

**APRUEBA MODIFICACIÓN DE METODOLOGÍA DE
BALANCE DE MASA DE ARSÉNICO Y AZUFRE DE LA
FUNDICIÓN POTRERILLOS.**

RESOLUCIÓN EXENTA N°

555

SANTIAGO, 24 ABR 2019

VISTOS:

Lo dispuesto en el artículo segundo de la Ley N° 20.417, que establece la Ley Orgánica de la Superintendencia del Medio Ambiente (en adelante, LOSMA); en la Ley N°19.880, que establece las Bases de los Procedimientos Administrativos que rigen los Actos de los Órganos de la Administración del Estado; en la Ley N° 19.300 sobre Bases Generales del Medio Ambiente; en el Decreto con Fuerza de Ley N°3, del año 2010, del Ministerio Secretaría General de la Presidencia, que Fija la Planta de la Superintendencia del Medio Ambiente; en la Resolución Exenta N° 424, de 2017, de esta Superintendencia, que fijó la estructura orgánica interna de la Superintendencia del Medio Ambiente; en las Resoluciones Exentas N° 559, de 2018 y N° 438, de 2019, ambas de esta Superintendencia, que modifican la Resolución Exenta N° 424, de 2017; en la Resolución Exenta N°544, de 2014, de esta Superintendencia, en que se delegan facultades al jefe de la División de Fiscalización; en la Ley N°18.834 que aprueba el Estatuto Administrativo; en la Resolución Exenta RA N°119123/58/2017, de 2017, de esta Superintendencia, que renueva designación de don Rubén Eduardo Verdugo Castillo para el cargo de Jefe de División de Fiscalización; en la Resolución Exenta N° 255, de 2019, de esta Superintendencia, que Establece segundo orden de subrogancia para el cargo de jefe de División de Fiscalización; en el Decreto Supremo N°28, de 2013, del Ministerio del Medio Ambiente, que establece Norma de Emisión para Fundiciones de Cobre y Fuentes Emisoras de Arsénico (en adelante, D.S. N°28/2013 MMA); en la Resolución Exenta N° 81, de 2019, de la Superintendencia del Medio Ambiente, que Establece orden de subrogancia para el cargo de Fiscal de la Superintendencia del Medio Ambiente; y en la Resolución N°1.600, de 30 de octubre de 2008, de la Contraloría General de la República, que fija normas sobre exención del trámite de toma de razón.

CONSIDERANDO:

1. Que, la Superintendencia del Medio Ambiente es el servicio público creado para ejecutar, organizar y coordinar el seguimiento y fiscalización de las Resoluciones de Calificación Ambiental, de las medidas de los Planes de Prevención y/o de Descontaminación Ambiental, del contenido de las Normas de Calidad Ambiental y Normas de Emisión, y de los planes de Manejo, cuando corresponda, y de todos aquellos instrumentos de gestión ambiental que establezca la ley, así como imponer sanciones en caso que se constaten infracciones de su competencia.

2. Que, de acuerdo al inciso 2° del artículo 12 del D.S. N°28/2013 MMA, se establece que *"para verificar el cumplimiento de los límites máximos de emisión de SO₂ y de As y del porcentaje de captura y fijación de azufre y As, las fuentes emisoras nuevas y existentes deberán presentar a la Superintendencia del Medio Ambiente, para su*

aprobación, las metodologías específicas conforme las cuales se realizarán los balances de masa mensuales para azufre y arsénicos (...)”.

3. Que, mediante la Resolución Exenta N° 694, de fecha 21 de agosto de 2015, la Superintendencia del Medio Ambiente aprobó el documento técnico “Protocolo para validación de metodologías de balances de masa de arsénico y azufre en fuentes emisoras de acuerdo al D.S. 28 de 2013 MMA”.

4. Que, a través de la Resolución Exenta N° 280, de fecha 7 de abril de 2017, esta Superintendencia aprobó la “Modificación de Metodología de Balances de Masa de Arsénico y Azufre de la Fundición Potrerillos”, de acuerdo al Protocolo técnico señalado en el punto considerativo anterior.

5. Que, mediante carta GSS N° 040/2019, correspondiente al mes de marzo de 2019, el titular Corporación Nacional del Cobre de Chile (en adelante “CODELCO”), para el cumplimiento del D.S. N°28/2013 MMA, presentó una actualización de la metodología de balances de masas de azufre (S) y arsénico (As) de la Fundición Potrerillos de acuerdo a las directrices técnicas entregadas en el protocolo.

6. Que, a través de la carta GSRI N° 053/2019 de fecha 18 de marzo de 2019, el titular CODELCO complementó su presentación anterior, individualizada en el punto considerativo anterior.

7. Que, en atención a lo anterior, se procede a resolver lo siguiente

RESUELVO:

PRIMERO. APRUÉBESE el documento técnico “Metodología de Balance de Masas Azufre – Arsénico, Fundición Potrerillos”, presentada por el titular CODELCO, cuyo texto íntegro se acompaña a la presente resolución entendiéndose parte de la misma.

SEGUNDO. DÉJESE SIN EFECTO a contar de la entrada en vigencia del presente acto, la Resolución Exenta N° 280, de fecha 7 de abril de 2017, de la Superintendencia del Medio Ambiente.

TERCERO. CONDICIONES. La metodología aprobada deberá aplicarse considerando obligatoriamente las siguientes condiciones:

1. Se deberá respetar el sistema y sus límites definidos. Cualquier modificación a estos deberán ser informadas y justificadas técnicamente a esta Superintendencia.

2. Se deberán utilizar los flujos, inventarios, procedimientos de cálculo de los balances, descripción de muestreo y análisis químico contenidos en el documento mencionado en el resuelvo segundo.

3. Las planillas de los reportes mensuales deben incluir los flujos de entrada, salida e intermedios (inventario) definidos en el documento mencionado en el resuelvo segundo.

4. La fuente emisora deberá implementar el balance de masa en los términos aprobados por esta Superintendencia, debiendo informar y justificar toda modificación a la metodología aprobada. Cualquier clase de modificación y/o necesidad de corrección a estos, deberán ser informados y justificados técnicamente a esta Superintendencia. Así también se deberá informar respecto las mejoras tecnológicas que se puedan implementar en el transcurso del tiempo, tanto a los sistemas de abatimiento de emisiones, como al proceso productivo y que sean motivo de modificación de la metodología presentada.

CUARTO. TÉNGASE PRESENTE que en contra de esta resolución procede el recurso de reposición, dentro del plazo de cinco días hábiles, contados desde su notificación, según lo dispuesto por el artículo 59 de la Ley N° 19.880, sin perjuicio de los demás medios de impugnación establecidos en la ley.

ANÓTESE, NOTIFÍQUESE Y DÉSE CUMPLIMIENTO.



CLAUDIA PASTORE HERRERA

JEFA DE LA DIVISIÓN DE FISCALIZACIÓN (S)
SUPERINTENDENCIA DEL MEDIO AMBIENTE



EIS/GAR/BOL/JRF/COM/WCR

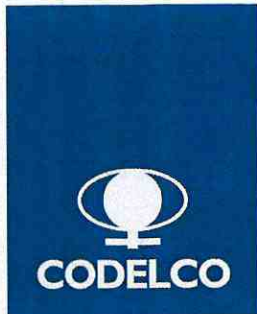
Notifíquese por carta certificada:

- Jorge Lagos Rodríguez, Representante Legal de CODELCO. Huérfanos N° 1270, Piso 5, Santiago, Región Metropolitana.

C.c.:

- División de Fiscalización, Superintendencia del Medio Ambiente.
- Fiscalía, Superintendencia del Medio Ambiente.
- Oficina de Partes, Superintendencia del Medio Ambiente.

Exp. N° 9.021/2019



CODELCO

**METODOLOGÍA DE BALANCE
AZUFRE – ARSÉNICO
FUNDICIÓN POTRERILLOS
Codelco División Salvador**

Actualización N° 2

MARZO DE 2019

Contenido

1. REQUERIMIENTOS GENERALES	3
2. IDENTIFICACIÓN DEL SISTEMA	6
3. FLUJOS	11
4. VALIDACIÓN DEL BALANCE	15
<i>Tonelaje de flujos de proceso</i>	17
<i>Inventarios de proceso</i>	17
<i>Leyes de azufre y arsénico</i>	18
5. MUESTREO	19
6. ANÁLISIS QUÍMICOS	23

1. REQUERIMIENTOS GENERALES

1.1 Introducción

La Fundición de Cobre de Potrerillos, tiene una capacidad de fusión de 680.000 ton/año de concentrados secos de cobre, provenientes de la División Salvador (30% - 35% aproximadamente) y otros proveedores nacionales, siendo una fundición de carácter maquiladora.

