

**APRUEBA MODIFICACIÓN DE METODOLOGÍA DE
BALANCES DE MASA DE ARSÉNICO Y AZUFRE DE LA
FUNDICIÓN CHUQUICAMATA, EN EL MARCO DEL D.S.
N°28, DE 2013, DEL MINISTERIO DEL MEDIO
AMBIENTE, QUE ESTABLECE NORMA DE EMISIÓN
PARA FUNDICIONES DE COBRE Y FUENTES EMISORAS
DE ARSÉNICO**

RESOLUCIÓN EXENTA N° 472

SANTIAGO, 20 de marzo de 2025

VISTOS:

Lo dispuesto en el artículo segundo de la Ley N°20.417, que fija el texto de la Ley Orgánica de la Superintendencia del Medio Ambiente (en adelante, “LOSMA”); en la Ley N°19.300, sobre Bases Generales del Medio Ambiente; 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°18.834 que Aprueba el Estatuto Administrativo; 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 el Decreto con Fuerza de Ley N°3, de 2010, del Ministerio Secretaría General de la Presidencia, que fija la Planta de Personal de la Superintendencia del Medio Ambiente y su Régimen de Remuneraciones; en la Resolución Exenta N°2207, de 2024, de la Superintendencia del Medio Ambiente, que fija su organización interna y deja sin efecto las resoluciones exentas que indica; en el Decreto Supremo N°70, de 2022, del Ministerio del Medio Ambiente, que nombra a la Superintendente del Medio Ambiente; en la Resolución Exenta RA N°119123/98/2023, de 2023, de la Superintendencia del Medio Ambiente que nombra a la Jefa de la División de Fiscalización de la Superintendencia del Medio Ambiente; en la Resolución Exenta RA 119123/73/2024, de 2024, de la Superintendencia del Medio Ambiente, que nombra Fiscal de la Superintendencia del Medio Ambiente; y, en la Resolución N°36, de 2024, de la Contraloría General de la República, que fija norma sobre exención del trámite de toma de razón.

CONSIDERANDO:

1° Que, la Superintendencia del Medio Ambiente (en adelante, “Superintendencia” o “SMA”) 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 todos aquellos otros instrumentos de carácter ambiental que establece la ley, así como imponer sanciones en caso que se constaten infracciones de su competencia.

2° Que, el inciso 2° del artículo 12 del D.S. N°28/2013 MMA prescribe lo siguiente: “(...) *las fuentes emisoras nuevas y existentes deberán presentar a la Superintendencia del Medio Ambiente, para su aprobación, las metodologías específicas conforme a las cuales se realizarán los balances de masa mensuales para azufre y arsénico (...)*”.



3° Que, mediante la Resolución Exenta N°694, de fecha 21 de agosto de 2015, esta Superintendencia aprobó el “Protocolo para validación de metodologías de balance de masa de arsénico y azufre en fuentes emisoras de acuerdo con el D.S. N°28/2013 MMA (en adelante, “Res. Ex. N°694/2015 SMA” o “protocolo de balances de masa”).

4° Que, conforme a lo anterior, a través de la Resolución Exenta N°1205, de fecha 23 de diciembre de 2015, esta Superintendencia aprobó la metodología de balances de masa de arsénico y azufre de la Fundición Chuquicamata. Se hace presente que la última modificación a la metodología de balances de masa fue aprobada mediante la Resolución Exenta N°1691, de 29 de septiembre de 2022, de la SMA (en adelante, “Res. Ex. N°1691/2022”).

5° Que, el artículo 13 del D.S. N°28/2013 MMA establece que las fuentes emisoras nuevas y existentes deben realizar una auditoría en el primer semestre de cada año calendario, por una entidad certificadora de conformidad ambiental autorizada por esta Superintendencia, con el objeto de revisar y verificar la aplicación de las metodologías usadas en los balances de masa.

6° Que, en base a las oportunidades de mejora levantadas en el proceso de auditoría externa del año 2024, la empresa Corporación Nacional del Cobre de Chile (en adelante, “Codelco”, o “el titular”) ingresó a la SMA, mediante la carta GSDN N°568/2024, una propuesta de actualización de la metodología de balances de masa de la Fundición Chuquicamata que se encuentra aprobada mediante la Res. Ex. N°1691/2022.

7° Que, realizado el examen de información a los antecedentes presentados por el titular mediante la carta GSDN N°568/2024 para la Fundición Chuquicamata, esta Superintendencia levantó observaciones respecto a las modificaciones propuestas para el flujo efluente limpieza de gases y flujo de ánodos.

8° Que, mediante el ORD N°191, de fecha 22 de enero de 2025, la SMA citó al titular a una reunión de asistencia al cumplimiento para el 28 de enero de 2025, con el objetivo de aclarar las observaciones identificadas.

9° Que, a través de la Resolución Exenta N°163, de 3 de febrero de 2025 (en adelante, “Res. Ex. N°163/2025”), la SMA requirió al titular complementar las justificaciones técnicas asociadas a las modificaciones de los flujos, efluente limpieza de gases y ánodos, solicitando la presentación de la siguiente información: i) Informe técnico que justifique y explique detalladamente las modificaciones realizadas al documento de la metodología de balances de masa que se encuentra aprobada mediante la Res. Ex. N°1691/2022; ii) Antecedentes del proyecto de inversión para implementar un sistema de pesaje para determinar la masa de los ánodos; iii) Presentación de una nueva metodología de balances de masa de Arsénico (As) y Azufre (S), junto con los procedimientos de muestreo y análisis químico correspondientes, y iv) Memoria de cálculo que detalle los datos de las campañas realizadas para determinar la masa de pieza de ánodo, densidad del ácido producto y densidad del efluente de limpieza de gases.

10° Que, a través de la carta GMA-011/2025, de fecha 17 de febrero de 2025, el titular ingresó a la SMA propuesta de modificación de la metodología



de balances de masa de la Fundición Chuquicamata y anexos, de acuerdo con lo requerido en el resolvo primero de la Res. Ex. N°163/2025.

11° Que, la actualización de la metodología de balances de masa de la fundición contempló modificaciones respecto a la información del titular, muestreo y análisis químico.

12° Que, el informe técnico de fiscalización ambiental, DFZ-2025-16-II-NE, da cuenta de los resultados del examen de información efectuado por la Superintendencia del Medio Ambiente a la modificación de la metodología de balances de masa de arsénico y azufre de la Fundición Chuquicamata, en el cual se recomienda aprobar la modificación, en atención a que la metodología se ajusta a los requisitos establecidos en el protocolo para validación de metodologías de balances de masa de arsénico y azufre de esta Superintendencia.

13° Que, en atención a lo anterior, se procede a resolver lo siguiente:

RESUELVO:

PRIMERO. APRUÉBESE el documento técnico *“Metodología de Balance Metalúrgico de Arsénico y Azufre Fundición Chuquicamata. Febrero 2025”*, presentado por el titular Codelco, mediante la carta GMA-011/2025, 17 de febrero de 2025, cuyo texto íntegro se acompaña a la presente resolución, entendiéndose parte de la misma.

Asimismo, forman parte íntegra de esta resolución, los procedimientos e informe de evaluación técnica elaborado por esta Superintendencia.

SEGUNDO. DÉJESE SIN EFECTO a contar de la notificación del presente acto, la Resolución Exenta N°1691, de fecha 29 de septiembre de 2022, de esta Superintendencia.

TERCERO. CONDICIONES. La metodología aprobada deberá aplicarse considerando obligatoriamente las condiciones que a continuación se establecen:

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

2. La fuente emisora deberá implementar el balance de masa en los términos aprobados por esta Superintendencia. 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 a 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.

3. Los procedimientos de muestreo y análisis químico deben ser consistentes con la información declarada en el documento de la metodología de balances de masa.



4. La planilla de los reportes mensuales de los balances de masa de arsénico y azufre deberá incluir todos los flujos de entrada, flujos intermedios (inventarios) y flujos de salidas definidos en el documento mencionado en el resuelvo primero.

