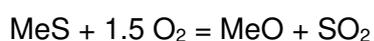
Sobre todo, la distribución fina del material en la superficie del lecho fluidizado impide localmente la formación de sedimentos de material, así como la formación de zonas de gas con diferente concentración de SO<sub>2</sub>.

#### 1.6.2.5.- HORNOS DE TOSTACIÓN

Cada uno de los hornos de tostación tiene como objetivos:

- Transformar los sulfuros metálicos (MeS) en óxidos (MeO) principalmente.
- El azufre liberado bajo la forma de gas SO<sub>2</sub> se transforma posteriormente en H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>

La reacción química exotérmica dentro del horno se representa como:



Donde Me representa los elementos Zn, Fe, Cu, Cd, etc.

La temperatura de operación del horno es una variable muy importante y garantiza la calidad de la calcina respecto al contenido de ferritas y silicatos (perjudicial para la recuperación de zinc) y a su granulometría, se recomienda operar entre 900°C y 920°C a fin de controlar formación de ferritas de zinc según la reacción en estado sólido:



Otra reacción en estado sólido es la formación de silicato de zinc



La tostación del concentrado cargado al horno se realiza en un lecho fluido de granulación fina que se compone ampliamente de material tostado y en particular de ZnO/ZnFe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>.

El horno de tostación posee en su parte superior una ampliación cónica cilíndrica denominada "cámara de combustión posterior agrandada" la misma que posibilita una tostación total, aun de polvos finísimos en suspensión y no produce efectos de combustión posterior en la caldera de recuperación térmica de calor residual (WHB), como se muestra en la Fig. N° 1.2.

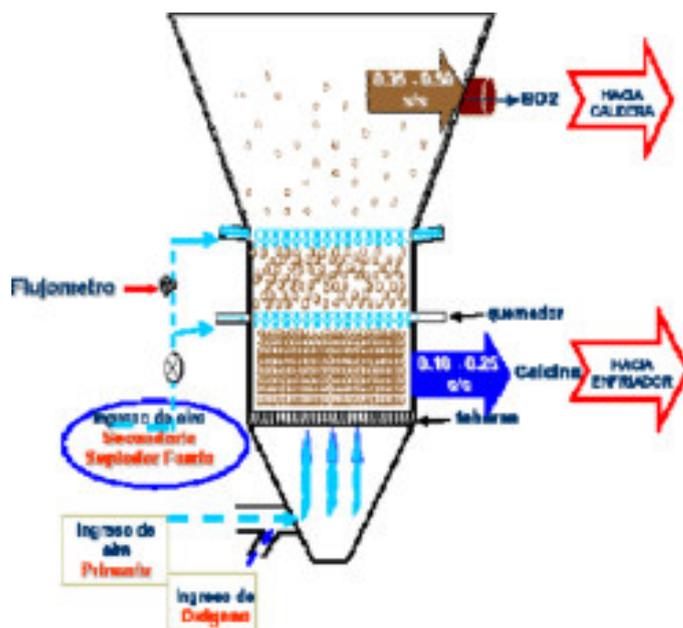


Figura N° 1.2.

### Horno Tostador Lurgi de Fecho Fluído (Esquemático)

(Fuente: Catálogo de la empresa)

#### 1.6.2.6.- CALDERA DE RECUPERACIÓN DE CALOR RESIDUAL (WHB)

Los objetivos de la caldera de recuperación térmica son:

- Extraer el exceso de calor producido dentro del horno de tostación mediante la generación de vapor saturado.
- Recuperar parte de la calcina que acompaña a los gases por arrastre.

La caldera con paso de gas horizontal para un rápido enfriamiento de los gases polvorientos de tostación se encuentra postconectado al horno.

Se trata de una caldera tipo “La Mont” para la producción de vapor saturado/sobrecalentado.

Para la separación preliminar de polvo se encuentra a la entrada de la caldera una cámara "drop-out" con tubos.

La caldera de la planta 1 tiene paredes con recubrimiento refractario.

La caldera de la planta 2 tiene paredes tubulares con circulación de agua.

El gas de tostación se enfría a la salida de la caldera de recuperación térmica a unos 300-350°C al mismo tiempo que se separa una parte del polvo en suspensión contenido en el gas sobre los tubos de la caldera.

Los polvos producidos en la caldera se recogen en un transportador de cadena de artesa que corre a lo largo y por debajo de la caldera, como la Fig. Nº 1.3.

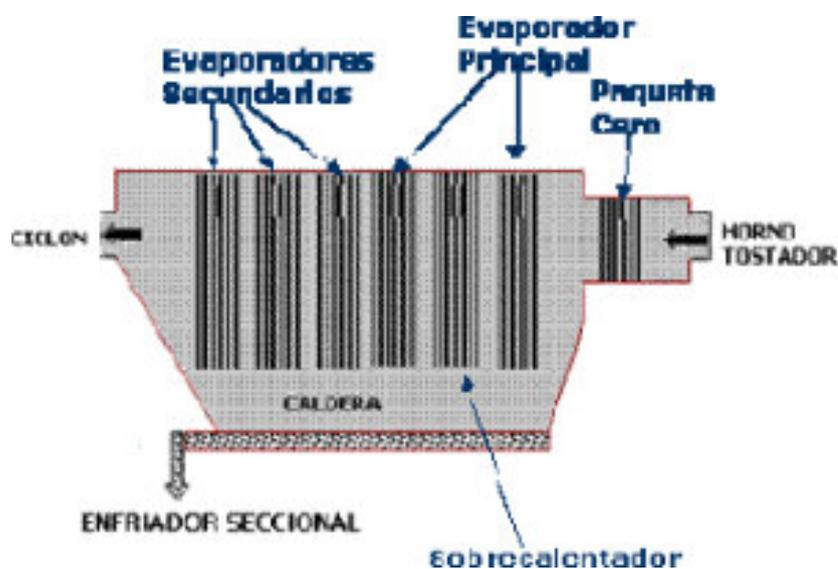


Figura Nº 1.3.

### Caldera de Recuperación Térmica – “LA MONT”

(Fuente: Catálogo de la empresa)

El gas de tostación a depurarse, proveniente de la caldera de recuperación térmica se conduce para su desempolvado preliminar a uno/dos ciclones calorífugos (conectados en paralelo).

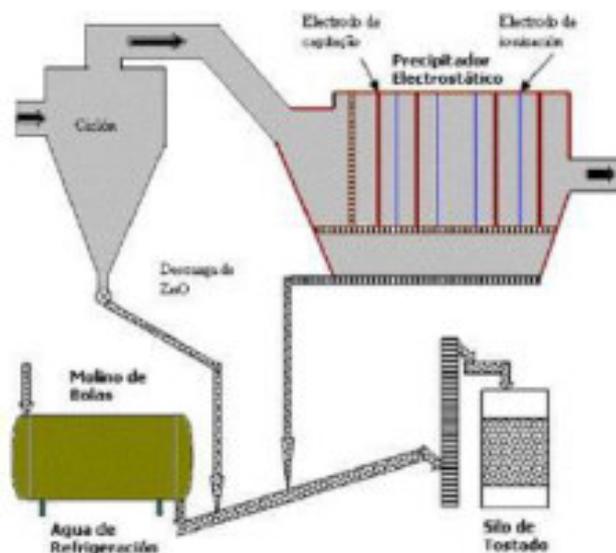
### 1.6.2.7.- DEPURACIÓN ELECTROSTÁTICA DE GAS CALIENTE

Para el despolvado de los gases se tienen electro-filtros de gas en caliente.

El equipo interior del filtro se compone principalmente del sistema de ionización y de los electrodos de precipitación.

Los electrodos de ionización bajo una tensión de 40.000 - 60.000 V de corriente continua (negativa) producen una descarga de corona (Efecto Corona) que ioniza el gas.

Las partículas de polvo que lleva el gas se cargan eléctricamente y se produce una migración de iones a los electrodos de precipitación (positivos) conectados a tierra, como se muestra en la Fig. N° 1.4.



**Figura N° 1.4.**  
**Electro-filtro Seco**

(Fuente: Catálogo de la empresa)

### 1.6.2.8. TRANSPORTE DEL MATERIAL DE LA TOSTACIÓN:

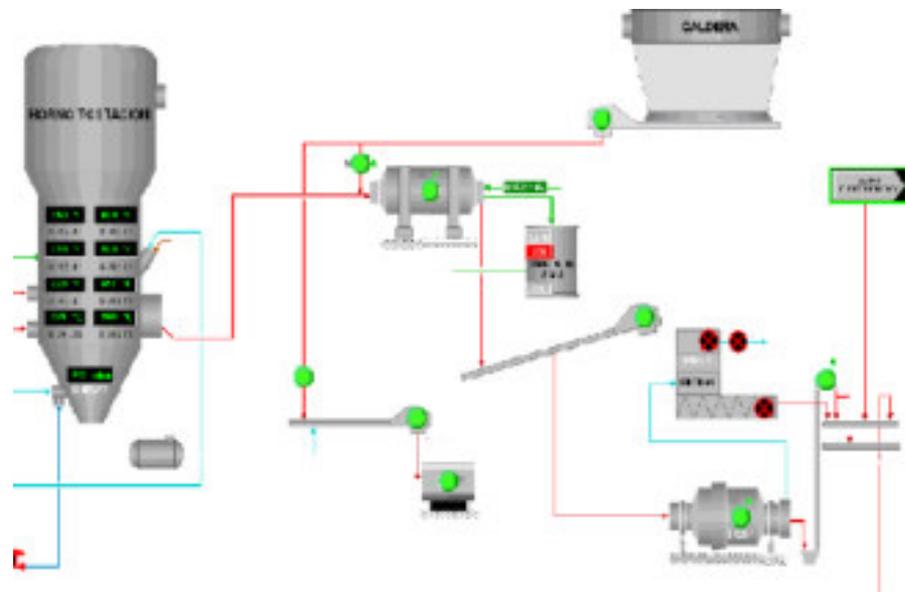
Mientras que el polvo producido en el ciclón y en la depuración eléctrica de gas se encuentra relativamente frío y con suficiente granulometría fina, el material de

tostación procedente del horno y de la caldera de recuperación térmica, se tiene que moler a la granulometría exigida para la lixiviación previo enfriamiento.

Por esta razón resulta la siguiente disposición del transporte:

- En el primer Horno de Tostación, la calcina del horno pasa a un enfriador seccional se espera una temperatura del material de 150°C como máximo.
- La calcina previamente enfriada, ingresa al molino de bolas.

Como se muestra en la Fig. N° 1.5.



**Figura N° 1.5.**  
**Transporte de calcina**

(Fuente: Catálogo de la empresa)

#### **1.6.2.9.- MOLIENDA DE LA CALCINA DEL HORNO:**

La alimentación de calcina a los molinos es como sigue:

Del Horno 1: solo calcina de cama.

Del Horno 2: calcina de cama y descarga de caldera.

En ambos casos la granulometría de salida del molino hay dos variables de importancia de calidad de la calcina única, siendo así que la calcina evita el molino (“bypass”) esta granulometría se deteriora significativamente.

Otra de las variables de control es la temperatura de operación en el horno, la cual no debe ser superar los 920°C, ya que sobre estos valores es difícil mantener la granulometría especificada para la calcina (70% malla < 75µ) además de que se favorece la formación de ferritas zinc.

El producto principal de la tostación que es la calcina (óxidos de zinc/ferro) se almacena en tres silos con capacidades de 4,000 t cada uno.

De otro lado, los gases de salida del horno contienen altos niveles de SO<sub>2</sub> y no pueden ser enviados directamente al medio ambiente, pues se incumpliría el EIA donde se reglamenta la emisión en 500 ppm de SO<sub>2</sub> por cada horno.

Por esta razón estos gases se procesan para fijar el SO<sub>2</sub> como Ácido Sulfúrico Comercial de 98.5% de concentración.

### **1.6.3. PLANTAS DE ÁCIDO SULFÚRICO**

La función principal de esta planta es la de aprovechar los gases a la salida del horno de tostación con altos contenidos de SO<sub>2</sub> para producir Ácido Sulfúrico.

Actualmente existen dos plantas de ácido sulfúrico, una por cada línea de tostación existente.

Las plantas de ácido operan en condiciones autotérmicas, es decir son autógenas y no necesitan de una fuente de calor externo sobre una concentración de SO<sub>2</sub> de 6.8% en volumen (en base seca) y un flujo de gas de entrada al Convertidor de 85,000 Nm<sup>3</sup>/h en la planta 1 y 114,000 Nm<sup>3</sup>/h en la planta 2.

Eventualmente, cuando la concentración de SO<sub>2</sub> es menor se activa el sistema de precalentamiento para compensar la deficiencia de entalpía.

Luego de las calderas los gases pasan por los ciclones y por el electro-filtro seco (precipitador electrostático seco) para separar la mayor carga de polvo.

A la entrada a la instalación de depuración húmeda, los gases procedentes de la tostación y que están a una temperatura de 350°C contienen algo de polvos, anhídrido sulfúrico, compuestos de fluoruros, ácido clorhídrico y mercurio y otras impurezas volátiles en menor concentración.

La depuración húmeda tiene por objeto eliminar aquellas impurezas de los gases y enfriarlos a la temperatura necesaria para el secado posterior.

Recientemente hemos puesto en operación dos proyectos muy importantes que aseguran la sustentabilidad de nuestra refinería en el largo plazo como empresa ambientalmente responsable y financieramente saludable.

Se trata de las Plantas de Tratamiento de Gas Residual de las dos plantas de ácido sulfúrico y una Planta de Eliminación (Remoción) de Mercurio de los gases antes de la fabricación del ácido sulfúrico que comercializamos asegurando su calidad respecto a las exigencias del contenido de mercurio con una posición mejor en el mercado.

El sistema depurador de gas residual es parte de las plantas de ácido sulfúrico y emplea la tecnología Peracidox patentada por Outotec y es capaz de procesar hasta 114.400 Nm<sup>3</sup>/h (base seca) de gas procedente de la torre de absorción final de la planta de ácido sulfúrico.

## **1.6.4. PLANTA LIXIVIACIÓN**

### **1.6.4.1. INDICADORES DE CALIDAD**

Entre los principales indicadores de calidad de la Lixiviación se tienen los siguientes:

Para el O/F Neutro:

Solución neutra e impura de sulfato de zinc que va a la etapa de purificación:

- Mantener una concentración final de zinc 150 g/L (+/- 5 g/L).
- Mantener una concentración final de fierro total menor a 5 mg/l.
- Mantener una concentración final de fierro ferroso ( $\text{Fe}^{+2}$ ) menor a 4 mg/l.
- Mantener un pH final entre 4.4 y 4.6.

Para el Residuo Goethita:

Precipitado de fierro que va a la poza de almacenamiento N°6

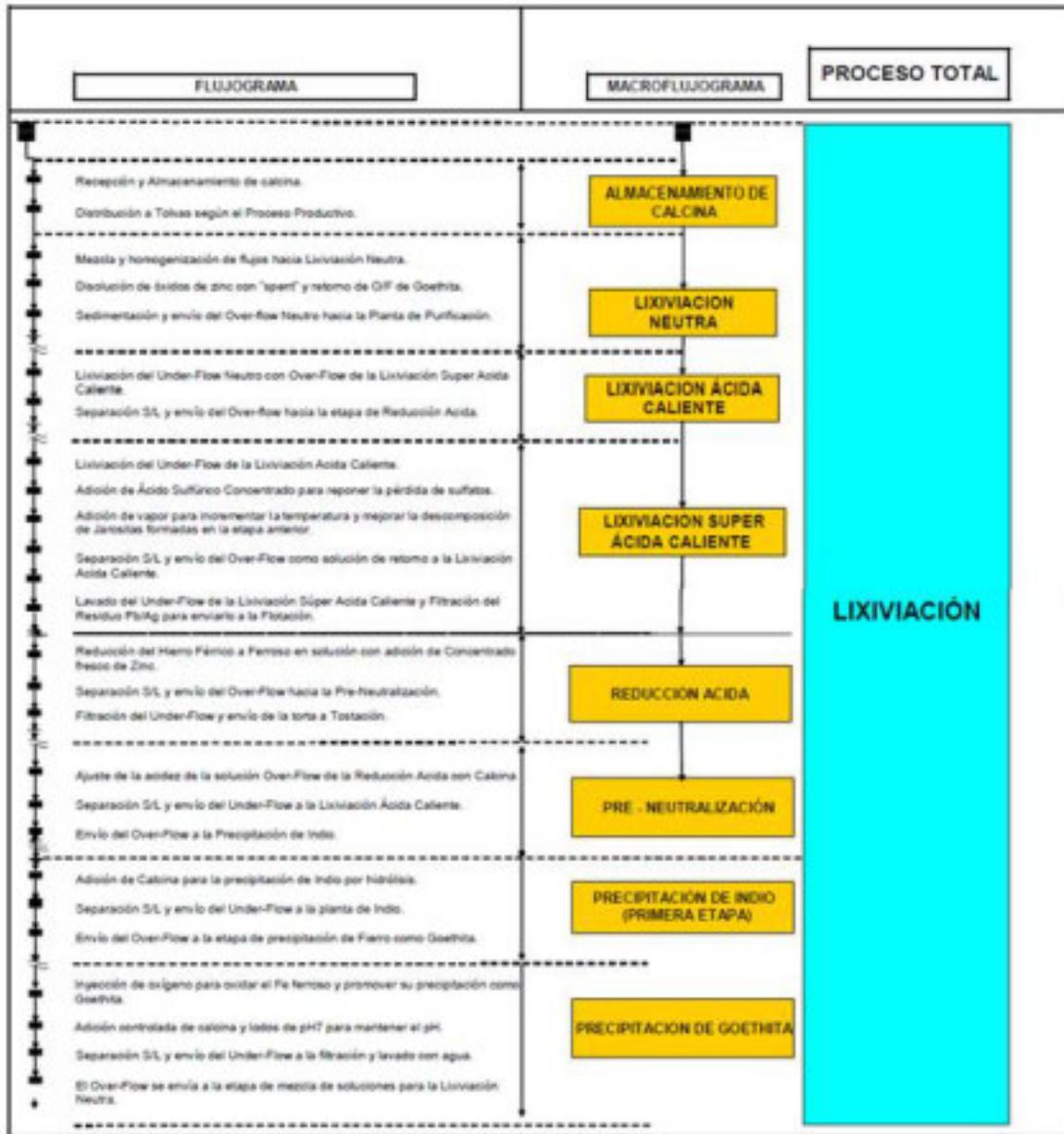
- Mantener un contenido de Zn Soluble menor a 2.0%.
- Mantener un contenido de Zn Insoluble menor a 7.5%.
- Mantener un contenido de Zn Total menor a 9.5%.
- Mantener una densidad de pulpa entre 1,500 a 1,700 g/l.
- Mantener un ratio de Fe/Zn en el residuo mayor a 4.

Para el Residuo Pb/Ag:

Alimento a la etapa de flotación de plata

- Mantener un contenido de Zn Soluble menor a 1.0%.
- Mantener un contenido de Zn Insoluble menor a 2.0%.
- Mantener una densidad de pulpa entre 1,450 a 1,550 g/l.
- Mantener un contenido de Fe menor a 4.5%.
- Mantener un contenido de Pb mayor a 10%.

## 1.6.4.2. FLUJOGRAMA DE LIXIVIACIÓN



Los objetivos principales del proceso de lixiviación incluyen:

- disolver sustancialmente todo el zinc y metales solubles que lo acompañan (hierro, cobre, cadmio, cobalto, etc.) contenidos en las calcinas de zinc (producto de la tostación) con el uso de una solución de ácido sulfúrico (electrolito gastado o "spent") que se recicla desde la etapa de electrodeposición de zinc.

- separar el hierro disuelto desde la solución de lixiviación como un residuo sólido insoluble (goethita) para disponer de una solución de sulfato de zinc factible de someterse a una mayor purificación como etapa previa a la electrodeposición.
- Obtener un residuo final de plomo-plata para su tratamiento posterior por flotación y producir un concentrado de plata.
- Separar el indio por hidrólisis, desde una etapa intermedia, como un precipitado para su tratamiento posterior en la planta de indio (por un asunto de bajos precios esta planta está fuera de operación temporalmente).

La tecnología inicial de la refinería se basaba en la tecnología jarosita (100 k) habiéndose migrado al proceso goethita (320 k) con el objetivo de producir indio además de un residuo con mayor contenido de hierro. el proceso goethita contempla las siguientes etapas para la obtención de soluciones impuras de sulfato de zinc:

- Lixiviación neutra.
- Lixiviación ácida caliente (lac 1).
- Lixiviación súper ácida caliente (lac 2).
- Filtración del residuo plomo/plata.
- Preparación de pulpa de concentrado de zinc.
- Reducción ácida (ra 1).
- Pre-neutralización.
- Precipitación de indio.
- Precipitación de goethita.
- Filtración de goethita.

El proceso de lixiviación determina la recuperación de zinc en la refinería y la separación de los diferentes elementos que vienen junto al zinc tales como Pb/Ag, cobre, cadmio y cobalto.

En esta etapa del proceso, los óxidos de zinc ( $ZnO$  y  $ZnO \bullet Fe_2O_3$ ) contenidos en las calcinas que provienen del horno de tostación se transforman en disoluciones acuosas de sulfato de zinc para que finalmente termine como zinc refinado (Zn al 99.995%) luego de paso por la purificación y electrolisis.

los procesos se efectúan en reactores que son tanques recubiertos de material antiácido (ladrillos silico-aluminosos) para minimizar pérdidas de calor y se descargan en continuo por convección natural mediante “chimeneas” (upcomers). asimismo, la mayoría de los tanques de almacenamiento de solución también están recubiertos y cuentan con descargas. en cualquier tanque donde se haya detenido el agitador, es política estándar parar (por enclavamiento) la alimentación sólidos. de otro lado se suministra aire comprimido a todos los tanques de reacción para asistir en el flujo ascendente de subida de la pulpa por las comunas de descarga.

Las siguientes practicas operativas se aplican a los espesadores de lixiviación:

- Todos los espesadores cuentan con columnas (tanques) de colección de descarga de sus u/f, desde donde la pulpa se bombea a la siguiente etapa del proceso utilizando una (o más) bombas neumáticas (pom) sincronizadas por el dcs (sistema de control distribuido). cuando se operan varias bombas en paralelo, el dcs compensa los ciclos de bomba para impedir que las bombas extraigan alimentación del tanque de descarga simultáneamente. el dcs usa el nivel en los tanques descarga (u/f) alimentados por múltiples espesadores para controlar la secuencia de la respectiva válvula de alimentación de descarga del respectivo espesador, a fin de asegurar tasas de evacuación iguales de cada espesador. estos bucles operan juntos para mantener la densidad de la descarga (u/f) y profundidad de lecho de espesador.
- Todos los espesadores emplean tanques de colección de solución rebose (colectores). la solución se bombea de estos tanques a la siguiente etapa del proceso utilizando una o dos líneas de transferencia con dos o tres bombas centrifugas, una o dos en operación y una de reserva. la excepción son los espesadores de lixiviación neutra, que utilizan canaletas abiertas para transferir la solución de rebose a la planta de purificación. El control de nivel en los tanques de colección de rebose se implementa usando una válvula proporcional de control en la línea de descarga de bomba.

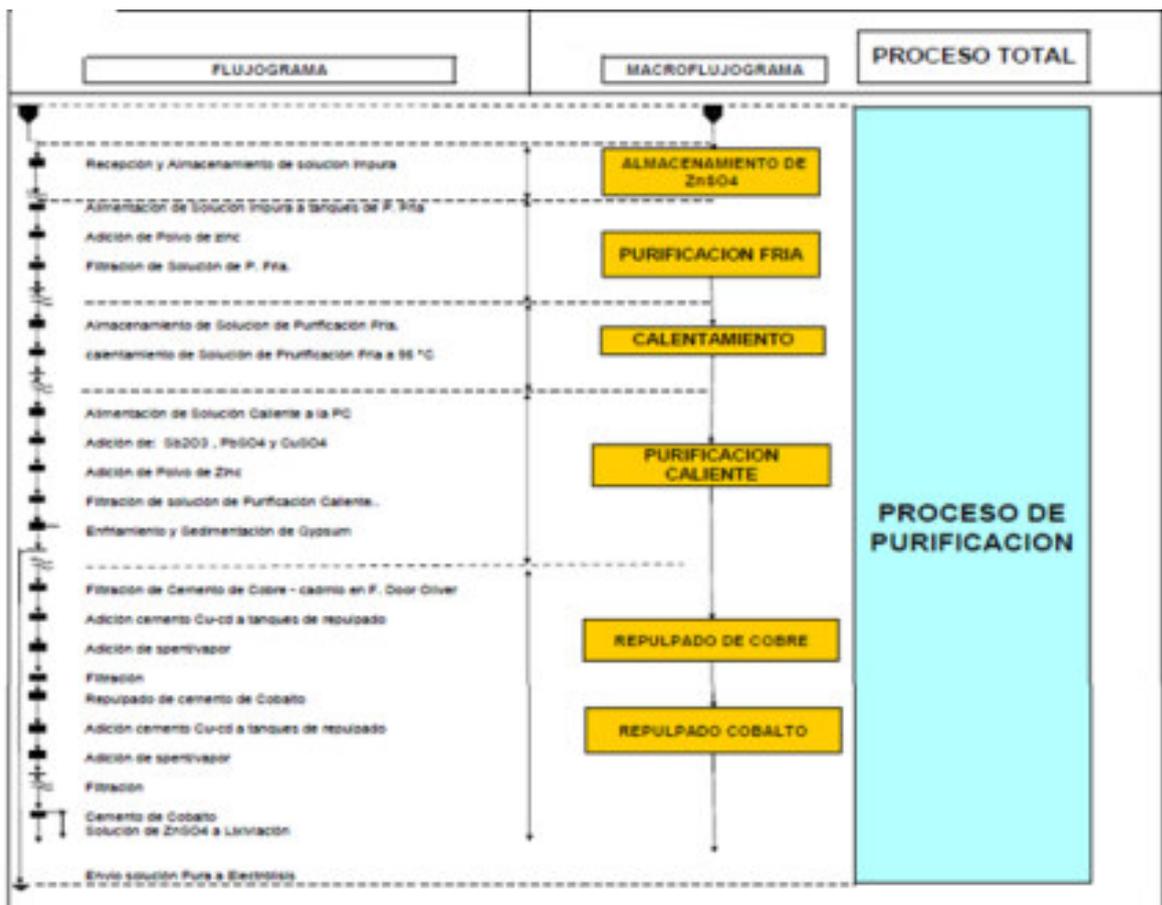
## 1.65. PLANTA PURIFICACIÓN

### INDICADORES DE CALIDAD

Entre los indicadores de calidad se tienen:

- Mantener una solución pura con un contenido de Cd menor de 1.00 mg/L.
- Mantener una solución pura con un contenido de Co menor de 0.25 mg/L.
- Mantener una solución pura con un contenido de Cu menor de 0.20 mg/L.
- Mantener una solución pura con un contenido de Sb menor de 0.03 mg/L.
- Mantener una solución pura con un contenido de Fe menor de 5.0 mg/L.
- Mantener una solución pura con un contenido de Zn entre 150 +/- 5 g/L.

### DIAGRAMA DE PLANTA DE PURIFICACIÓN

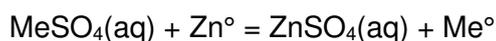


## CONCEPTOS FUNDAMENTALES

Ciertas impurezas que acompañan al zinc en los concentrados y que no han podido separarse en etapas anteriores necesitan hacerlo a fin de evitar que afecten la electrolisis y la calidad del zinc refinado.

Es así como las soluciones neutras de sulfato de zinc que se producen en la etapa de lixiviación necesitan purificarse principalmente por cobre, cadmio y cobalto (níquel).

La purificación se basa en el hecho que los elementos que acompañan al zinc en solución y deben eliminarse previamente a la electrolisis, tienen un potencial electroquímico más electropositivo que el Zn. Esto significa, teóricamente, que, mediante la adición de Zn metálico a la solución, las impurezas precipitarán (cementarán) por la reducción de sus iones según:



Me puede ser Cu o Cd como en la Purificación Fría.