La Fundición Potrerillos se encuentra ubicada en la Región de Atacama, Provincia de Chañaral, en la zona industrial de Potrerillos, ubicado a 180 Km al Este de la ciudad de Chañaral y a una altura de 2.950 m.s.n.m. aproximadamente. La siguiente imagen muestra la ubicación regional de la Fundición:

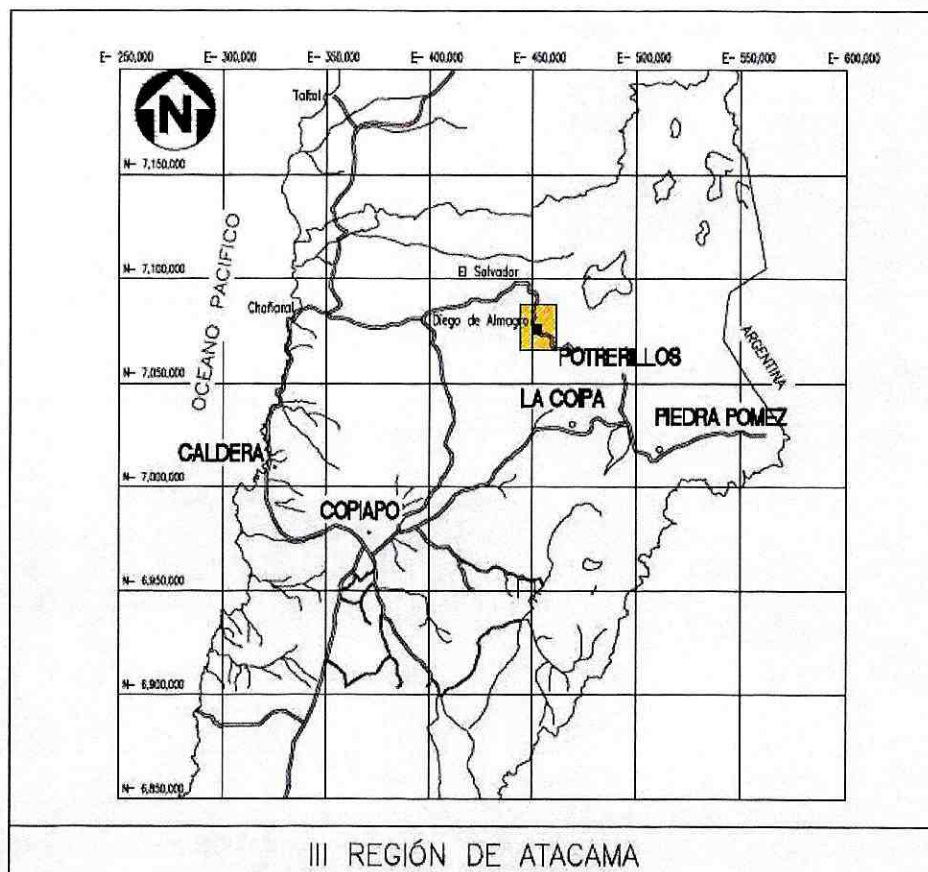


Imagen 1: Ubicación Fundición Potrerillos.

La Fundición de Potrerillos, cuyo inicio de la operación data de la década de 1920, procesa concentrados de distinta procedencia con el fin de generar ánodos como producto para enviar a la Refinería electrolítica y generar cátodos como producto comercial.

El proceso considera el secado de los concentrados para que puedan ingresar al proceso de fusión con una humedad inferior a 0,2%. En el proceso de Fusión, el cual es realizado en el horno Convertidor Teniente, se obtiene metal blanco como producto rico en cobre, y escoria de CT, la que es enviada a los inventarios de secundarios de la Fundición.

El metal blanco alimenta el proceso de conversión, el cual es realizado en los Hornos Pierce Smith (3 unidades), desde donde se obtiene cobre blíster que es enviado posteriormente a los Hornos de Ánodos para ser refinado y moldeado.

Por su parte, la escoria generada en el Convertidor Teniente (escoria de CT), es enviada para su procesamiento mediante molienda y flotación, a la Planta de Flotación de Escorias logrando extraer el cobre contenido en este material, el cual es retornado a la Fundición como **“Inventario Otros (Concentrado Planta de Flotación de Escorias)”**, y a su vez genera un residuo que es dispuesto en el Depósito de Relaves Filtrados, constituyendo una salida del Sistema **“Otros (Relave)”**.

Los gases de la Fundición son enviados a la Planta de Tratamiento de Gases, compuesta por la unidad de Manejo y Limpieza de Gases y Planta de Ácido Sulfúrico, esta última, de contacto doble.

En el Diario Oficial del 12 de diciembre de 2013 se publicó el Decreto Supremo N°28 del Ministerio del Medio Ambiente que establece **“Norma de Emisión de Fundiciones de Cobre y Fuentes Emisoras de Arsénico”**. Entre otros aspectos, el D.S. N° 28 define los **límites de la fuente emisora**, que determinan los flujos de entrada y salida de un conjunto de operaciones consideradas en el balance de masa de arsénico y de azufre. Además, para las fuentes emisoras nuevas y las existentes, el D.S. N° 28 define los **límites máximos anuales de emisión de SO₂ y As** y los **plazos para su cumplimiento**. Las fuentes emisoras existentes, deberán tener una **captura mínima de azufre y de arsénico de 95%**.

Con fecha 21 de agosto del 2015, la Superintendencia del Medio Ambiente emite la resolución N° 694 que tiene por objetivo aprobar el "PROTOCOLO PARA VALIDACIÓN DE METODOLOGÍAS DE BALANCE DE MASA DE ARSÉNICO Y AZUFRE EN FUENTES EMISORAS DE ACUERDO AL D.S. 28/2013 MMA". En base a las directrices entregadas en este protocolo, División Salvador de Codelco desarrolló su Metodología para la confección del balance de azufre y arsénico de la Fundición Potrerillos, la cual fue aprobada mediante la Resolución Exenta SMA N° 297 emitida el 4 de abril de 2016.

Producto de una revisión interna realizada a la metodología aprobada mediante la Res. Ext. N° 297/2016, y la verificación de los procesos de muestreo y análisis realizada durante el año 2016, División Salvador requiere presentar a la Superintendencia el presente documento, el cual contiene una actualización de la metodología indicada precedentemente, a fin de incorporar mejoras y mayor precisión al documento aprobado.

Los cambios principales contenidos en el presente documento corresponden a:

- Especificar que en flujos otras salidas, se incluirán borras ácidas, el cual es un flujo puntual producto de limpieza de estanques de planta de ácido, cada vez que ocurra esta actividad.
- Cambio en descripción de incrementos de muestreo de ácido sulfúrico y efluente.

1.2 Resumen de Metodología

La determinación de las emisiones de azufre y arsénico en Fundición Potrerillos, se calcularán de acuerdo a las orientaciones entregadas por la Superintendencia del Medio Ambiente, utilizando las ecuaciones de balance aplicadas a la unidad de control, que para el caso de Potrerillos ha sido definida como el área comprendida entre la Planta de Secado como entrada, y las salidas de los distintos procesos productivos tales como ánodos, relaves, ácido sulfúrico, efluentes, entre otros materiales. Adicionalmente, se consideran las variaciones de inventario de los flujos internos tales como circulantes, carga fría, entre otros.