5. Si por necesidades operacionales se requiere incorporar un flujo de entrada, flujo de salida o flujo intermedio en el límite del sistema de la fuente emisora se deberá informar y justificar técnicamente a esta Superintendencia.

CUARTO. HACER PRESENTE que, de acuerdo con lo señalado en el artículo 13 del D.S. N°28/2013 MMA, se debe efectuar anualmente una auditoría externa que revise y verifique la aplicación de la metodología de balances de masa, la cual deberá ser realizada por una Entidad Técnica de Certificación Ambiental (ETCA) autorizada por la Superintendencia del Medio Ambiente, lo cual será fiscalizado por este servicio.

ANÓTESE, COMUNÍQUESE Y DESE CUMPLIMIENTO.

MARIE CLAUDE PLUMER BODIN
SUPERINTENDENTA DEL MEDIO AMBIENTE

BRS/JAA/CLV/CPH/JRF/ESD

DISTRIBUCIÓN:

- Humberto Rivas Guzmán, en representación de Corporación Nacional del Cobre. Huérfanos N°1270, comuna de Santiago, región Metropolitana de Santiago. Correo electrónico: hriva002@odelco.cl

C.C.:

- Fiscalía, SMA.
- División de Fiscalización, SMA.
- Oficina regional de Antofagasta, SMA.
- Oficina de Partes, SMA.

Expediente cero papel N°6179/2025





CODELCO División Chuquicamata

METODOLOGÍA DE BALANCE METALÚRGICO DE ARSÉNICO Y AZUFRE FUNDICIÓN CHUQUICAMATA

Dirección de Calidad – Gerencia de Recursos Mineros y Desarrollo

	Nombre	Cargo	Firmas	Revisión
Elaborado por	Rubén Toro Z.	Coordinador de Gestión Calidad y Procesos GRMD		A
	Lilian Zavala N.	Superintendente de Calidad GRMD		B
	Fernanda Piffardi G	Ingeniera Experta de Balance Metalúrgico GRMD		B
Revisado por	Sergio Paredes Q.	Ingeniero Senior Gerencia Fundición-Chuquicamata		C
	Delany Bruzzone H.	Ingeniera de Gestión Ambiental Distrito Norte		D
Aprobado por	Gustavo Castro V.	Director Medio Ambiente División Chuquicamata		0

Febrero 2025

ANEXOS.....	ii
1. REQUERIMIENTOS GENERALES.....	1
1.1 INTRODUCCIÓN.....	1
1.2 RESUMEN.....	2
1.3 TITULAR	3
2. IDENTIFICACIÓN DEL SISTEMA.....	4
3. FLUJOS DE ENTRADA.....	6
4. FLUJOS DE SALIDA	7
5. FLUJOS INTERMEDIOS (INVENTARIOS).....	8
6. VALIDACIÓN DE LOS BALANCES	9
7. MUESTREO	11
7.1 MUESTREO Y ANÁLISIS QUÍMICO.....	11
7.2 ESTIMACIONES	11
8. ANÁLISIS QUÍMICO.....	17
9. ESTACIONES MONITOREO DE CALIDAD DEL AIRE.....	20
10. MODIFICACIÓN DE DOCUMENTO	21
11. ANEXOS.....	23
Anexo 1	23
Resumen de Procedimiento	23

INDICE DE TABLAS

Tabla 1.1. Información del titular de la fuente	3
Tabla 2.1. Descripción de equipos e instalaciones.....	5
Tabla 3.1. Flujos de Entrada	6
Tabla 4.1. Flujos de Salida	7
Tabla 5.1. Flujo variación de Inventarios	8
Tabla 7.1. Descripción de muestreos y estimaciones	13
Tabla 8.1. Descripción del análisis químico.....	17
Tabla 9.1. Estaciones de monitoreo de calidad del aire de referencia para Arsénico	20

INDICE DE FIGURAS

Figura 1.1 Ubicación de la Fuente Emisora.....	1
Figura 2.1 Diagrama de Flujo Fundación Chuquicamata.....	4
Figura 7.1. Diagrama de puntos de medición y de muestreo	16

ANEXOS

Anexo 1. Resumen de Procedimientos

1. REQUERIMIENTOS GENERALES

1.1 INTRODUCCIÓN

Fundición Chuquicamata tiene una antigüedad operacional que data desde el año 1952, su capacidad de fusión de concentrados y/o calcinas (provenientes de División Ministro Hales, CODELCO) es de 1.170.000 ton/año¹, donde sus productos principales son cobre anódico y ácido sulfúrico. La capacidad nominal de producción de ánodos de cobre de alta calidad es de 535.000 t/año², mientras que la producción de ácido esperada (al 100% H₂SO₄) para las dos plantas de ácido (CAP 3 y CAP 4) es de 2.048 ton/día cada una³.

Esta metodología de balance considera la incorporación del equipo de fusión Convertidor Teniente N°2 (CT2) sólo como respaldo, debido a la detenciones programadas y mantenciones menores del equipo de Fusión Horno Flash (HF), con la finalidad de dar continuidad operacional al Complejo Fundición.

Además, reincorpora en el proceso de conversión del eje y metal blanco el equipo Convertidor Pierce Smith N°5 (CPS 5) para operar junto con los equipos del proceso de conversión, con el objeto de tener una mayor disponibilidad operacional, en caso de detenciones programadas y mantenciones menores de los otros equipos.

Este esquema cuenta con un escenario operativo en base a 01 Secador Rotatorio, 01 Horno Flash, 01 Convertidor Teniente, 05 Convertidores Pierce Smith, 06 Hornos de Refinación Anódica, 02 Hornos de Fusión de Scrap, 03 Ruedas de Moldeo de Ánodos, 02 Plantas de Ácido Sulfúrico, 03 Plantas de Oxígeno y 01 Planta de Tratamiento de Arsénico.

La Fundición Chuquicamata, está ubicada en la comuna de Calama, Provincia de Loa, Región de Antofagasta. Dicha instalación se emplaza a 15 km al Norte de la ciudad de Calama y 250 km al Noreste de la ciudad de Antofagasta. En la Figura 1.1 se detalla con mayor precisión la ubicación.

¹ La capacidad de producción está aprobada ambientalmente por la Resolución de Calificación Ambiental N° 183 del año 2000 (RCA 183/2000).

² RCA N° 0435/2008 "Tratamiento de Impurezas en ánodos y cátodos de División Codelco Norte".

³ Anexo 3 Adenda Complementaria DIA "Aumento de Eficiencia Plantas de Ácido Sulfúrico N° 3 y 4 a Doble Contacto - Doble Absorción".



Figura 1.1. Ubicación de la Fuente Emisora

1.2 RESUMEN

La Fundición de Chuquicamata, ha desarrollado un mejoramiento general a gran parte sus operaciones unitarias para dar cumplimiento al D.S N° 28/2013 del Ministerio del Medio Ambiente, que establece “Norma de Emisión para Fundiciones de Cobre y Fuentes Emisoras de Arsénico” con entrada en vigencia el 12 Diciembre 2018.

Dado lo anterior, los proyectos que forman parte de la transformación de la Fundición se describen a continuación:

- Transformación de Plantas de Ácido N°3 y N°4 a Doble Contacto/Doble Absorción, tiene por objetivo desarrollar un cambio de tecnología que permita disminuir las emisiones de SO_2 hacia la atmósfera, aumentar la eficiencia de conversión y absorción de los gases provenientes de Fundición.
- Aumento de la Capacidad de Fusión, potenciamiento del Horno Flash 825 ktpa a 1.170 ktpa permitiendo procesar mezclas de calcina de División Ministro Hales (DMH), concentrado de Chuquicamata, RT Fase 1 y concentrado de escoria.
- Implementación de un nuevo Secador a Vapor, que permite la reducción de la emisión de Material Particulado.
- Captación y Limpieza de Humos en Refino, para la reducción de emisiones de gases.
- Cambio a un combustible menos contaminante Petróleo a Gas Natural en la refinación.
- Mejoramiento en la captación de gases fugitivos en Horno Flash.
- Reemplazo de Campanas Convertidores Pierce Smith.
- Instalación de una nueva planta de tratamiento de efluentes, para la fijación de Arsénico (ATP).