Sin embargo, la precipitación (cementación) de Co y Ni, requiere de una etapa adicional de cementación: la temperatura debe llevarse a 90°C, se añade  $\text{C}_8\text{H}_4\text{K}_2\text{O}_{12}\text{Sb}_2 \cdot 3\text{H}_2\text{O}$  y  $\text{CuSO}_4$

como catalizadores (purificación en caliente) y se añade  $\text{PbSO}_4$  para disminuir el riesgo de redisolución de Co.

## DESCRIPCIÓN DE CADA ETAPA DEL PROCESO

La solución impura de sulfato de zinc obtenida del O/F del decantador de la lixiviación neutra contiene aún impurezas que deben eliminarse para que la electrolisis sea posible con una eficiencia de corriente (rendimiento) y un depósito de zinc de buena calidad.

Las concentraciones típicas de las principales impurezas en la solución de sulfato de zinc que se alimenta a la planta de purificación son:

Sólidos: <0.5 g/L (Solución clara)

Cu: 1.000 a 1.500 g/L

Cd: 0.400 a 0.600 g/L

Co: 10 a 12 mg/L

Ni: <10 mg/L

Fe: <5 mg/L

Sb: <1 mg/L

As: <1 mg/L

pH: 4.5 +/- 0.1

Sin embargo, el Ni y As no se monitorean habitualmente dentro de la rutina.

Del mismo modo los contenidos máximos de impurezas especificados en las soluciones purificadas de sulfato de zinc producto de la etapa de purificación son:

Co: <0.25 mg/L

Cu: <0.20 mg/L

Cd: <1.00 mg/L

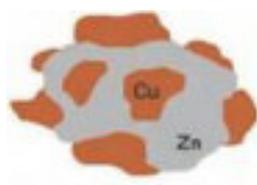
Sb: <0.03 mg/L

Pb: <7 mg/L

Fe: <5 mg/L

Para el Ni, Ge, As y Se son <0.01 mg/L y para el Ti <0.001 mg/L.

La purificación se basa sobre el hecho que todos los elementos a eliminar tienen un potencial electroquímico más elevado que el Zn. Esto significa, teóricamente, que mediante la adición de zinc metálico a la solución (en polvo), las impurezas como el Cu y Cd se cementarán por reducción en una primera etapa de purificación denominada fría.

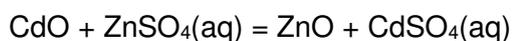


**Figura N° 1.6.**  
**Cobre cementado sobre zinc**

Sin embargo, la cementación de Co/Ni requiere una segunda purificación denominada caliente por que se lleva la temperatura a 90°C y se añaden Tartrato de Antimonio y Potasio ( $C_8H_4K_2O_{12}Sb_2 \cdot 3H_2O$ ) como catalizador, además de Sulfato de Plomo ( $PbSO_4$ ) para disminuir el riesgo de redisolución de Co.

En particular, si el pH de la solución es alto, la superficie del zinc puede oxidarse y bloquear la cementación.

El Cd precipitado es más propenso que el zinc a tal oxidación disolviéndose más fácilmente en la solución neutra de sulfato de zinc según:



Por esta razón es conveniente minimizar el acceso de oxígeno durante las operaciones de cementación para reducir los excesos de polvo de zinc empleado.

La presencia normal de calcio en los concentrados es suficientemente alta para hacer que las soluciones se encuentren siempre saturados totalmente con yeso ( $CaSO_4 \cdot 2H_2O$ ).

La solubilidad del yeso en una solución de sulfato de zinc aumenta con la temperatura hasta un máximo entre 50° y 60°C y luego disminuye. Junto con su capacidad para formar fácilmente soluciones sobresaturadas, este comportamiento conduce a serios problemas de incrustación en superficies frías, tales como tuberías y en superficies calientes, tales como en los intercambiadores de calor.

Las incrustaciones en las tuberías de soluciones y en las torres de refrigeración de electrolitos son particularmente severas y extensas de modo que la limpieza regular de los depósitos de yeso es una práctica normal. La carga de limpieza puede ser alta en la Casa de Celdas y es una causa importante de pérdida de disponibilidad de la planta por esta razón la inclusión de una etapa de eliminación de yeso en la solución purificada es rentable.

La eliminación de yeso se consigue enfriando la solución purificada desde una temperatura de 95°C a 45°C en una serie de torres de refrigeración por evaporación.

Usualmente se añade yeso fino a la solución antes de enfriar para servir como semillas y el pH de la solución se mantiene en 5 para evitar la formación de sulfato de zinc básico y la pérdida de zinc en el yeso resultante, sin embargo, con el envío de lodos blancos a Goethita se elimina este riesgo.

Después de las dos etapas de purificación, la solución purificada se alimenta al decantador de Lodos Blancos (Copa de "Champagne"), se enfría y bombea hacia la electrolisis.

Los lodos blancos contienen sulfato básico de zinc e impurezas co-precipitadas tales como Ge y Sb.

Esta instalación tiene un impacto dramático en los requerimientos de limpieza de la Casa de Celdas, así como en el resto de la planta.

En general, esto también mejora la disponibilidad de la planta y por lo tanto su rendimiento.

Los lodos de purificación en frío y en caliente se lixivian repulpándolos con electrolito gastado ("spent") para solubilizar el Cd y el Zn.



Figura N° 1.7.

### Diagrama Global del Proceso de Purificación

(Fuente: Catálogo de la empresa)

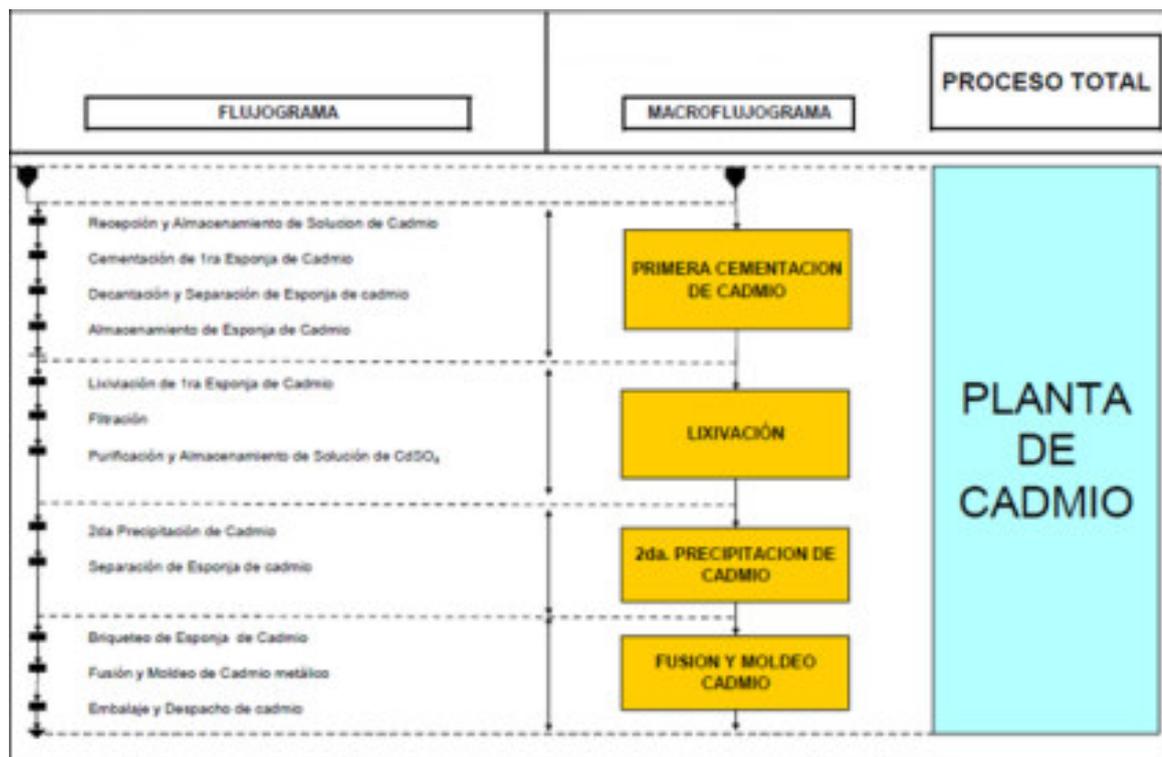
## 1.6.6. PLANTA CADMIO

### INDICADORES DE CALIDAD

Entre los indicadores de calidad se tienen:

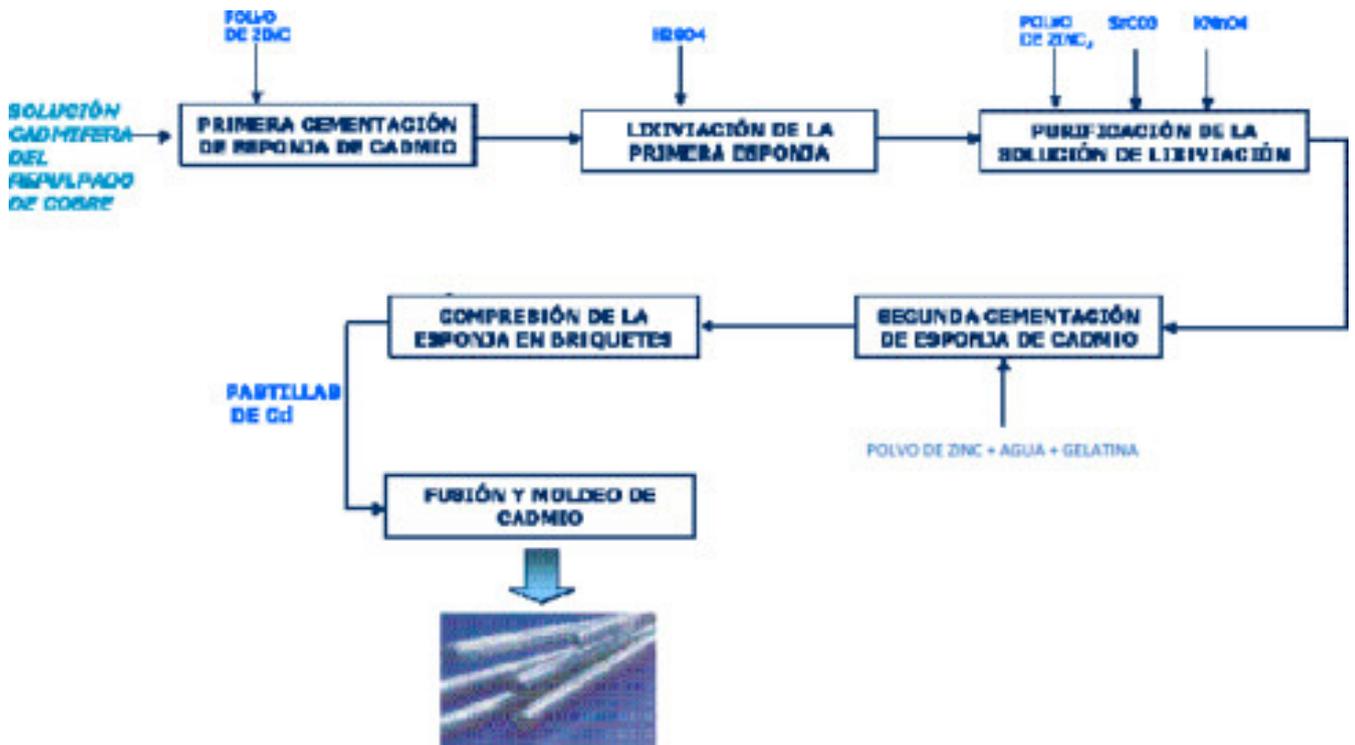
- Mantener un contenido de Ni menor de 0.0130%;
- Mantener un contenido de Cu menor de 0.0014%;
- Mantener un contenido de Pb menor de 0.0020%;
- Mantener un contenido de Zn menor de 0.0015%;
- Mantener un contenido de Tl menor de 0.0020%;

## DIAGRAMA PLANTA DE CADMIO



## DESCRIPCIÓN DE CADA ETAPA DEL PROCESO

A diferencia de todas las operaciones del resto de la planta, las instalaciones de la planta de Cadmio funcionan esencialmente por tandas ("batches").



**Figura N° 1.8.**

### **Diagrama de Flujo General del Proceso de la Planta de Cadmio Refinado**

(Fuente: Catálogo de la empresa)

La solución cadmífera del filtro de repulpado con "spent", de la torta de Cu/Cd obtenida en la purificación fría, se trata en los reactores F-001 y F-002 con polvo de zinc grueso ( $< 500 \mu$ ) para cementar el Cadmio y producir una primera "esponja" de cadmio metálico crudo.

Esta primera esponja se lixivía en los reactores F-020, F-021 Y F-047 con solución de ácido sulfúrico para disolver el Cadmio. La pulpa obtenida en esta etapa se filtra y la solución clara se trata con unos kilogramos de polvo de zinc para eliminar las impurezas contenidas en ella tales como: Cu y Ni. Se filtra la suspensión, se recicla la torta a la lixiviación para recuperar el Cadmio residual y la solución pura de sulfato de cadmio se almacena antes de la precipitación final del cadmio.

La precipitación se realiza con la adición de una cantidad determinada de polvo de zinc suspendida en agua a la solución cadmífera, en la cual se habrá previamente fijado el contenido de cadmio en 50 g/L.

El volumen de solución tratada y la acidez se fijan igualmente para obtener una calidad constante de segunda esponja de Cadmio. La cantidad de polvo de zinc usado es prácticamente la cantidad estequiométrica.

Después de agitar, se deja decantar el cemento (esponja) en suspensión y luego se evacua por el fondo de la cuba de cementación y se recupera en un tanque de almacenaje.

La esponja se comprime en dos prensas hidráulicas para hacer pastillas de 100 mm de diámetro y 500 gramos en peso cada una. Las pastillas se funden y se moldean en varillas.

La solución agotada de cadmio, recuperada en la cuba de cementación se trata con una pequeña cantidad de polvo de zinc para recuperar el Cadmio residual (cementación de agotamiento).

Se filtra la suspensión, la torta retorna a la lixiviación y se almacena la solución antes de enviarla nuevamente al circuito principal o eventualmente a la purificación.

### **AGOTAMIENTO DE LA SOLUCIÓN LUEGO DE LA CEMENTACIÓN**

Luego de la cementación la solución de la tina se bombea al tanque F-081 donde se efectuará el agotamiento del Cadmio.

En este reactor, según análisis de Cadmio, se añade el polvo de zinc necesario más 10 kg de exceso, es decir de 30 a 50 kg para una cuba llena (15 m<sup>3</sup>).

La solución agotada conteniendo aún 0.1 g/L de Cd después del tratamiento, se envía directo al tanque F-081.

Las tortas recicladas de las etapas de purificación y de agotamiento se almacenan en los espacios previstos en el nivel superior del edificio. Lo mismo que la torta obtenida durante las diversas lixiviaciones.

## **COMPRESIÓN DE LA ESPONJA EN PASTILLAS**

La esponja de Cadmio se briquetea con una presión de 1 t/cm<sup>2</sup> en la prensa hidráulica F-082.

Cada pastilla pesa aproximadamente 500 g y tiene un diámetro de 100 mm con 10 mm de espesor.

## **FUSIÓN Y MOLDEO DE PASTILLAS**

La fusión se realiza en un horno de crisol en acero calentado con gas propano y se opera como sigue:

- Se sacan una a una las canastillas y se introducen las pastillas en el horno encendido.
- Se recubren las pastillas con sosa en escamas (90 Kg de NaOH). Una vez que la sosa está fundida y suficientemente fluida, añádlas pastillas de 10 en 10.
- Cada baño de fusión admite 13 jabas para 1 lote.
- La fusión se facilita agitando de vez en cuando el baño de sosa con un agitador de madera. Al final de la fusión, se añade un poco de sosa cáustica (10 Kg) para fluidificar el baño y destruir las inclusiones que se forman en este medio viscoso.
- La temperatura del baño se controla localmente en 400°C.

La sosa que sobrenada encima del Cadmio fundido se retira con cuchara de hierro y se vierte en los tanques de agua previstos para la recuperación del Cadmio metálico contenido.

Al final del proceso se toma una muestra.

La cantidad de Cadmio producida es de 1,000 Kg por fusión. El Cadmio se moldea en grupos de varillas.

El producto final de cadmio refinado en forma varillas individuales, previamente eliminadas las rebabas, se llenan a cajas de cartón las que se embalan en cajones de madera para su despacho al mercado.

## RESIDUO DE FUSIÓN

La sosa cáustica que sobrenada es viscosa y arrastra gotitas de Cd de diversos tamaños. Luego de vertida con la cuchara de fierro en el agua, la sosa se disuelve y se usa para neutralizar la lixiviación mientras que el Cd metálico va al fondo.

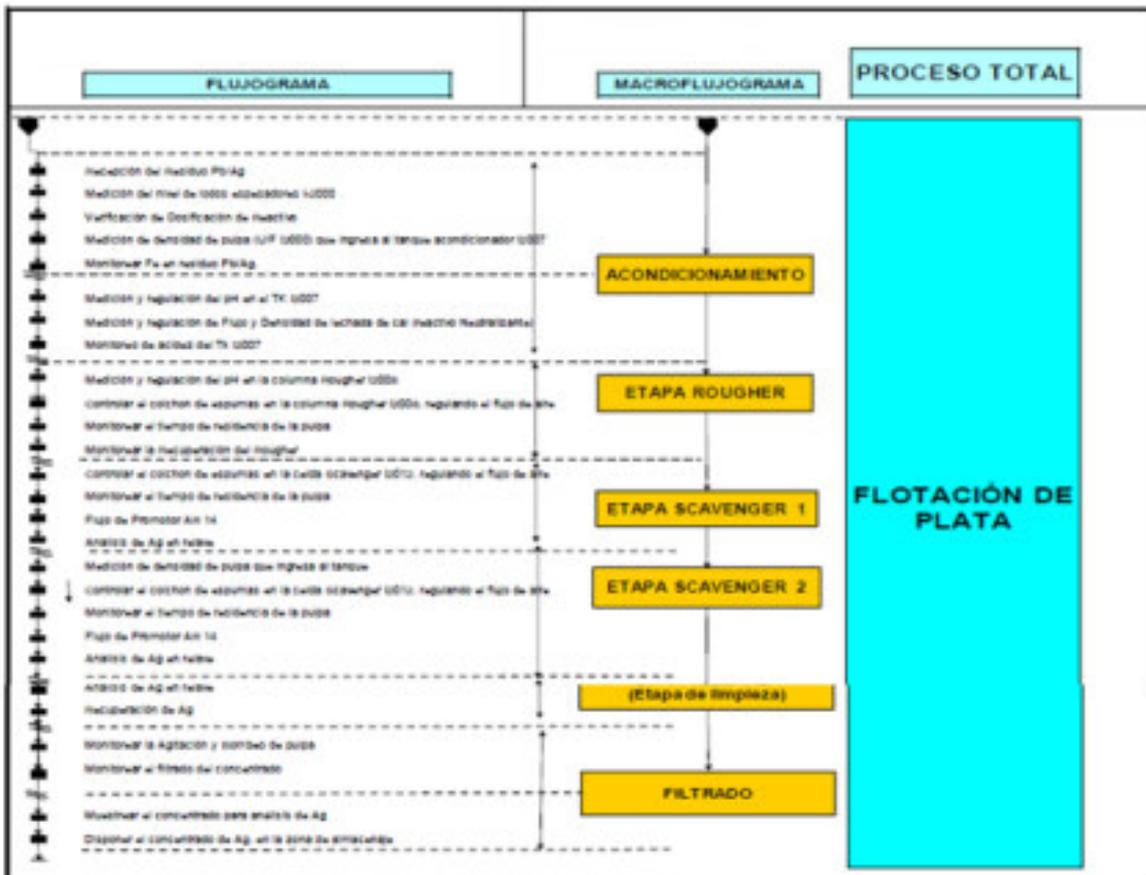
## 1.6.7. PLANTA FLOTACIÓN

### INDICADORES DE CALIDAD

Entre los indicadores de calidad se tienen:

- Mantener un contenido de Ag no menor a 320 Onz/t de Concentrado.
- Garantizar una recuperación de plata en flotación no menor a 90%.

### DIAGRAMA PLANTA DE FLOTACIÓN



## DESCRIPCIÓN DE CADA ETAPA DEL PROCESO

La torta de la filtración del residuo plomo-plata se repulpa y envía al espesador de alta velocidad I-2000 a fin de someterlo a una operación de deslamado para separar la sílice que sale junto al líquido del O/F.

El sólido sedimentado del U/F se bombea al tanque acondicionador I-2007 donde se ajusta el pH de 4.0 a 4.5 con el ingreso de lechada de cal. Adicionalmente la dosificación de colector (promotor) y del espumante se realiza en base al flujo y la densidad del lodo del I-2000.

La pulpa acondicionada se alimenta a la celda columna I-2008 y el flujo de aire que ingresa lo hace en contracorriente.

En esta etapa de desbaste (“Rougher”) se cuenta con fluxómetro para medir el caudal y una válvula que controla dicho flujo con el nivel de la interfaz pulpa-espuma (o el nivel de espuma). Las espumas que rebosan la columna constituyen el concentrado “rougher” y la pulpa que no flota y sale por el fondo de la columna es el relave “rougher”.

El concentrado “rougher” pasa a una segunda celda columna I-2009 denominada “cleaner”.

Las espumas que rebosan de esta etapa de limpieza constituyen el concentrado “cleaner” (limpio) o final, el mismo que se envía al tanque I-2019 que es un espesador, donde el O/F se retorna al tanque de agua de repulpado del residuo Pb/Ag y el U/F hacia los filtros de concentrado de plata.

El relave “cleaner” se retorna al tanque acondicionador I-2007.

El relave “rougher” de la celda columna I-2008 se envía a la celda de flotación Smart (Wemco) I-2012. En esta etapa de post-recuperación (“scavenger”) se agrega espumante y las espumas obtenidas retornan al tanque acondicionador, mientras que el relave “scavenger” pasa a las celdas convencionales para completar el proceso de flotación asegurando la recuperación de plata.

En las celdas convencionales se agrega espumante y colector.

El concentrado “convencional” se retorna al acondicionador I-2007 y el relave “convencional” se envía al sedimentador I-038, de este el O/F pasa al Pond para su repulpado y retorno al espesador I-2000 vía la bomba I-2005 de sumidero y el U/F (relave final) se envía al tanque D-2133 y junto con la Goethita a la poza 6.

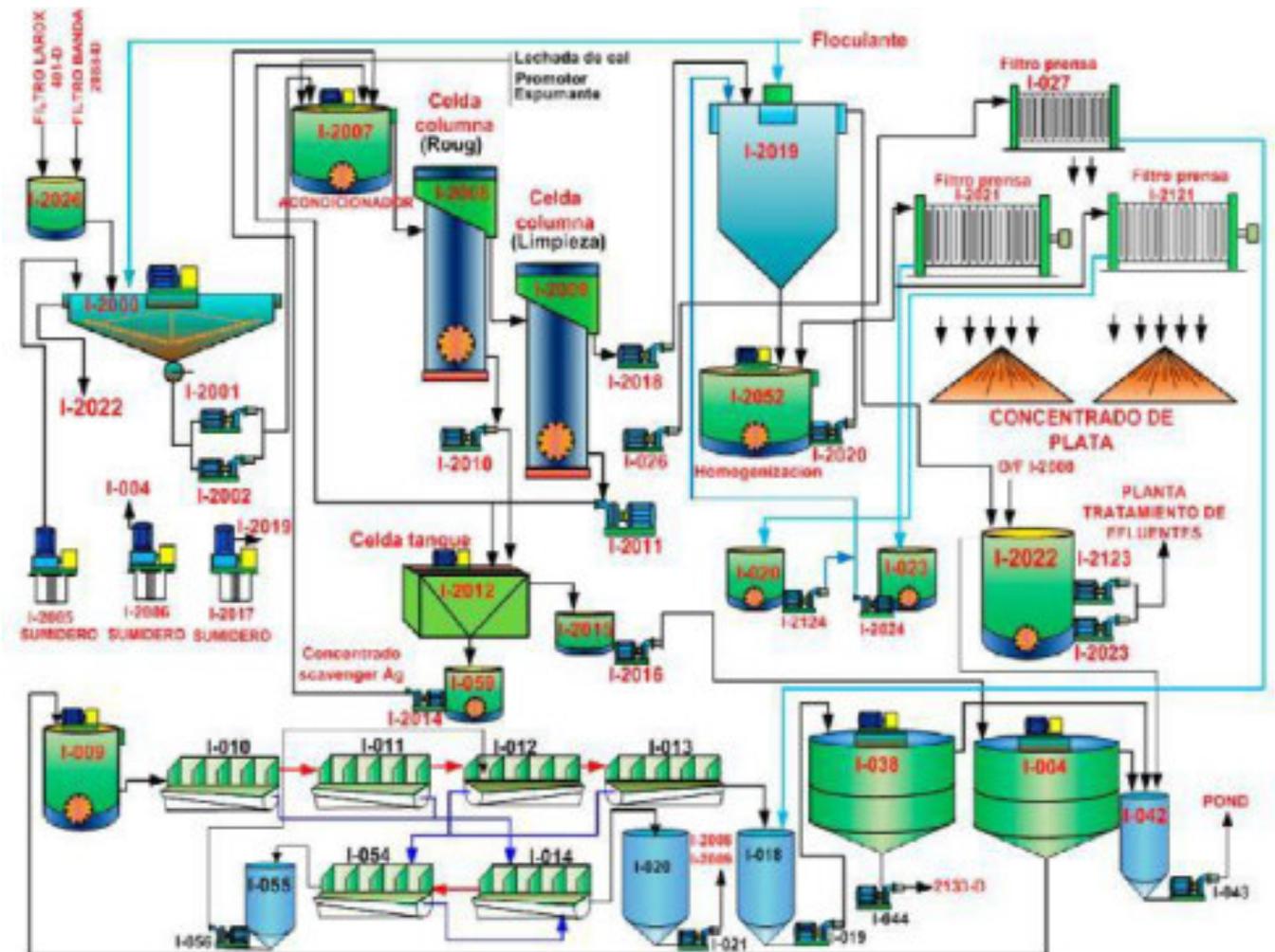


Figura N° 1.9.

**Diagrama de Flujo de la Planta de Flotación**

(Fuente: Catálogo de la empresa)

## DESCRIPCIÓN DE ACTIVIDADES

El control del proceso se inicia con la medición horaria del pH en el tanque acondicionador I- 2007 (registrado en PC on-line) y en la columna rougher I-2008 que debe estar entre 4.0 y 4.5 con ajuste por adición de lechada de cal al I-2007.

Respecto a las densidades de flotación, para el caso del U/F del I-2000 o ingreso al I-2007, se controla dos veces por guardia y debe estar entre 1,200 y 1,250 g/L y se ajusta por adición de floculante. La densidad de pulpa que ingresa al I-2012 se monitorea cada hora.

La adición del colector AR 1404 M y espumante ER 65 se hace de acuerdo a la tabla de Dosificación de Reactivos en el PI.

Sobre el control de la celda “rougher” I-2008; su nivel de pulpa (altura de la cama de espumas) tiene que estar entre 50 y 80% (cama entre 50 y 20 cm), el flujo de aire entre 20 y 40 m<sup>3</sup>/h y el flujo de agua de lavado de espumas en 60 m<sup>3</sup>/h.

En el caso de la celda “Cleaner” I-2009; el nivel de pulpa debe estar entre 30 y 50% (cama de 70 a 50 cm), el flujo de aire debe estar entre 20 y 40 m<sup>3</sup>/h y el flujo de agua de lavado de espumas en 50 m<sup>3</sup>/h.

Para la celda “scavenger” I-2012; el nivel de pulpa debe estar de 30 a 50% (cama de 35 a 15 cm), el ingreso de aire debe controlarse según el rebose de espumas.

Las densidades de pulpas U/F de los espesadores I-004, I-038 y I-2019 deben estar entre 1,200 y 1,250 g/L, 1,200 y 1,250 g/L y 1,000 a 1,250 g/L respectivamente.