Su cálculo se efectuará utilizando las siguientes ecuaciones principales.

$$Emisión\ As_{mes} = As_{entrada} - As_{salida} - [As_{(final)} - As_{(inicial)}] \quad Ec.1$$

$$Emisión\ S_{mes} = S_{entrada} - S_{salida} - [S_{(final)} - S_{(inicial)}] \quad Ec.2$$

Esquemáticamente se considera la siguiente conceptualización de control:

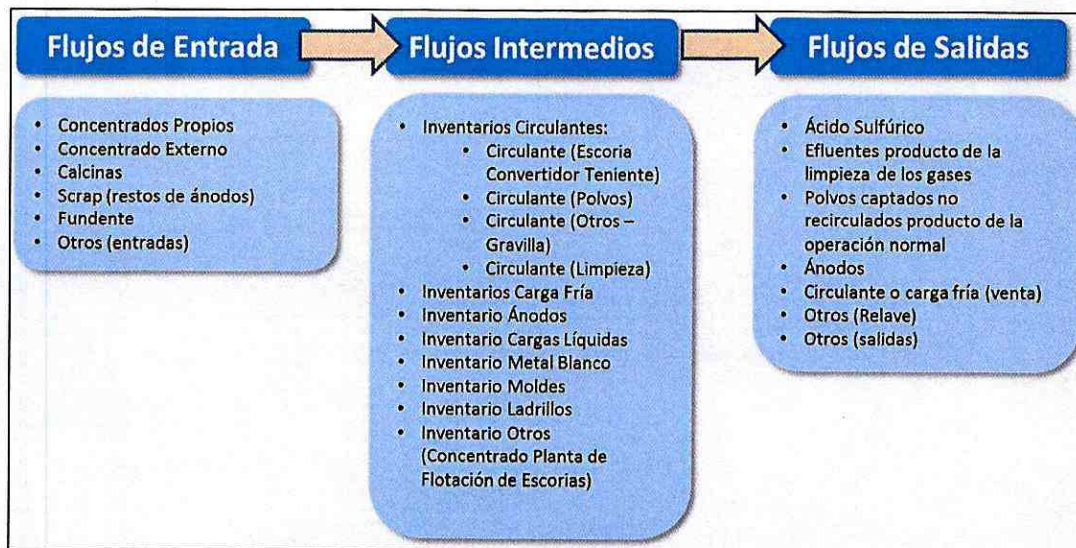


Imagen 2. Esquema general de balance fundición Potrerillos.

Para la aplicación de las ecuaciones de balance, se consideraran los flujos másicos obtenidos de la reconciliación del balance de Cobre, la cual, en el caso de División Salvador, se realiza mediante el software informático SIGMAFINE, el cual entrega los valores reconciliados de todos los flujos de entrada y salida del nodo de control y los inventarios y subinventarios de los distintos nodos de control internos, mediante la aplicación de factores de tolerancia aplicados a cada dato, según la confiabilidad de la fuente que los origina.

Respecto a las leyes de azufre y arsénico que serán utilizadas, éstas corresponden a los análisis obtenidos de las muestras recolectadas en cada nodo definido en el modelo de control, las que son obtenidas de acuerdo a las características del flujo correspondiente, resguardando la representatividad del flujo y de acuerdo a las normativas de calidad asociadas a estas actividades (normas CNAM Codelco, Normas Internacionales de Muestreo, Estándares ISO, etc.) y con la frecuencia indicada por la Autoridad según las características de transporte y tipo de flujo.

1.3 Antecedentes del Titular

Tabla 1. Antecedentes del Titular de la Fundición Potrerillos.

Titular de la actividad, proyecto o fuente fiscalizada: División Salvador – Codelco Chile		RUT o RUN: 61.704.000-k	
Identificación de la fuente: Fundición de concentrados de cobre Potrerillos			
Dirección: Av. Bernardo O’Higgins 103, El Salvador	Región: III Región de Atacama	Provincia: Chañaral	Comuna: Diego de Almagro
Correo electrónico: ctoutin@codelco.cl		Teléfono: 52-2472510	
Representante Legal: Christian Marcel Toutin Navarro		RUT: 10.044.337-6	
Dirección: Av. Avenida Bernardo O’Higgins 103, El Salvador	Región: III Región de Atacama	Provincia: Chañaral	Comuna: Diego de Almagro

2. IDENTIFICACIÓN DEL SISTEMA

La Fundición Potrerillos se encarga de procesar concentrados de cobre, tanto internos como externos, para generar ánodos como producto y ácido sulfúrico como subproducto comercial. Para lograr este objetivo, cuenta con 3 macro unidades de proceso que corresponden a Fundición, Planta de Flotación de Escorias y Planta de Tratamiento de Gases.

- **Fundición:** es el proceso que abarca desde la recepción de los concentrados hasta el moldeo de ánodos. Comprende las unidades de procesos de Recepción y mezcla, Planta de Secado, Fusión, Conversión, Refino y Moldeo.
- **Planta de Tratamiento de Gases:** es el proceso que se encarga de procesar los gases ricos en azufre generados por los procesos de fusión y conversión. Para ello cuenta con la unidad de

Manejo y limpieza de gases, donde se retiran las partículas gruesas contenidas en el gas, y una unidad Planta de ácido, que se encarga de realizar la limpieza húmeda de los gases, la conversión de SO_2 a SO_3 y por último, la absorción de SO_3 en agua para obtener el ácido sulfúrico producto.

- Planta de Flotación de Escorias: es el proceso de tratamiento de escorias, que considera recuperar el cobre contenido en escorias por medio de las etapas de molienda, flotación, espesamiento y filtrado. El producto de esta planta corresponde a un concentrado de cobre que retorna al CT para ser fundido.

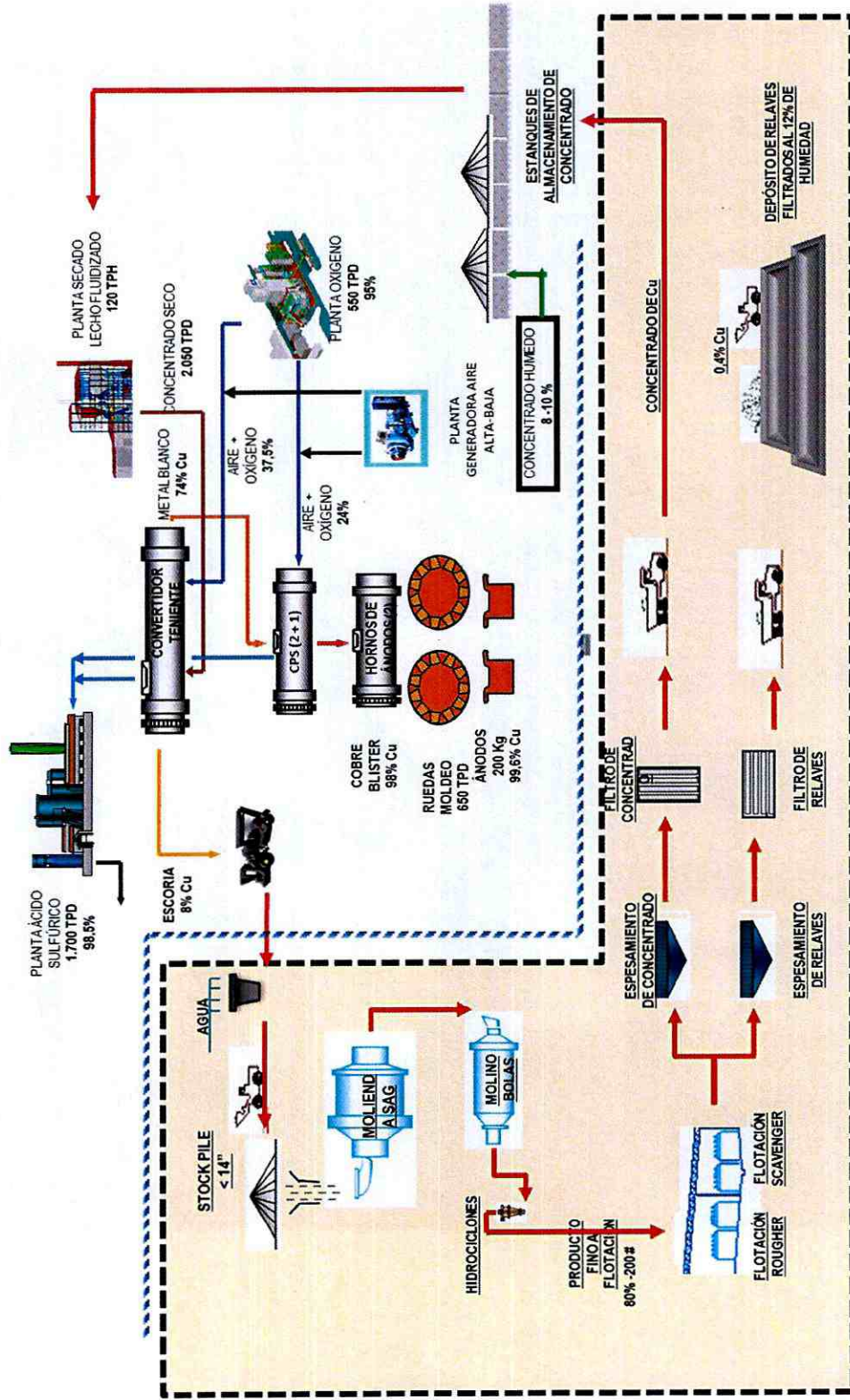


Imagen 3: Diagrama de proceso Fundación Potrerillos.