En este informe se presenta la metodología propuesta, la cual se basa en los requerimientos descritos en la Resolución Exenta N° 694/2015 en relación a las metodologías específicas, conforme las cuales se realizan los balances de masa mensuales para el Azufre (S) y Arsénico (As).

Una vez realizado el balance de Cobre (Cu), se utilizan las masas en base seca del balance ajustado de cobre de la División Chuquicamata (mediante software SIGMAFINE) extrayendo en forma

automática las masas reconciliadas de los flujos necesarios para los balances de As y S, además de las masas de Efluente de Planta de Ácido y la producción de ácido sulfúrico.

Para dichos balances, las leyes de As y S asociados a cada flujo, se encuentran disponibles en el sistema LIMS de información del laboratorio químico, para lo cual, se cuenta con aplicaciones automáticas que rescatan esta información y la hacen converger a los flujos definidos en el balance.

Posteriormente, se cuenta con la información de inventarios medidos por distintas metodologías (topografía laser, medición de alturas en tolvas, estimación de líquidos calientes en equipos de fusión, conteo de piezas de ánodos y scrap), cuyas leyes han sido analizadas para As y S, y son ingresadas en forma manual para que participen del balance.

Por otro lado, en cada balance mensual se informa los materiales de mantención y limpieza, siendo estos descontados anualmente de la emisión final acumulada del año de acuerdo a lo establecido en el Protocolo.

Una vez consolidada la información de flujos e inventarios con sus respectivas leyes de As y S se procede a calcular la emisión mediante la siguiente fórmula:

$$\text{Emisión Mensual (As, S)} = \text{Entradas} - \text{Salidas} + (\text{Inv inicial} - \text{Inv final}) \quad \text{Ec. 1}$$

La emisión anual se determina como la diferencia entre las concentraciones de azufre o arsénico neto que ingresa mensualmente y sale de la fuente emisora más el azufre o arsénico asociado a la variación de inventario.

$$\text{Emisión Anual (As, S)} = \sum \text{Entradas} - \sum \text{Salidas} + (\text{Inv inicial} - \text{Inv final}) - \sum \text{Material Limpieza} \quad \text{Ec. 2}$$

1.3 TITULAR

Tabla 1.1. Información del titular de la fuente

Titular de la actividad, proyecto o fuente fiscalizada: CODELCO CHILE, División Chuquicamata		RUT o RUN: 61.704.000-K	
Identificación de la fuente: Fundición de Concentrados División Chuquicamata			
Dirección: Av. 11 Norte N°1291, Villa Exótica, Edificio Institucional, Calama	Región: Antofagasta	Provincia: El Loa	Comuna: Calama
Correo Electrónico: Rgall017@codelco.cl		Teléfono: (56-55) 2325640	
Representante Legal: René Galleguillos Pallauta		RUT: 13.220.958-8	
Dirección: Av. 11 Norte N°1291, Villa Exótica, Edificio Institucional, Calama	Teléfono: (56-55) 2325640	Correo Electrónico: Rgall017@codelco.cl	

2. IDENTIFICACIÓN DEL SISTEMA

El límite y sistema se detalla en la siguiente figura:

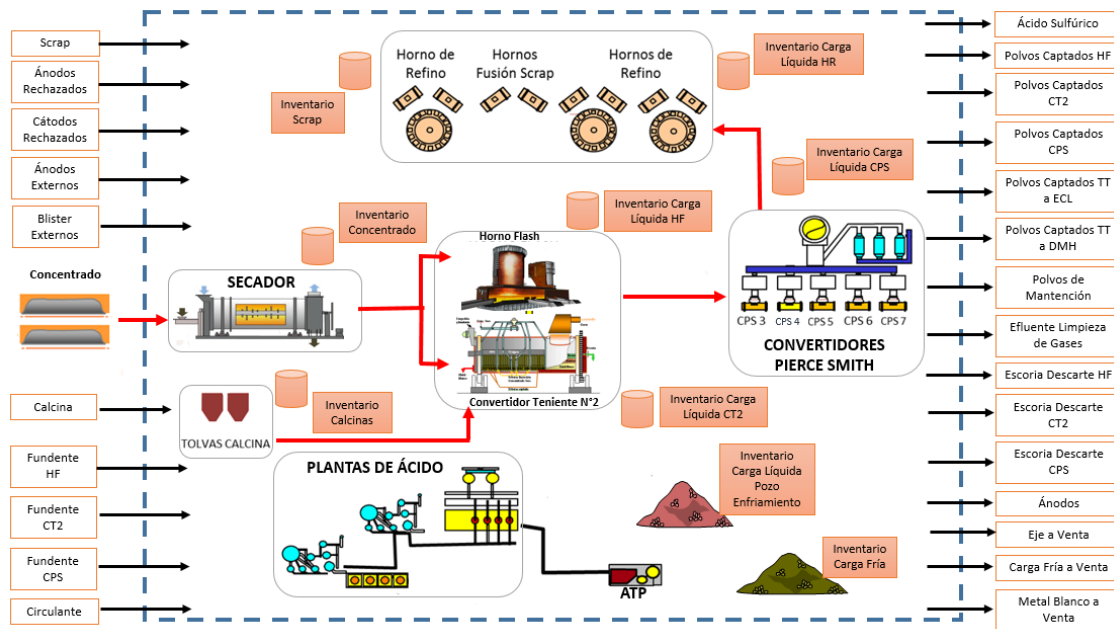


Figura 2.1 Diagrama de Flujo Fundición Chuquicamata

En la Tabla 2.1 se presentan los principales equipos e instalaciones.

Tabla 2.1. Descripción de equipos e instalaciones

Equipo/ Instalación	Cantidad	Dimensiones	Capacidad nominal equipo	Marca/ Modelo	Año Instalación
Secador N°6	1	4,44 m diámetro y 15,5 m de largo	207 t/h	Secador a vapor de tambor rotatorio	2019
Horno Flash (HF)	1	- Settler: 21 m x 7,6 m x 2 m - Torre reacción: 6m ϕ x 6 m altura (cilíndrica) - Up-take: 3,8 m ϕ x 7,5 m Altura	3.600 t/día	Outokumpu	1988
Convertidor Teniente N°2 (CT2)	1	5 [m] ϕ x 23 [m] largo	2.500 t/día	Tecnología Teniente	1992
Convertidor Pierce Smith (CPS)	4	4,5 m ϕ x 13,2 m largo	250 t/día	Pierce Smith	1952
Convertidor Pierce Smith (CPS)	1	4,5 m ϕ x 13,2 m largo	250 t/día	Pierce Smith	2017
Hornos de Refino (HR)	4	4 m ϕ x 9,2 m largo	250 t/día	Basculante	1952
Hornos de Refino (HR)	2	4,6 m ϕ x 9,2 m largo	350 t/día	Basculante	1952
Hornos Fusión Scrap	2	4 m ϕ x 9,2 m largo	250 t/día	Basculante	2000
Plantas de Ácido Sulfúrico (PAS)⁴	2	N/A (*)	2.085 t ³ /día	SNC-L	2018
Planta de Tratamiento de Arsénico (ATP)⁴	1	N/A (*)	88 m ³ /h	SNC-L	2018
Rueda Moldeo	3	N/A	1.250 [t/d], Capacidad total	Outokumpu	Rueda 1: 1952 Rueda 2: 1965 Rueda 3: 1977
Plantas de Oxígeno (POX)	3	N/A	1.200 [t/d]. Capacidad de producción de oxígeno de las tres plantas	POX 1: KOBE POX 2: AIR Liquide POX 3: BOC	POX1: 1979 POX 2: 1986 POX 3: 1992
Planta Tratamiento Gases (PTG)	2	N/A	80.000 [Nm ³ /h]. Por Planta	GEA	2019

⁴ Las Plantas de Ácido y ATP se componen de un conjunto de varios equipos.