Adicionalmente a la torta de plomo-plata la planta de flotación recibe material de repulpado del Pond ya sea a través del sedimentador I-2000 o por el espesador I-004, y tiene como objetivo recuperar la plata contenida

## **CONTROL DE RECUPERACIONES POR CELDAS DE FLOTACIÓN**

El control del % de recuperación en la planta de flotación se efectúa en cada uno de los turnos con el objetivo de modificar convenientemente las variables involucradas (Flujo Pulpa, Flujo de Aire, pH, Agua de lavado, Nivel de Espuma y Dosificación de Reactivos) para lograr las recuperaciones de plata especificadas en la siguiente tabla:

Recuperación del Cleaner  $\geq 90\%$

Recuperación del Rougher  $\geq 50\%$

Recuperación del Scavenger  $\geq 70\%$

Recuperación de las Convencionales  $\geq 60\%$

Recuperación de Planta de Flotación  $\geq 90\%$

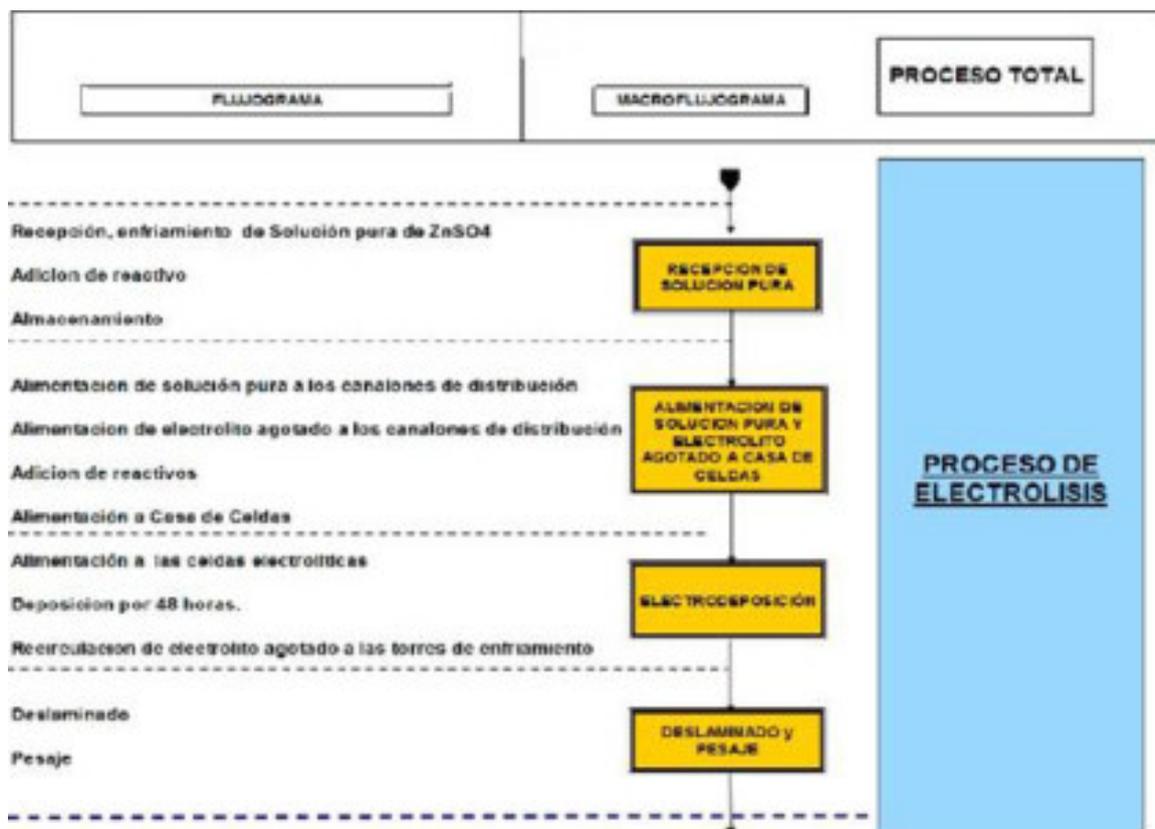
### **1.6.8 PLANTA ELECTROLISIS**

#### **INDICADORES DE CALIDAD**

Entre los indicadores de calidad se tienen:

- Mantener un contenido de Pb en láminas menor a 20 ppm;
- Mantener un contenido de Cd en láminas menor a 10 ppm;
- Mantener un contenido de Cu en láminas menor a 10 ppm;

## DIAGRAMA PLANTA DE ELECTROLISIS



## GENERALIDADES DE LAS CASAS DE CELDAS

SECCIÓN	70	73	75
Total de celdas	232	36	94
Filas	8 (del 1 al 8)	2 (9 y 10)	2 (11 y 12)
Celdas por fila	29	18	47
Cátodos por celda	48	56	122
Anodos por celda	49	57	123
Circuitos eléctricos	2 (4 filas c/u)	1	1
Area de deposición, m <sup>2</sup>	2,6 (por cátodo)	3,6 (por cátodo)	3,6 (por cátodo)
	29,000 (total)	7,260 (total)	41,300 (total)
Densidad de corriente, A/m <sup>2</sup>	190 (hora punta)	170 (hora punta)	190 (hora punta)
	600 (fuera de punta)	500 (fuera de punta)	500 (fuera de punta)
Capacidad, t/año	147,550 (cátodos)	27,500 (cátodos)	175,860
Ciclo de deposición, h	48	48	48
Torres de enfriamiento	10	0	6
Material de celdas	Concreto reforzado	Concreto polimérico	Concreto polimérico

(Fuente: Catálogo de la empresa)



**Figura N° 1.10.**

**Casa de Celdas – Fila 11 – Sección 75**

(Fuente: Catálogo de la empresa)

Objetivos principales del proceso

- Electrodeposición de zinc refinado desde la solución purificada de sulfato de zinc producida en las etapas anteriores de lixiviación, purificación y enfriamiento de la solución purificada previas a la conformación del electrolito.
- Mantener los requerimientos de pureza del zinc catódico a fin de asegurar un zinc refinado de acuerdo con las especificaciones del producto.
- Optimizar el consumo de energía eléctrica para la electrodeposición de zinc manteniendo condiciones óptimas para una eficiencia de corriente alta.
- Generación de un electrolito gastado (“spent”) con contenidos de ácido sulfúrico y zinc dentro de las especificaciones para su reciclaje a las etapas de lixiviación super ácida caliente (LAC 2) y lixiviación neutra (LN).

- Modular la corriente bajo diferentes configuraciones durante el día para minimizar el uso de energía eléctrica durante los periodos pico de energía eléctrica de alto costo.

La electrolisis se efectúa dentro de las celdas electrolíticas en las que están suspendidas en forma alternada laminas aluminio puro como cátodos y planchas de aleación plomo-plata como ánodos.

La imposición de una diferencia de potencial (voltaje de corriente continua) logra que zinc metálico se deposite electroquímicamente en los cátodos, mientras que en los ánodos se genera gas oxígeno simultáneamente.

## **DESCRIPCIÓN DE CADA ETAPA DE LA OPERACIÓN**

El proceso de electrolisis incluye:

- Almacenamiento de solución purificada y electrolisis en la casa de celdas.
- Sistema de enfriamiento y circulación de electrolito para la casa de celdas.
- Sistema de adición de reactivos a la casa de celdas.
- Manipuleo de electrodos.
- Deslaminado de cátodos de zinc.
- Limpieza de ánodos de plomo-plata.
- Limpieza y mantenimiento de celdas.

## **1.6.9. TRATAMIENTO DE EFLUENTES**

### **INDICADORES DE CALIDAD**

Entre los indicadores de calidad se tienen:

- Mantener un efluente final con un pH menor a 9, conductividad menor a 3,800  $\mu$  S/cm, un contenido de solidos suspendidos menor a 50 mg/L y turbidez menor a 15 NTU.
- Mantener un efluente final con un contenido menor a 150 mg/L de Mg.
- Mantener un efluente final con un contenido menor a 2.00 mg/L de Fe.
- Mantener un efluente final con un contenido menor a 1.50 mg/L de Zn.

- Mantener un efluente final con un contenido menor a 0.50 mg/L de Cu.
- Mantener un efluente final con un contenido menor a 0.20 mg/L de As, Mn, Ni o Pb.
- Mantener un efluente final con un contenido menor a 0.05 mg/L de Cd, Co o Se.
- Mantener un efluente final con un contenido menor a 0.01 mg/L de Hg.

## DIAGRAMA TRATAMIENTO DE EFLUENTES



## DESCRIPCIÓN DE CADA ETAPA DEL PROCESO

La planta de Tratamiento de Efluentes (ETP) cuenta con dos etapas:

La primera etapa está compuesta por la planta # 2 y 3, las cuales tienen como objetivo:

- Neutralizar la solución de poza 6 a un pH de 7.
- Proporcionar un residuo rico en zinc para uso en la Precipitación de Goethita.

La segunda etapa compuesta por la planta # 4 tiene como objetivos:

- Neutralizar el rebose del clarificador de la primera etapa a un pH de 9.
- Cumplir con las metas de concentración de metales en el efluente de descarga de las pozas de retención hacia la de regantes.
- Proveer alimentación adecuada a la planta de osmosis inversa (R.O.) para compensar el consumo de agua bruta en las torres de enfriamiento.

Cada planta contiene tres tanques agitados (tanque de mezcla de lodo/cal, tanque de mezcla rápida y tanque reactor de cal), un clarificador, dos bombas de reciclo de lodos, dos bombas de transferencia de lodos, y dos bombas de rebose.

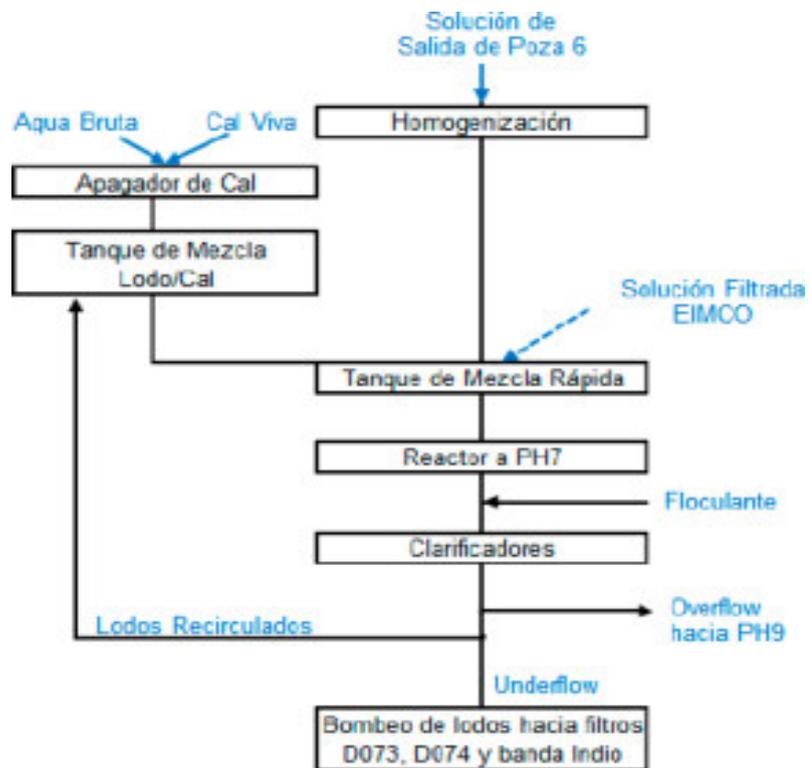


Figura N° 1.11.

### Mapeo del proceso de la Planta de Tratamiento de Efluentes – Primera Etapa

(Fuente: Catálogo de la empresa)

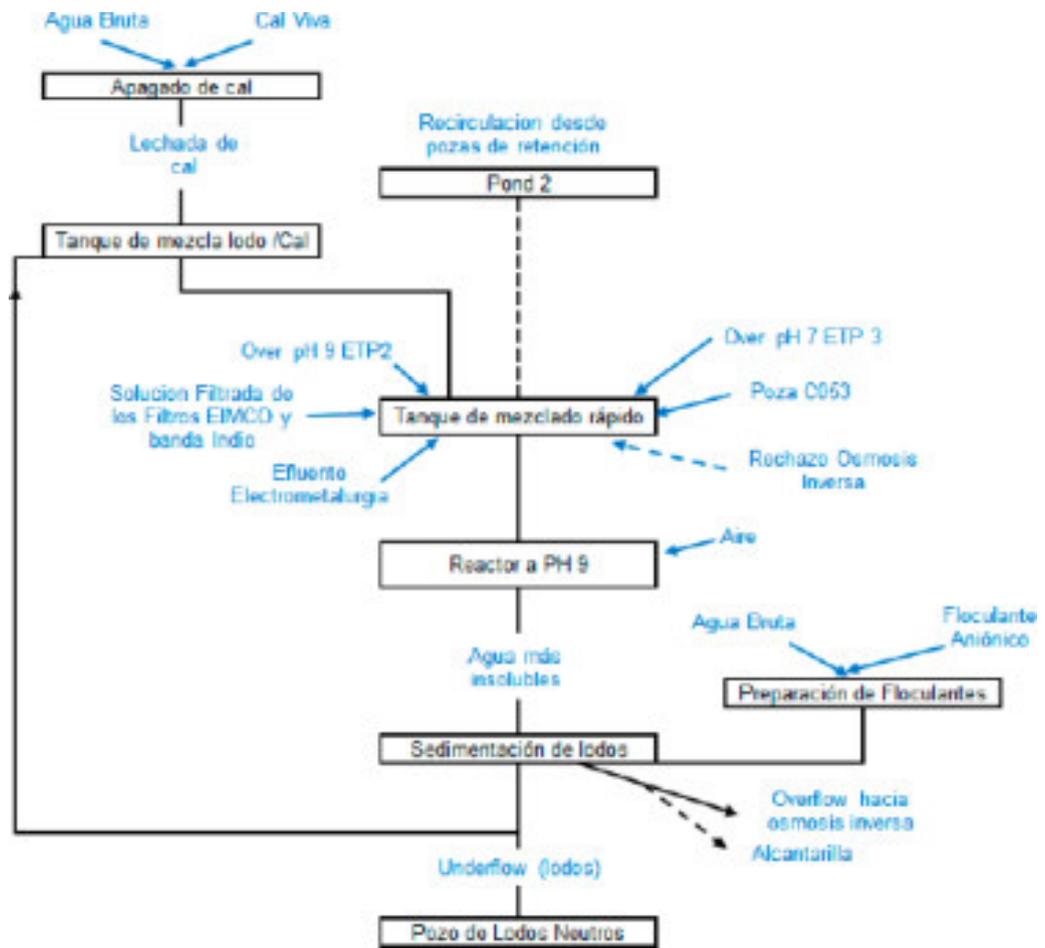


Figura N° 1.12.

**Mapeo del proceso de la Planta de Tratamiento de Efluentes – Segunda Etapa**

(Fuente: Catálogo de la empresa)

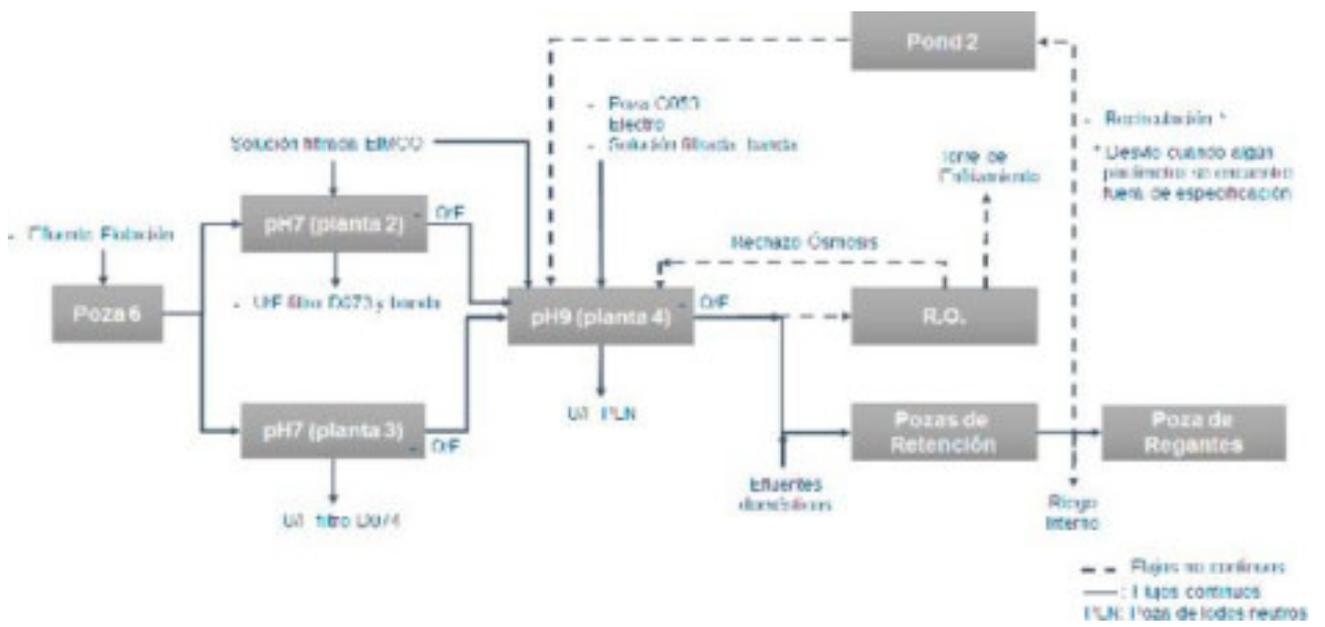


Figura N° 1.13.

Diagrama Global del Proceso de ETP

(Fuente: Catálogo de la empresa)

## **CAPÍTULO II**

### **MARCO TEÓRICO DE LA PRODUCCIÓN DE ZINC: TOSTACIÓN Y FUSIÓN**

#### **2.1. LA TOSTACIÓN**

La tostación, es la primera etapa del tratamiento metalúrgico de muchos metales, puede ser seguido de otros procesos piro o hidrometalúrgicos.

##### **2.1.1. TOSTACIÓN, CONCEPTO, OBJETO Y FINES**

La tostación consiste en el cambio de la composición química de un mineral metálico por reacción a alta temperatura, pero sin cambio de su estado sólido, con las sustancias gaseosas de la atmósfera del horno.

La tostación es una preparación aplicable tanto a la extracción pirometalúrgica como hidrometalúrgica, ya que sus fines son diversos en dependencia de la naturaleza del mineral: óxidos, sulfuros, etc., y del activo gaseoso utilizado: oxígeno, óxido de carbono, cloruros, pudiéndose distinguir, tres tipos: oxidante (sulfuros en presencia de aire), reductora y clorurante,

La tostación oxidante, se puede realizarse a muerte, o completa (el sulfuro se oxida completamente para facilitar su posterior reducción por carbón) y parcial, que es sulfatante o no sulfatante

En la parcial no sulfatante se disminuye su contenido de azufre para después poder formar una fase fundida de sulfuros o mata que concentre el metal; en la sulfatante, queda una parte del azufre como sulfato, para hacerlo soluble en los medios acuosos.

En el caso de la metalurgia del zinc, la oxidación de la blenda (ZnS) es el objetivo principal de la Tostación, obteniéndose un producto denominado calcina, que es un producto que es soluble por lixiviación.

Entre los principales equipos que se utilizan o se utilizaron para la Tostación de concentrados de zinc tenemos:

- Hornos de solera múltiple
- Hornos de Tostación tipo "flash"
- Hornos de solera estática y parrilla móvil
- Hornos de cama fluidizada

Hornos de cama turbulenta o fluidizada

Sus características de los de cama fluidizadas son:

- Tiene una cama de sólidos en la parte inferior de la cámara
- Debajo de la cama hay dispositivos (inyectores-toberas)
- Por las toberas el gas es forzado con una presión positiva
- Los sólidos tratados son íntimamente y rápidamente mezclados con el gas el flujo de gas crea el medio fluidizado.
- La calcina es continuamente descargada de la cama de sólidos fluidizados y de la colección de polvos (caldera, ciclones, electrofiltros o precipitadores electrostáticos)

**El aire cumple tres funciones:**

- Acción mecánica; mantiene en suspensión el lecho
- Acción física: enfriar o refrigerar el tostador del exceso de calor
- Acción química: da el oxígeno para la oxidación de los sulfuros

### **La cama de sólidos cumple las siguientes funciones:**

- Precalienta el flujo del fluido
- Seca la carga de sólidos alimentada
- Precalienta y homogeniza los sólidos alimentados
- Prolonga la residencia de las partículas finas en la cama
- Transfiere calor a los serpentines refrigerantes

### **212 PLANTA DE TOSTACIÓN DE CONCENTRADOS DE ZINC**

En la Refinería de Zinc de Cajamarquilla esta se lleva a cabo en un Tostador de Cama Turbulenta (TLR por su nombre en inglés Turbulent Layer Roaster), en el cual se produce la oxidación de la blenda (sulfuros de zinc y de otros metales) por acción del oxígeno del aire a una temperatura de entre 900-950°C. Este proceso se produce con liberación de calor (reacción exotérmica) y en él la acción del calor y del oxígeno separan el azufre de los metales, obteniéndose como productos la calcina (óxido de zinc y óxidos de otros metales: hierro, cobre, cadmio, plata, etc.) y una masa gaseosa formada principalmente por el anhídrido sulfuroso que sirve de materia prima para la elaboración del ácido sulfúrico.

La tostación se realiza en 3 hornos, cuyas capacidades de tostación son 300, 400, y 850 toneladas diarias de concentrados.

La planta de tostación tiene equipos como:

- 1) Sistema de alimentación** tiene dos tolvas de concentrado, dos fajas extractoras de concentrado, una faja de alimentación, un plato giratorio y dos alimentadores de catapulta (slingers belt)
- 2) Un soplador de aire**, para proporcionar el aire de fluidización
- 3) Equipo auxiliar:** es de precalentamiento formado por un soplador auxiliar, una bomba de petróleo, quemadores y lanzas de petróleo
- 4) Sistema de transporte y depuración de gases:** Una caldera La Mont: y un circuito de agua-vapor que aprovecha el calor generado en la tostación y generar vapor sobrecalentado de 350°C y 40 bar Esto permite enfriar los gases a 350°C y recuperar partículas sólidas.

- 5) **Sistema de transporte de calcina** formado: por transportadores de cadena, un enfriador seccional y un molino de bolas
- 6) **Panel de control:** desde aquí se visualizan los parámetros de operación y pueden modificarse por desviaciones o de cambios.

### **213. TOSTADOR DE CAMA TURBULENTO DE CAJAMARQUILLA**

#### **a) Constitución**

Es donde se realiza la oxidación de la blenda (SZn) a óxidos metálicos, con liberación de anhídrido sulfuroso, el cual es materia prima para la fabricación de ácido sulfúrico.

El tostador de cama turbulenta está construido de chapa de fierro y lleva:

- Un revestimiento interior de ladrillos refractarios, aislantes y cemento refractario (castable) destinados a pérdidas de calor.
- Un revestimiento exterior de lana mineral y chapa de aluminio, destinados a evitar pérdidas de calor

Para cumplir su función el tostador cuenta con los siguientes dispositivos:

- Un equipo de precalentamiento formado por tres quemadores, nueve lanzas de petróleo y un ventilador auxiliar
- Dispositivos de refrigeración del lecho formado inicialmente por siete serpentines refrigerantes y dos inyectores de agua.
- Dispositivos de descarga de calcina: una descarga superior continua (over flow) y una descarga inferior programable
- Dos ventanas de alimentación para introducir la blenda al interior del tostador, mediante las catapultas de alimentación de alta velocidad.
- Control de temperaturas constituida por termopares

## **b) Funcionamiento**

Para iniciar el funcionamiento del tostador se deberá calentar el lecho compuesto de material tostado (calcina) con el sistema de precalentamiento hasta 850-900°C.

Llegado a esa esta temperatura, el concentrado de zinc se alimentarse al tostador por medio de las catapultas de alimentación, que permite la distribución uniforme dentro del tostador. La blenda al caer al lecho fluidizado dentro del tostador, encuentra material con la temperatura suficiente para que los sulfuros reaccionen autógenamente en el medio ambiente oxidante. El aire es introducido mediante un soplador de gran capacidad a través de la caja de viento,

La parte fina de los concentrados alimentados al tostador es acarreada por los gases y la parte gruesa se va acumulando en el lecho. La parte del cono de transición y el cilindro superior se denominan "cámara de combustión posterior agrandada" y tiene como finalidad posibilitar la tostación total, especialmente del material fino y evitar la combustión posterior de los sulfuros en la caldera,

Una vez que se ha logrado estabilizar las temperaturas del lecho, luego de haberse alimentado concentrado, se apaga el sistema de precalentamiento del tostador, manteniéndose el calor necesario para el proceso de tostación mediante el calor liberado por la oxidación de los sulfuros.

**Los parámetros más importantes** a regularse son los siguientes:

**Temperatura del lecho:** los sulfuros al oxidarse liberan calor y ceden el calor necesario para continuar la tostación. Para controlar el calor se tiene dentro del tostador serpentines refrigerantes (cooling coils) por los cuales circula agua. En caso de que las temperaturas estén por encima de las temperaturas se agrega agua directamente al lecho por inyectores.

**Alimentación de concentrado:** la alimentación de concentrado se puede regular desde el panel, también se puede regular con la volante de la compuerta de descarga de las tolvas de alimentación de concentrados.

**Aire de tostación:** se regula desde el panel, o por una válvula del soplador principal, el aire a introducir al tostador depende de la cantidad de concentrado que se está alimentando y de la resistencia de cama.

**Resistencia de cama:** es la resistencia que ofrece el lecho a dejar pasar el aire hacia el tostador y depende de la cantidad de calcina almacenada dentro del tostador. Para que no se eleve demasiado la resistencia de cama, se deberá:

- Descargar en forma continua: por la descarga superior (over flow), (se hace una regulación inicial de la altura de descarga y luego permanece constante)
- Descargar en forma periódica: por medio del atizador automático para realizar la evacuación del grano grueso del piso del tostador.
- Regular el tiraje a la salida del tostador: Cuando el concentrado contiene gran porcentaje de finos, se deberá trabajar en +0.1 o 0.2 mbar, para evitar la salida de material fino sin tostarse completamente, junto con los gases, lo cual dará una calcina de mala calidad, con alto contenido de azufre como sulfuro (S/S)

#### **214. DATOS TÉCNICOS DEL TOSTADOR DE CAMA TURBULENTA**

- Área de tostación: 100 m<sup>2</sup>
- Altura del tostador: 19.465 metros
- Quemadores para calentamiento inicial: 3
- Lanzas de petróleo para calentamiento inicial: 9
- Toberas (inyectores de aire): 9888
- Abertura de las toberas: 6 mm
- Caudal de aire de tostación: entre 48,000 y 56,000 m<sup>3</sup>N/h
- Resistencia del lecho: 160-180 mbar
- Presión dentro del horno: 0.0 a 0.2 mbar
- Azufre como sulfuro en la calcina: 0.20-0.40%
- Producción de vapor: 26 a 29 TM/h
- Temperatura de operación: 900-970°C
- Concentrado tratado (de diseño): 601.5 TMS/día

## **215. TERMODINÁMICA DE LA TOSTACIÓN**

### **2.1.5.1.- DIAGRAMAS DE TOSTACIÓN DE KELLOGG-INGRAHAM (K-1)**

En su forma oxidante se utiliza para transformar los sulfuros metálicos minerales en óxidos y/o sulfatos, por reacción con el oxígeno del aire a temperaturas entre 500 y 900°C,

El sistema químico-físico correspondiente está compuesto de metal: azufre y oxígeno (Me-S-O) y admite un máximo de 5 fases en equilibrio. Al operar a temperatura constante se reduce a cuatro. Tres son combinaciones del metal, su sulfuro, su óxido y su sulfato y la cuarta está constituida por una mezcla de gases sostenidos a una presión externa de 1 atm.

Las reacciones son exotérmicas utilizándose parte calor generado para precalentar la carga y el aire, recuperándose el sobrante fuera del reactor, normalmente en generación de vapor.

Los gases ricos en SO<sub>2</sub> utilizan la producción de ácido sulfúrico (ácida fatal). El más importante es el equilibrio MeS-MeO y también MeS-MeSO<sub>4</sub>, para los cuales, tomando como función del equilibrio la presión parcial de: SO<sub>2</sub>, y como variable la presión parcial de O<sub>2</sub>. Como en la Fig. Nº 2.1.