El diagrama de flujo general de proceso y los flujos del balance se presenta a continuación:

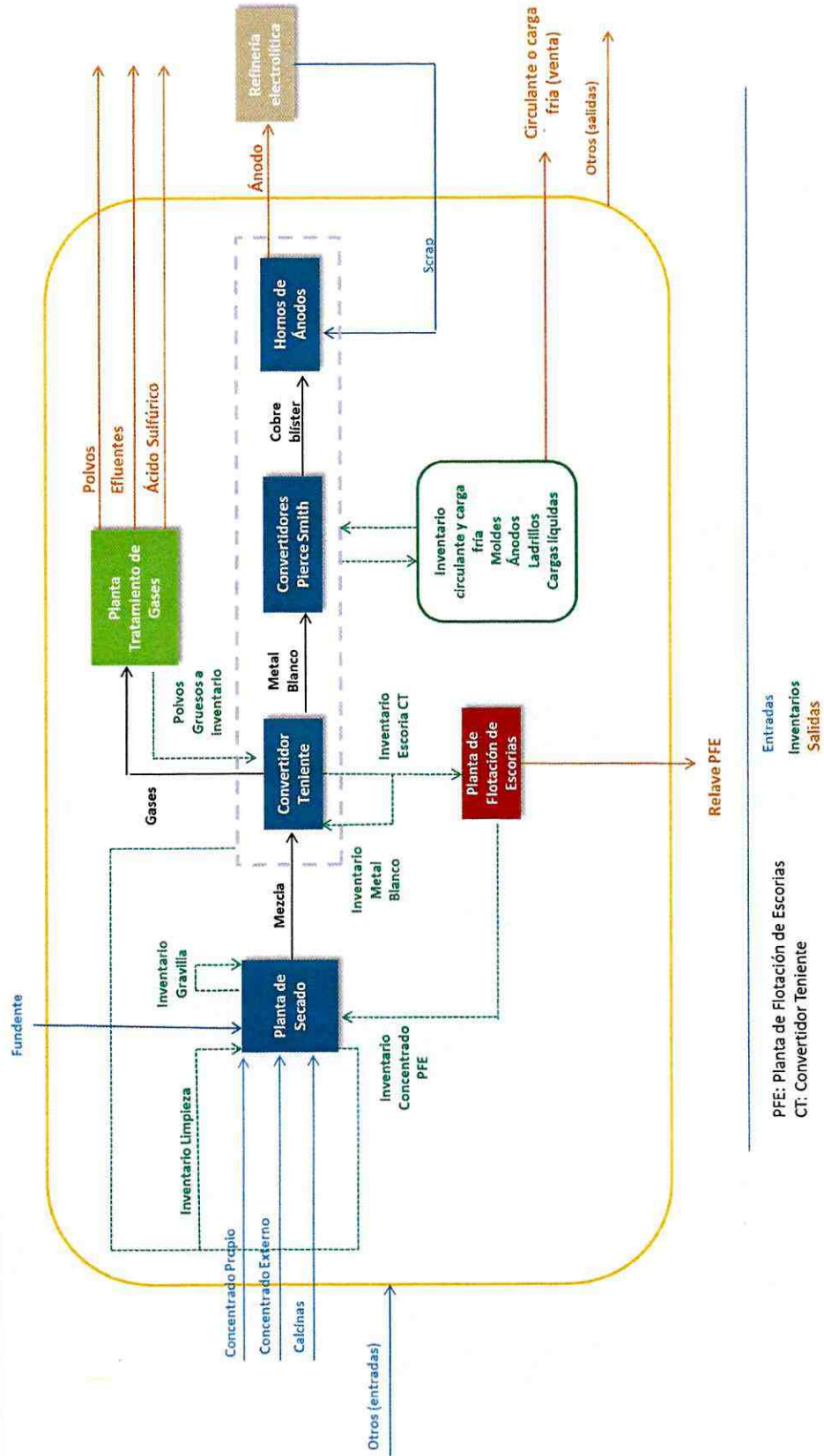


Imagen 4. Diagrama de Proceso y Flujos.

Los puntos de control corresponden a las siguientes descripciones:

1. **Entradas - Material a fusión:** Concentrados Propios, Concentrado Externo, Calcinas, Scrap, Fundentes, Otros.
2. **Movimientos Internos:** Flujos de consumo y generación de Circulantes y Carga Fría.
3. **Salidas - Productos:** Ánodos, Polvos captados no recirculados, Circulantes o Carga Fría a venta, Ácido Sulfúrico y efluentes productos de la limpieza de gases, Relave, Otros (eventuales).
4. **Emisiones:** Calculada en función de la reconciliación de los nodos de control.

Los equipos operacionales asociados a los procesos de Fundición Potrerillos se resumen en la siguiente tabla:

Tabla 2. Identificación de equipos Fundición Potrerillos.

Equipo/ instalación	Cantidad	Dimensiones	Capacidad	Marca/ modelo	Año instalación
Planta de Secado	1	Cámara distribuidora (ØxL): 4,74 m x 3,13 m; Fluoplaca de marco circular de 0,75 m de altura Cámara de expansión de 6,6 m de altura.	Diseño 120 tph y Nominal de 83,3 tph	METSO MINERALS / Planta de secado Fluosólido	2002
Convertidor Teniente	1	22,0 x 5,0 m (LxØ)	2.105 tpd de concentrado	Convertidor Teniente	2002
Convertidores Pierce Smith	3	9,1 x 4,0 m (LxØ)	700 pie ³	CMS Chile S.A. /Convertidor convencional	-
Hornos de ánodos	2	9,1 x 3,65 m (LxØ)	220 ton/ciclo	CMS Chile S.A. /Horno de Refino	-
Rueda de moldeo	2	16 moldes por rueda	Nominal de 66 tph para ánodos de 224 kg	DEMAG	2003
Planta de Ácido	1	Convertidor Catalítico de Contacto Doble	200.000 Nm ³ /h	OUTOTEC /Planta de Contacto Doble	2019
Planta de Flotación de escorias	1	Molino SAG Molino Bolas 10 Celdas Flotación 20m ³ 2 espesadores 1 Filtro Prensa 2 Filtros Cerámicos	Diseño: 1700 tpd	OUTOTEC	2014

3. FLUJOS

Los límites del sistema a establecer para el balance se presentan en la siguiente imagen, en la cual se identifican las entradas, salidas, inventarios y emisiones:

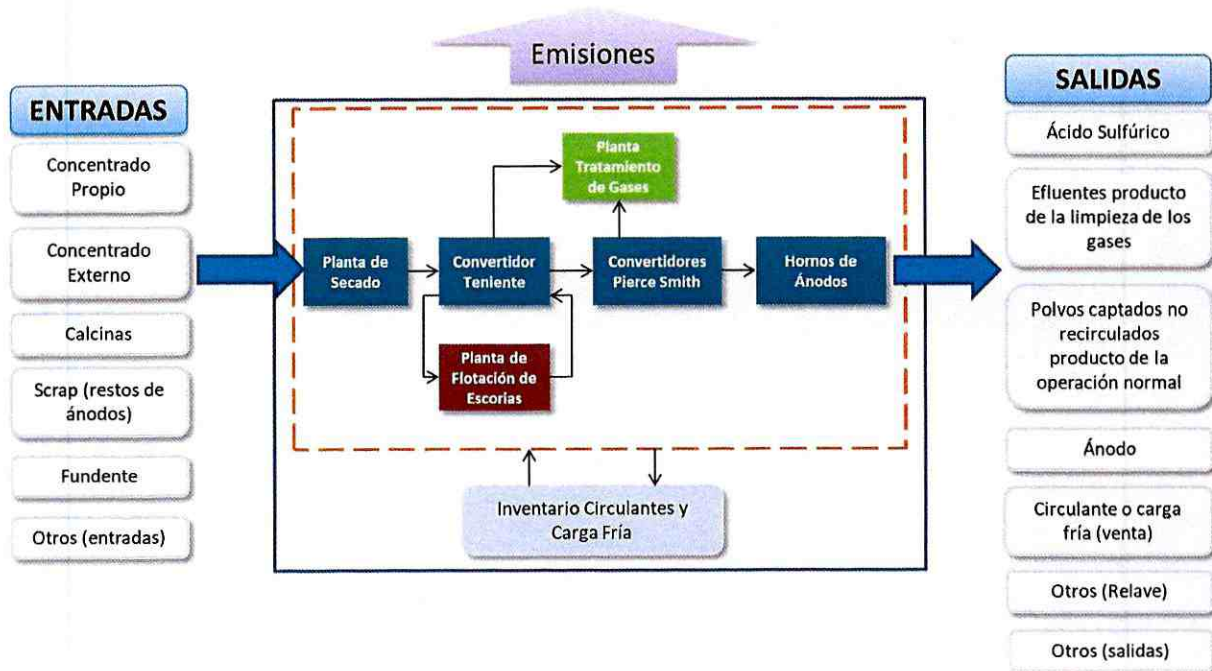


Imagen 5. Esquema general de Balance Fundición Potrerillos.

Los flujos ya mencionados, que conforman las entradas, salidas e inventarios, son caracterizados en términos de masa por medio de instrumentos y/o métodos cálculo, los que se presentan a continuación:

ENTRADAS

Entradas alimentadas por silo a la Fundición:

- **Concentrado propio:** corresponde a los Concentrados que se generan en los procesos de concentración de División Salvador.
- **Concentrado externo:** corresponde a todos los concentrados provenientes de proveedores distintos a División Salvador, tales como corporativos y otras empresas mineras.
- **Calcinas:** corresponde a un concentrado tostado. Este material recibe el mismo procesamiento que los concentrados.
- **Fundente:** corresponde al fundente silíceo utilizado en el horno de fusión.

Los puntos de control para la determinación del flujo de *concentrados propios, externos, calcinas y fundentes*, que son alimentados por silo a la Fundición Potrerillos corresponden a:

- **Correa R07:** El muestreo en esta correa se efectúa para los materiales que son recepcionados y almacenados en estanque. El material es cuantificado por medio del pesómetro ubicado en la correa que transporta material desde los estanques de almacenamiento hasta los silos de concentrado/materiales húmedos, desde la cual se toman muestras para la determinación de humedades y análisis químicos.
- **Recepción de Camiones:** Para los camiones que ingresan directamente a silo, y que no pasan por la correa R07, se determina la masa que ingresa a la Fundición a través de báscula de camiones certificada. Para determinar el tonelaje seco de estos concentrados, se toma una muestra a través de un brazo robótico de muestreo, la cual también sirve para su posterior análisis químico.

Entradas alimentadas directo a reactores en Fundición:

- **Scrap (restos de ánodos):** este flujo corresponde al material generado por el desgaste de los ánodos en proceso de refinación electrolítica.

La determinación del flujo de *Scrap* que ingresa a la Fundición se determina mediante su pesaje en báscula estática.

Otras Entradas:

- **Otras (entradas):** corresponde a flujos puntuales o no permanentes que pudieran darse en un periodo.

La determinación del flujo de *Otras Entradas* dependerá del tipo de material para la determinación de masa y muestreo.

SALIDAS

- **Ácido sulfúrico:** corresponde a un subproducto de proceso.

El flujo *Ácido Sulfúrico* se determina considerando el valor de despacho real de producto y el inventario medido por medio de sensores de nivel.

- **Efluentes producto de la limpieza de los gases:** corresponde a los efluentes generados en las limpiezas húmedas de los gases.

El flujo de los *Efluentes* se determina por medio de flujómetro.

- **Polvos captados no recirculados producto de la operación normal:** corresponden a los polvos generados por la limpieza de gases con precipitadores electroestáticos. Estos polvos pueden ser enviados a disposición final o a comercialización de acuerdo a los acuerdos comerciales que genere la División, y la normativa vigente.

El flujo de *Polvos captados no recirculados producto de la operación Normal* se determina mediante el tonelaje medido en báscula certificada.

- **Ánodos:** corresponden al producto principal de la Fundición (cobre anódico).

El flujo de *Ánodos* se determina mediante el cálculo del tonelaje asociado, para lo cual se registra la cantidad de piezas generadas por día y se multiplican por el peso promedio de ánodos, que corresponde al dato que se obtiene desde el proceso de Refinación Electrolítica, que alimenta este material pesado a su celda.

- **Circulante o carga fría (a venta):** corresponde a un flujo eventual que se genera cuando se alcanzan acuerdos comerciales o su procesamiento en otra unidad de negocio de la División.

El flujo de *Circulante o Carga Fría* se determina en la báscula de pesaje de camiones certificada.

- **Otros (Relave):** corresponde al material residual que se obtiene como descarte del procesamiento de la escoria de Convertidor Teniente en la Planta de Flotación de Escorias.

El flujo de *Otros (Relave)* se determina mediante la reconciliación del balance metalúrgico de Cobre de la Planta de Flotación de Escorias. Cabe indicar que esta Planta puede operar en forma independiente de la fusión de concentrados en Fundición, produciendo una reducción del inventario de la escoria de Convertidor Teniente.

- **Otras (salidas):** corresponden a pérdidas por proceso de secado, y otros flujos puntuales o no permanentes que se pudieran dar en un periodo, como por ejemplo la borra ácida producto de limpieza de estanques de planta ácido.

La cuantificación y caracterización de los materiales de salida puntuales o no permanentes que se consideren en este flujo, serán informadas cada vez que se tengan salidas de estos materiales.

INVENTARIOS

- **Inventarios de Circulante:** corresponde a flujos de materiales que son reprocesados en el Convertidor Teniente, los cuales pueden tener origen en limpiezas de nave, techos, correas, ser generados por el proceso y cuyo contenido de cobre está en una concentración entre 6 y 30 % de Cu.

El flujo de *Inventarios de Circulante* se determina mayoritariamente en básculas estáticas.

Los principales circulantes, y la determinación de su flujo se presentan a continuación:

- **Circulante (Escoria Convertidor Teniente):** corresponde al material generado en el Convertidor Teniente, el cuál es extraído en ollas y dispuesto en el sector de enfriamiento, generando un circulante sólido que es acopiado. El flujo se calcula multiplicando la cantidad de ollas con escorias extraídas, por el tonelaje promedio determinado por medio del pesaje aleatorio en báscula de ollas en forma periódica. Este material es alimentado como circulante a la Fundición y como flujo de alimentación a la Planta de Flotación de Escorias.
- **Circulante (Concentrado Planta de Flotación de Escorias):** corresponde al material generado en la planta de flotación de escoria como concentrado, producto del tratamiento de escorias de circulantes provenientes de nave fundición. El flujo se determina dependiendo de si el material es alimentado por correa o en forma directa a la Fundición:
 - **Correa R07:** el material es cuantificado por medio del pesómetro ubicado en la correa que transporta el material, desde la cual se toman muestras para la determinación de humedades y análisis químicos.
 - **Recepción de Camiones:** Para los camiones que ingresan directamente a silo, y que no pasan por la correa R07, se determina la masa que ingresa a la Fundición a través de báscula de camiones certificada, mientras que el muestreo se realiza a través de un brazo robótico de muestreo.
- **Circulante (Polvos metalúrgicos):** corresponden a los polvos gruesos extraídos del sector de pre cámara y cámara del sistema de Manejo de gases. Este material puede ser alimentado a fusión. Su flujo se determina mediante pesaje en báscula certificada.
- **Circulante (Otros - Gravilla):** corresponde a un insumo utilizado en la Planta de Secado. Una vez que este material se contamina, es extraído del secador y acopiado en el sector de secundarios de la Fundición. Con el fin de optimizar el uso de recursos, se realiza limpieza de algunas fracciones de este material, con el fin de retornarlo a la Planta de Secado. Este material puede ser alimentado a fusión. Su flujo se determina mediante pesaje en báscula certificada.
- **Circulante (Limpieza):** Son los materiales recuperados desde las correas, techos, y áreas de tránsito producto de la ejecución de actividades de aseo industrial en dichas áreas. Su flujo se determina mediante pesaje en báscula certificada.
- **Inventario de Carga fría:** corresponde al material de alta ley (superior al 30%) que se extrae de la limpieza interior de la Nave de fundición (derrames, entre otros) y de la extracción de las cáscaras que se forman al interior de las ollas que trasladan líquidos al interior de la Fundición. Su flujo se determina mediante pesaje en báscula certificada.