3. FLUJOS DE ENTRADA

Los flujos en entrada al balance de Arsénico y Azufre son los siguientes:

Tabla 3.1. Flujos de Entrada

Flujo	Definición
Concentrado	Corresponde a la alimentación al Secador N° 6, siendo esta una mezcla de concentrado filtrado, concentrados de escorias y calcinas húmedas.
Calcina	Corresponde a un concentrado producto del proceso piro-metalúrgico de tostación.
Scrap	Este flujo corresponde al material generado por el desgaste de los ánodos en proceso de refinación electrolítica.
Ánodos Rechazados	Ánodos que sobrepasan las características químicas para el proceso de electro-refinación.
Cátodos Rechazados	Cátodos que no cumplen con los perfiles químicos de un cátodo de cobre.
Ánodos Externos	Todos los ánodos enviados al proceso de electro-refinación que no corresponden a la Fundición Chuquicamata.
Blister Externo	Es el cobre producto de un proceso de conversión que no proviene de la Función Chuquicamata.
Fundentes HF	Sílice comercial, comprada a proveedor externo, la cual tiene un contenido de As menor a 0,005%.
Fundentes CT2	Sílice comercial, comprada a proveedor externo, la cual tiene un contenido de As menor a 0,005%.
Fundentes CPS	Sílice comercial, comprada a proveedor externo, la cual tiene un contenido de As menor a 0,005%.
Circulante (de BADEC a Stock, escoria, eje y metal blanco)	Corresponde a los materiales que son reprocesados, los cuales pueden tener origen en limpiezas de nave, techos, ollas o ser generados en el proceso.

4. FLUJOS DE SALIDA

Los flujos en salida al balance de Arsénico y Azufre son los siguientes:

Tabla 4.1. Flujos de Salida

Flujo	Definición
Ácido Sulfúrico (100%)	Corresponde a un subproducto de proceso de Fundición asociado al tratamiento de gases.
Polvos Captados HF	Corresponden a los polvos finos y gruesos generados por los equipos de limpieza de gases del Horno Flash.
Polvos Captados CT2	Corresponden a los polvos finos y gruesos generados por los equipos de limpieza de gases del CT2.
Polvos Captados CPS	Corresponden a los polvos finos y gruesos generados por los equipos de limpieza de gases del CPS.
Polvos Captados Tolva Tripartita a ECL	Polvos almacenados en la tolva tripartita o de distribución que son enviados a Ecometales (ECL).
Polvos Captados Tolva Tripartita a DMH	Polvos almacenados en la tolva tripartita o de distribución que son enviados a DMH.
Polvos de Mantención⁵	Los polvos captados no recirculados producto de la operación/mantención, corresponden a los polvos finos y gruesos generados por la limpieza de gases o acumulados en los equipos procesos de limpieza.
Efluentes Limpieza de Gases	Corresponde a la solución generada en los procesos de limpieza de gases en Plantas de Ácido.
Escorias Descarte HF	Corresponde al material generado por el Horno Flash producto del proceso de separación de fases del horno, la cual contiene un bajo % de cobre.
Escorias Descarte CT2	Corresponde al material generado por el CT2 producto del proceso de separación de fases del horno, la cual contiene un bajo % de cobre.
Escorias Descarte CPS	Corresponde al material generado por el CPS producto del proceso de separación de fases del horno, la cual contiene un bajo % de cobre.
Ánodos	Corresponde al producto de un proceso de hornos de refinación, los cuales son modelados en ruedas y contabilizados en piezas unitarias.
Eje a Venta	Es el producto de alto contenido en cobre, producto de la separación de fases en el Horno Flash que se destina a venta de acuerdo a decisiones comerciales.
Metal Blanco a Venta	Es el producto de alto contenido en cobre, producto de la separación de fases en el CT2 que se destina a venta de acuerdo a decisiones comerciales.
Carga Fría a Venta	Corresponde al material que se extrae de la limpieza interior de la Nave de fundición (trasvasijos, derrames, entre otros) y de la extracción de las cáscaras que se forman al interior de las ollas que trasladan líquidos. Las cuales se destinan a venta de acuerdo a decisiones comerciales

⁵ Estos polvos pueden ser enviados a disposición final y/o comercialización, según los acuerdos comerciales que genere la División.

5. FLUJOS INTERMEDIOS (INVENTARIOS)

Los inventarios considerados en el balance de Arsénico y Azufre son los siguientes:

Tabla 5.1. Flujo variación de Inventarios

Inicial	
Flujo	Definición
Inventario Concentrado	Corresponde al material almacenado al inicio del mes de concentrado proveniente de División Chuquicamata.
Inventario Calcina	Corresponde al material almacenado al inicio del mes de concentrado proveniente del proceso de tostación de DMH.
Inventario Carga Fría	Corresponde al material almacenado al inicio del mes que proviene de la limpieza interior de la Nave de fundición.
Inventario Scrap	Corresponde al material almacenado al inicio del mes que proviene del desgaste de los ánodos en proceso de refinación electrolítica.
Inventario Carga Líquida HF	Corresponde a las cargas líquidas que se encuentran en el proceso del Horno Flash al interior de la nave de fundición al comienzo del mes.
Inventario Carga Líquida CT2	Corresponde a las cargas líquidas que se encuentran en el proceso del CT2 al interior de la nave de fundición al comienzo del mes.
Inventario Carga Líquida CPS	Corresponde a las cargas líquidas que se encuentran en el proceso del CPS al interior de la nave de fundición al comienzo del mes.
Inventario Carga Líquida HR	Corresponde a las cargas líquidas que se encuentran en el proceso de Hornos de Refino al interior de la nave de fundición al comienzo del mes.
Inventario Carga Líquida Pozo Enfriamiento	Corresponde a las cargas líquidas enviadas a los pozos de enfriamiento al comienzo del mes.
Final	
Flujo	Definición
Inventario Concentrado	Corresponde al material almacenado al final del mes de concentrado proveniente de División Chuquicamata.
Inventario Calcina	Corresponde al material almacenado a fin de mes de concentrado proveniente del proceso de tostación de DMH.
Inventario Carga Fría	Corresponde al material almacenado al final del mes que proviene de la limpieza interior de la Nave de fundición.
Inventario Scrap	Corresponde al material almacenado al final del mes que proviene del desgaste de los ánodos en proceso de refinación electrolítica.
Inventario Carga Líquida HF	Corresponde a las cargas líquidas que se encuentran en el proceso del Horno Flash al interior de la nave de fundición al final del mes.
Inventario Carga Líquida CT2	Corresponde a las cargas líquidas que se encuentran en el proceso del CT2 al interior de la nave de fundición al final del mes.
Inventario Carga Líquida CPS	Corresponde a las cargas líquidas que se encuentran en el proceso del CPS al interior de la nave de fundición al final del mes.
Inventario Carga Líquida HR	Corresponde a las cargas líquidas que se encuentran en el proceso de Hornos de Refino al interior de la nave de fundición al final del mes.
Inventario Carga Líquida Pozo Enfriamiento	Corresponde a las cargas líquidas enviadas a los pozos de enfriamiento al final del mes.

6. VALIDACIÓN DE LOS BALANCES

El balance metalúrgico de cobre de División Chuquicamata corresponde a un balance integral, que incorpora los procesos de:

- Concentradora
- Fundición
- Refinería
- Lixiviación
- Planta ECL

El balance metalúrgico de cobre balancea masa, cobre y molibdeno, siendo este último elemento, balanceado sólo en aquellos procesos en los cuales se mide y controla su concentración, lo que corresponde básicamente al proceso de concentración.

Codelco División Chuquicamata utiliza el balance metalúrgico de cobre para validar los balances de As y S. El balance es preparado por la Gerencia de Recursos Mineros y Desarrollo, a través de su Dirección de Calidad.