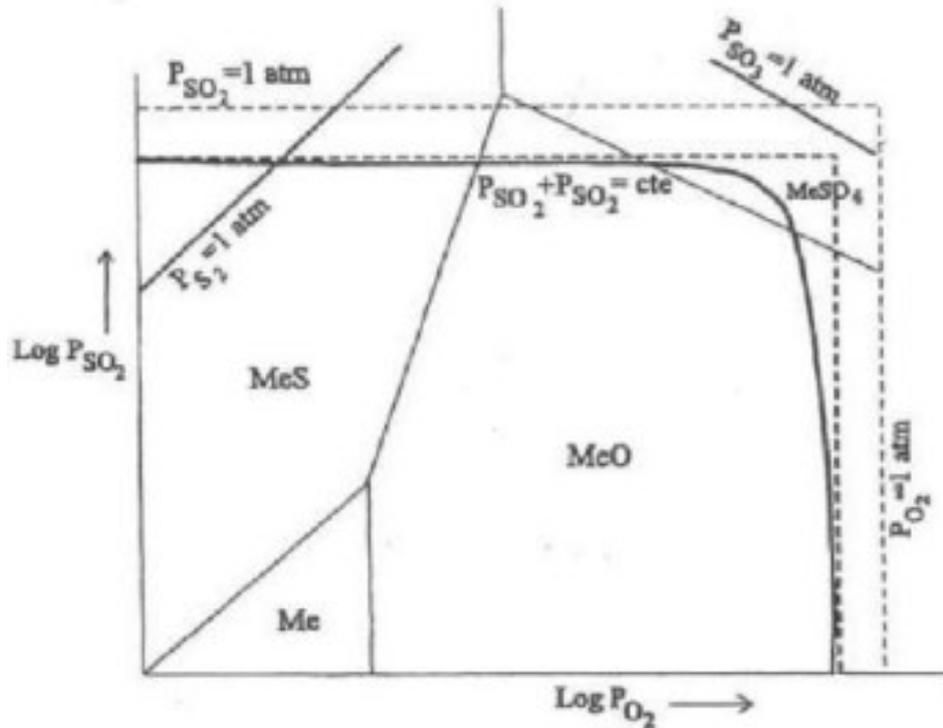
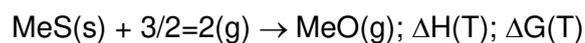


Figura Nº 2.1.

**Modelo químico-físico de la tostación oxidante**

**Fuente: U. Industrial de Santander, Diagramas de Kellogg (vista 14)**

El método de tostación oxidante de un sulfuro metálico, a la temperatura: T (K), puede expresarse mediante la reacción químico-físico siguiente:



Como en los casos precedentemente estudiados, la variación de entalpía de esta reacción a la temperatura T, puede efectuarse sumándose calores de formación en condiciones estándar del óxido y sulfuro, el calor sensible del sistema entre 298 y T(K), dado por su calor específico equivalente: (C<sub>p</sub>), según la ecuación:

$$\Delta H = \Delta H^\circ + \int_{298}^T (C_p) dT$$

Y si llamamos: K al cociente:  $p_{\text{SO}_2}/P_{\text{O}_2}^{3/2}$ , se verificará:

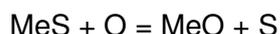
$$\Delta G(T) = RT \ln K/K_{\text{eq}}$$

siendo  $K_{eq}$  la constante de equilibrio para la temperatura:  $T(K)$ . la expresión anterior nos da el potencial de tostación del reactor a temperatura  $T$  y presiones parciales  $P_{O_2}$  y  $P_{SO_2}$  cualquiera

Para tostar a muerte sin formar sulfatos debe trabajarse de forma que la recta de equilibrio entre  $MeO$  y  $MeSO_4$ , que se desplaza paralelamente a si misma alejándose del origen de coordenadas al aumentar la temperatura parcial no sulfatante se controla regulando la cantidad de aire de acceso al reactor y el tiempo de resistencia de la carga en este.

#### **2.1.5.2.- CINÉTICA DE LA TOSTACIÓN OXIDANTE.**

Los sulfuros con mayor grado de sulfuración, como por ejemplo la pirita:  $FeS_2$  se calcinan perdiendo un átomo de azufre que se desprende como vapor desde el interior de los granos y el átomo estable de azufre se elimina por difusión en contracorriente de  $S$  y  $O$ , el primero hacia el exterior y el segundo hacia el interior de la partícula; el mecanismo puede explicarse considerando que ambos átomos, de similares características físicas, se sustituyen mutuamente en la red cristalina, según la reacción:



#### **A.- MEZCLA DE SÓLIDOS**

La mezcla de partículas y gas dentro de una cama fluidizada gas-sólido es importante en la obtención de una cama uniforme y también en el control de la reacción.

La difusividad en la mezcla de sólidos en dirección vertical es principalmente afectada por el rate de flujo del gas, el diámetro de las partículas y la altura y diámetro de la cama fluidizada.

El tiempo de residencia de las partículas depende de la altura de la cama, del rate de alimentación de partículas y del rate de flujo de gases.

## **B.- MEZCLA DE GASES**

Las camas fluidizadas consisten de una fase emulsión y otra de burbujas que más tarde llega a un estado similar a la fluidización mínima. El exceso de gas sobre la cantidad de gas de fluidización mínima forma la fase burbujas, la cual asciende a través de la cama.

## **C.- TRANSFERENCIA DE MASA**

La transferencia de masa que ocurre puede ser clasificada como:

- Mezcla de sólidos y gases en la cama fluidizada
- Difusión de gases a través de la película límite, en la superficie de las partículas
- Difusión de gas a través de la capa del producto de reacción en una partícula fluidizada.

El proceso de absorción de gas por las partículas fluidizadas está compuesto como sigue: primero una porción de gas es absorbida por las partículas flotantes en fase de burbujas y el gas nuevamente es transferido a la nube. Otras porciones son absorbidas por las partículas en la nube y el resto es absorbido completamente por las partículas en la fase emulsión.

## **D.- TRANSFERENCIA DE CALOR**

La transferencia de calor en una cama fluidizada puede ser entre el gas y las partículas, entre las paredes del reactor de cama fluidizada y entre la cama fluidizada y la superficie de sólidos instalados dentro de la cama.

En una cama fluidizada la temperatura del gas cambia rápidamente en el fondo de la cama fluidizada y converge a una temperatura constante en la porción superior, y la transferencia de calor es casi completa en la porción inferior de la cama.

El valor del coeficiente de transferencia de calor es afectado por la altura de la cama fluidizada, porque esta promedia la cantidad de calor transferida, la cual

mayormente ocurre en el fondo de la cama fluidizada. La transferencia de calor también es afectada por la forma y las condiciones de la superficie de las partículas.

Se asume que el gas y las partículas están en equilibrio térmico dentro de la fase emulsión y que la pérdida de calor del gas en la fase burbujas es expresado como:

Calor perdido por el gas en las burbujas	= Calor tomado por los sólidos en las burbujas	+ calor transferido a la nube donde es absorbido todo
--	--	---

Se supone que la temperatura del gas medida en la cama fluidizada es el promedio de las temperaturas en la fase burbujas y el gas involucrado en la fase emulsión (la cual es igual a la temperatura de las partículas).

Los factores que afectan el coeficiente de transferencia de calor son: densidad, viscosidad y calor específico del gas; tamaño, densidad, esfericidad, calor específico y conductividad térmica de las partículas añadidas al rate de flujo de gas; diámetro, altura y fracción vacía de la cama fluidizada.

## 21.6. PROCESO OPERATIVO

En el proceso de tostación de concentrados de zinc, el aire es inyectado a través de toberas de distribución ubicadas en el fondo de la cámara de reacción y es suministrado a la caja de viento a cerca de 2.5 lb/pulg<sup>2</sup>

En el caso del tostador de la Refinería de Zinc de Cajamarquilla el diámetro del emparrillado es de 10 metros y está provisto de 9,888 toberas de 20 mm, ahusadas hacia el punto de salida a un orificio de 6 mm. Durante la operación el aire es inyectado dentro de la cama a una velocidad en la que la caída de presión a través de la cama es más grande que el peso de los sólidos de la cama; bajo estas condiciones los sólidos llegan a suspenderse libremente en el flujo de gas y la cama adquiere el aspecto de un líquido hirviendo violentamente. Se usan paquetes de tubos (cooling coils) extendidos horizontalmente dentro de la cama para recuperar algo del exceso de calor exotérmico originado en las reacciones de tostación.

Para un concentrado de zinc conteniendo aprox.52% de zinc, 32% de azufre y 8% de hierro, el requerimiento de aire estequiométrico para combustión completa es de 1,6 m<sup>3</sup> N/Kg de concentrado.

Los tostadores de concentrados de zinc operan en el rango de 900 a 940°C en el nivel de la cama, aunque se manifiestan temperaturas altas de 1000°C en la parte alta de los reactores; la velocidad superficial de la cama es de 30-50 cm/seg.

El factor de carga en la cama es cercano a 0,3 toneladas de concentrado/hora /m<sup>2</sup> de área de parrilla.

A medida que el concentrado húmedo es alimentado al tostador, la carga de concentrado es secado con la alta temperatura del material de la cama y luego calentadas hasta la temperatura de la cama. Durante este periodo se produce algún aglutinamiento de las partículas finas dentro de los aglomerados más grandes, los cuales son subsecuentemente desgastados por la acción de mezcla de la cama. En efecto, todas las operaciones de tostación industrial aseguran que existe material grueso en la cama en todo momento. En los tostadores de concentrados de zinc, el agua añadida a los concentrados, ayuda en la formación de aglomerados. También es entendido que el tiempo de almacenaje de los concentrados húmedos en una tolva, promueve el envejecimiento y aglomeración de las partículas.

La existencia de la cama fluidizada sirve a un número de importantes funciones: precalienta el flujo de aire seco, precalienta y homogeniza los sólidos alimentados, prolonga la residencia de las partículas finas en la cama y trasfiere calor a los serpentines refrigerantes de la cama.

En el otro lado la mayor parte del aire inyectado a través de las toberas forma grandes burbujas, las cuáles suben rápidamente a través de la cama. A medida que dichas burbujas se mueven hacia arriba, ellas agitan la emulsión y también hacen subir algunos sólidos; cuando las burbujas alcanzan la superficie de la cama, la mayoría de los sólidos son descargados mientras que las partículas finas son elutriadas y arrastradas en el flujo de gas.

Como se anotó al inicio, en operación la cama consiste de una fase emulsión y de una fase burbujas. Si se asume que la cantidad de gas que sube en la fase emulsión en un tostador de zinc industrial, corresponde a la porosidad de fluidización mínima  $E_{mf} = 0,6$  el volumen de gas ocupado por la fase burbujas puede ser calculado como sigue:

En el caso de un tostador de 6,5 metros de diámetro durante la operación la cama se expande a una altura de 1,5 metros sobre las toberas de distribución y contiene un estimado de 35 toneladas de material. Asumiendo que el promedio de la gravedad específica de las partículas en la cama es de 4 y que 95% de los sólidos están comprendidos en la fase emulsión vamos a los siguientes cálculos:

- Volumen de la cama expandida =  $4 \times 6.52 \times 1.5 = 48.3 \text{ m}^3$
- Volumen de los sólidos de la fase emulsión =  $35,000 \text{ Kg} \times 0.95 (4,000 \text{ Kg/m}^3) = 8.5 \text{ m}^3$
- Volumen del gas asociado a la fase emulsión =  $8.5 \text{ m}^3 \times 0.6/0.4 = 12.8 \text{ m}^3$
- Volumen del gas asociado con la fase burbujas =  $48.2 - 8.5 - 12.8 = 26.9 \text{ m}^3$

De acuerdo con lo antes calculado, cerca del 50% del volumen de la cama es ocupado por la fase burbujas y el resto por la fase emulsión.

## **21.7. VARIABLES OPERATIVAS EN LA TOSTACIÓN DE CONCENTRADOS DE ZINC**

### **A.- Contenido de Humedad**

La humedad óptima del concentrado para el horno está entre 8 y 9%.

Cuando el contenido de humedad es menor, aumenta la re-combustión a la salida del horno, pudiendo presentarse temperaturas de más de  $1,000^\circ\text{C}$ , dado que los polvos muy finos (menores de malla 200) se queman aún en la zona del primer paquete evaporador de la caldera.

El sobrepasar el contenido de humedad crea en primera instancia problemas de transporte, a consecuencia de un ensuciamiento mayor y formación de costras en las fajas transportadoras.

## B.- Granulometría del concentrado

Los concentrados que se tuestan hasta ahora en hornos de Tostación Lurgi, se pueden dividir en 3 categorías:

- Concentrados gruesos
- Concentrados normales
- Concentrados extremadamente finos

La Tabla N° 2.1. muestra algunos ejemplos:

Malla US Tyler		Categoría 1 Gruesa Cartagena	Categoría 2 Media Broken Hill	Categoría 3 Fina Timmis	Categoría 3 Fina Roseberry
+100	%	38,85	11,6	1,1	0
-100 hasta 150	%	16,10	13,0	2,1	0,1
-150 hasta 200	%	6,05	0	3,6	0,5
-200 hasta 325	%	15,00	20,8	15,4	6,1
-325	%	24,00	54,6	75,8	93,3

## C.- Temperatura En El Horno De Tostación

### C.A.- Lecho fluidizado

El margen de temperatura recomendado en el lecho de un horno de tostación es entre 900-970°C; siendo el valor más favorable de 950°C:

La regulación de la temperatura se realiza por la variación de la cantidad de agua de inyección al horno y el ajuste de la adición de agua normalmente se realiza manualmente, pero puede realizarse a distancia.

### C.B.- Caudal de aire

El caudal de aire conducido al horno de tostación se compone de:

- Aire primario: este se registra en el caudalímetro de aire

- Aire secundario: este entra inevitablemente por las cintas lanzadoras (slingers belt) y su cantidad no se puede determinar con exactitud. Sólo es posible un cálculo aproximado e indirecto con la ayuda de la medida de la concentración de SO<sub>2</sub> a la salida del horno

### **C.C.- Granulometría del lecho fluidizado**

La granulometría del lecho fluidizado se comporta de acuerdo a los siguientes factores:

- Caudal de aire
- Temperatura del lecho
- Granulometría del concentrado tratado
- Contenido de humedad

### **C.D.- Resistencia de cama o altura del lecho**

La resistencia de cama o altura del lecho es la pérdida de presión del aire primario al atravesar la capa de partículas en tostación y fluidización. Se mide en milibar (mbar). Como presión previa a la caja de viento de distribución del aire primario. En operación normal su valor es aproximadamente de 160 a 180 mbar.

### **C.E.- Tiro o tiraje en el horno**

El tiro en el horno se ha de ajustar a +/- 0 mbar. En los hornos grandes, por la fuerza ascensional natural está permitido incluso una presión pequeña de 0.1- 0.2 mbar como máximo.

## **218. INFLUENCIA DE MATERIAS EXTRAÑAS EN LA TOSTACIÓN DE CONCENTRADOS DE ZINC**

Los minerales de zinc (en su mayoría blendas) en su estado natural se encuentran casi siempre asociadas a compuestos secundarios que se tratan de separar en la flotación, Entre estos tenemos:

- Hierro: casi siempre en forma de pirita, retarda la tostación ya que favorece la formación de  $\text{SO}_3$  y  $\text{SO}_4\text{Zn}$ ,
- Cadmio: el sulfuro de cadmio ( $\text{CdS}$ ) se oxida a óxido de cadmio ( $\text{CdO}$ ) y una parte se volatiliza y va a las partículas volantes.
- Manganeso: lo mismo que el hierro forma silicatos que sinterizan fácilmente y pueden envolver partículas de blenda sin oxidar.
- Plomo: el plomo funde, por lo cual tiende a formar aglomeraciones. El plomo por el proceso de tostación pasa a óxido ( $\text{PbO}$ ) y luego a  $\text{SO}_4\text{Pb}$ , que reacciona con los sulfuros de Zn y de Pb y se reduce a metal, y que por la temperatura elevada que existe en el horno, se volatiliza aproximadamente entre 8 a 22% del plomo que ingresa.
- Plata: el sulfuro de plata se transforma en sulfato de plata por la tostación y a altas temperaturas se volatiliza.
- Mercurio: el mercurio se volatiliza totalmente, encontrándose en el polvo volante o en los lodos de la Planta de Ácido.
- Arsénico y Antimonio: se oxidan y se volatilizan completamente.
- Flúor: en la tostación se volatiliza del 31 al 100%, según el grado de trituración y de la proporción de sílice ( $\text{SiO}_2$ ). Una parte se separa como  $\text{FSi}$  y otra parte como ácido fluorhídrico ( $\text{HF}$ )
- Calcio y Magnesio: pasan de carbonatos a sulfatos
- Bario: permanece como sulfato de bario.

## 219. CÁLCULO DE LA CANTIDAD DE COMPONENTES

La tostación del sulfuro de zinc genera óxido de zinc y anhídrido sulfuroso (1 BTO)

- a. ¿Cuántos gramos de sulfuro de zinc son necesarios para obtener 50 L de anhídrido, si la reacción se desarrolla a  $300^\circ\text{C}$  y 750 mm Hg?
- b. ¿Cuántos gramos de óxido de zinc se obtendrán al dejar reaccionar 5 L PTN de aire al 21% de oxígeno con 5 g de zinc?

La tostación es la reacción con oxígeno (quemar):



Los coeficientes de ajuste 2:3 → 2:2, son la relación natural en moles: Cada 2 mol de sulfuro de zinc reaccionarán con 3 mol de oxígeno para producir 2 mol de óxido de zinc y 2 mol de dióxido de azufre (anhídrido sulfuroso).

Si se obtiene 50 l de SO<sub>2</sub> a T=300°C y P=750, Hg, hay que aplicar P\*V = n\*R\*T para ver cuantos moles de SO<sub>2</sub> son esos 50 l

$$\frac{750}{760} * 50 = n * 0,082 * (300+273) \Rightarrow n = \frac{750*50}{760*0,082*573} =$$

mm Hg a atm

= 1,05 mol de SO<sub>2</sub> se obtuvieron

Recordamos la reacción 2:3 → 2:2. El sulfuro de zinc y el anhídrido sulfuroso están en proporción 2:2. Como se obtuvieron 1,05 mol de SO<sub>2</sub> se emplearon también 1,05 mol de ZnS. (Pues 2:2 significa “los mismos mol de uno que de otro”)

Ahora como  $n^{\circ} \text{ mol} = \frac{\text{masa en g}}{\text{masa molecular}} \rightarrow \frac{m}{M} \quad n \rightarrow m = n * M;$

Hay que hallar la masa molecular del ZnS. Necesitamos masas atómicas (estas dan siempre), Zn: 65,4 ; S: 32. Por tanto, M(ZnS) = 65,4 + 32 = 97,4.

Entonces: m(ZnO) = 1.05 \* 97,4 = 102,27 g de ZnS, se necesitan.

Enunciado

El oxígeno de la reacción se toma del aire, que es gratis. Pero el aire “solo” tiene un 21% de oxígeno puro (el resto es nitrógeno y pocas cosas más). Así que, si tomo 5 l de aire, estoy asegurando  $5 * \frac{21}{100} = 1,05$  l de O<sub>2</sub> puro. Y de nuevo hay que pasar estos litros a moles a través de P\*V = n\*R\*T.

Las condiciones “PTN” se refieren a condiciones normales de presión y temperatura, es decir P = 1 atm, T = 0°C (273 K), luego  $1 * 1,05 = n * 0,082 * 273 \rightarrow n = 1,05 / (0,082 * 273) \rightarrow n = 0,47$  mol de O<sub>2</sub>.

Volvamos a la reacción en mol: 2:3 → 2:2, pero ahora solo queremos la relación oxígeno: óxido de zinc que es de 3:2 en ese orden. Ahora mejor una pequeña proporcionalidad:

$$\frac{3 \text{ mol O}_2}{2 \text{ mol ZnO}} = \frac{1,05 \text{ mol O}_2}{x} \Rightarrow 3x=2,1 \Rightarrow x = \mathbf{0,7 \text{ mol de ZnO}} \text{ se obtuvieron.}$$

Como las masas atómicas son Zn: 65,4; O: 16, convertidos a gramos son  $m = n \cdot M = 0,7 \cdot (65,4 + 16) \rightarrow m = 56,98 \text{ g de ZnO}$  se obtuvieron:

## 2.2. LA FUSIÓN DE ZINC EN CAJAMARQUILLA

### 221. INDICADORES DE CALIDAD

Entre los indicadores de calidad se tienen:

Mantener un producto SHG (“Special High Grade”) en todos los productos fundidos: barras y jumbos.

### 222. DIAGRAMA FUSIÓN Y MOLDEO DE ZINC

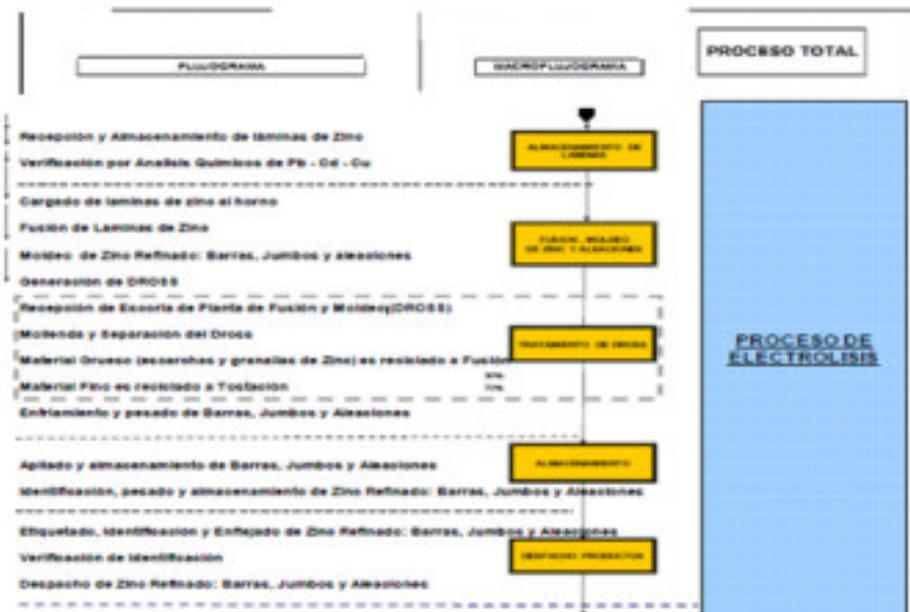


Figura N° 2.2.

### Macro flujograma del proceso de Fusión y Moldeo de Zinc

(Fuente: Catálogo de la empresa)

## **223. HORNOS DE FUSIÓN Y DESCRIPCIÓN DEL PROCESO**

El propósito de las operaciones de fusión, de aleación y de moldeo es convertir los cátodos de zinc en un producto metálico comercializable.

El zinc refinado puede ser comercializado como metal puro o como aleaciones y se entrega en una variedad de formas como lingotes de 25 kg hasta bloques de 1,000 o 2,000 kg. Las operaciones consisten en la fusión del cátodo, la preparación de la aleación (cuando se requiera), moldeo del lingote o bloque, la preparación del producto y su despacho al mercado.

Una parte importante de estas operaciones es el control de la calidad del producto.

La planta cuenta con tres sistemas de Fusión y Moldeo de zinc:

En la primera línea, la fusión de los cátodos se lleva a cabo en un horno eléctrico DEMAG de inducción de baja frecuencia con una capacidad de 15 t/h, a una temperatura de trabajo entre 460° y 480°C y usando  $\text{NH}_4\text{Cl}$  como fundente. El zinc líquido obtenido dentro del horno DEMAG es enviado a las instalaciones de moldeo de barras.

En una segunda línea el horno ABB con una capacidad de fusión de 20 t/h, funde cátodos para producir bloques denominados “jumbos” de 1T y 2T de peso.

En algunas circunstancias (paradas de planta, cambio de inductores, cambio de canaletas, cambio de chutes o columnas, etc.) este horno sirve de apoyo al moldeo de barras convencionales de 25 Kg en la línea de moldeo “Sheppard”.

Adicionalmente se tiene un horno ABP con una capacidad de fusión de 20 t/h, en el cual se funden cátodos para producir barras de calidad SHG.

Los Hornos DEMAG, ABB y ABP poseen un colector de gases y polvos independientes.

Los productos obtenidos luego de la fusión y moldeo incluyen:

- Barras con un peso de 25 kg cada uno solo como SGH.
- Jumbos de 1,090 kg conteniendo un máximo de 1% de aluminio producidos normalmente en la línea de Jumbo.
- Super-Jumbos de 2,000 kg.

La escoria extraída del horno se envía a la planta de tratamiento de "Dross", donde se efectúa una molienda para obtener dos productos: uno constituido por partículas finas (ZnO), que irán a la Planta de Tostación para recuperar el zinc contenido (alimentado junto con los concentrados) y otro material metálico grueso (granallas de zinc y escarchas) que se usa como materia prima para la planta de polvo de zinc o para la venta.

### **2.2.3.1. VERIFICACIÓN Y CONTROL DE PARÁMETROS HORNO ABB**

El control constante de los parámetros críticos que se manejan en el proceso de Horneado es fundamental para que el producto que se obtenga este acorde a las especificaciones solicitadas. En casos específicos de Arranque y Parada del horno ABB se siguen otros criterios adicionales. Véase PO-CJM-PPF-FYM-005-ES: "ARRANQUE Y PARADA DE LOS HORNOS ABB, ABP Y AJAX"



**Figura N° 2.1.**

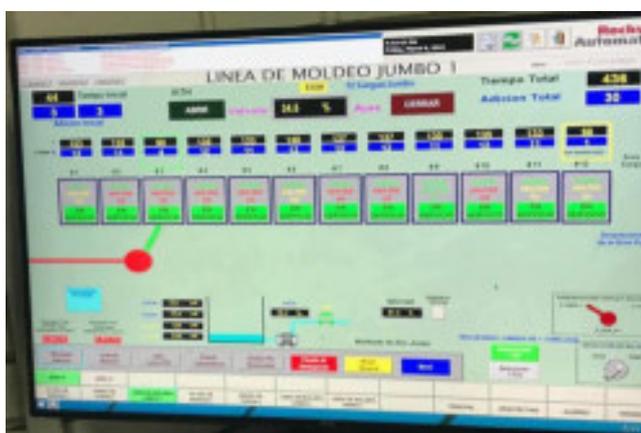
#### **Inspección visual del horno ABB**

(Fuente: Catálogo de la empresa)

El Operador de Producción II – Hornero, durante toda su jornada de trabajo, es responsable de:

- a. Al iniciar el turno, comunicarse con el personal del turno anterior a relevar y revisar su reporte, para conocer las condiciones iniciales en las que operara el Horno

- b. Coordinar con el Operador de Montacargas para que se realice de manera oportuna el carguío de láminas a la mesa de carguío
- c. Verificar en el Tablero de control TC-H505E5, ubicado en la sala Panel de control:
  - Los parámetros de Tensión, Corriente, Energía, Potencia y Factor de Potencia, los cuales deberán ser similares a los históricos del registro, tener en cuenta que el valor de factor de potencia ideal es de 1
  - La temperatura, cuyo valor siempre debe oscilar entre 480 a 520°C. Registrar su valor en la DD-CJM-PPF-FYM-008-ES: "REPORTE DE CONTROL DEL HORNO ABB", en el recuadro DENTRO DE ESPECIFICACION: Colocar "Si" o "No" según sea el resultado. Si el resultado es "No" colocar en "¿QUE PASO?" la posible causa por la cual se dio este valor fuera de rango y en "¿QUE SE HIZO?" indicar la acción correctiva realizada
  - El nivel de operación del horno se encuentre entre 80 a 100% (100 a 120 TM)



**Figura N° 2.2.**

**Control línea de jumbo**

(Fuente: Catálogo de la empresa)

- d. Revisar la operatividad de los 3 ventiladores, verificando que sus perillas correspondientes estén en posición "ON"
- e. Verificar que la potencia de operación se mantenga en TAP 7 para moldes de 1 Tonelada y TAP 8 para moldes de 2 Toneladas
- f. Llevar un control de estos valores por hora, registrándolos en el Documento: DD-CJM-PPF-FYM-008-ES: "REPORTE DE CONTROL DEL HORNO ABB".

### 2.2.3.2.- VERIFICACIÓN Y CONTROL DE PARÁMETROS HORNO AJAX

Siempre que se realice producción de Jumbos de aleación, la mezcla entre el baño metálico de zinc líquido (proveniente del horno ABB) y el aluminio se realizara en el horno AJAX.