EMISIONES

- **Emisiones:** corresponde a la pérdida de proceso que se producen en las chimeneas de la Fundición y se calcula en base a los datos definidos en la reconciliación del balance, al cual se alimenta información base de las mediciones isocinéticas de todas las chimeneas del sistema definido para el balance azufre y arsénico.

Para la aplicación de las ecuaciones del balance, se considerarán los flujos másicos obtenidos de la reconciliación del balance de Cobre, la cual, en el caso de División Salvador, se realiza mediante el software informático SIGMAFINE, el cual entrega los valores reconciliados de todos los flujos de entrada y salida del nodo de control, y los inventarios y subinventarios de los distintos nodos de control internos, mediante la aplicación de factores de tolerancia aplicados a cada dato según la confiabilidad de la fuente que los origina.

Respecto a las leyes de azufre y arsénico que serán utilizadas, éstas corresponden a los análisis obtenidos de las muestras recolectadas en cada nodo definido en el modelo de control, las que son obtenidas de acuerdo a las características del flujo correspondiente, resguardando la representatividad del flujo y de acuerdo a las normativas de calidad asociadas a estas actividades (normas CNAM Codelco, Normas internacionales de muestreo, Estándares ISO, etc.) y con la frecuencia indicada por la Autoridad según las características de transporte y tipo de flujo.

4. VALIDACIÓN DEL BALANCE

La información para el cálculo del Balance de Masa se incorpora diariamente en los distintos sistemas operacionales de la División, la cual será validada por el encargado designado de reportabilidad de operaciones (GFR), quien podrá rectificarla según el respaldo con que cuente para cada caso, lo que quedará consignado en el control de cambio que posee el sistema SIGMAFINE. La determinación de los inventarios se efectúa a fines de cada mes, siendo responsabilidad del encargado de balance (GRMD) la incorporación de esta información al sistema de registro SIGMAFINE. **Para efectos de cierre, el cálculo del Balance de Masa considera la información hasta las 08:00 hrs. del primer día del mes siguiente.**

Los datos cargados al sistema SIGMAFINE que serán considerados como datos de entrada, se reconciliarán mediante los algoritmos internos propios del software, entregando valores reconciliados según las tolerancias e incertidumbres asignadas a cada flujo.

Para los balances de azufre y arsénico, se utilizarán para su confección los valores de flujos reconciliados del balance de cobre, obtenidos de la forma antes descrita; mientras que las leyes de cada flujo serán las medidas en cada punto de control esquematizado anteriormente.

4.1 Modelo de cálculo

El modelo de cálculo del Balance para el proceso Pirometalúrgico de División Salvador, corresponderá a lo instruido por la entidad ambiental en la Res. Ext. SMA N° 694 del año 2015, apartado 3.4.1., que indica lo siguiente:

“Es importante destacar que los balances de As y S no se ajustan directamente, si no que al contar con los flujos, los pesos secos ajustados y sus leyes, en cada flujo, estos se aplican para obtener un balance de As y S validado.

Para el balance de arsénico se tienen los pesos secos ajustados de cada flujo de entrada, salida y acumulado y el análisis químico para arsénico de cada uno de éstos flujos.

Luego se multiplica el peso seco del flujo ajustado por la fracción en peso de arsénico (porcentaje dividido por cien) y así se obtiene el peso de arsénico o fino de arsénico en todos los flujos.

$$\text{Fino As en flujo } i = \text{Peso seco flujo } i_{(\text{ajustado})} \times \frac{\% \text{ en peso As del flujo } i}{100}$$

Si el análisis está en ppm (cuando hay muy poco Cu), entonces la ecuación anterior se divide por 10.000.

$$\text{Fino As en flujo } i = \text{Peso seco flujo } i \times \frac{\% \text{ en peso As del flujo } i}{100 \times 10000}$$

Conocido el fino de arsénico en cada flujo se reemplazan en la ecuación anterior, según corresponda (flujo entrada, salida o acumulado), obteniéndose el balance de As validado:

$$\text{Emisión Validada } AS_{mes} = AS_{\text{entrada}} - AS_{\text{salida}} - [AS_{(\text{final})} - AS_{(\text{inicial})}]$$

Para el azufre se sigue la misma metodología de cálculo, así se tiene:

$$\text{Fino S en flujo } i = \text{Peso seco flujo } i_{(\text{ajustado})} \times \frac{\% \text{ en peso S del flujo } i}{100}$$

Conocido el fino de azufre en cada flujo se reemplazan en la ecuación 3:

$$\text{Emisión Validada } S_{mes} = S_{\text{entrada}} - S_{\text{salida}} - [S_{(\text{final})} - S_{(\text{inicial})}]$$

Para realizar algún ajuste en el balance de arsénico y de azufre se deberá considerar lo siguiente, en orden jerárquico:

- *Primero, ajustar los flujos másicos de acuerdo a los balances de cobre y/o hierro.*
- *Segundo, si no cuadra el balance de arsénico y/o de azufre variar la concentración de arsénico y/o de azufre de acuerdo al rango de concentración de los mismos, del resultado del análisis químico (el análisis químico entrega el promedio junto con la desviación de la muestra).*
- *Tercero, si no cuadra el balance de arsénico y/o de azufre volver al punto inicial.”*

4.2 Consideraciones del balance

Tonelaje de flujos de proceso

El tonelaje de todos los flujos corresponderá al valor reconciliado en el balance de cobre, el cual es efectuado previo a los balances de azufre y arsénico, utilizando el software SIGMAFINE.

La trazabilidad y ajustes de estos flujos estarán entonces registradas en el control de cambio asociado al sistema de reconciliación divisional.

Inventarios de proceso

Los tonelajes de los inventarios finales, también serán considerados como los resultantes del balance de cobre ya reconciliados. Siendo los finales de cada mes los iniciales del periodo siguiente.

Para efecto del aporte de inventarios en el balance de azufre y arsénico, se determinará la variación de inventarios efectiva, mediante la diferencia resultante del inventario final menos el inventario inicial del periodo.

La validación de los inventarios se efectuará al cierre de cada mes, dejando registro de esta toma de inventario, para lo cual se verificará la información de operaciones respecto a la generación y consumo de cada inventario y su variación efectiva en el mes, y se contrastará con el inventario físico existente. La contrastación de los inventarios se podrá efectuar según la factibilidad asociada al volumen y tipos de material, debiendo efectuarse según las siguientes prioridades:

- a. Conteo
- b. Pesaje
- c. Lectura de instrumentos de medición
- d. Transferencia a través de PI System
- e. Topografía
- f. Medición Láser
- g. Estimaciones, sólo de manera excepcional y con razones fundadas en el concepto beneficio-costo, de acuerdo a volúmenes conocidos.

Los volúmenes encontrados junto con sus respectivas densidades permiten calcular los tonelajes secos de cada uno de ellos, información que está disponible en los registros del sistema.

Las densidades aplicadas son determinadas anualmente y los resultados son parte de los registros existentes. El inventario pesado en báscula estática es considerado para la estimación mensual del total del inventario existente. Los antecedentes que dan cuenta de este pesaje están en el registro correspondiente.

Los resultados de los tonelajes calculados se mantienen en los registros respectivos.

Leyes de azufre y arsénico

De acuerdo a las orientaciones entregadas por SMA, para cada flujo de proceso éstas serán utilizadas de forma directa según las mediciones entregadas por los laboratorios químicos, y controladas en cada uno de los flujos y puntos de control, antes mencionado.

El valor de las leyes que se cargará al sistema, corresponderá al valor analizado en los compósitos diarios, conformados por incrementos tomados en los puntos de control según la frecuencia indicada por la Autoridad.