Los datos que ingresan al balance provienen de los sistemas de pesaje. La información está disponible a través del Sistema LIMS, en donde se consolida la información de pesajes y concentraciones de los distintos elementos que se analizan para el caso del laboratorio, e ingreso manual cuando no se cuenta con datos automatizados.

La mayoría de los datos son capturados a través de aplicaciones dispuestas para este efecto. La labor de la Dirección de Calidad comienza con la revisión de los datos y su eventual corrección, cuando se detectan errores de ingreso de información.

El sistema de captura y revisión de datos realiza la integración de la información, de manera de pasar de datos de turnos o lotes a información diaria y luego a información de periodo mensual.

La información revisada se alimenta a PI System, que corresponde a la base de datos de procesos de la División, estos datos son alimentados al software de ejecución de balances metalúrgicos, Sigmafine⁶, donde se genera la reconciliación de datos.

La reconciliación de datos en Sigmafine se ejecuta de manera simultánea para masa, cobre y molibdeno.

La reconciliación de datos la realiza el motor de cálculo de Sigmafine el cual opera básicamente optimizando la siguiente función objetivo:

$$f_o = \sum_{i=1}^n \frac{(x_r - x_m)^2}{\sigma_{x_i}^2}$$

Ec.3

⁶ *Sigmafine* corresponde a un software de reconciliación de datos representado por *Pimsoft* (<http://www.pimsoftinc.com/>) y en la actualidad corresponde al estándar corporativo de Codelco Chile para la ejecución de balances metalúrgicos.

Donde:

x corresponde a:

- Los flujos másicos del modelo (tms).
- Contenidos de Inventarios del modelo (tms).
- Leyes de cobre de los flujos.
- Leyes de cobre de los inventarios.
- Leyes de molibdeno de los flujos.
- Leyes de molibdeno de los inventarios.

m hace referencia al dato medido, para el periodo (flujo, mensual, inventario al inicio o final del periodo o leyes).

r hace referencia al dato reconciliado.

σ_{x_i} Corresponde a la desviación estándar de las mediciones y participa en la optimización otorgando mayor confiabilidad a las mediciones de mejor calidad.

La optimización descrita se realiza bajo las restricciones de cumplimiento de las ecuaciones de conservación de masa en cada proceso del modelo y en todas y cada una de las combinaciones de proceso, incluyendo el proceso global.

Lo anterior significa el cumplimiento de las ecuaciones:

$$\left(\sum_{i=1}^n W_{e_i} + \sum_{i=1}^m I_{l_i} \right) - \left(\sum_{j=1}^m W_{s_j} + \sum_{i=1}^m I_{f_i} \right) = 0 \quad \text{Ec. 4}$$

y,

$$\left(\sum_{i=1}^n W_{e_i} \times X_{e_i} + \sum_{k=1}^m I_{l_k} \times X_{l_k} \right) - \left(\sum_{j=1}^m W_{s_j} \times X_{s_j} + \sum_{l=1}^m I_{f_l} \times X_{f_l} \right) = 0 \quad \text{Ec. 5}$$

Donde el valor de “n” y “m” corresponde a la cantidad de variables definidas en el sistema.

7. MUESTREO

Debido a que esta actividad establece las bases para la determinación de los elementos contenidos en la muestra, a continuación, se detallan las metodologías utilizadas, las que se agrupan en “Muestreo y Análisis Químico” o “Estimación”.

7.1 MUESTREO Y ANÁLISIS QUÍMICO

Las etapas asociadas a la determinación de la ley respecto al balance de masa de As y S se desarrollan en tres etapas: muestreo, preparación de muestra y análisis químico. Estos se ejecutan siguiendo los procedimientos de la División Chuquicamata, los cuales se encuentran dentro del Sistema de Calidad de la Dirección de Calidad y bajo el estándar de la ISO 9001. Para el análisis de los flujos de Calcina a fusión y Polvos captados tolva tripartita a DMH se utilizan los procedimientos de División Ministro Hales, los cuales describen las etapas y manera de realizar dichos muestreos, de modo de asegurar la calidad de la información y la confiabilidad de los datos.

Tal como se indica en la Tabla 7.1, los procedimientos de muestreo varían dependiendo del flujo a analizar, por lo que, a modo de facilitar la lectura del presente se han resumido los procedimientos en Anexo 1.

7.2 ESTIMACIONES

Algunas fracciones de Arsénico y Azufre deben ser estimadas, como se aprecia en la Tabla 7.1, esto se realiza dependiendo del flujo, de acuerdo con las siguientes metodologías:

- Ley de ánodos: este dato es obtenido mediante muestreo diario de los ánodos por carga Blíster y CFI-CFR. Se compila en un registro diario de leyes y una vez finalizado el mes, éstas se ponderan mensualmente y se asigna un valor para la Ley de Scrap, Ánodos rechazados, Cátodos rechazados, Inventario Scrap e Inventario Carga Líquida Hornos Refino.
- Entregados por Proveedor: La ley utilizada es la proporcionada por el proveedor de los ánodos externos y blíster externos.
- Estimado mediante el análisis inventario: La medición de tonelaje del Inventarios de Concentrado, se determina calculando el volumen ocupado en las tolvas. El contenido de arsénico o azufre se calcula en base al promedio ponderado del concentrado filtrado ingresado respecto a la cantidad de material en inventario.
- Análisis del último día del mes: Para el Inventario de Calcinas (seca), se utiliza los valores del último día del mes. Para el caso del Inventario Carga Líquida HF, CT2 y CPS se utiliza la ley de As y S del análisis del último día del mes.
- Valor teórico para el azufre en el ácido sulfúrico: se utiliza el valor teórico, mediante la relación de estequiometría, entre el peso molecular del azufre y el ácido sulfúrico en un 100 [%] de pureza, este valor corresponde 32,69%.
- Valor teórico para el Arsénico en el ácido sulfúrico: De acuerdo con los resultados obtenidos en los análisis químicos, la composición en las muestras de Ácido Sulfúrico es igual o menor a 1 [ppm], valor considerado como despreciable para efectos de flujo de salida.
- En caso de no contar con información de los análisis químicos de los efluentes de la Planta ATP debido a detenciones programadas o no programadas, se utilizará como criterio de sustitución de datos el promedio ponderado de los 3 últimos días disponibles.

- Producción de ácido (masa, concentración densidad), se cuantificará por flujómetro y/o diferencia de nivel.

En relación a las frecuencias mencionadas en la Tabla 7.1, cabe señalar que el muestreo de la determinación de las leyes se realiza en función de medidas operacionales como lo son el loteo, ollas, carga, camiones e inventarios. Considerando esto, se indica que:

- Cargas: La frecuencia está definida en función de las cargas de las muestras de ánodos por carga (rectángulo) que tiene 3 incrementos (inicio -medio- término del moldeo).
- Camiones: La frecuencia está definida en función de camiones, donde se muestrea la totalidad de camiones que ingresa y salen de la División. Además de materiales de movimientos internos que salen o entran al límite del Balance definido. (Carga Circulante de BADEC a Stock, escoria, metal blanco y eje).
- Lotes: Se encuentra relacionado a los tipos de carga de los flujos, estos son acopiados y muestreados en lotes 2.000, 500 y 200 toneladas.
- Ollas evacuadas: Se encuentra relacionada a los flujos de escoria de descarte en los equipos de fusión. Se indica que la frecuencia corresponde cuando la olla presenta un llenado completo y es trasladada al destino final, lo que tiene 20 incrementos.

La tabla siguiente describe y resume los muestreos y estimaciones realizadas para efectos de elaboración del balance de As y S.