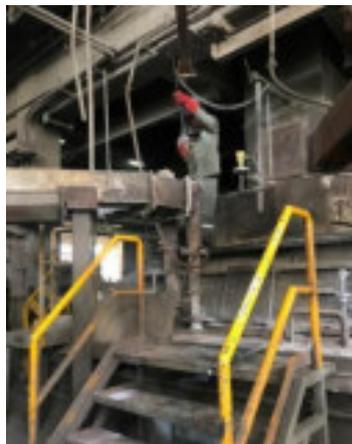
El Operador de Producción II – Hornero, es responsable del control constante, durante toda su jornada de trabajo, de los parámetros críticos de operación del horno AJAX. Para ello llevara al cabo las siguientes acciones:

- a) Verificar en el Tablero de control Horno AJAX H514.E4 y en la PC ubicada en la sala: Panel de control:
  - Los valores de Amperaje, Voltaje, Factor de potencia y consumo de energía.
  - El SET POINT del nivel del horno, el cual debe ser aproximadamente 90% +- 5% (Visualmente en el mismo horno se puede constatar el nivel verificando que se mantenga hasta mínimo 5 cm por debajo del nivel superior del horno).
  - La temperatura de operación, cuyo valor siempre debe oscilar entre 485 a 515°C. Registrar su valor en la DD-CJM-PPF-FYM-009-ES: "REPORTE DE CONTROL DEL HORNO DE ALEACION AJAX", en el recuadro DENTRO DE ESPECIFICACION: Colocar "Si" o "No" según sea el resultado. Si el resultado es "No" colocar en "¿QUE PASO?" la posible causa por la cual se dio este valor fuera de rango y en "¿QUE SE HIZO?" indicar la acción correctiva realizada
- b) Revisar la operatividad de los ventiladores, verificando que sus botoneras estén encendidas con luz roja.
- c) Mantener el controlador en automático
- d) Verificar que el controlador de nivel marque el peso de 5,200 kg a 5,250 kg, caso contrario resetear el controlador y verificar la abertura de la válvula H514 CV máximo y mínimo de la bomba de grafito del horno ABB.
- e) Llevar un control de estos valores por hora, registrándolos en el Documento: DD-CJM-PPF-FYM-009-ES: "REPORTE DE CONTROL DEL HORNO DE ALEACION AJAX"

### 2.2.3.3.- VERIFICACIÓN Y CONTROL DE OPERATIVIDAD DE EQUIPOS

Al inicio del turno y cuando sea necesario durante la jornada de trabajo, el Operador de Producción II – Hornero deberá verificar la operatividad de todos los componentes del horno, para ello realizara las siguientes actividades:

- a. Revisar las paredes del horno, si hay presencia de escarchas, realizar la remoción de estas, utilizando lanzas de fierro, finalmente extraerlas con ayuda del rastrillo.
- b. Realizar la limpieza de la precámara del horno, haciendo uso de un rastrillo y evacuando la escoria hacia el contenedor.
- c. Si la escarcha no se haya retirado en su totalidad, utilizar el quemador GNV haciendo contacto directo de la llama sobre ella, (antes de esto se deberá retirar el gripper colocándolo en su posición superior para evitar su daño)
- d. Verificar que el ducto de la bomba esté libre de obstrucciones, para esto apagar la bomba, cerrando la válvula de aire e ingresar la varilla de 2.5 m en el ducto.



**Figura N° 2.3.**

#### **Verificación del ducto de la bomba de grafito**

(Fuente: Catálogo de la empresa)

- f) Verificar la operatividad de la bomba, para ello se deberá apagar la bomba y hacer girar el eje del impulsor en sentido horario, con ayuda de una herramienta de palanca
- g) Verificar al inicio y constantemente durante el turno, la lubricación del motor de la bomba de grafito, la cual deberá tener una velocidad de goteo de 9 a 13 (1 gota cada 9-13 segundos)

- h) Observar el nivel de aceite de la copa de almacenamiento del FRL. Si se encontrará con nivel bajo, adicionarle aceite (No es necesario paralizar el equipo)
- i) Verificar que las compuertas del horno estén cerradas y con el seguro colocado.
- j) Verificar que la presión de aire de la bomba del Horno ABB en encuentre en el rango entre 70 a 80 PSI y que las válvulas en las tuberías de aire estén totalmente abiertas, cuando el horno este en operación.
- k) Poner en operación y verificar la operatividad del extractor de gases del filtro manga.
- l) Para producción de jumbos de aleación, se tomarán en cuenta los siguientes controles:
  - Antes del inicio del moldeo y si el nivel del baño desciende, Realizar la limpieza del cono de descarga de la bomba del Horno ABB, para eliminar cualquier obstrucción.
  - Realizar la limpieza del ducto de alimentación de Granalla
  - Revisar que el agitador esté libre de escarchas y hollín

NOTA: Cabe indicar que la LIMPIEZA DE LA PRECÁMARA, es una actividad que se encuentra en el listado de ACTIVIDADES EXCEPCIONALES EN ESTADO INTERMEDIO DE ENERGIA del área, ya que se realiza con los equipos energizados como parte de la operación. Por lo que todos los que realicen esta actividad deberán ceñirse al procedimiento PGU-CJM-SSM-SEG-002-ES: "BLOQUEO Y CONTROL DE ENERGIAS"



**Figura N° 2.4.**

**Limpieza de la precámara**

(Fuente: Catálogo de la empresa)

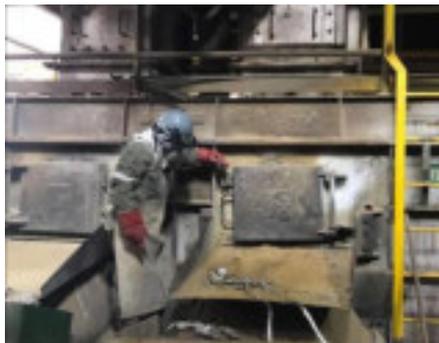
#### **2.2.3.4.- ALIMENTACIÓN DEL HORNO ABB**

La alimentación al horno ABB, es un proceso continuo y se puede realizar de dos formas: Por el ducto superior y por la puerta principal baja del horno.

La forma habitual y automatizada es por el ducto superior por medio de mesas apiladoras, de carguío y el gripper. Véase: PO-CJM-PPF-FYM-002-ES: “RECEPCIÓN Y CARGUÍO DE LÁMINAS A LOS HORNOS ABB, ABP Y DEMAG”

Para realizar y controlar la alimentación del horno, el Operador de Producción II – Hornero, realizara las siguientes acciones:

- a. La alimentación de láminas a la cadena transportadora se puede ir realizando en paralelo mientras se estabilizan los TAPs hasta llegar al TAP 7. Esta tarea está a cargo del Operador de montacargas, quien colocara los paquetes de láminas en las cadenas transportadoras de cada mesa.
- b. Mantener colocadas las cadenas alrededor del horno mientras se realiza el carguío de láminas al horno.
- c. Mantener cerradas las ventanas laterales del horno mientras se realiza el carguío de láminas al horno, Verificando el cierre hermético



**Figura N°2.5.**

#### **Inspección de ventanas del horno**

(Fuente: Catálogo de la empresa)

- d. Verificar que el Operador de montacargas realice el carguío correcto de los paquetes de láminas:
  - Láminas cortas (Secc. 70) en la MESA 1 H502

- Láminas largas (Secc. 73 y 75) en la MESA 2 H503
- e. Verificar, cada hora, en el Tablero de control, mediante la pantalla: “Proceso de carga de láminas”, la secuencia de carga en automático: La grúa pasa de la posición básica a la posición más alta; la mesa bascula el paquete; la horqueta mantiene en posición vertical el paquete para que sea sujetado por el gripper; la grúa sube el paquete hasta la posición más alta, baja el paquete en un tiempo adecuado para su precalentamiento, cuando alcanza su posición más baja se apertura el gripper y suelta el paquete en el baño del horno, finalmente la grúa retorna a su posición básica y se repite el ciclo de alimentación.



**Figura N° 2.6.**

**Alimentación de láminas de zinc mediante el gripper**

(Fuente: Catálogo de la empresa)

En caso se observen retrasos en esta secuencia, trasladarse al patio de láminas, hacia la mesa de carguío, para observar cual es el desperfecto. De encontrar una falla operativa con el gripper. Solucionarla mediante la manipulación de las perillas del “Panel de procesos remoto PP-H505E5”:



**Figura Nº 2.7.**

### **Operación manual del gripper**

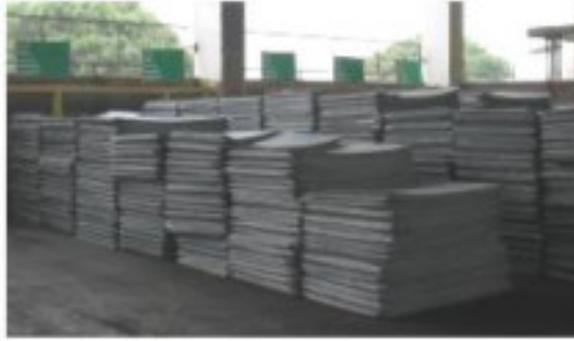
(Fuente: Catálogo de la empresa)

- Girar la perrilla de “Carga Man-Auto” a modo manual y utilizar las botoneras según el desperfecto encontrado. Esta acción también la podrá realizar el Operador de Montacargas al visualizar el desperfecto e inmediatamente después se comunicará con el Operador de Producción II – Hornero.
- Utilizar los botones “Pinza subir” y “Pinza bajar” para subir o bajar la pinza y cambiar la posición del gripper
- Utilizar los botones “Pinza abrir” y “Pinza cerrar” para abrir y cerrar la pinza del gripper.
- Utilizar los botones “Mesa subir” y “Mesa bajar” para subir o bajar la inclinación de la mesa de carguío.
- Utilizar los botones “Prensado antes” y “Prensado retorno” para llevar adelante o retornar la horqueta. (Antes: para que la horqueta presione las láminas cuando la mesa de carguío esta inclinada hacia arriba, para facilitar la sujeción de las pinzas del gripper; y Retorno: para retirar la horqueta y dejar de hacer la presión).
- Utilizar los botones “Vagón 1 antes”, “Vagón 1 retorno”, “Vagón 2 antes” y “Vagón 2 retorno” para movilizar hacia adelante o atrás cualquiera de las dos cadenas que moviliza la carga.
- Utilizar los botones “Grúa antes” y “Grúa retorno” para movilizar la grúa.
- Luego de solucionado el problema, regresar el gripper a su posición 1 (Se visualiza en la pantalla: Posición 1) y finalmente girar la perrilla de “Carga Man-Auto” a modo automático

- Si el problema no pudiese ser solucionado, dar aviso inmediato al Supervisor y personal de mantenimiento de turno.
- f. Constatar visualmente el nivel del baño metálico, por la precámara, las ventanas laterales o la puerta del horno, en caso de notar disminución de nivel, realizar el paso anteriormente mencionado.
- g. Coordinar con el supervisor de turno para reprocesar los productos de rechazo, no conformes o residuos de proceso, ingresándolos al horno, teniendo en cuenta las siguientes consideraciones:
  - La alimentación será por la puerta principal del horno, utilizando el montacargas.
  - Se realizará cuando la temperatura por encima de los 500°C (para evitar caída de temperatura por debajo del rango aceptable)
  - Solo se reprocesará los jumbos no conformes por análisis químico o calidad, en pequeñas cantidades, luego de evaluar los resultados de las muestras enviadas al laboratorio, bajo coordinación y autorización expresa del Supervisor de producción de turno
  - Reportar en el registro DD-CJM-PPF-FYM-013-ES: “REPORTE DE TURNO DE LINEA DE JUMBOS” la cantidad adicional de aluminio y reproceso en el turno
- h. Antes de finalizar el turno, constatar la alimentación del horno, para dejarlo al 100% de su capacidad.

## **224. ALMACENAMIENTO DE LÁMINAS DE ZINC**

Las láminas de zinc removidas en la maquina deslaminadora, caen por un chute y son transportados a una mesa de apilado. De allí las pilas son retiradas por montacargas y llevadas a la zona de almacenamiento de cátodos de zinc en el Área de Fusión y Moldeo. Fig. N° 2.8.



**Figura N° 2.8.**

**Almacén de cátodos de Zinc**

(Fuente: Catálogo de la empresa)

**225. TERMODINAMICA DE LA FUSIÓN DE ZINC**

Los paquetes de láminas de zinc catódico se cargan con montacargas dentro de las mesas de carga de los hornos de fusión.

Los cátodos se alimentan continuamente a los hornos de fusión por las mesas de carga sin restricción.

La fusión de los cátodos se produce por efecto de la inducción electromagnética de un medio conductor (cátodo) en un crisol alrededor del cual se encuentran enrolladas bobinas magnéticas y se realiza en los Hornos de Inducción DEMAG, ABB y ABP, los mismos que operan manteniendo una temperatura de baño entre 490° y 520°C, equipados con una red inductores de frecuencia, dos (Shepard) y tres (ABB/ABP) a cada lado del horno. Los inductores utilizan el principio del transformador, con un bucle de metal fundido que formando un espiral secundario cortocircuitado.

El diseño para la fusión de zinc se basa en el uso de tres canales por inductor para producir una acción de circulación o de bombeo del zinc fundido, que entra a través de un canal central y sale a través de los dos canales secundarios.

Los inductores están revestidos con un refractario apisonado y la técnica para el revestido y curado del material refractario es particularmente sensible, pero, si se hace bien, se puede lograr un tiempo de vida entre 10 y 15 años antes de que sea necesario su reemplazo.

Las bobinas primarias son por lo general refrigeradas por aire y tienen varias tomas para permitir el control de la entrada de alimentación.

Los cátodos son alimentados al horno a través de una o dos rampas verticales ubicados entre dos inductores. El zinc fundido circula a través de los canales de inductor e incide en las láminas de zinc promoviendo una fusión rápida.

Es importante mantener la rampa completa para evitar danos en el suelo del horno por la caída de las láminas de zinc.

Mantener la tolva llena también precalienta y se seca los cátodos, lo que garantiza que solo entre en el baño material seco. Esto reduce la oxidación del zinc y evita el riesgo de explosiones. (la temperatura de fusión se controla entre 500° y 520°C y se limita para minimizar la volatilización y la oxidación del zinc).

Los Hornos de Fusión DEMAG y ABP están dedicados a la línea de Moldeo de Barras.

Se alimenta zinc líquido al moldeador de barras usando una bomba de metal neumática.

El Horno de Fusión ABB está dedicado a las líneas de Moldeo de Jumbos.

Las aleaciones de zinc conteniendo hasta 1% de Aluminio se producen en el Horno de Aleación Ajax.

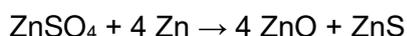
Dos alimentadores de perdigones automáticos permiten la adición simultánea del Aluminio en granallas. Si bien los perdigones de aluminio son el material de aleación principal, mediante este sistema pueden alimentarse otros materiales tales como plomo, cobre o níquel (en perdigones). El horno de aleación es capaz de elevar la temperatura del zinc fundido de 480° a 510°C.

En el horno Ajax se monitorea el nivel del baño y la temperatura localmente. La exactitud de adición de aleación es de  $\pm 5$  g.

El proceso se controla por monitoreo continuo de la adición de material de aleación. Una muestra de producto (para análisis químico) se toma cada 12 toneladas de producto moldeado.

#### **2.2.5.1.- Uso de fundente y manipulación de la escoria**

Durante la fusión se forma óxido de zinc debido a la oxidación directa de la superficie de zinc y por la descomposición del sulfato de zinc arrastrado sobre la superficie del cátodo por reacción con el zinc fundido según la ecuación siguiente:



El lavado y drenaje para eliminar las sales de electrolitos de los cátodos durante el izaje desde las celdas y el Deslaminado es muy importante en la reducción de la formación de escoria.

El óxido y las sales residuales flotan en la superficie de la masa fundida, formando una capa de escoria, que contiene una alta proporción de gotitas de zinc ocluidos.

Para reducir la oclusión de zinc, se añade cloruro de amonio. El cloruro de amonio se sublima y descompone a la temperatura de fusión formando gases de  $\text{NH}_3$  y  $\text{HCl}$ . El  $\text{HCl}$  reacciona fácilmente con el óxido de zinc para formar cloruro de zinc con un punto de fusión  $322^\circ\text{C}$ .

Un eutéctico entre  $\text{ZnSO}_4$  y  $\text{ZnCl}_2$  y también el  $\text{ZnCl}_2 \cdot 3\text{NH}_4\text{Cl}$ , forman fases fundidas, los que en efecto licúan los óxidos y las sales que cubren las gotitas de zinc, permitiendo su coalescencia y facilitar así el drenaje y la separación del zinc desde la escoria.

El uso excesivo de cloruro de amonio resulta en un alto nivel de generación de humos en el horno de fusión con la tendencia a depositarse en las secciones más frías de los conductos de ventilación causando bloqueos con el tiempo. Esto a su vez reduce la eficacia de la ventilación del horno y provoca emisión de excesivo humo en el ambiente de trabajo.

Una adición normal de cloruro de amonio al horno de fusión es del orden de 0.2 a 0.4 kg/tonelada de cátodos fundido.

La escoria permite contar con una capa sobre la superficie del zinc fundido restringiendo la oxidación, sin embargo, se debe retirar periódicamente.

Esto se hace mediante un rastrillado manual de toda la superficie dentro de una tolva situada en la puerta de acceso.

La escoria se envía a la Planta de Escoria para su posterior tratamiento. Esta operación genera una gran cantidad de humos y se cuenta con una ventilación adecuada.

La formación de escorias de fusión puede ser de 3 a 5% de la masa de cátodos fundida y parte de esta se recupera como zinc metálico para la refusión, de modo que la pérdida neta de zinc como escoria de óxido fino del horno de fusión es de la orden del 2.5% con un rango de 1.0 a 3.5%.

## **226. MOLDEO DE ZINC**

El zinc fundido se bombea normalmente desde el horno de fusión usando bombas centrífugas sumergidas.

Las bombas se construyen normalmente con carburo de silicio para el cuerpo y se impregnan de grafito el impulsor.

El vertido de metal fundido desde la línea de bombas al sistema de canales de colada abiertos, para su distribución a las instalaciones de aleación o alimentadores son canales de acero revestidos con refractarios, calentados con una llama de gas antes de la operación.

Se utilizan normalmente canales en forma de V, forrado con un paño impregnado refractario, con recubrimiento de arcilla refractaria.

Una pendiente del alimentador del orden de 1 en 100 es suficiente para el flujo de zinc fundido sin turbulencia excesiva.

El zinc fundido es moldeado en las líneas Sheppard y Outotec, obteniéndose las barras de zinc listas para su envío a los mercados nacionales e internacionales y la producción de barras es solo SHG; la producción de Jumbos puede ser SHG o aleación.

El escoriado del moldeador de barras existente es manual.

El enfriamiento de las barras es por rociado de agua de enfriamiento.

Los paquetes de barras se enzunchan mediante una máquina de enzunchado semiautomática.

Las barras obtenidas son enflejadas en paquetes, mediante enfleadores manuales, poniéndole grapas de seguro y colocándoles una etiqueta para su fácil identificación.

El control de peso de los jumbos se hace utilizando una balanza.

Las especificaciones para el contenido de impurezas se dan por diversas normas tales como ASTM B6-87, BS 3436:1986 y DIN 1706-1974.

La Bolsa de Metales de Londres (LME) también especifica la pureza mínima del zinc metálico "Good Delivery" bajo sus reglas contractuales.

Las especificaciones se detallan en siguiente Tabla Nº 2.2.

**Tabla Nº 2.2.**  
**Especificaciones Estándar de Calidad de Zinc**

<b>Grado</b>	<b>SHG</b>	<b>HG</b>
Contenido Máximo de Plomo	0.003 %	0.070 %
Contenido Máximo de Cadmio	0.003 %	0.030 %
Contenido Máximo de Estaño	0.001 %	
Contenido Máximo de Hierro	0.003 %	0.020 %
Máximo Total de Impurezas	0.010 %	0.100 %
Contenido Mínimo de Zinc LME	99.995 %	99.950 %

(Fuente: Catálogo de la empresa)

Cuando las impurezas superan la calidad SHG se envía al mercado el zinc refinado como HG

#### **2.2.6.1.- OPERACIÓN DE BOMBEO DE METAL HACIA EL MOLDE**

- a. El Operador de Producción II – Moldeador deberá Encender el agitador del horno AJAX al iniciar la producción de Aleación o al iniciar el turno cuando es producción continua, en coordinación con el Operador de Producción II – Hornero.
- b. el Operador de Producción II – Hornero deberá comunicar al Operador de Producción II – Moldeador, para dar inicio al proceso de moldeo.
- c. El Operador de Producción I – Espumador deberá retirar la espuma formada en el horno AJAX antes de iniciar el moldeo y en el cambio de línea, haciendo uso de la espumadera y depositando la misma sobre el contenedor de espumas, Fig. N° 2.9.



**Figura N° 2.9.**

#### **Retiro de espuma del horno AJAX**

(Fuente: Catálogo de la empresa)

- d. El Operador de Producción I – Espumador, deberá tomar una muestra del baño del horno AJAX en la última colada al finalizar el turno o cuando se presenten fallas intempestivas durante el moldeo
- e. Al finalizar el turno o Apagar el agitador del horno AJAX una vez termine el turno de trabajo.

## **227. ALMACENAMIENTO DEL ZINC REFINADO.**

Dentro de esta sección se encuentra el área exclusiva para el almacenamiento del producto final: barras o jumbos, los cuales son transportados por camión o por vía férrea fuera de la planta para su entrega o despacho al cliente.

El transporte fuera de CJM se realiza a través de vagones y camiones.



**Figura N° 2.10.**

### **Almacén de productos finales**

(Fuente: Catálogo de la empresa)

## **CAPÍTULO III**

### **ANÁLISIS DE LA DATA**

Mediante las siguientes datas doy a conocer quiénes son nuestros proveedores de materia prima del concentrado de zinc, donde muestro el análisis químico de cada uno de ellos que va a hacer nuestra materia prima para entrar a tostación que es una parte muy importante del proceso

Para mostrar luego la hoja de una proyección de producción de zinc refinado y aleaciones de acuerdo con el procedimiento de especificación de clientes, es decir es la hoja máster del proceso, donde se muestra los parámetros por turno, el ritmo de cada línea, la disponibilidad de equipos y material no conforme

Para luego tener un reporte de control de aleaciones, a los que se le hace un seguimiento en todo el turno de la cantidad de granalla de aluminio que entra, para ver la tendencia para realizar el ajuste, nos indica también que lote y que aleación se produce, paradas de operación y/o equipos operativos y los contenedores de escoria se producen por turno

Los siguientes reportes son los de turno de la línea de jumbos, donde se muestra los lotes producidos, la aleación que se está produciendo, y la cantidad de espumas que se reprocesa, jumbos de lavado (jumbos no conformes que resulta de limpiar el horno AJAX de aluminio para empezar a producir jumbos SHG - Special High Grade), la cantidad de contenedores que se producen al momento de escorificar el horno, y los insumos como cloruro de sodio y silicón.

Mostrando a continuación los documentos de la obtención de datos como es:

- El cuadro de proveedores de concentrados de Zinc con sus respectivas composiciones químicas
- Cuadro de producción de zinc refinado y aleaciones de acuerdo a procedimiento de especificaciones de clientes

Se concluye este capítulo del análisis de la data con los siguientes cuadros que se encuentran en el anexo 3 que son los siguientes:

- Control de alimentadores de aleantes
- Reporte de línea de jumbos
- Reporte del control del horno ABB

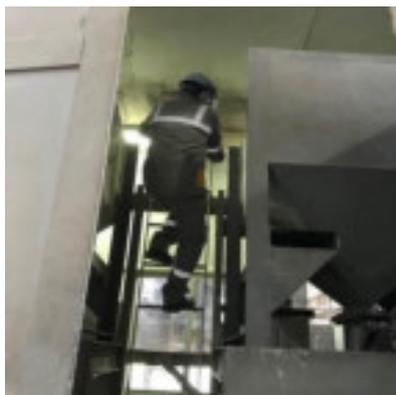
## CAPÍTULO IV

### ANTECEDENTES Y ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS

#### 4.1. VERIFICACIÓN DE CONDICIONES INICIALES

Para iniciar la producción de aleaciones, el Operador de Producción II – Hornero, deberá verificar el cumplimiento de ciertas condiciones al iniciar su jornada de trabajo, realizando las siguientes acciones:

- a. Coordinar con el Supervisor de Producción de turno, para informarse sobre la aleación de jumbos a producir de acuerdo con el Programa de Producción del mes.
- b. Realizar la verificación de los equipos y parámetros de control de los hornos, según el procedimiento PO-CJM-PPF-FYM-007-ES: “OPERACIÓN DEL HORNO ABB Y AJAX”
- c. Coordinar con el Operador de Producción II - Moldeador y el Operador de Producción I – Espumador, para dar inicio al moldeo según el procedimiento PO-CJM-PPF-FYM-022-ES: “OPERACIÓN DE LÍNEA DE JUMBOS”
- d. Verificar el contenido y si es necesario agregar granallas de aluminio en la tolva de alimentación, ubicada en el área de aleantes, para ello:
  - Subir por la escalera vertical fija hacia la boca de la tolva y visualizar la cantidad de granallas de aluminio contenidas en ella, si la cantidad es mínima (Nunca esperar que este vacío), se deberá agregar granallas, según Fotografía N° 4.1.

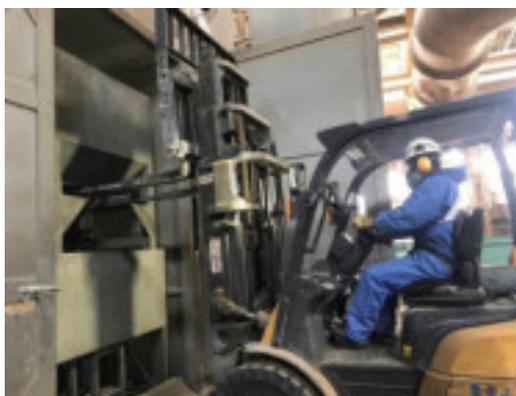


**Fotografía N° 4.1.**

**Operador de producción verificando tolva de granalla**

(Fuente: Catálogo de la empresa)

- Para adicionar granallas en la tolva, se dará aviso al Operador de Montacargas quien deberá realizar la inspección del equipo según DD-CJM-SSM-SEG-065-ES: "LISTA DE CHEQUEO DEL ESTADO DE MONTACARGAS", bajar la tolva, movilizar y mantener elevado el big bag que contiene las granallas de aluminio sobre la tolva, Fotografía N° 4.2.



**Fotografía N° 4.2.**

**Operador de monta carga bajando la tolva**

(Fuente: Catálogo de la empresa)

- Estando la carga levantada, abrir la tapa de salida de granallas para que ingresen a la tolva, Fotografía N° 4.3.