Para las leyes de los inventarios finales, se considerará las resultantes del cálculo entre los contenidos finos iniciales de cada acopio, más el ingreso controlado, menos los flujos de consumos, considerando el inventario como un conjunto.

5. MUESTREO
Tabla 3. Descripción de Muestreos.

ENTRADAS							
Ítem	Flujos	Punto de Muestreo	Forma de determinación	Metodología	Frecuencia	Tipo de Muestreo	N° de incrementos
1	Concentrados Propios	PRM/Correa R07	Analizada	PCE 031/210-PRM-002	Cada 15 minutos	Manual con un compuesto por turno de 12 horas	4 inc./hora
2	Concentrado Externo	PRM/Camión	Analizada	PCE 031/210-PRM-002	Cada Camión	Automático (Brazo robótico) Compósito de máximas 300T	20 inc./camión
3	Calcinas	PRM/Correa R07	Analizada	PCE 031/210-PRM-002	Cada 15 minutos	Manual con un compuesto por turno de 12 horas	4 inc./hora
4	Scrap (restos de ánodos)	NA	Asignado	PCE 031/210-RF-006	NA	Automático (Brazo robótico) Compósito de máximas 300T	20 inc./camión
5	Fundente	PRM/Correa R07	Analizada	PCE 031/210-PRM-005 PCE 031/210-PRM-006	Cada 15 minutos	Manual con un compuesto por turno de 12 horas	4 inc./hora
6	Otros (entradas)	Según producto	Según producto	PCE 031/210-PRM-005 PCE 031/210-PRM-006	Según producto	Según producto	Según producto

*inc.: incremento.

PRM: Planta de Recepción y Mezcla.



Tabla 3. Descripción de Muestreos (continuación).

SALIDAS							
Ítem	Flujos	Punto de Muestreo	Forma de determinación	Metodología	Frecuencia	Tipo de Muestreo	N° de incrementos
7	Ácido Sulfúrico	Planta de Ácido Sulfúrico	Analizada	P-GOFR-041	Diaría	Manual con compuesto por día	4 inc./día
8	Efluentes producto de la limpieza de los gases	Planta de Ácido Sulfúrico	Analizada	P-GOFR-041	Diaría	Manual con compuesto por día	4 inc./día
9	Polvos captados no recirculados producto de la operación normal	Manejo y Limpieza de Gases/ Silo de llenado de Maxisaco	Analizada	PCE 031/210-MF-001	Cada saco	Manual por saco	1 inc./saco
10	Ánodo	Muestrera Refinería	Analizada	PCE 031/210-RF-002	Cada Moldeo	Manual perforación con taladro	20 inc./pieza, considera 3 piezas mayor al 0,25% del ciclo de moldeo
11	Circulante o Carga Fria a venta	Stock inventario	Analizada	PCE 031/210-MF-005	Cada camión	Manual, compuesto de máximas 300 t	10 inc./camión
12	Otros (relave)	Salida Planta Flotación Escoria	Analizada	PCE 031/210-MF-002	Cada 15 minutos	Automático (Cortador)	4 inc./hora
13	Otros	Según producto	Según producto	Según producto	Según producto	Según producto	Según producto

*inc.: incremento.

PRM: Planta de Recepción y Mezcla



Tabla 3. Descripción de Muestreos (continuación).

INVENTARIOS							
Ítem	Flujos	Punto de Muestreo	Forma de determinación	Metodología	Frecuencia	Tipo de Muestreo	N° de incrementos
14	Circulantes (Escoria de Convertidor Teniente)	Alimentación Planta de Flotación de Escoria	Analizada	PCE 031/210-MF-002	Cada 15 minutos	Automático (Cortador)	4 inc./hora
15	Circulantes (Gravilla)	Acopios secundarios	Analizada	PCE 031/210-MF-003	Cada vez que se traslada	Manual, compuesto de máximas 300 t	15 inc.
16	Circulante (Polvos)	Acopios secundarios	Analizada	PCE 031/210-MF-001 PCE 031/210-MP-004	Cada vez que se traslada	Manual, compuesto de máximas 300 t	15 inc.
17	Circulante (Limpieza)	Acopios secundarios	Analizada	PCE 031/210-MF-003	Cada vez que se traslada	Manual, compuesto de máximas 300 t	15 inc.
18	Circulante Carga Fria	Sector de parrillado	Analizada	PCE 031/210-MF-003	Cada vez que se traslada	Manual, compuesto de máximas 300 t	15 inc.
19	Ánodo	NA	Asignada	PCE 031/210-RF-002	NA	Valor asignado de acuerdo a valores controlados en producción anódica	NA
20	Metal Blanco	Ingreso Fundición	Analizada	PCE 031/210-MF-005	Cada vez que se traslada	Manual, compuesto de máximas 300 t	15 inc.
21	Moldes	NA	Asignada	PCE 031/210-MF-005	NA	Valor asignado de acuerdo a valores controlados en producción anódica	N/A
22	Ladrillos	Cancha de ladrillos	Analizada	PCE 031/210-MF-004	Cada vez que se traslada	Manual, compuesto de máximas 300 t	15 inc.
23	Otros (Concentrado Planta Flotación Escorias)	PRM/Correa R07	Analizada	PCE 031/210-PRM-002	Cada 15 minutos	Manual con un compuesto por turno de 12 horas	4 inc./hora
		PRM/Camión	Analizada	PCE 031/210-MP-002	Cada Camión	Automático (Brazo robótico) Compósito de máximas 300T	20 inc./camión

Nota: Los códigos de los procedimientos pueden modificarse, considerando que estos son realizados por laboratorios externos, sin perjuicio a lo anterior se informará y solicitará actualización de la metodología en caso que cambie el procedimiento, no el código u empresa que lo realice.

A continuación se presenta el diagrama de procesos y flujos, con los puntos de medición y muestreo:

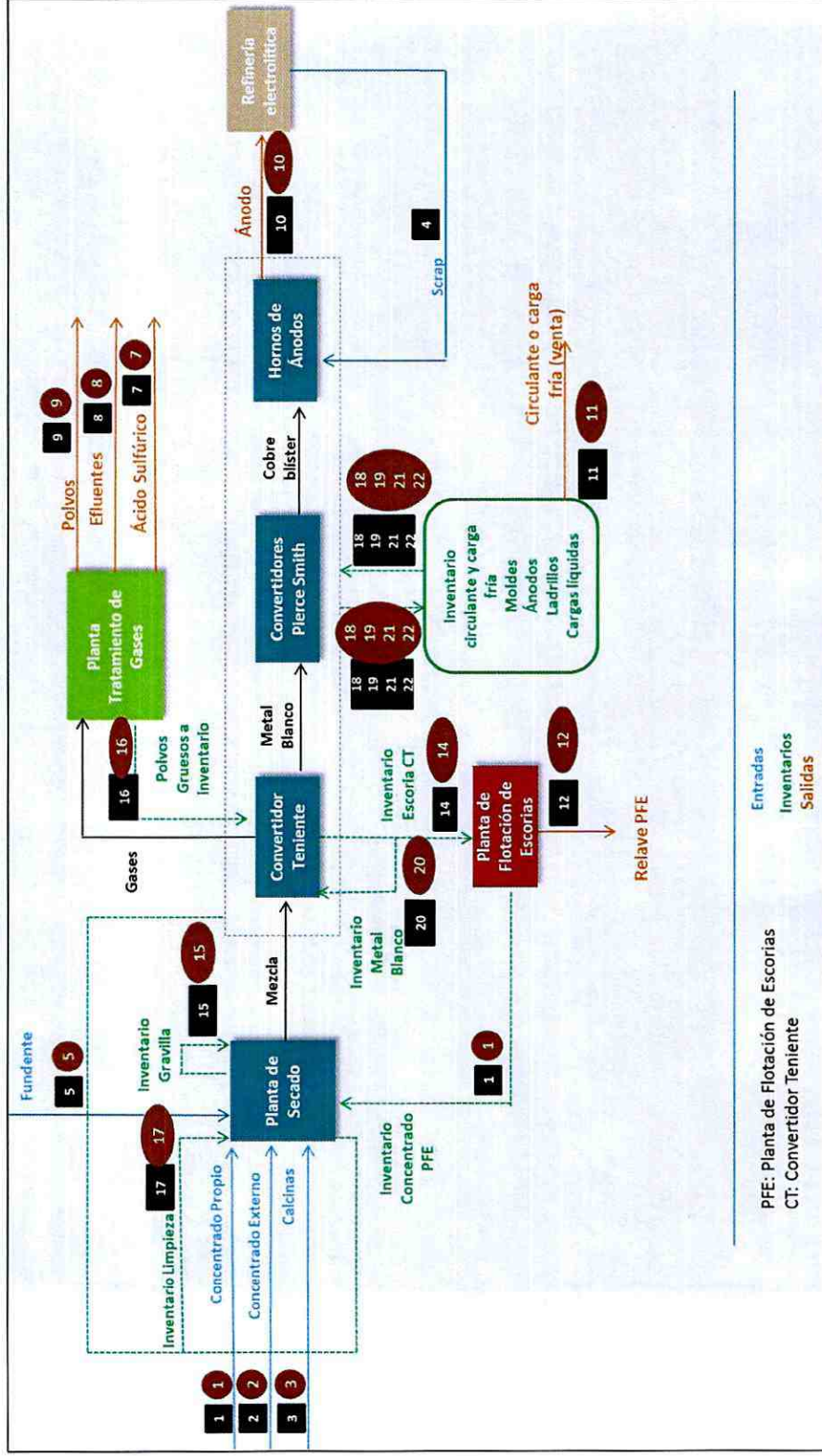


Imagen 6. Diagrama de Puntos de Medición y Muestreo.

6. ANÁLISIS QUÍMICOS
Tabla 4. Descripción del Análisis Químico.

ENTRADAS										
N°	Flujo	Frecuencia de Análisis	Tipo de muestreo / equipos	Técnica de Análisis S	Metodología	Límite detección S	Error S	Técnica de análisis As	Límite detección As	Error As
1	Concentrados Propios	Por lote	ICP-OES	Fusión peróxido de Na, lectura ICP-OES	PCE 031/210-LQP-026	0,001%	0,5% +/-	Ataque Ácido, lectura ICP-OES	0,001%	0,01 % +/-
2	Concentrado Externo	Por lote	ICP-OES	Fusión peróxido de Na, lectura ICP-OES	PCE 031/210-LQP-026	0,001%	0,5% +/-	Ataque Ácido, lectura ICP-OES	0,001%	0,01 % +/-
3	Calcinas	Por lote	ICP-OES	Fusión peróxido de Na, lectura ICP-OES	PCE 031/210-LQP-026	0,001%	0,5% +/-	Ataque Ácido, lectura ICP-OES	0,001%	0,01 % +/-
4	Scrap	NA	NA	NA	PCE 031/210-LQP-037	NA	NA	NA	NA	NA
5	Fundentes	Por lote	ICP-OES	Fusión peróxido de Na, lectura ICP-OES	PCE 031/210-LQP-026	0,001%	0,5% +/-	Ataque Ácido, lectura ICP-OES	0,001%	0,01 % +/-
6	Otras (entradas)	Según producto	Según producto	Según producto	Según producto	Según producto	Según producto	Según producto	Según producto	Según producto

Tabla 4. Descripción del Análisis Químico (continuación).

SALIDAS										
N°	Flujo	Frecuencia de Análisis	Tipo de muestreo / equipos	Técnica de Análisis S	Metodología	Limite detección S	Error S	Técnica de análisis As	Limite detección As	Error As
7	Ácido Sulfúrico	Diaria	Por técnicas	Ácido producto, indirecto => Pureza, por volumetría de neutralización	PCE 031/210-LQP-026 PCE 031/210-LQP-035	0,01%	0,5% +/-	Generación de Hidruros	0,2 ppm	5 ppm +/-
8	Efluente producto de la limpieza de los gases	Diaria	Por técnicas	Ácido producto, indirecto => Pureza, por volumetría de neutralización	PCE 031/210-LQP-026 PCE 031/210-LQP-035	0,01%	0,5% +/-	Generación de Hidruros	0,2 ppm	5 ppm +/-
9	Polvos captados no recirculados producto de la operación normal	Por lote	ICP-OES	Fusión peróxido de Na, lectura ICP-OES	PCE 031/210-LQP-026	0,001%	0,5% +/-	Ataque Ácido, lectura ICP-OES	0,001%	0,01 % +/-
10	Ánodo	Por moldeo	S/LECO As/ICP-OES	S-detección IR (S leco)	PCE 031/210-RF-002	0,0002%	0,1 % +/-	Ataque Ácido, lectura ICP-OES	2 ppm	50 ppm +/-
11	Circulante o carga fría a venta	Cada vez	ICP-OES	Fusión peróxido de Na, lectura ICP-OES	PCE 031/210-LQP-026	0,001%	0,5% +/-	Ataque Ácido, lectura ICP-OES	0,001%	0,01 % +/-
12	Otros (relave)	Diaria	ICP-OES	Fusión peróxido de Na, lectura ICP-OES	PCE 031/210-LQP-026	0,001%	0,5% +/-	Ataque Ácido, lectura ICP-OES	0,001%	0,01 % +/-
13	Otros (salidas)	Según producto	Según producto	Según producto	Según producto	Según producto	Según producto	Según producto	Según producto	Según producto

Tabla 4. Descripción del Análisis Químico (continuación).

INVENTARIOS										
N°	Flujo	Frecuencia de Análisis	Tipo de muestreo / equipos	Técnica de Análisis S	Metodología	Limite detección S	Error S	Técnica de análisis As	Limite detección As	Error As
14	Circulante (Escoria de Convertidor Teniente)	Cada vez	ICP-OES	Fusión peróxido de Na, lectura ICP-OES	PCE 031/210-LQP-026	0,001%	0,5% +/-	Ataque Ácido, lectura ICP-OES	0,001%	0,01 %+/-
15	Circulante (Gravilla)	Cada vez	ICP-OES	Fusión peróxido de Na, lectura ICP-OES	PCE 031/210-LQP-026	0,001%	0,5% +/-	Ataque Ácido, lectura ICP-OES	0,001%	0,01 %+/-
16	Circulante (Polvos)	Cada vez	ICP-OES	Fusión peróxido de Na, lectura ICP-OES	PCE 031/210-LQP-026	0,001%	0,5% +/-	Ataque Ácido, lectura ICP-OES	0,001%	0,01 %+/-
17	Circulante (Limpieza)	Cada vez	ICP-OES	Fusión peróxido de Na, lectura ICP-OES	PCE 031/210-LQP-026	0,001%	0,5% +/-	Ataque Ácido, lectura ICP-OES	0,001%	0,01 %+/-
18	Circulante carga fría	Cada vez	ICP-OES	Fusión peróxido de Na, lectura ICP-OES	PCE 031/210-LQP-026	0,001%	0,5% +/-	Ataque Ácido, lectura ICP-OES	0,001%	0,01 %+/-

Tabla 4. Descripción del Análisis Químico (continuación).

INVENTARIOS										
N°	Flujo	Frecuencia de Análisis	Tipo de muestreo / equipos	Técnica de Análisis S	Metodología	Limite detección S	Error S	Técnica de análisis As	Limite detección As	Error As
19	Ánodo	NA	NA	NA	PCE 031/210- RF-002	NA	NA	NA	NA	NA
20	Metal Blanco	Cada vez	ICP-OES	Fusión peróxido de Na, lectura ICP- OES	PCE 031/210- LQP-026	0,001%	0,5% +/-	Ataque Ácido, lectura ICP-OES	0,001%	0,01 %+/-
21	Moldes	NA	NA	NA	PCE 031/210- LQP-026	NA	NA	NA	NA	NA
22	Ladrillos	Cada vez	ICP-OES	Fusión peróxido de Na, lectura ICP- OES	PCE 031/210- LQP-026	0,001%	0,5% +/-	Ataque Ácido, lectura ICP-OES	0,001%	0,01 %+/-
23	Otros (Concentrado Planta de Flotación de Escoria)	Diaria	ICP-OES	Fusión peróxido de Na, lectura ICP- OES	PCE 031/210- LQP-026	0,001%	0,5% +/-	Ataque Ácido, lectura ICP-OES	0,001%	0,01 %+/-

ICP-OES: Espectrómetro Óptico de Plasma.