Tabla 7.1. Descripción de muestreos y estimaciones

Tipo de Flujo	Punto de Muestreo	Forma de Determinación de flujos	Metodología	Frecuencia	Tipo de Muestreo	N° de Incremento
Flujos de Entrada						
Concentrado	Correa alimentación Secador 6	Directa	Procedimiento INS 013.CAL Ver Anexo 1, N°1	Cada 1 hora	Manual	4 incrementos cada 1 hora
Calcina	DMH	Directa	Protocolo DMH-GRMD-PR-014 Ver Anexo 1, N°2	Cada 2 Horas	Manual	12 incremento por día (2 turnos de 12 horas c/u)
Scrap	N/A	Indirecto (Estimado mediante Ley de ánodos)	N/A	N/A	N/A	N/A
Ánodos Rechazados	N/A	Indirecto (Estimado mediante Ley de ánodos)	N/A	N/A	N/A	N/A
Cátodos Rechazados	N/A	Indirecto (Estimado mediante Ley de ánodos)	N/A	N/A	N/A	N/A
Ánodos Externos	N/A	Indirecto (Analizada mediante muestra entregada por proveedor)	N/A	N/A	N/A	N/A
Blíster Externo	N/A	Indirecto	N/A	N/A	N/A	N/A
Fuentes HF	Ducto Carguío HF	Directa	Procedimientos CI-09793.SAA.- CP-9901.SAA. Ver Anexo 1, N°3 y N°5	Cada 15 Minutos cada vez que opera la correa	Manual	12 incremento por día
Fuente CT2	Correa 114-115	Directa	Procedimientos CI-09793.SAA.- CP-9901.SAA. Ver Anexo 1, N°3 y N°5	Cada 15 Minutos cada vez que opera la correa	Manual	12 incremento por día
Fuentes CPS	Correa 114-115	Directa	Procedimientos CI-09793.SAA.- CP-9901.SAA. Ver Anexo 1, N°3 y N°5.	Cada 15 Minutos cada vez que opera la correa	Manual	12 incremento por día
Circulante (de BADEC a Stock, escoria y eje)	Romana 3 y/o 5	Directa	Procedimiento CI-09690.SAA. Ver Anexo 1, N°4	Cada vez que ingresa un Camión	Manual	14 incremento por camión
Flujos Intermedios						
Inventario Concentrado	N/A	Directa (Estimado mediante el análisis de inventarios)	N/A	N/A	N/A	N/A

Tipo de Flujo	Punto de Muestreo	Forma de Determinación de flujos	Metodología	Frecuencia	Tipo de Muestreo	N° de Incremento
Inventario Calcina ⁷	N/A	Directa (Estimado mediante el análisis del último día del mes)	N/A	N/A	N/A	N/A
Inventario Carga Fría	Área de Selección	Directa (Analizada)	Procedimiento CI-09690.SAA. Ver Anexo 1, N°4	Por lotes de 2.000 ton. ⁸	Manual	40 incrementos por lote
Inventario Scrap	N/A	Indirecto (Estimado mediante Ley de ánodos)	N/A	N/A	N/A	N/A
Inventario Carga Líquida HF	N/A	Indirecto (Estimado mediante el análisis del último día del mes)	N/A	N/A	N/A	N/A
Inventario Carga Líquida CT2	N/A	Indirecto (Estimado mediante el análisis del último día del mes)	N/A	N/A	N/A	N/A
Inventario Carga Líquida CPS	N/A	Indirecto (Estimado mediante el análisis del último día del mes)	N/A	N/A	N/A	N/A
Inventario Carga Líquida HR	N/A	Indirecto (Estimado mediante Ley de ánodos)	N/A	N/A	N/A	N/A
Inventario de Carga Líquida Pozo Enfriamiento	Pozo de enfriamiento	Directa	Procedimiento CI-09690.SAA. Ver Anexo 1, N°4	Por lotes de 500 ton	Manual	40 incrementos por lote
Flujos de Salida						
Ácido Sulfúrico ⁹	N/A	Indirecto	N/A	N/A	N/A	N/A
Polvos Captados HF	Dispositivo Captación de Polvo	Directa	Procedimiento CI-09802.SAA. Ver Anexo 1, N°6	Cada 1 Hora	Manual	24 incremento por día
Polvos Captados CT2	Dispositivo Captación de Polvo	Directa	Procedimiento CI-09802.SAA. Ver Anexo 1, N°6	Cada 1 Hora	Manual	24 incremento por día

⁷ Corresponde a calcina.

⁸ Por no disponer de espacio suficiente se forman lotes de 2.000 ton.

⁹ La determinación de las corrientes de salida de ácido sulfúrico se inicia con la lectura diaria de flujómetros y/o nivel. Una vez obtenidos los valores anteriores se procede a determinar la producción másica de ácido sulfúrico, mediante el producto del volumen y la densidad para un ácido de concentración del 97,7 [%] (ácido minero), correspondiente a un valor de 1,83[t/m³]. Este valor se obtuvo durante una campaña de muestreo realizada en un periodo de 2 meses. El valor obtenido se utilizó posterior al término de la campaña.

Tipo de Flujo	Punto de Muestreo	Forma de Determinación de flujos	Metodología	Frecuencia	Tipo de Muestreo	N° de Incremento
Polvos Captados CPS	Dispositivo Captación de Polvo	Directa	Procedimiento CI-09802.SAA. Ver Anexo 1, N°6	Cada 1 Hora	Manual	24 incremento por día
Polvos Captados Tolva Tripartita ECL	Planta ECL	Directa	Procedimiento CCM-P-001 Ver Anexo 1, N°17	Cada 5 Minutos por Camión	Automático	36 incrementos por día
Polvos Captados Tolva Tripartita a DMH	Planta DMH	Directa	Protocolo MIN-L3-SAM(CL)-OUT-20-DMH Ver Anexo 1, N°8	Cada Camión	Manual	10 incrementos por camión (total 500 g)
Polvos de Mantenición	Fundición DCH	Directa	MIN-L3-SAM(CL)-OUT-46-VMDCH Ver Anexo 1, N°19	Por acopio	Manual	10 incrementos por acopio
Efluentes Limpieza de Gases ¹⁰	Planta de Ácido	Directa	PCE 025201- FUCOP083_ Procedimiento Toma y traslado de muestras efluentes ATP, N°9	Cada 15 Minutos	Automático/Manual ¹¹	32 incremento por turnos de 8 horas
Escoria Descarte HF	Canala sangría HF	Directa	Procedimiento CI-09794.SAA. Ver Anexo 1, N°10	Por olla evacuada ¹²	Manual	20 incremento por olla
Escoria Descarte CT2	Canala sangría CT2	Directa	Procedimiento CI-09794.SAA. Ver Anexo 1, N°10	Por olla evacuada ¹²	Manual	20 incremento por olla
Escoria Descarte CPS	Boca Convertidores	Directa	Procedimiento CI-09794.SAA. Ver Anexo 1, N°10	Por olla evacuada ¹²	Manual	10 incremento por olla
Ánodos	Planta Refino y Moldeo	Indirecta ¹³	Procedimiento CI-0997.SAA. Ver Anexo 1, N°11	Por Carga	Manual	3 incremento por carga
Metal Blanco a Venta	Romana 3 y/o 5	Directa	Procedimiento INS 002 CAL Ver Anexo 1, N°12	por lotes de 200 ton	Manual	84 incremento por lote
Eje a Venta	Romana 3 y/o 5	Directa	Procedimiento INS 002 CAL Ver Anexo 1, N°12	por lotes de 200 ton	Manual	84 incremento por lote
Carga Fría a Venta	Romana 3 y/o 5	Directa	Procedimiento INS 002 CAL. Ver Anexo 1, N°12	por lotes de 200 ton	Manual	84 incrementos por lote

¹⁰ La densidad del efluente de las Plantas de Ácido (EPAS) será de 1.04 ton/m3. Este valor se obtuvo durante una campaña de muestreo realizada por un periodo de 2 meses.

¹¹ En caso que el muestreo automático no esté disponible o no operativo (falla/mantenición), se tomará muestra manual de 3 compositos de 2 incrementos diarios resguardando las condiciones de seguridad del operador a cargo de realizar la toma de muestra al ingreso del cortador automático.

¹² Por olla evacuada según procedimientos de DCH.

¹³ Basado en el valor unitario de 420 kilos por pieza de ánodo, producidas en Fundición y enviadas a Refinería durante un periodo.

La siguiente figura representa los puntos de medición y muestreo de cada flujo.