**Fotografía N° 4.3.**

**Montacarguista alimentando tolva con granalla de aluminio**

(Fuente: Catálogo de la empresa)

- Coordinar con el Operador de Montacargas para que retire el big bag vacío cuando la tolva se encuentre en el nivel deseado de granallas y regrese la tolva llena a su posición inicial.
  - Repetir la actividad según sea necesario en base al consumo de granallas de aluminio por aleación.
- e. Activar el vibrador de descarga que alimenta al Horno de mezcla AJAX.
- f. Verificar constantemente en el Tablero de control Horno AJAX H514.E4 o en la PC ubicada en la sala Panel de control:
- El nivel del Horno, que se encuentre dentro del rango establecido (Set Point de 90% +- 5%). Si se encuentra bajo agregar más zinc y si se encuentra alto mantenerlo igual. En ambos casos regular el Set Point, para que coincida con el nivel real.
  - La temperatura, dentro del rango de 485 a 515°C, caso contrario colocar el Set Point en 515°C
- g. Abrir manualmente la válvula de aire, para poner en operación el agitador del horno AJAX

## A.- CARACTERÍSTICA FÍSICO QUÍMICAS DEL ALUMINIO

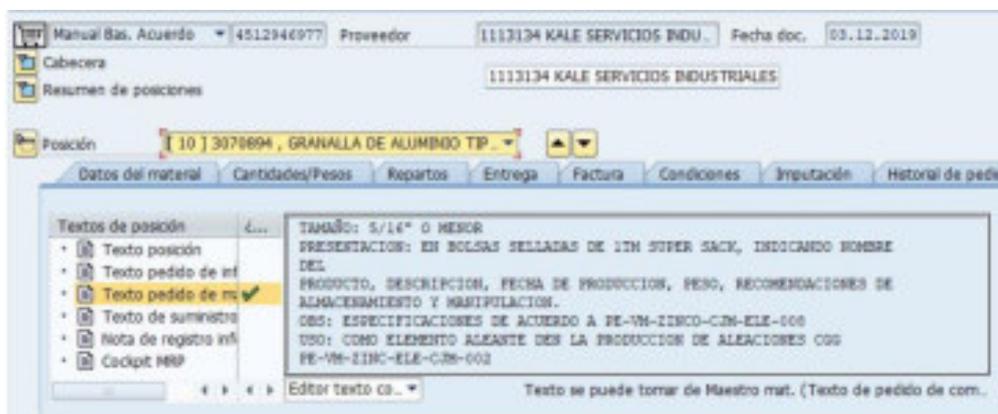
### Características/propiedades químicas

- En el aire húmedo se combina lentamente con el oxígeno para formar óxido de aluminio.
- Es un metal bastante activo.
- Reacciona con muchos ácidos calientes.
- También reacciona con bases.
- Este elemento reacciona rápidamente con el agua caliente.
- Cuando está en forma de polvo, este se prende fuego rápidamente cuando se lo expone a una llama.

### Características/propiedades físicas

- El aluminio es un metal plateado con un tono levemente azulado.
- Posee brillo.
- Tiene un punto de ebullición y de fusión de 660°C (1220°F) y 2,327-2,450°C (4,221-4,442°F) respectivamente.
- Su densidad es de 2,708 gramos por centímetro cúbico.
- Es un elemento dúctil y también maleable.
- Es un excelente conductor de electricidad.
- Es liviano y suave.
- Presenta resistencia a la corrosión.

## B.- CARACTERÍSTICA DE LA GRANALLA DE ALUMINIO



(Fuente: Catálogo del proveedor)

## **4.2. PROCEDIMIENTOS OPERACIONALES / PETS**

- Proyección de, contacto con / Metal fundido: Uso de EPP's para metal fundido, Habilitación para trabajos con metal fundido, Verificar que las herramientas estén libres de humedad, Inspeccionar ducha y lavaojos de emergencia.
- Caída en diferente nivel / Escalera vertical: Uso de 3 puntos de apoyo, Inspección de Escalera, Dar siempre el pecho a la escalera, Realizar la visualización de la cantidad de granalla en la tolva, sin soltar las manos de la escalera y sin inclinar el cuerpo.
- Aplastamiento, Caída de objetos / Cargas de granallas suspendida por montacargas: Solo abrir la salida de granallas una vez que el Operador de Montacargas de la señal cuando la carga este a una altura de 1.8 m aproximadamente, Estirar el brazo en su totalidad para no inclinar el cuerpo, No situarse bajo carga suspendida, Coordinar la maniobra en comunicación constante y directa con el Operador de Montacargas.
- Exposición a / Ruido: Uso permanente de protector auditivo Orejeras o tapones, Verificar operatividad de silenciadores de bombas.
- Movilidad restringida, Malas posturas / Riesgo disergonómico: (En sala de panel de control) Ajuste adecuado de altura de la silla, Apoyo de espalda con un soporte lumbar, Pies apoyados en el suelo, Colocar monitor a la altura de los ojos, Realizar la gimnasia laboral al inicio de cada guardia, Realizar pausas activas de 5 minutos en cada hora de trabajo.
- Disposición inadecuada / Residuos sólidos: Disposición adecuada de granallas de aluminio, que, ante derrames, deberán ser recogidas en su totalidad y colocadas nuevamente en la balanza de adición automática; Las bolsas de big bag deberán ser llevados a la zona de acopio en la Secc. 70.
- Atropello, golpeado por / Equipo Montacargas en movimiento: Uso de cruceo peatonal, Uso de líneas amarillas de seguridad, Respetar señalización, Esperar autorización del conductor.

## **4.3. CÁLCULO DE ADICIÓN INICIAL DE GRANALLAS**

Los distintos productos obtenidos en la línea varían según el % de aluminio. Para obtener el % de aluminio deseado según las especificaciones del producto que requiere el cliente, es necesario preparar la aleación inicialmente agregando

una cantidad determinada de granalla de aluminio al baño metálico y luego, realizando adiciones periódicas del aluminio para mantener este porcentaje durante las coladas.

Las adiciones periódicas se programan en la balanza, para que esta de forma automática agregue el aluminio cada cierto tiempo, mientras que la cantidad de aluminio a agregar inicialmente se basa en un cálculo.

#### **4.3.1. CÁLCULO DE LA CANTIDAD INICIAL**

Para agregar el aluminio el Operador de Producción II – Hornero deberá seguir los siguientes pasos:

- a. Coordinar con el Supervisor de Producción de turno sobre la aleación de jumbos a producir de acuerdo con el Programa de Producción del mes.
- b. Identificar el % ideal de aluminio de la aleación a producir, este % se visualiza en el documento DD-CJM-PPF-FYM-015-ES: “CONTROL DE PARÁMETROS DE ALEACIÓN” (impreso y ubicado en la sala: Panel de control) según tabla 4.1 o también puede visualizarse en la PC designada, en la pestaña “Parámetros” del archivo "TIEMPO DE RESPUESTA ALEACIONES 2019.Xlsm" siguiendo la ruta: Equipo - Unidad compartida - Datos(T:) - A. Laboratorio - 2.RUTINA OPERACIONAL - 0.Laboratorio - 4.Producto Terminado - 0.Zinc - 1.Tiempo de respuesta – 2019

Tabla N° 4.1.

Control de parámetros de aleación

		DOCUMENTOS DE DATOS		Código	CD-CH-PP-FM-02-05		
		CONTROL DE PARAMETROS DE ALEACION		Revisión	L.3 (26/01/2018)		
				Área	PP		
				Páginas	1/1		
ALEACION	x Al MIN	x Al MAX	x IDEAL	kg DE AL A ADICION	Para balanceo	kg Al REFERENCIAL	Al REFERENCIAL (%)
Zn-049 S.J	0.63	0.67	0.65	602	625	0.530	
Zn-109 KW	0.25	0.31	0.28	230	230	0.230	
Zn-116 S.J	0.45	0.55	0.50	455	455	0.460	
Zn-117 S.J	0.55	0.65	0.60	545	590	0.550	
Zn-118 S.J	0.50	0.60	0.55	500	500	0.500	
Zn-121 S.J	0.32	0.38	0.35	320	320	0.320	
Zn-126 S.J	0.37	0.43	0.40	335	335	0.370	
Zn-126 KW	0.37	0.43	0.40	330	330	0.330	
Zn-127 S.J	0.40	0.46	0.43	400	400	0.400	
Zn-129 S.J	0.45	0.55	0.50	460	460	0.460	
Zn-130 S.J	0.48	0.53	0.51	455	455	0.460	
Zn-143 S.J	0.37	0.43	0.40	365	365	0.370	
Zn-144 S.J	0.43	0.50	0.47	420	420	0.430	
Zn-145 S.J	0.43	0.47	0.45	420	420	0.410	
Zn-200 S.J	0.38	0.42	0.40	365	365	0.370	
Zn-201 S.J	0.66	0.73	0.70	640	640	0.640	
Zn-202 S.J	0.48	0.52	0.50	455	455	0.460	
Zn-203 S.J	0.43	0.47	0.45	410	410	0.410	
Zn-204 S.J	0.50	0.60	0.55	494	494	0.500	
Zn-209 S.J	0.55	0.65	0.60	550	550	0.550	
Zn-210 S.J	0.30	0.35	0.33	300	300	0.300	
Zn-211 S.J	0.43	0.49	0.46	420	420	0.420	
Zn-212 S.J	0.45	0.55	0.50	460	460	0.460	
Zn-213 S.J	0.43	0.49	0.46	420	420	0.420	
Zn-214 S.J	0.70	0.80	0.75	680	680	0.690	
Zn-215 S.J	0.43	0.49	0.46	420	420	0.420	
Zn-216 S.J	0.50	0.60	0.55	500	540	0.500	
Zn-217 S.J	0.60	0.70	0.65	530	530	0.530	
Zn-218 S.J	0.43	0.53	0.48	440	440	0.440	
Zn-219 S.J	0.90	1.00	0.95	865	950	0.870	
Zn-220 S.J	0.25	0.35	0.30	275	275	0.280	
Zn-221 S.J	0.55	0.65	0.60	545	545	0.550	
Zn-222 S.J	0.55	0.65	0.60	545	545	0.550	
Zn-223 S.J	0.46	0.53	0.50	400	400	0.400	
Zn-223 S.J	0.46	0.53	0.50	455	455	0.450	
Zn-224 S.J	0.46	0.54	0.50	460	500	0.460	
Zn-225 S.J	0.95	1.05	1.00	910	910	0.910	
Zn-226 S.J	0.54	0.62	0.58	530	530	0.530	
Zn-227 S.J	0.37	0.43	0.40	365	365	0.370	
Zn-228 S.J	0.45	0.55	0.50	460	500	0.460	
Zn-229 S.J	0.47	0.53	0.50	460	460	0.460	
Zn-230 S.J	0.55	0.65	0.60	550	590	0.550	
Zn-330 S.J	0.55	0.65	0.60	550	590	0.550	
Zn-331 S.J	0.28	0.31	0.30	270	270	0.270	
Zn-332 S.J	0.85	0.95	0.90	820	820	0.820	
Zn-333 S.AQ	0.28	0.32	0.30	270	280	0.280	
Zn-334 S.AQ	0.48	0.53	0.51	460	480	0.460	
Zn-335 S.AQ	0.67	0.74	0.71	640	650	0.640	
Zn-335 S.J	0.67	0.74	0.70	640	650	0.640	
Zn-336 S.J	0.55	0.60	0.58	530	530	0.530	

(Fuente: Catálogo de la empresa)

- c. Una vez identificado el % ideal de aluminio, sabiendo que la capacidad del horno AJAX es de 3800 Kg, se seguirá la siguiente fórmula:

Si la producción cambia de Zinc refinado a aleación:

$$\text{Cantidad de Al inicial (kg)} = (3800 \text{ kg} \times \% \text{ ideal de Al}) / 100 = 38 \times \% \text{ ideal de Al}$$

Ejemplo demostrativo:

\*Para aleación Zn 357 SJQ

% ideal de Aluminio de Zn 357 SJQ = 0.45%

Cantidad de Aluminio inicial en Zn 357 SJQ =  $38 \times 0.45 = 17.1$

\*Para aleación Zn 365 SJQ

% ideal de Aluminio de Zn 357 SJQ = 0.45%

Cantidad de Aluminio inicial en Zn 357 SJQ =  $38 \times 0.45 = 17.1$

\*Para aleación Zn 365 SJQ

% ideal de Aluminio de Zn 365 SJQ = 0.60%

Cantidad de Aluminio inicial en Zn 365 SJQ =  $38 \times 0.60 = 22.8$

#### • Caso 1

**Si la producción cambia de una aleación de % ideal de Aluminio menor a una aleación de % ideal de Aluminio mayor:**

Se calcula la cantidad de Aluminio inicial a agregar en esta nueva aleación y se hace una diferencia (resta) con la cantidad de Aluminio inicial a agregar de la aleación anterior.

Ejemplo demostrativo: Cambiar de Aleación Zn 357 SJQ (0.45% Al) a aleación Zn 365 SJQ (0.60% Al)

Cantidad de aluminio inicial a agregar = Cantidad de aluminio de la nueva aleación – Cantidad de aluminio de la aleación anterior

Cantidad de aluminio inicial a agregar =  $22.8 - 17.1$

Cantidad de aluminio inicial a agregar = 5.7

\*Para cambiar de Aleación Zn 357 SJQ (0.45% Al) a aleación Zn 365 SJQ (0.60% Al) se deberá agregar solo 5.7 Kg de Aluminio

- **Caso 2**

**Si la producción cambia de una aleación de % ideal de Aluminio mayor a una aleación de % ideal de Aluminio menor (inverso al caso anterior):**

Se deberá disminuir la cantidad de Aluminio en el horno

Para ello se procede a bajar el nivel del horno AJAX (mientras mayor sea la diferencia entre los % de aluminio de estas aleaciones, se deberá disminuir más el nivel del horno) realizando el moldeo de 1 o 2 jumbos de la última colada con la válvula de aire del horno ABB cerrada y suspendiendo la alimentación de Aluminio en el 10mo o 11vo molde (apagando la balanza y sistema de adición automática de aluminio), esta operación se realiza en cualquiera de las 2 líneas, en coordinación con el Operador de Producción II – Moldeador. Luego adicionar zinc líquido al Horno AJAX hasta tener un nivel normal (cerrando la válvula de alimentación de aire de la bomba del Horno AJAX, en forma manual), nivelar el horno y agitar por 10 minutos.

- d. Posterior a ello, añadir la cantidad de aluminio inicial según el cálculo efectuado anteriormente para ajustar el % de Al de la nueva aleación
- e. Homogenizar el contenido del horno
- f. Tomar una muestra representativa según PO-CJM-PPF-FYM-024-ES: “TOMA DE MUESTRAS EN LÍNEA DE JUMBOS” Si el resultado del análisis de la muestra enviada al laboratorio químico está conforme a las especificaciones del producto, se procede a iniciar el moldeo, caso contrario se realizan los ajustes respectivos (repitiendo los pasos anteriores) hasta lograr el % ideal de Al.

#### **4.4. PROCEDIMIENTOS OPERACIONALES / PETS**

- ❖ Exposición a / Ruido: Uso permanente de protector auditivo Orejeras o tapones.
- ❖ Movilidad restringida, Malas posturas / Riesgo disergonómico: (En sala de panel de control) Ajuste adecuado de altura de la silla, Apoyo de espalda con un soporte lumbar, Pies apoyados en el suelo, Colocar monitor a la

altura de los ojos, Realizar la gimnasia laboral al inicio de cada guardia,  
Realizar pausas activas de 5 minutos en cada hora de trabajo.

#### 4.5. PROGRAMACIÓN DE BALANZAS

Para modificar las adiciones periódicas que realizara la balanza de forma automática según el tipo de aleación a producir, el Operador de Producción II – Hornero deberá ingresar los datos del SET POINT en el display de la balanza de la siguiente forma:

- a. Seleccionar la opción “tablas”, seguido por “formula”, “Zn” y “buscar”.
- b. En el Set Point (gr) buscar la aleación deseada
- c. Presionar la opción “seleccionar”. Este peso deberá ser igual al peso indicado en el documento DD-CJM-PPF-FYM-015-ES: “CONTROL DE PARÁMETROS DE ALEACIÓN” en la columna “peso balanza” según Fotografía N° 4.4, 4.5 y 4.6.



**Fotografía N° 4.4.**

#### **Programación en la balanza de aleantes**

(Fuente: Catálogo de la empresa)



**Fotografía N° 4.5.**

**Alimentador de granalla de aluminio**

(Fuente: Catálogo de la empresa)



**Fotografía N° 4.6.**

**Balanza de verificación**

- d. Homogenizar el contenido del Horno, por un tiempo de agitación variable según la cantidad de aluminio que se adiciono, según el cálculo efectuado anteriormente.
  - Para una adición de aluminio igual o mayor a 500 g, el tiempo de agitación será de 30 minutos
  - Para una adición de aluminio menor a 500 g, el tiempo de agitación será de 20 minutos

Para modificar las adiciones periódicas que realizara la balanza de forma automática según el tipo de aleación a producir, el Operador de Producción II – Hornero deberá ingresar los datos del SET POINT en el display de la balanza de la siguiente forma:

- a. Seleccionar la opción “tablas”, seguido por “formula”, “Zn” y “buscar”.
- b. En el Set Point (gr) buscar la aleación deseada
- c. Presionar la opción “seleccionar”. Este peso deberá ser igual al peso indicado en el documento DD-CJM-PPF-FYM-015-ES: “CONTROL DE PARÁMETROS DE ALEACIÓN” en la columna “peso balanza”
- d. Homogenizar el contenido del Horno, por un tiempo de agitación variable según la cantidad de aluminio que se adiciono, según el cálculo efectuado anteriormente.
  - Para una adición de aluminio igual o mayor a 500 g, el tiempo de agitación será de 30 minutos

- Para una adición de aluminio menor a 500 g, el tiempo de agitación será de 20 minutos

#### **4.6. PROCEDIMIENTOS OPERACIONALES / PETS**

Caída en diferente nivel / Escaleras: Uso de barandas al subir y bajar escaleras, Inspeccionar escaleras, Orden y Limpieza.

Exposición a / Ruido: Uso permanente de protector auditivo Orejeras o tapones.

#### **4.7. CONTROL OPERACIONAL**

Para controlar el proceso, el Operador de Producción II – Hornero, deberá efectuar las siguientes acciones, durante su turno de trabajo, según sea necesario:

- a. Regular la vibración para asegurar una alimentación continua de granallas
- b. El reproceso de espumas y productos No Conformes, se realizará bajo coordinación con el Supervisor de Producción de turno, se deberá disminuir el peso de adición automática de aluminio de la balanza, teniendo en cuenta la adición de espumas del turno anterior y analizando la cantidad de Aluminio y plomo de la muestra enviada al laboratorio. Solo se podrá agregar espuma si el resultado de aluminio está por debajo del % ideal de aluminio en la aleación D
- c. Se llevará un control de la cantidad de espumas y productos No conformes son agregados en el horno y se registrara este dato en el documento DD-CJM-PPF-FYM-013-ES: “REPORTE DE TURNO DE LINEA DE JUMBOS”
- d. Verificar constantemente en el Tablero de control Horno AJAX H514.E4 o en la PC ubicada en la sala Panel de control los parámetros de temperatura y nivel del horno, según ítem 4.1

#### **4.8. PROCEDIMIENTOS OPERACIONALES / PETS**

- ❖ Proyección de, contacto con / Metal fundido: Uso de EPP's para metal fundido, Habilitación para trabajos con metal fundido, Verificar que las

herramientas estén libres de humedad, Inspeccionar ducha y lavaojos de emergencia.

- ❖ Caída en diferente nivel / Escalera: Uso barandas de seguridad, Inspección de Escalera, Orden y Limpieza.
- ❖ Exposición a / Ruido: Uso permanente de protector auditivo Orejeras o tapones, Verificar operatividad de silenciadores de bombas.
- ❖ Movilidad restringida, Malas posturas / Riesgo disergonómico: (En sala de panel de control) Ajuste adecuado de altura de la silla, Apoyo de espalda con un soporte lumbar, Pies apoyados en el suelo, Colocar monitor a la altura de los ojos, Realizar la gimnasia laboral al inicio de cada guardia, Realizar pausas activas de 5 minutos en cada hora de trabajo.
- ❖ Atropello, golpeado por / Equipo Montacargas en movimiento: Uso de crucero peatonal, Uso de líneas amarillas de seguridad, Respetar señalización, Esperar autorización del conductor.

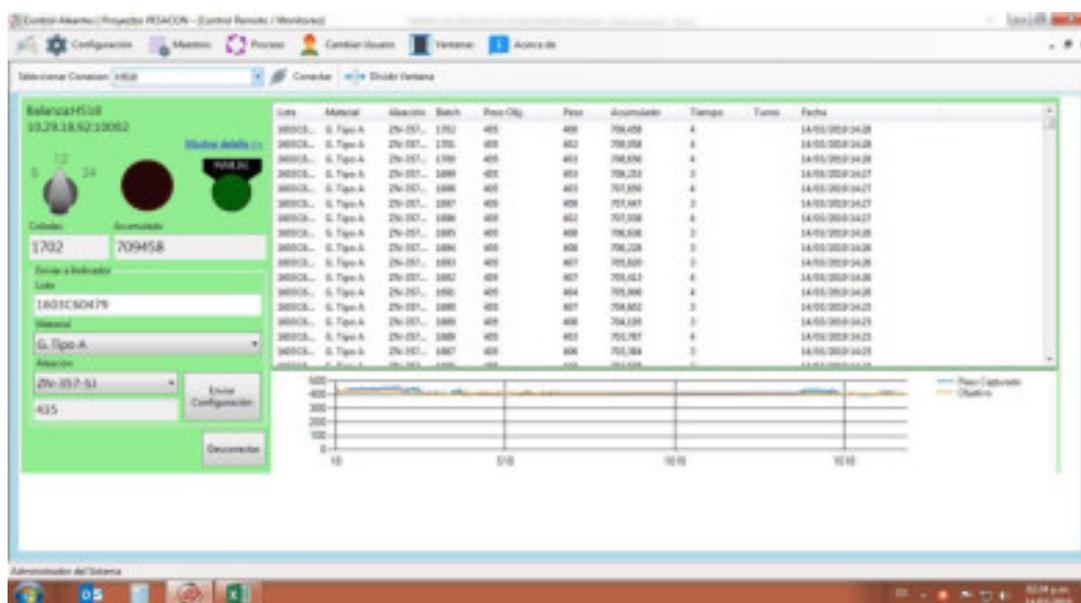
#### **4.9. VERIFICACIÓN DE PESO EN BALANZAS**

El peso que adiciona de forma periódica la balanza no es siempre exacto, por lo cual durante la operación es necesario realizar verificaciones de este peso. Para ello el Operador de Producción II- Hornero, tomara muestras en la descarga de la balanza automática, constatará el peso la balanza manual y retornará la muestra al ducto de alimentación del horno.

Realizando las siguientes acciones, según Tabla N° 4.2.

**Tabla N° 4.2.**

**Programa que registra los pesos de granalla que ingresa al horno AJAX**



- Verificar que la balanza electrónica H524 este calibrada, visualizando en la etiqueta de la misma balanza la fecha del servicio de calibración, no debiendo haber transcurrido más de 6 meses de su última calibración, si excedió este tiempo, informar de inmediato al personal de mantenimiento de turno para que realice la calibración.
- Verificar que la balanza electrónica H524 este nivelada, visualizando que la burbuja de nivel (ubicada en la parte posterior de la misma balanza), se encuentre centrada. En caso contrario se procede a nivelar la balanza, haciendo girar las perillas que se encuentran en la base de la balanza hasta que la burbuja quede centrada. Por ningún motivo se debe pesar en balanza desnivelada.
- Colocar el recipiente con el que se realizaran la verificación de los pesos sobre la balanza y tarar su peso
- Durante la colada del molde N° 5 realizar la toma de muestra, con ayuda del cucharón metálico, el cual deberá ser colocado en la descarga de la balanza de adición automática, constatando el peso de esa adición (el cual se visualiza en el panel de control de la misma balanza 517H o 518H)
- Colocar la muestra en el recipiente tarado y pesar en la balanza electrónica H524

- f. Constatar que el valor marcado por la balanza automática sea igual al de la balanza electrónica (+- 3 g)
- g. Realizar la toma de dos muestras adicionales dentro de la colada, para cálculo y control estadístico
- h. Llevar un registro del peso de las muestras en el documento DD-CJM-PPF-FYM-014-ES: "CONTROL DE ALIMENTADORES DE ALEANTES"

#### **4.10. PROCEDIMIENTOS OPERACIONALES / PETS**

- ❖ Caída en diferente nivel / Escaleras: Uso de barandas al subir y bajar escaleras, Inspeccionar escalera, Orden y Limpieza.
- ❖ Exposición a / Ruido: Uso permanente de protector auditivo Orejeras o tapones.
- ❖ Disposición inadecuada / Residuos sólidos: Disposición adecuada de granallas de aluminio, que, ante derrames, deberán ser recogidas en su totalidad y colocadas nuevamente en la balanza de adición automática.

#### **4.11. CONTROL ESTADÍSTICO**

El Operador de Producción II (Hornero) deberá realizar el control estadístico de los pesos de las muestras obtenidas (Son 12 muestras por lote de producción). Para, según sea el caso, realizar modificaciones en las balanzas y corregir la diferencia de peso entre el valor de las muestras y el valor estipulado en el Set Point (Peso objetivo). Para ello deberá realizar los siguientes pasos:

- a. Obtener el valor promedio de las 3 muestras, sumando el valor de cada una y dividiendo el resultado entre 3.
- b. Conociendo el valor del peso objetivo, Calcular la diferencia entre el peso objetivo y el peso promedio, a la cual llamaremos "compensación" ya que con la adición de este valor (negativo o positivo) al peso de la muestra nos daría por resultado el peso objetivo, según Tabla N° 4.3.

Tabla N° 4.3.

Datos de peso en balanza

		AI	X	BALANZA 517H		BALANZA 518H		
OPERADOR:		RONALDO HIDALGO MORENO						
FECHA TURNO		14-03-2019 "A"						
HORA		9:51	10:11	10:40	11:07	11:36	12:05	12:34
LOTE		482	482	483	483	483	483	484
ADICION		352	352	352	352	352	352	352
RANGO MAX (%)		47	47	47	47	47	47	47
RANGO MN (%)		43	43	43	43	43	43	43
OBJETIVO		410	410	410	410	410	405	405
MUESTRA	1	411	409	412	410	410	405	406
	2	410	410	413	411	410	406	407
	3	412	410	411	412	409	407	405
PROMEDIO		411	410	412	411	410	406	406
COMPENSACION		+1	+0	+2	+1	+0	+1	+2
RANGOS		2	1	2	2	1	2	1

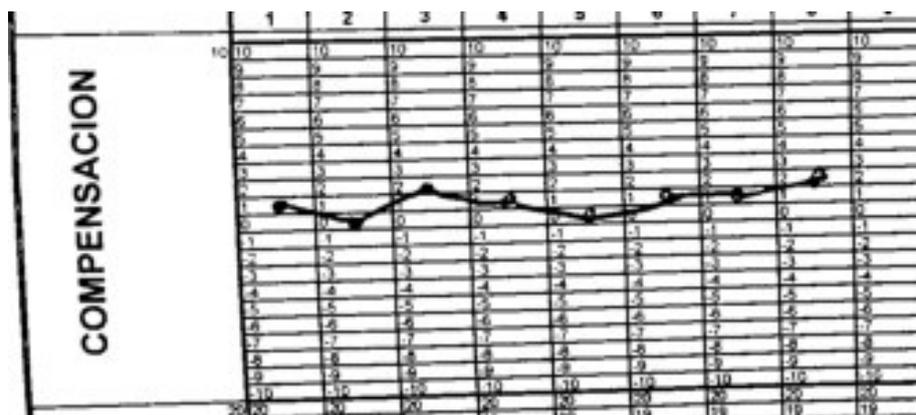
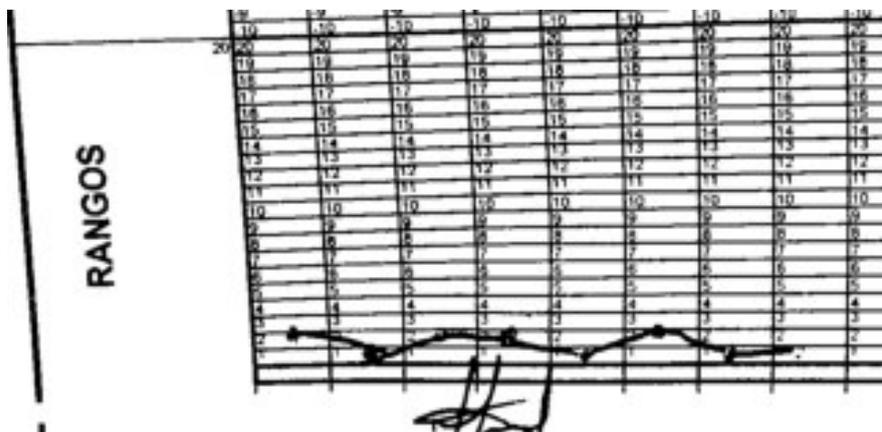
(Fuente: propia)

- Por ejemplo : Zn-117
- Peso objetivo : 545 g /adición
- Muestra 1 : 545 g
- Muestra 2 : 549 g
- Muestra 3 : 548g
- Promedio : 547 g
- Peso objetivo : 545 g
- Promedio : 547 g
- Compensación : -2g

c. Calcular la diferencia entre el mayor y el menor valor de los 3 pesos de las muestras. A esta diferencia la llamaremos "Rango"

- Peso mayor : 549 g
- Peso menor : 545 g
- Rango : 4g

- d. Colocar ambos valores, de “Compensación” y “Rango” en el registro DD-CJM-PPF-FYM-014-ES: “CONTROL DE ALIMENTADORES DE ALEANTES”, en forma de puntos, donde corresponde. Recordar que se toman 3 muestras en cada colada, por tanto, se deberían tomar 12 muestras por cada lote de producción. Según Graficas N° 4.1.