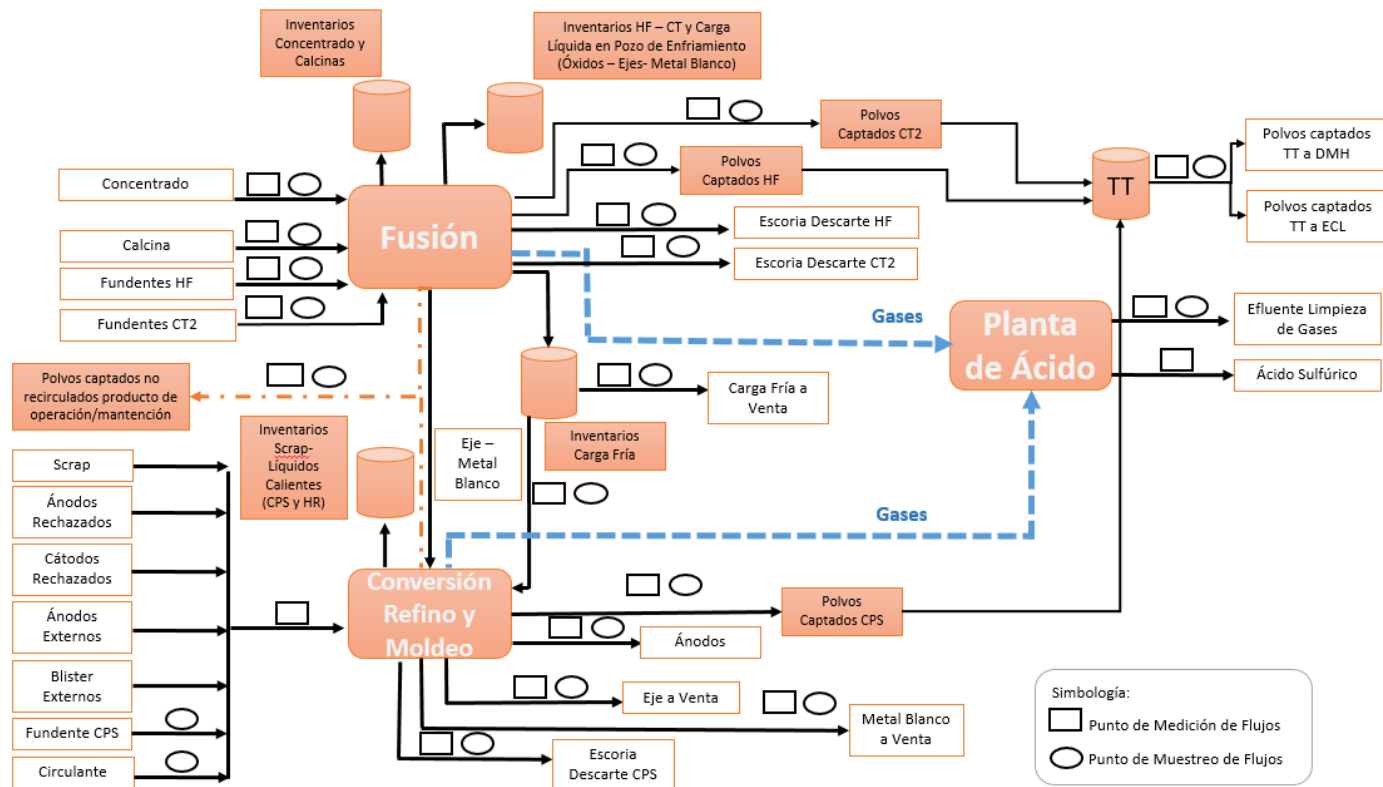


Figura 7.1. Diagrama de puntos de medición y de muestreo

8. ANÁLISIS QUÍMICO

La tabla siguiente presenta el detalle de los análisis químicos asociados a los distintos flujos del balance.

Tabla 8.1. Descripción del análisis químico

Flujo	Frecuencia de Análisis	Tipo de Muestreo/Equipos	Límite detección As %	Límite detección S %	Técnica análisis As	Error As %	Técnica análisis S	Error S %
Flujos de Entrada								
Concentrado	Compuesto por Turno	Aut-Man/FAAS para As Aut-Man/LECO para S	<0,003	0,01 <0.1	Método EAA, CN-09140.SAA Ver Anexo 1, N°13	±0,085	Método de combustión y detección infrarrojo CN-09728.SAA Ver Anexo 1, N°14	±2,00
Calcina	Compuesto Turno/día	Manual/FAAS para As Manual/LECO para S	<0,006	0,01	Método EAA, CN-09140.SAA Ver Anexo 1, N°13	±0,085	Método de combustión y detección infrarrojo CN-09728.SAA Ver Anexo 1, N°14	±2,00
Scrap	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A
Ánodos Rechazados	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A
Cátodos Rechazados	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A
Ánodos Externos	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A
Blister Externo	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A
Fuentes HF	Compuesto Turno	Manual/FAAS	<0,003	N/A	Método EAA, CN-09140.SAA Ver Anexo 1, N°13	±0,085	N/A	N/A
Fuentes CT2	Compuesto Turno	Manual/FAAS	<0,003	N/A	Método EAA, CN-09140.SAA Ver Anexo 1, N°13	±0,085	N/A	N/A
Fuentes CPS	Compuesto Turno	Manual/FAAS	<0,003	N/A	Método EAA, CN-09140.SAA Ver Anexo 1, N°13	±0,085	N/A	N/A
Circulante (de BADEC a Stock, ESC,MB,EJ)	Compuesto Diario	Manual/FAAS para As Manual/LECO para S	<0,003	0,01	Método EAA, CN-09140.SAA Ver Anexo 1, N°13	±0,063	Método de combustión y detección infrarrojo CN-09728.SAA Ver Anexo 1, N°14	±1,0
Flujos de Salida								
Ácido Sulfúrico (100%)	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A

Polvos Captados HF	Compuesto Diario	Manual/FAAS para As Manual/LECO para S	<0,003	<0,1	Método EAA, CN-09140.SAA Ver Anexo 1, N°13	±0,085	Método de combustión y detección infrarrojo CN-09728.SAA Ver Anexo 1, N°14	±1,2
Polvos Captados CT2	Compuesto Diario	Manual/FAAS para As Manual/LECO para S	<0,003	<0,1	Método EAA, CN-09140.SAA Ver Anexo 1, N°13	±0,085	Método de combustión y detección infrarrojo CN-09728.SAA Ver Anexo 1, N°14	±1,2
Polvos Captados CPS	Compuesto Diario	Manual/FAAS para As Manual/LECO para S	<0,003	<0,1	Método EAA, CN-09140.SAA Ver Anexo 1, N°13	±0,085	Método de combustión y detección infrarrojo CN-09728.SAA Ver Anexo 1, N°14	±1,2
Polvos Captados Tolva Tripartita a ECL	Compuesto Diario	Automático/FAAS para As Automático/LECO para S	<0,003	<0,1	Método EAA, CN-09140.SAA Ver Anexo 1, N°13	±0,085	Método de combustión y detección infrarrojo CN-09728.SAA Ver Anexo 1, N°14	±1,2
Polvos Captados Tolva Tripartita a DMH	Compuesto Diario	Manual/FAAS para As Manual/LECO para S	<0,003	<0,1	Método EAA, CN-09140.SAA Ver Anexo 1, N°13	±0,085	Método de combustión y detección infrarrojo CN-09728.SAA Ver Anexo 1, N°14	±1,2
Polvos de mantención	Por acopio	Manual/FAAS para As Manual/LECO para S	<0,003	<0,1	Método EAA, CN-09140.SAA Ver Anexo 1, N°13	±0,085	Método de combustión y detección infrarrojo CN-09728.SAA Ver Anexo 1, N°14	±1,2
Efluentes Limpieza de Gases	Compuesto Turno	Automático/FAAS para As Automático/Balanza Analítica para S	<0,003	<0,10	Método EAA, CN-09715.SAA Ver Anexo 1, N°15 EAA	±0,211	GRAVIMETRIA CN-09148.SAA Ver Anexo 1, N°16	ND
Escorias Descarte HF	Compuesto Diario	Manual/FAAS para As Manual/LECO para S	<0,003	<0,10	Método EAA, CN-09140.SAA Ver Anexo 1, N°13	±0,085	Método de combustión y detección infrarrojo CN-09728.SAA Ver Anexo 1, N°14	ND
Escorias Descarte CT2	Compuesto Diario	Manual/FAAS para As Manual/LECO para S	<0,003	<0,10	Método EAA, CN-09140.SAA Ver Anexo 1, N°13	±0,085	Método de combustión y detección infrarrojo CN-09728.SAA Ver Anexo 1, N°14	ND
Escorias Descarte CPS	Compuesto Diario	Manual/FAAS para As Manual/LECO para S	<0,003	<0,10	Método EAA, CN-09140.SAA Ver Anexo 1, N°13	±0,085	Método de combustión y detección infrarrojo CN-09728.SAA Ver Anexo 1, N°14	ND
Ánodos	Por Cargas	Manual/FAAS	<0,001	N/A	Método EAA, CN-0979.SAA Ver Anexo 1, N°7	±0,006	N/A	N/A