**Gráfica N° 4.1.**

**Rangos de compensación**

(Fuente: propia)

- e. Unir todos los puntos de compensación de las muestras del lote para obtener un gráfico y todos los puntos de los rangos de las muestras del lote para obtener el otro gráfico.
- f. Verificar que el valor promedio de las 3 muestras sea igual o similar al peso objetivo (obtenido en documento DD-CJM-PPF-FYM-015-ES: “CONTROL DE PARÁMETROS DE ALEACIÓN” columna “Gr de aluminio por adición”), la compensación tenga un valor de +5 g y el valor del rango sea igual o menor a 5.

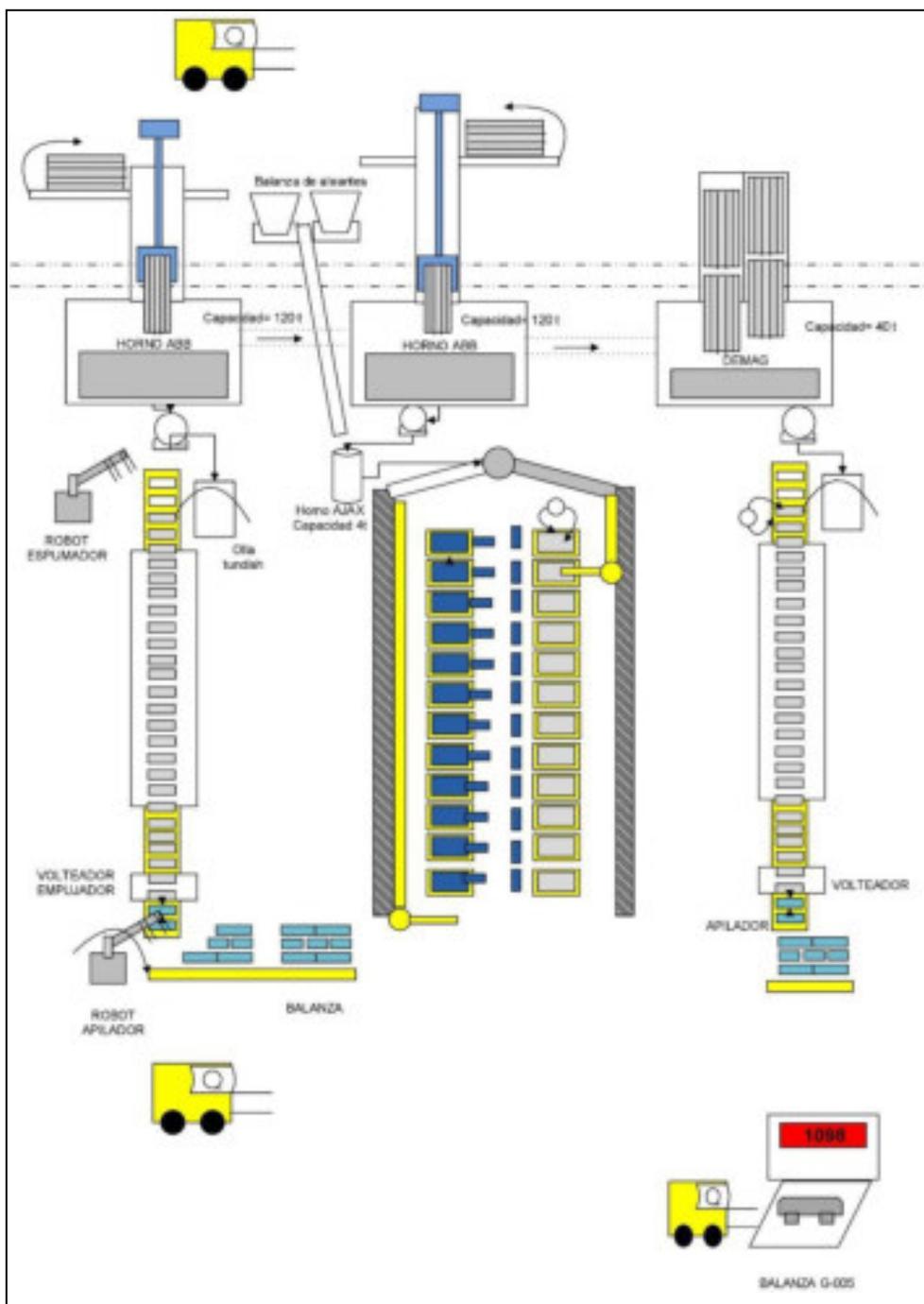
#### **4.12. PROCEDIMIENTOS OPERACIONALES / PETS**

Movilidad restringida, Malas posturas / Riesgo disergonómico: Ajuste adecuado de altura de la silla, Apoyo de espalda con un soporte lumbar, Pies apoyados en el suelo, Colocar monitor a la altura de los ojos, Realizar la gimnasia laboral al inicio de cada guardia, Realizar pausas activas de 5 minutos en cada hora de trabajo.

Exposición a / Ruido: Uso permanente de protector auditivo Orejeras o tapones.

#### 4.13. PROGRAMA DE AJUSTE DE BALANZA DE ALEACIONES

Comenzaremos colocando el Flow Sheet Grafica N° 4.1, del Reproceso de espumas en la línea de jumbos



Grafica N° 4.1.

#### Flowsheet fusión y moldeo

(Fuente: Catálogo de la empresa)

En el Moldeo de Jumbos, se generan espumas que son recepcionadas en contenedores y posteriormente reprocesadas en el horno ABB, Fotografía N° 4.7.

**Fotografía N° 4.7.**



**Espuma – Zn y Al**

(Fuente: Catálogo de la empresa)

Luego se debe realizar un ajuste en la balanza de aleantes, minimizando el aluminio que entra al horno Ajax, esto se da por que las espumas que se reprocesan ya contienen aluminio y adicionar la misma cantidad de aluminio de la receta de aleación podría producir jumbos no conformes fuera de especificación por alto contenido de Aluminio.

Reprocesar y no realizar un buen ajuste en la balanza de aleantes puede producir:

Acumulación de espumas. Como en la Fotografía N° 4.8.



**Fotografía N° 4.8.**

**Muestras de espumas**

(Fuente: Catálogo de la empresa)

- Pérdida de una colada como mínimo generando no conformes, como en la Fotografía N° 4.9.



**Fotografía N° 4.9.**

**Lingotes no conformes: Por aspecto físico,** Cavidad originada por efecto de la contracción del metal durante el proceso de solidificación. (Efecto shrinkage).

(Fuente: Catálogo de la empresa)

La siguiente Tabla N° 4.4 nos muestra las espumas producidas en el horno ABB, pero con los resultados de laboratorio.

Tabla N° 4.4.

Tiempo de respuesta de lab. - Al que contiene el horno ABB

TIEMPO RESPUESTA HORNO DE ALEACIONES 2019											
		Guarda Registro			Borra último registro						
Val. Min	Val. Max	CODIGO	ALEACION	Muestra/Disc o	Al %	Pb ppm	Fe ppm	Cd ppm	Cu ppm	Hora Muestra	Fecha/hora Reporte
0.425	0.474	6056339	Zn-357 SJ	HORNO			11		5	7:04	10/7/19 12:14
0.475	0.534	6056339	Zn-334 SJQ	HORNO	0.475	19	9	2	6	13:19	1/5/19 13:32
0.475	0.534	6056339	Zn-334 SJQ	HORNO	0.466	18	10	2	6	13:50	1/5/19 14:14
0.475	0.534	6056339	Zn-334 SJQ	HORNO	0.510	19	10	2	6	14:41	1/5/19 14:49
0.475	0.534	6056339	Zn-334 SJQ	HORNO	0.565	19	10	2	6	15:00	1/5/19 15:17
0.475	0.534	6056339	Zn-334 SJQ	HORNO	0.543	20	11	2	7	18:00	4/5/19 18:15
0.475	0.534	6056339	Zn-334 SJQ	HORNO	0.647	22	11	2	7	20:03	4/5/19 20:16
0.475	0.534	6056339	Zn-334 SJQ	HORNO	0.551	21	10	2	7	21:05	4/5/19 21:44
0.475	0.534	6056339	Zn-334 SJQ	HORNO	0.517	22	10	2	7	21:54	4/5/19 22:09
0.475	0.534	6056339	Zn-334 SJQ	HORNO	0.562	21	9	2	7	22:32	4/5/19 22:46
0.475	0.534	6056339	Zn-334 SJQ	HORNO	0.586	23	11	2	6	0:23	5/5/19 0:36
0.475	0.534	6056339	Zn-334 SJQ	HORNO	0.511	22	10	2	6	1:15	5/5/19 1:32
0.475	0.534	6056339	Zn-334 SJQ	HORNO	0.475	21	10	2	5	2:40	5/5/19 2:49
0.475	0.534	6056339	Zn-334 SJQ	HORNO	0.501	24	10	2	5	3:23	5/5/19 3:31

(Fuente: Catálogo de la empresa)

Como se puede apreciar en la imagen de arriba, desde las 14 horas hasta las 00:36 se reprocesaron espumas en el horno ABB, como resultado el porcentaje de Aluminio estuvo fuera del rango permitido para la aleación Zn-334 SJQ por no realizar un correcto ajuste en la balanza de granalla. Hubo una pérdida casi total en el turno B (15:30 hrs – 23:29 hrs) produciendo jumbos no conformes fuera de especificación.

No existe un procedimiento operacional para el reproceso de espumas en la línea de jumbos, cada operador de producción II – hornero, tiene que realizar el ajuste a su criterio.

Para ello se realizó un programa estadístico para poder calcular el valor (ajuste) de granalla de aluminio que debe de ingresar al horno Ajax y permanecer dentro del rango operacional.

#### 4.13.1.- PROGRAMA DE AJUSTE DE BALANZA DE ALEACIONES

AJUSTE EN BALANZAS H-517 Y H-518 PARA EL REPROCESO DE ESPUMAS

LINEA DE PRODUCCION

Aleación en producción: Zn-373 SJO

% Al mínimo: 0.320    Peso en balanza: 320

% Al máximo: 0.380    % de Aluminio: 0.35

Producción de:  1 Ton     2 Ton

RESULTADO DE LABORATORIO

Especial ABB: 250 PPM

**PESO CORREGIDO**

**304**

Aluminio en el horno ABB

Ajuste en la balanza de adiciones

CALCULAR

En la macro se puede encontrar todas las recetas de las aleaciones que se producen en la refinería. El operador de producción (Hornero), Deberá de seleccionar la aleación que se está produciendo en el momento que se reprocesaran las espumas.

AJUSTE EN BALANZAS H-517 Y H-518 PARA EL REPROCESO DE ESPUMAS

LINEA DE PRODUCCION

Aleación en producción: Zn-109 KW  
Zn-330 SJ  
Zn-332 SJ  
Zn-333 SJO  
Zn-334 SJQ  
Zn-335 SJ  
Zn-335 SJQ  
Zn-337 SJ  
Zn-337 SJQ

% Al mínimo: 0.245    % Al máximo: 0.314

Producción de:  1 Ton     2 Ton

RESULTADO DE LABORATORIO

Especial ABB: 0 PPM

**PESO CORREGIDO**

CALCULAR

Posteriormente marcar si es de 1 o 2 toneladas.

Después ingresar el resultado de laboratorio de la muestra que se mandó para analizar cuantos ppm de aluminio tiene el horno y darle calcular.

El resultado obtenido es la cantidad de aluminio que debe de ingresar al horno AJAX y se debe de realizar ese ajuste en la balanza de aleantes.

#### 4.13.2.- FORMULA MACROS

Programa anterior realizado en un Excel, antes de pasar al lenguaje de Visual Basic

Programa en visual Basic

Para 1 tonelada

Para 2 toneladas

```
Private Sub calcular_Click()
If OPT1 = True And OPT2 = False Then
A = Val(ESPECIAL.Text) / 10000
B = Val(ALUMINIO.Text)
X = Val(PESOBALANZA.Text) * 12 / 1000
C = A * X / B
D = C / 12
E = Val(PESOBALANZA.Text) / 1000
F = (E - D) * 1000
AJUSTE.Text = Round(F, 0)
End If
```

```
If OPT2 = True And OPT1 = False Then
A = Val(ESPECIAL.Text) / 10000
B = Val(ALUMINIO.Text)
X = Val(PESOBALANZA.Text) * 22 / 1000
C = A * X / B
D = C / 22
E = Val(PESOBALANZA.Text) / 1000
F = (E - D + 0.007) * 1000
AJUSTE.Text = Round(F, 0)
End If
```

**PESOS DE BALANZA H518 PARA EL REPROCESO DE ESPUMAS**

Aleación	% Al min	% Al max	%Aluminio (Peso balaz	1TM	2TM
Zn-049 Sj	0.63	0.67	0.65	625	13.75
Zn-109 KW	0.25	0.31	0.28	230	5.06
Zn-116 Sj	0.45	0.55	0.50	455	10.01
Zn-117 Sj	0.55	0.65	0.60	545	11.99
Zn-215 Sj	0.43	0.48	0.45	420	9.24
Zn-216 Sj	0.50	0.60	0.55	500	11
Zn-219 Sj	0.90	1.00	0.95	865	19.03
Zn-223 Sj	0.46	0.53	0.49	455	10.01

En el caso de 2 toneladas de hizo el ajuste de 7 gr de aluminio adicional

El valor del especial se lleva a porcentaje:

$$350 / 10000 = 0.035\%$$

EN EL CASO DE QUE SE ESTE PRODUCIENDO JUMBOS DE 1 TONELADA, LA BALANZA AGREGARA 12 ADICIONES DE GRANALLA DE ALUMINIO PARA UN JUMBOS DE 1 TONELADA Y 22 ADICIONES PARA UN JUMBO DE 2 TONELADAS.

Entonces,

Para saber cuántos kilogramos de aluminio tiene 1 jumbo de 2 toneladas:

$$\text{Peso de balanza} * 12 \text{ adiciones} / 1000$$

$$525 \text{ Gr} * 12 * 1000 = 11.55 \text{ Kg}$$

Luego comparando el % de aluminio con los Kilogramos de aluminio por jumbo

Aleación 354 SJQ

0.55% de aluminio equivale a 11.55 Kg entonces 0.035% a cuánto?

$$X = 0.035\% \cdot 11.55 \text{ Kg} / 0.55\%$$

$$X = 0.74 \text{ Kg de aluminio}$$

Luego

11.55 Kg de aluminio equivale a 22 adiciones de 525 Gr de granalla; entonces 0.74 Kg de aluminio a **X** gr de granalla por 22 adiciones?

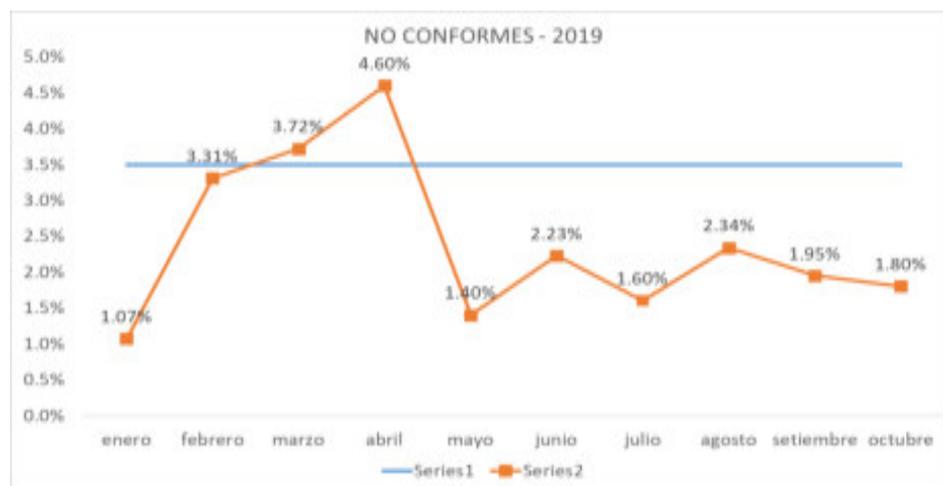
$$X = 0.74 \text{ kg} / 22 \text{ adiciones} \cdot 1000$$

$$X = 33.63 \text{ Gr}$$

Entonces

El horno ABB contiene 350 ppm de aluminio que equivale a 33.63Gr de granalla. Entonces el ajuste será 525 gr que lleva la aleación 354 SJQ – 33.63 Gr de aluminio que contiene el horno AJAX + 7Gr que es el ajuste por ser de 2 toneladas = **498.6 Gr = 499 Gr de granalla de aluminio por adición**

Como resultado operacional, conformes desde el mes de Enero 2019 hasta Octubre del 2019, viendo una reducción del porcentaje de no conformes desde el mes de Mayo que se empezó a utilizar el programa para reprocesar espumas:



**Gráfico N° 4.2.**

### **Cockpit operacional – Fusión y Moldeo**

(Fuente: Catálogo de la empresa)

#### 4.14. ACCIÓN INMEDIATA PARA CORRECCIÓN DE ANOMALÍAS DE PROCESO

ANOMALÍAS	POSIBLES CAUSAS	ACCIONES
Resultado fuera de especificación	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Caída de hojín</li> <li>• Obstrucción con material extraño en la tolva o vibrador del alimentador</li> <li>• Mala geometría granza de granallas de aluminio</li> <li>• Alto contenido de Al en el Horno ABE por retroceso o espumar</li> <li>• Error en cálculo de adición inicial</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Limpieza de tubería y vibrador</li> <li>• Verificar las granallas de Al antes de alimentar la tolva</li> <li>• Analizar el resultado de las muestras enviadas al laboratorio antes de agregar espumas o retroceso</li> <li>• Verificar contenido de Al en el horno y corregir peso en la balanza de aleantes</li> <li>• Verificar el cálculo realizado</li> </ul>
Desviación de la balanza.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Falta de mantenimiento</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Dar aviso al personal de mantenimiento de turno</li> </ul>
Variación de pesos, desajuste de peso por encima del rango permisible (+-3 g)	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Balanzas descalibradas</li> <li>• Balanzas descalibradas</li> <li>• Set Point de balanzas no adecuado al de la aleación</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Verificar que el SET POINT sea adecuado según la aleación</li> <li>• Realizar el ajuste manual</li> <li>• Setear el vibrador técnico en 60c</li> <li>• Verificar que se mantenga una distancia de 20 cm entre una doblación y otra en la misma canalera de doblación</li> <li>• De persistir la falla dar aviso de inmediato al Supervisor y personal de mantenimiento de turno.</li> </ul>
Valor promedio de muestras de la balanza de aleantes distinto al peso objetivo; puntos fuera de los límites de control de compensación (-5 g)	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Fallas en la balanza de aleantes</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Ajustar el peso o real de edición de la balanza al "SET POINT 2" (segunda velocidad de alimentación de granalla a la tolva) proporcionalmente al error que se tiene, verificar el efecto del ajuste con una muestra adicional, ajustar las veces que sean necesarias, de no lograr corregir el error hasta terminar la colada, informar inmediatamente al Supervisor de Producción y personal de mantenimiento para realizar la calibración de la balanza.</li> </ul>
Valor promedio de muestras de la balanza de aleantes distinto al peso objetivo; valores fuera de rango (máximo 5)	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Fallas en la balanza de aleantes</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Realizar el ajuste en el "SET POINT 2" (primera velocidad de alimentación de granalla a la tolva), disminuyendo el valor de manera proporcional al valor del rango, teniendo en cuenta el que el tiempo de llenado de la tolva de prueba se debe mantener entre 4 a 7 s (verificar este valor en el display de la misma balanza), verificar el efecto del ajuste con una muestra adicional, ajustar las veces que sean necesarias, de no lograr corregir el error hasta terminar la colada, informar inmediatamente al Supervisor de Producción y personal de mantenimiento para realizar la calibración de la balanza.</li> </ul>
Alarma en la balanza de aleantes	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Obstrucción de la granalla en la tolva de descarga</li> <li>• Falta de granalla en la tolva</li> <li>• Tiempo de llenado a tolva mayor a 7 segundos</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Verificar las tolvos y retirar el material extraño</li> <li>• Realizar la inspección al iniciar el turno y Cargar el material necesario a la tolva.</li> <li>• Aumentar el valor del "SET POINT 2" en forma proporcional, posicionando "Err." para apagar la alarma y luego pulsando "FF" para verificar la tara indicada a de peso, regular el tiempo de llenado menor a 7 segundos.</li> </ul>
Deficiente adición de aleantes.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Fallas en la balanza de aleantes por material extraño</li> <li>• Trabamiento de la compuerta del dosificador</li> <li>• Presencia de humedad en granallas que aumenta su peso</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Revisión de tolva y/o calibración día balanza</li> <li>• Descarga y limpieza de la compuerta</li> <li>• Verificar las granallas en el bigbag, retirar granallas de tolva, realizar una nueva carga</li> </ul>

Página 6

## CONCLUSIONES

1. Se corrigió la adición de aluminio por lo que se recolecto las datas que se involucran en los cálculos, para realizar el ajuste en la balanza de aleantes, minimizando el aluminio que entra al horno Ajax (por agregar espumas)
2. Se realizó se programó y se aplicó el programa de ajustes para corregir la adición de aluminio de una manera más rápida, cuando se agrega espumas con contenido de aluminio a los hornos.
3. Con este programa de ajuste, el hornero agregara la cantidad de aluminio adecuada a las normas técnicas
4. El trabajo realizado se encuentra en campo y es una herramienta útil tanto para horneros experimentados como para los que recién están en entrenamiento, generando confianza al momento de reprocesar espumas sin el temor de producir no conformes y no poder llegar a la meta de producción.
5. Con la aplicación del programa de ajuste, que se realizó en Excel con el lenguaje de Visual Basic, por lo que se tiene un control técnico, químico y mecánica de la adición de aleantes, por lo que se bajó la obtención de no conformes en la línea de jumbos en la planta de refinación de zinc en Huachipa - Lima

## SUGERENCIAS

1. Se recomienda no reprocesar espumas en aleaciones que tienen rangos bajos, como, por ejemplo: Zn-049 (Min. 0625 - Max. 0.674).
2. Después de alimentar espumas no se recomienda agitar el horno, ya que estas se fundirán rápidamente y el aluminio en el horno ABB subirá inmediatamente sin poder controlarlo.
3. El programa no puede usarse para reprocesar jumbos no conformes.
4. El control del aluminio se hace con los discos de producción, ya que tiene tendencia a bajar el aluminio en el horno ABB, esto indica que las espumas ya se están consumiendo) y se ira regularizando la adición de granalla de aluminio en la balanza hasta que estas sean consumidas totalmente y se llegue al peso ideal en la balanza.

## BIBLIOGRAFÍA

1. The burning of slurried elemental sulphur in a fluid bed roaster J. Laganier and B. Gnyra CIM Bulletin, 1963
2. The behavior of silver during the roasting of zinc concentrates. A. Lenchev and J.E. Dutrizac Canadian Metallurgical Quarterly, Vol. 23, Nº 3 Published online 18 julio 2013 Journal of Metals 36(8):52-57-August 2014
3. Behavior of Cadmium during roasting of zinc concentrate. Arne Landsberg, D.H. Yee, H. W. Leavenworth, Jr and J.L. Henry Bureau of Mines Reports of Investigation 1981. United States Department of the Interior
4. Oxidation of zinc sulfide in a fluidized bed Y. Fukunaka, T. Monta, Z. Asaki and Y. Kondo Metallurgical Transactions B, Volume 7B, September 1976
5. Prácticas y principios de de tostación en camas fluidizadas. Jacinto Sack Arzola-Carlos Paz Gordillo Cerro de Pasco Corporation
6. Fluidization K.B. Mathur- A.B. White Head
7. Roasting and flotation of pyrite in a fluid bed: residence times and kinetics. Tor Kinstad Giv Advances in Extractive Metallurgy and Refining
8. Enciclopedia de Química Industrial por Fritz Ullmann Publicado por Gustavo Gili (1950)
9. Design for fluidization Joseph F. Frantz, Hydrocarbons Div., Monsanto Chemical Co., Chemical Engineering September 17, 1962
10. Roasting of sulfides in theory and practice N.B. Gray, M.R. Harvey, G.M. Willis
11. Fluidized-Bed roasting of zinc concentrates G.M. Shteingart Tsvetnye Metally/Non ferrous metals
12. Fluidization in Metallurgical Extractive Y. Kondo, Y. Fukunaka and Z. Asaki
13. La tostación José Vidalón G. INCITEMI
14. U. Industrial de Santander, Diagramas de Kellogg, por Isabel Pérez Chia, Elkin Espinoza G. Deimer Romero P. Paniel Lancheros T. (vista 14) 2012

## ANEXO 1

### ACRONIMOS

- ABB y AJAX, son marcas de hornos con nombres patentados
- WHB, Caldera de recuperación de calor residual
- Peracidox, proceso patentado por Outotec
- Spent, electrolito gastado
- Upcomers, chimeneas
- Batches, proceso que se realiza por etapas
- Big bag, bolsa grande generalmente de 5 toneladas
- EPP's, equipo de protección personal
- PO-CJM-PPF-FYM-007-ES, documento interno referido a la operación del horno ABB y AJAX
- PO-CJM-PPF-FYM-022-ES, documento interno referido a la operación de línea de JUMBOS
- DD-CJM-PPF-FYM-015-ES, documento interno referido al control de los parámetros de la aleación
- DD-CJM-PPF-FYM-013-ES, documento interno referido al reporte de turno de línea de JUMBOS
- DD-CJM-PPF-FYM-014-ES, documento interno referido al control de alimentadores de aleantes
- PO-CJM-PPF-FYM-002-ES, documento interno referido a la recepción y carguío de láminas a los hornos ABB, ABP y DEMAG”

## ANEXO 2

### BALANCE EN EL HORNO PARA LA OBTENCION DE JUMBOS

#### I. INTRODUCCION GENERAL

En la planta de fusión y de colada de zinc, el zinc es obtenido en forma de placas deshojadas de cátodos y es fundido y colado a piezas negociables (barras o jumbos).

La fusión de cátodos será realizada en un horno de inducción. Una máquina rectilínea de colada de barras y un sistema de arco de colada de bloques de jumbos, están provistos para la colada de zinc de alta calidad o de zinc de aleación.

Un horno de inducción especial es instalado para la producción de zinc de aleación.

#### II. CALCULOS DE PROCESO

La planta de fusión y colada de zinc está diseñada para producir 101.500 toneladas métricas por año de barras, lingotes jumbo y bolas.

Además, la planta de fusión de zinc produce:

- 7,226 tm/año de zinc líquido para zinc en polvo (descarga neta) (+ 909 t de polvo reciclado, alimentación total de zinc en polvo = 8,135 tm/año).

#### III. BALANCE DE FUSIÓN Y DE COLADA

Alimentación al horno de fusión:

➤ Placas de cátodos	111,171 tm/año
➤ Retornos de dross	3,335 tm/año
➤ Rechazos provenientes de los moldes para barras	
➤ Rechazos provenientes de los moldes para jumbos	1,015 tm/año
Total	115,521 tm/año

Descarga del horno de fusión, así como colada:

➤ Barras de alta calidad	
➤ Jumbos de alta calidad	101,500 tm/año
➤ Bolas de zinc	
➤ Zinc en polvo	7,226 tm/año
➤ Rechazos procedentes de los moldes de barras	
➤ Rechazos procedentes de los moldes para jumbos	1,015 tm/año
➤ Dross	5,558 tm/año
➤ Pérdidas	<u>222 tm/año</u>
Total	115,521 tm/año

#### IV. DROSS Y PÉRDIDAS

La producción de dross: 5% de la producción de cátodos  $111,171 \times 0,05 = 5,558$  tm/año, de las cuales el 3% retorna al horno de fusión como bolillas de zinc (prills)  $111,171 \times 0,03 = 3,335$  tm/año y el 2% retorna al horno de tostación como óxido de zinc  $111,171 \times 0,02 = 2,223$  tm/año.

Las pérdidas de zinc representan el 0,2% de la producción de cátodos  $111,171 \times 0,002 = 222$  tm/año







Sociedad Industrial Celulosa S.A.		Código	
División de Sales		Actividad	
REPORTE DE TURNO DE LINEA DE JABÓN			
Fecha		Turno	

FECHA **25-12-19**

TURNO **A/C**

**SEGURIDAD**

Pudo algún incidente o accidente durante el turno? SI  NO  COTIZADO A: \_\_\_\_\_

**TRABAJADORES EN EL TURNO**

HOMBRE **JUKARICIA F.**  
 MOLDEADOR 1 **MEÑESES J.**  
 MOLDEADOR 2 **FLORES F.**

ESPUMADOR 1 **AREVALO J.**  
 ESPUMADOR 2 **CRATIAS R.**

PRODUCCIÓN **45 TM**

ALIACIÓN <b>20-361530</b>	LOTE <b>2519</b>	DI	AL	11	M	11	UND
		DI	AL		M		UND
ALIACIÓN <b>20-361530</b>	LOTE <b>2520</b>	DI	AL	12	M	12	UND
		DI	AL		M		UND
ALIACIÓN	LOTE	DI	AL		M		UND
		DI	AL		M		UND

**INSUMOS**

CANTIDAD DE LAVADO	TM	SPAC	25	KG
ESPUMAS	03	UND		GAL
ESCORIA	02	TM		GAL
SILICONA				GAL

NO CONFORME **TM**

ASPECTO	TM	ALIACIÓN	LOTE	DEL.	AL.	M.	UND	OBSERVACIONES
POR ASPECTO FISICO								
POR PESO								
POR ANALISIS QUIMICO								
CANTIDAD DE LAVADO								

**REPROCESO DE NO CONFORMES (Alimentación a los hornos)**

MATERIAL EN PRODUCCIÓN	ALIACIÓN	LOTE	DEL.	AL.	M.	UND	OBSERVACIONES
ESPUMAS							
CANTIDAD DE LAVADO							

TOTAL DE PARADAS **h**

HORA DE PARADA	HORA DE ARRANQUE	EQUIPO (TAG)	TIEMPO DE PARADA (h)	MODO DE FALLA	POSIBLES CAUSAS
23:30	03:50				Inicio de Fibra x bajo Speed de Láminas.
06:00					* Falta por falta de Láminas.
07:30					* Cambio de Guardia.

**ESTADO DE EQUIPOS CRÍTICOS**

Gripper H-503 **OK**      Gripper H-525 **OK**      Bomba ABB **OK**  
 Gripper H-503 **OK**      Bomba Aysa **OK**      Bomba de agua **F/O**      Tejas Calefactoras   
 Filtro de mangas **OK**      Línea 2       Línea 1

Operativo=OK Fuera de operación F/O

**CONTROL DE DIFERENCIAL DE PRESIÓN DEL FILTRO DE MANGAS (Valor Máximo de Operación: 6 pulgadas de H2O)**

RESULTADO DENTRO DE ESPECIFICACIÓN	SI <input checked="" type="checkbox"/>	NO <input type="checkbox"/>
	¿QUÉ PASÓ?	
	¿QUÉ SE HIZO?	

**OBSERVACIONES:**

Nombre y Firma del Supervisor \_\_\_\_\_  
 Autorizado por: \_\_\_\_\_  
 Fecha: \_\_\_\_\_

FECHA: 26/12/19  
 TURNO: A  
 INICIAL:  Finalizado:

NOMBRES EN EL TURNO  
 OPERARIO 1: Roberto Suter  
 OPERARIO 2: A. GECHUNA  
 OPERARIO 3: F. YAUYO  
 ESPALMADOR 1: D. ALVAREZ  
 ESPALMADOR 2: G. JAYSON

PRODUCCIÓN: 12.4 - TM

LOTES	DEL	AL	Nº	UND
2520	13	46	36	UND
2521	01	12	R	UND

ENSAYOS: ESPALMADO 05 UND, ESCORIA 05 TM, INSUMOS: 25

NO CONFORMES: TM

NO CONFORME	TIPO	ALICCIÓN	LOTES	DEL	AL	Nº	UND	REMARKS

INDICIOS DE NO CONFORMES (Alimentación a los hornos)

INDICIO	TIPO	ALICCIÓN	LOTES	DEL	AL	Nº	UND	REMARKS

AL DE PARADAS: N

Nº DE	HORA DE	EQUIPO (TAG)	TIEMPO DE PARADA (h)	MODO DE FALLA	POSIBLES CAUSAS
0720	1:30				- charla de seguridad. - bajo stock de laminas.

INDICACIONES DE EQUIPOS CRITICOS

Grupos H-575: OK, Bomba Ayax: OK, Bomba ABE: OK, Bomba de agua: PLO, Tapas Cofretores:

INDICACION: Fuera de operación FJO

INDICIO DE DIFERENCIAL DE PRESION DEL FILTRO DE MANGAS (Valor Máximo de Operación: 6 pulgadas de H2O)

INDICACION	VALOR

REMARKS

NOMBRE Y FIRMA DEL SUPERVISOR

NOMBRE DE EMPRESA		Código	
SECTOR DE TURNO LINEA DE JUBRO		Código	
Fecha		Código	
Página		Código	

FECHA 26-12-19

TURNO "B"

**SEGURIDAD**

Hubo algún incidente o accidente durante el turno? S:  No:

Compartido a: \_\_\_\_\_

**TRABAJADORES EN EL TURNO**

NOMBRE M. PUGHES

MOLDADOR 1 E. MONTES

MOLDADOR 2 \_\_\_\_\_

ESPUMADOR 1 E. LUDENA

ESPUMADOR 2 J. PERALTA

**PRODUCCIÓN**

TM

ALEACIÓN	LOTE	DEL	AL	Nº	UND

**INSUMOS**

JUBOS DE LAVADO	TM	Nº	UND
ESPUMAS	UND	SLP	GAL
ESCORIA	TM	SELECCIÓN	GAL

**NO CONFORME**

TM

FOR ASPECTO FÍSICO	TM	ALEACIÓN	LOTE	PIEZA	PIEZA	OBSERVACIONES
				DEL	AL	Nº UND
				DEL	AL	Nº UND
				DEL	AL	Nº UND
				DEL	AL	Nº UND
				DEL	AL	Nº UND
				DEL	AL	Nº UND
				DEL	AL	Nº UND
				DEL	AL	Nº UND

**REPROCESO DE NO CONFORMES (Alimentación a los hornos)**

TM

MATERIAL EN PRODUCCIÓN	ALEACIÓN	LOTE	PIEZA	PIEZA	OBSERVACIONES
			DEL	AL	Nº UND
			DEL	AL	Nº UND
			DEL	AL	Nº UND
			DEL	AL	Nº UND
			DEL	AL	Nº UND
			DEL	AL	Nº UND
			DEL	AL	Nº UND
			DEL	AL	Nº UND

TOTAL DE PARADAS 5

HORA DE PARADA	HORA DE ARRANQUE	EQUIPO (TAG)	TIEMPO DE PARADA (h)	MODOS DE FALLA	POSIBLES CAUSAS
15:30	23:30			A BAJA STOCK DE LAMINAS, PRIORIDAD MOLDEO DE BARRAS I y II.	
				Y SE HIZO LIMPIEZA LA CASA DE AVANTET.	

**ESTADO DE EQUIPOS CRÍTICOS**

Gripper H-502  Gripper H-525  Bomba AEB

Gripper H-503  Bomba Apex  Bomba de apoyo  Tapas Calefactoras

Filtro de mangas  Línea 2  Línea 1

Operativo=OK Fuera de operación F/O

**CONTROL DE DIFERENCIAL DE PRESIÓN DEL FILTRO DE MANGAS (valor Máximo de Operación: 6 pulgadas de H2O)**

RESULTADO DENTRO DE ESPECIFICACIÓN	SI	
	NO	
		¿QUÉ PASÓ?
		¿QUÉ SE HIZO?

**OBSERVACIONES:**

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

ESQUILO B.  
NOMBRE Y FIRMA DEL SUPERVISOR

Elaborado por: Carmen Sainza	Revisado por: Carmen Sainza	Elaborado por: Carmen Sainza
---------------------------------	--------------------------------	---------------------------------

DOCUMENTOS DE DATOS

REPORTE DE CONTROL DEL HORNO ABB

TEMPERATURA DE ALIMENTACIÓN: 487°C/510°C  
 TEMPERATURA DE OPERACIÓN: 487°C/510°C  
 NIVEL DE OPERACIÓN: DE 200 A 250 (100 A 120%)

TEMPERATURA DE ALIMENTACIÓN: 487°C/510°C  
 TEMPERATURA DE OPERACIÓN: 487°C/510°C  
 NIVEL DE OPERACIÓN: DE 200 A 250 (100 A 120%)

TEMPERATURA DE ALIMENTACIÓN: 487°C/510°C  
 TEMPERATURA DE OPERACIÓN: 487°C/510°C  
 NIVEL DE OPERACIÓN: DE 200 A 250 (100 A 120%)

HORA	TEMPERATURA DE ALIMENTACIÓN (°C)	TEMPERATURA DE OPERACIÓN (°C)	LOQUE FASED	LOQUE IN FASED	TENSIÓN	CONSUMIVO (kW)	POTENCIA (kW)	CONSUMIVO DE ENERGÍA (kWh)	INDIC II	INDIC III	INDIC IV	INDIC V	NIVEL DE ALIMENTACIÓN (%)	NIVEL DE OPERACIÓN (%)
08:00	510	510	✓	✓	650	650	650	650	650	650	650	650	100	100
09:00	510	510	✓	✓	650	650	650	650	650	650	650	650	100	100
10:00	510	510	✓	✓	650	650	650	650	650	650	650	650	100	100
11:00	505	505	✓	✓	650	650	650	650	650	650	650	650	100	100
12:00	505	505	✓	✓	650	650	650	650	650	650	650	650	100	100
13:00	505	505	✓	✓	650	650	650	650	650	650	650	650	100	100
14:00	510	510	✓	✓	650	650	650	650	650	650	650	650	100	100
15:00	510	510	✓	✓	650	650	650	650	650	650	650	650	100	100



FECHA: 23-12-19

HOMBRE: JULCIEIN F.

Nº DE ANOMALIAS:





Padrón de Proceso										Código	PP-CJM-ELE-PYM-001-ES		
Título:										Revisión	1.0 (20/1/2016)		
Obtención de Zinc Refinado y Aleaciones										Área	PYM		
Obtención de Zinc Refinado y Aleaciones										Páginas	1 de 1		
NOMBRE:	Obtención de Zinc Refinado y Aleaciones									GERENCIA DEL PROCESO:	Fusión y Moldeo		
OBJETIVO:	Producción de Zinc Refinado y Aleaciones de acuerdo a Procedimiento de especificación de clientes									RESPONSABLE DEL PROCESO:			
ALCANCE:	INICIO:	Fusión de Laminas									FBI:	Libtación de Productos	
Fusión de Zinc	Índice de Generación de Escoria	< 3 % de Producción de Refinado	Temperatura Interna del Horno	C	ASB LIE 480°C LSE 520°C	PO-CJM-ELE-PYM-005-ES	Homero	Horaria	Termocupla	DD-VM-Zinc-CJM-ELE-014 DD-VM-Zinc-CJM-ELE-013 DD-VM-Zinc-CJM-ELE-082	1.-Usar quemadores para mantener temperatura del Horno 2.- Incrementar o disminuir el tiempo de alimentación para controlar temperatura 3.-Comunicar al supervisor de turno	8 puntos consecutivos fuera de la meta se hará un AP.	
			Contenido de Pb, Fe, Cd, Cu en Laminas	M	DEMAG LIE 450°C LSE 480°C ASB LIE 480°C LSE 520°C	PO-CJM-ELE-PYM-006-ES PO-VM-Zinc-CJM-ELE-041	Supervisor	diaria	Cálculo Matemático (Ton de Escoria) / Ton de Catódico	Reporte de Fusión y Moldeo	1.-Controlar laminas con menor gravitación y contaminantes.	2 punto fuera de la meta se hará un AC	
	% No Conformes Químicos	< 5 %	Calidad Química Zinc Refinado	C	Pb < 34ppm Cu < 14 ppm Cd < 34 ppm Fe < 24 ppm Suma de Impurezas < 84 ppm	PO-CJM-ELE-PYM-023-ES PO-VM-Zinc-CJM-ELE-036 PO-VM-Zinc-CJM-ELE-197 PO-VM-Zinc-CJM-ELE-083	Homero	Por Lote	Equipo de Emisión Óptica (Chapa)	PI-Reporte resultados electroquímica-Laminas de Zinc	1.-Comunicarse con jefe de guardia de electrolisis a fin de que pueda tomar acción	NA	
				M	-	PO-CJM-ELE-PYM-025-ES PO-VM-Zinc-CJM-ELE-038 PO-VM-Zinc-CJM-ELE-197 PO-VM-Zinc-CJM-ELE-083	Supervisor	Diaria	Cálculo Matemático (Ton de No conformes) / Ton de Refinado	Reporte de Fusión y Moldeo	1.-Comunicarse con jefe de guardia de electrolisis para tomar acción. 2.-Alimentar hornos con laminas de menor contenido de contaminantes.	1 punto fuera de la meta se hará un AC	
Preparación de Aleaciones	% No Conformes Químicos	< 2.5 %	Calidad Química de Aleaciones	C	AJAX LIE 485°C LSE 515°C	PO-VM-Zinc-CJM-ELE-043	Homero	Horaria	Termocupla	DD-VM-Zinc-CJM-ELE-010	1.-Revisión y chequeo de sensor de nivel 2.-Parar operación y retirar el hallin acumulado	8 puntos consecutivos fuera de la meta se hará un AP.	
				C	De acuerdo a Procedimiento de especificación de Cliente	PO-VM-Zinc-CJM-ELE-044 PO-VM-Zinc-CJM-ELE-047 PO-VM-Zinc-CJM-ELE-048	Homero	Por Lote	Equipo de Emisión Óptica (Chapa)	Reportes de Laboratorio: Tiempo de Respuesta Barras 1 y 2	1.-Comunicarse con jefe de guardia de electrolisis para tomar acción. 2.-Alimentar hornos con laminas de menor contenido de contaminantes.	1 punto fuera de la meta se hará un AP	
				M	-	PO-VM-Zinc-CJM-ELE-044 PO-VM-Zinc-CJM-ELE-047 PO-VM-Zinc-CJM-ELE-048	Supervisor	Por Lote	Cálculo Matemático (Ton de No conformes) / Ton de Refinado	Reporte de Fusión y Moldeo	1.-Comunicarse con jefe de guardia de electrolisis para tomar acción. 2.-Alimentar hornos con laminas de menor contenido de contaminantes.	1 punto fuera de la meta se hará un AC	
				C	Ritmo	Lineas de Barras 1: 18 TM/hora Lineas de Barras 2: 20 TM/hora Jumbos TM: 24 TM/hora	PO-VM-Zinc-CJM-ELE-049 PO-VM-Zinc-CJM-ELE-048 PO-CJM-ELE-PYM-025-ES	Supervisor	Turno	Balanza Cálculo Matemático (Ton de Refinado) / TON de Zinc	Reporte de Fusión y Moldeo	1.-Informar al Supervisor para intervención de Mantenimiento o conexión operacional	1 punto fuera de especificación, abrir una AP.
Fusión y Moldeo	Índice de Cumplimiento de Plan de Producción	> 95 %	%	M	> 90%	-	Supervisor	Turno	Cálculo Matemático	Reporte de disponibilidad de equipos	1.-Informar al Supervisor para intervención de Mantenimiento o conexión operacional	NA	
				C	> 80 %	-	Supervisor	Turno	Cálculo Matemático	Reporte de disponibilidad de equipos	1.-Alinear con Operadores empuje de líneas	1 punto fuera de especificación, abrir una AP.	
				M	Material No Conforme químico	Lineas de Barras 1: < 5% Lineas de Barras 2: < 5% Jumbos < 2.0%	PO-VM-Zinc-CJM-ELE-049 PO-VM-Zinc-CJM-ELE-048 PO-CJM-ELE-PYM-025-ES PO-CJM-ELE-PYM-023-ES PO-VM-Zinc-CJM-ELE-036 PO-VM-Zinc-CJM-ELE-197 PO-VM-Zinc-CJM-ELE-083	Supervisor	Turno	Cálculo Matemático (Ton de No conformes) / Ton de Refinado	Reporte de PYM	1.-Comunicarse con jefe de guardia de electrolisis para tomar acción. 2.-Alimentar hornos con laminas de menor contenido de contaminantes.	NA
				M	-	-	Plan de Producción	Jefe de Planta	General	Cálculo Matemático (Ton producidos / Ton previstos)	Reporte de PYM	TSC	1 punto fuera de la meta se hará un AC
Recuperación de Plas	Calidad de aire en Chimeneas del Filtro de Mangas	<100 mg en emisiones de material particulado	Presión diferencial del filtro de mangas	C	< 6 pulg de agua c + 120 mm H2O	PO-VM-Zinc-CJM-ELE-071	Homero	Por turno	Control diferencial de Presión	Reporte de Control diferencial de Hornos	1.-Revisar y cambiar mangas rotas en coordinación con mantenimiento. 2.-Coordinar con mantenimiento para realizar el cambio de manometro	6 puntos fuera de especificación, abrir una AP.	
				M	De acuerdo a Límites máximos permitidos según norma Peruana	De acuerdo a Legislación	Medio Ambiente	Trimestral	De acuerdo a norma	Informe Trimestral de monitoreo	-	1 punto fuera de especificación, abrir una AC.	

				Consumo																		
				Total (Tms)	Real (Tms)	Proyectado (Tms)	Proyectado (Tms)	Zn (%)	Cu (%)	Cd (%)	Fe (%)	Pb (%)	Ag (oz/t)	S (%)	Mn (%)	Co (ppm)	SiO2 (%)	Hg (ppm)	Se (ppm)	Mg (%)	SO4 (%)	
Grupo Alto Fe	Grupo Alto Fe	Grupo Alto Fe	Argentum	639	639	-	-	51,58%	1,71%	0,18%	7,87%	0,81%	8,61	33,62%	0,88%	10,00	1,79%	24,98	5,33	0,18	0,00	
Grupo Alto Fe	Grupo Alto Fe	Grupo Alto Fe	Malay	157	-	157	173	43,91%	0,43%	0,42%	12,96%	1,29%	6,11	33,41%	0,72%	12,67	2,40%	13,44	53,38	0,08	0,00	
Grupo Reguladores	Grupo Alto Co, Se, Mn	Grupo Reguladores	Naura	-	-	-	-	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00	0,00%	0,00%	0,00	0,00%	0,00	0,00	0,00	0,00	
Grupo Alto Fe	El Porvenir	Grupo Alto Fe	El Porvenir	2,799	3,235	539	618	49,70%	1,06%	0,38%	7,99%	1,42%	5,81	31,41%	0,89%	8,00	2,22%	7,40	37,20	0,24	0,00	
Grupo Reguladores	Grupo Reguladores	Grupo Reguladores	Simsa	1,591	909	1,082	1,289	59,72%	0,04%	0,11%	2,20%	0,78%	1,28	32,18%	0,09%	20,67	0,49%	4,79	5,00	0,63	0,00	
Grupo Alto Fe	Grupo Alto Fe	Grupo Alto Fe	Huaron	1,398	1,900	89	43	45,25%	1,62%	0,17%	8,58%	1,17%	11,90	31,65%	1,80%	8,90	4,85%	21,12	19,83	0,07	0,00	
Kolpa	Kolpa	Kolpa	Kolpa	164	164	-	-	49,35%	0,72%	0,28%	7,04%	1,25%	8,42	30,34%	0,38%	73,00	5,12%	98,74	9,67	0,04	0,00	
Atacocha	Atacocha	Atacocha	Atacocha	2,488	2,488	-	-	49,87%	1,60%	0,50%	6,83%	1,10%	4,08	30,67%	0,74%	25,81	3,80%	25,70	54,00	0,28	0,00	
Grupo Alto Co, Se	Chungar C	Grupo Alto Co, Se	Chungar C	-	-	-	-	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00	0,00%	0,00%	0,00	0,00%	0,00	0,00	0,00	0,00	
Grupo Alto Co, Se	Casapalca	Grupo Alto Co, Se	Casapalca	1,940	838	501	391	59,94%	0,76%	0,30%	2,44%	0,71%	3,10	31,20%	0,91%	108,00	1,45%	11,73	88,13	0,05	0,00	
Grupo Alto Hg	Grupo Reguladores	Grupo Alto Hg	Quiruvilca	-	-	-	-	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00	0,00%	0,00%	0,00	0,00%	0,00	0,00	0,00	0,00	
Grupo Alto SiO2	Grupo Reguladores	Grupo Alto SiO2	El Broca	-	-	-	-	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00	0,00%	0,00%	0,00	0,00%	0,00	0,00	0,00	0,00	
Grupo Alto SiO2	Grupo Alto SiO2	Grupo Alto SiO2	La Ponderosa	470	410	60	63	52,18%	1,61%	0,17%	5,05%	1,55%	5,08	25,78%	0,31%	16,00	8,12%	90,00	7,80	0,00	0,00	
Grupo Alto Fe	Grupo Alto Cu, Pb, SiO2	Grupo Alto Fe	Jacayruz	-	-	-	-	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00	0,00%	0,00%	0,00	0,00%	0,00	0,00	0,00	0,00	
Grupo Alto SiO2	Grupo Reguladores	Grupo Alto SiO2	Andaychagua	2,250	1,704	545	586	52,63%	0,85%	0,13%	8,62%	0,51%	12,00	33,18%	0,18%	16,33	2,42%	10,80	5,88	0,12	0,00	
Grupo Alto SiO2	Grupo Reguladores	Grupo Alto SiO2	Mehr Tunnel	1,130	780	350	381	54,67%	0,87%	0,11%	5,49%	0,58%	8,72	32,89%	0,55%	5,33	2,80%	12,75	5,88	0,12	0,00	
Grupo Reguladores	Grupo Reguladores	Grupo Reguladores	Austria Duvo	789	546	240	284	53,84%	1,10%	0,21%	6,70%	0,67%	5,03	34,82%	0,99%	7,67	1,78%	29,75	5,00	0,04	0,00	
Grupo Alto SiO2	Grupo Reguladores	Grupo Alto SiO2	Carahuara	3,919	3,594	2,366	2,594	50,02%	0,66%	0,07%	9,30%	0,34%	7,16	31,99%	0,10%	7,00	4,52%	10,32	5,00	0,08	0,00	
Grupo Alto Hg	Carro Lindo	Grupo Alto Hg	Cerro Lindo	7,292	3,385	4,268	4,391	59,85%	0,35%	0,80%	5,30%	0,12%	0,94	38,30%	0,18%	2,87	0,22%	148,78	1,63	0,03	0,00	
Catalina Huasca	Catalina Huasca	Catalina Huasca	Catalina Huasca	3,953	3,140	813	858	53,43%	0,47%	0,17%	8,53%	0,65%	2,90	31,73%	0,88%	27,87	1,86%	14,44	6,00	0,08	0,00	
Chungar	Chungar	Chungar	Chungar	4,620	2,882	1,738	1,925	55,99%	0,41%	0,08%	4,12%	0,30%	2,58	32,19%	0,28%	5,88	3,42%	7,15	8,17	0,10	0,00	
Grupo Reguladores	Chungar	Grupo Reguladores	Alpamarca	914	892	262	279	55,94%	0,36%	0,42%	6,50%	0,64%	7,28	33,44%	0,14%	20,00	2,33%	19,33	5,88	0,10	0,00	
Grupo Alto Hg	Grupo Reguladores	Grupo Alto Hg	San Valentin	-	-	-	-	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00	0,00%	0,00%	0,00	0,00%	0,00	0,00	0,00	0,00	
Grupo Alto Co, Se	Yauliyacu	Grupo Alto Co, Se	Yauliyacu	1,211	808	807	661	52,09%	1,89%	0,14%	5,27%	0,55%	5,51	31,88%	0,58%	120,00	3,17%	5,02	85,13	0,08	0,00	
Grupo Alto Fe	Grupo Reguladores	Grupo Alto Fe	Corona	1,282	1,246	8	9	50,90%	2,16%	0,14%	8,13%	1,09%	3,84	33,42%	0,56%	8,67	1,59%	12,21	9,67	0,07	0,00	
Grupo Reguladores	Grupo Alto Co, Se, Mn	Grupo Reguladores	Chungar B	-	-	-	-	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00	0,00%	0,00%	0,00	0,00%	0,00	0,00	0,00	0,00	
Grupo Reguladores	Chungar	Grupo Reguladores	Chungar AD	-	-	-	-	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00	0,00%	0,00%	0,00	0,00%	0,00	0,00	0,00	0,00	
Rechazo de Zaranda	Rechazo de Zaranda	Rechazo de Zaranda	Rechazo de Z	-	-	-	-	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00	0,00%	0,00%	0,00	0,00%	0,00	0,00	0,00	0,00	
Tanda Pila	Tanda Pila	Tanda Pila	Tanda Pila	-	-	-	-	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00	0,00%	0,00%	0,00	0,00%	0,00	0,00	0,00	0,00	
Tostador 1	CPT	Tostador 1	CPT 1	2,618	1,899	749	970	59,94%	0,76%	0,30%	2,44%	0,71%	3,10	31,20%	0,91%	108,00	1,45%	11,73	88,13	0,05	0,00	
Tostador 2	CPT	Tostador 2	CPT 2	749	749	749	970	59,94%	0,76%	0,30%	2,44%	0,71%	3,10	31,20%	0,91%	108,00	1,45%	11,73	88,13	0,05	0,00	
<b>Total</b>				<b>43,804</b>	<b>38,700</b>	<b>14,904</b>	<b>18,483</b>	<b>53,07%</b>	<b>0,87%</b>	<b>0,15%</b>	<b>6,84%</b>	<b>0,68%</b>	<b>4,98</b>	<b>32,18%</b>	<b>0,44%</b>	<b>17,80</b>	<b>2,57%</b>	<b>30,20</b>	<b>18,33</b>	<b>11,34%</b>	<b>0,00%</b>	
<b>Total sin CPT</b>				<b>40,221</b>	<b>28,807</b>	<b>13,414</b>	<b>14,543</b>	<b>53,07%</b>	<b>0,87%</b>	<b>0,15%</b>	<b>6,84%</b>	<b>0,68%</b>	<b>4,98</b>	<b>32,18%</b>	<b>0,44%</b>	<b>17,80</b>	<b>2,57%</b>	<b>30,20</b>	<b>18,33</b>	<b>11,34%</b>	<b>0,00%</b>	
<b>Total</b>				<b>42,359</b>	<b>28,807</b>	<b>13,414</b>	<b>14,543</b>	<b>53,07%</b>	<b>0,87%</b>	<b>0,15%</b>	<b>6,84%</b>	<b>0,68%</b>	<b>4,98</b>	<b>32,18%</b>	<b>0,44%</b>	<b>17,80</b>	<b>2,57%</b>	<b>30,20</b>	<b>18,33</b>	<b>11,34%</b>	<b>0,00%</b>	
<b>Reducción Adde</b>				<b>Atacocha</b>	<b>563</b>	<b>3,382</b>	<b>8102</b>	<b>1713</b>	<b>2458</b>													
<b>Total Solo Concentradas</b>				<b>15,462</b>	<b>15,462</b>	<b>15,462</b>	<b>15,462</b>	<b>53,07%</b>	<b>0,87%</b>	<b>0,15%</b>	<b>6,84%</b>	<b>0,68%</b>	<b>4,98</b>	<b>32,18%</b>	<b>0,44%</b>	<b>17,80</b>	<b>2,57%</b>	<b>30,20</b>	<b>18,33</b>	<b>11,34%</b>	<b>0,00%</b>	
<b>Stock seguridad</b>				<b>Tms</b>																		
Grupo Alto Fe				1,471,47																		
Grupo Alto Co, Se, Mn				1,961,88																		
Grupo Alto Cu, Pb, SiO2				1,471,47																		
Grupo Reguladores				3,189,00																		
El Porvenir				1,337,70																		
CORMIN BLEND (GRUPO)				955,90																		
Casapalca				955,90																		
Atacocha				2,473,80																		
Cerro Lindo				2,950,20																		
Chungar				2,430,80																		
				19,163,20																		