Metal Blanco a Venta	Compuesto Diario	Manual/FAAS para As Manual/LECO para S	<0,003	0,1	Método EAA, CN-09140.SAA Ver Anexo 1, N°13	±0,085	Método de combustión y detección infrarrojo CN-09728.SAA Ver Anexo 1, N°14	±1,2
Eje a Venta	Compuesto Diario	Manual/FAAS para As Manual/LECO para S	<0,003	0,1	Método EAA, CN-09140.SAA Ver Anexo 1, N°13	±0,085	Método de combustión y detección infrarrojo CN-09728.SAA Ver Anexo 1, N°14	±1,2
Carga Fría	Por Cargas	Manual/FAAS para As Manual/LECO para S	<0,003	0,1	Método EAA, CN-09140.SAA Ver Anexo 1, N°13	±0,085	Método de combustión y detección infrarrojo CN-09728.SAA Ver Anexo 1, N°14	±1,2
Flujos Intermedios								
Inventario Concentrado	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A
Inventario Calcina	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A
Inventario Carga Fría	Quincenal	Manual/FAAS ¹⁴ para As Manual/LECO ¹⁵ para S	<0,003	0,1	Método EAA, CN-09140.SAA Ver Anexo 1, N°13	±0,085	Método de combustión y detección infrarrojo CN-09728.SAA Ver Anexo 1, N°14	±1,2
Inventario Scrap	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A
Inventario Carga Líquida HF	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A
Inventario Carga Líquida CT2	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A
Inventario Carga Líquida CPS	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A
Inventario Carga Líquida H	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A
Inventario Carga líquida Pozo Enfriamiento	Por Cargas	Manual/FAAS ¹⁴ para As Manual/LECO ¹⁵ para S	<0,003	0,1	Método EAA, CN-09140.SAA Ver Anexo 1, N°13	±0,085	Método de combustión y detección infrarrojo CN-09728.SAA Ver Anexo 1, N°14	±1,2

Nota: El Laboratorio químico central (LQC) cuenta con sistema de aseguramiento y control de calidad bajo la Nch-ISO/IEC 17025:2017. En anexo 1, N° 18 se acompaña instructivo CI-1116.SAA "Control Aseguramiento de la Validez de los Resultados"

¹⁴ FAAS=Espectrofotómetro de absorción atómica con flama.

¹⁵ LECO=Analizador elemental por combustión y detección infrarroja.

9. ESTACIONES MONITOREO DE CALIDAD DEL AIRE

Las estaciones de monitoreo de calidad del aire que determinan Arsénico en filtros de material particulado se indican en la Tabla 9.1.

Tabla 9.1. Estaciones de monitoreo de calidad del aire de referencia para Arsénico

Nombre Estación	Parámetros	Ubicación Geográfica Coordenadas UTM		Localidad
Hospital El Cobre	MP10 MP2,5 SO2	7.516.917 N	509.239 E	Calama
Centro	MP10 MP2,5 SO2, O3 CO NOX	7.516.053 N	507.389 E	Calama
Colegio Pedro Vergara Keller	MP10 MP2,5	7.518.196 N	507.886 E	Calama
Club Deportivo 23 de Marzo	MP10 MP2,5 SO2	7.516.241 N	506.339 E	Calama
Nueva Chiu Chiu	MP10 MP2,5 MPS SO2	7.529.174 N	536.175 E	San Francisco de Chiu Chiu
Aukahuasi	MP10 SO2	7.531.654 N	507.476 E	Ex Campamento Chuquicamata

10. MODIFICACIÓN DE DOCUMENTO

RAZÓN DE CAMBIO
<p>1.3. TITULAR</p> <p>Tabla 1.1:</p> <ul style="list-style-type: none"> Se modifica información de Gerente General División Chuquicamata. <p>2. IDENTIFICACIÓN DEL SISTEMA</p> <p>Figura 2.1:</p> <ul style="list-style-type: none"> Se incorporan flujos del Convertidor Teniente N°2 (Inventarios carga líquida CT, Metal blanco, Polvos captados, Escorias). Se incorpora 1 Convertidor Pierce Smith (CPS 5). <p>Tabla 2.1:</p> <ul style="list-style-type: none"> Se incorpora descripción de equipo Convertidor Teniente. Se incorpora 1 Convertidor Pierce Smith (CPS 5). Se elimina Secador N°5. Se incorpora como flujo de salida los polvos de mantención. Se corrige capacidad nominal de Horno Flash <p>3. FLUJOS DE ENTRADA</p> <p>Tabla 3.1:</p> <ul style="list-style-type: none"> Se incorpora Fundentes Convertidos Teniente N°2 (CT2). Se incorpora Circulante Metal Blanco, debido a que el CT2 será utilizado al encontrarse el HF detenido. Se elimina Secador N°5. <p>4. FLUJOS DE SALIDA</p> <p>Tabla 4.1:</p> <ul style="list-style-type: none"> Se incorpora Polvos Captados CT2. Se Incorpora Escoria Descarte CT2. Se incorpora Metal Blanco. Se incorpora polvos de mantención. <p>5. FLUJOS INTERMEDIOS (INVENTARIOS)</p> <p>Tabla 5.1:</p> <ul style="list-style-type: none"> Se incorpora Inventario CT2 en Inicial. Se especifica que los inventarios de CT2 son de carga líquida en Inicial. Se especifica que los inventarios de CT2 son de carga líquida en Final. Se incorpora Inventario CT2 en Final. <p>7. MUESTREO</p> <p>7.2 ESTIMACIONES</p> <ul style="list-style-type: none"> Se incorpora criterio de sustitución en caso de no contar con información de los análisis químicos de efluentes de ácido (Planta ATP). Se incorpora la cuantificación de la producción de ácido. <p>Figura 7.1:</p> <ul style="list-style-type: none"> Se elimina Secador N°5. Se modifica Diagrama de Puntos de Medición y de Muestreo, según transformación de Fundición. <p>Tabla 7.1:</p> <ul style="list-style-type: none"> Se incorporan Fundentes CT2 en Flujos de Entrada. Se incorpora Inventario Carga Líquida CT2 en Flujos Intermedios. Se incorporan Polvos Captados CT2 en Flujos de Salida. Se incorporan Escoria Descarte CT2 en Flujos de Salida.

- Se incorpora Metal Blanco en Flujos de Salida.
- Se respalda tipo de muestreo (Automático/manual).
- Se homologa el número de incrementos de los flujos de salida (Metal Blanco a Venta, Eje a Venta y Carga fría a Venta)
- Se elimina Secador N°5.
- Se elimina el muestreo automático para el Concentrado.
- Se incorpora Romana 5 como punto de pesaje adicional para Flujo circulante (de BADEC a Stock, escoria y eje), Metal blanco a Venta, Eje a venta y Carga fría a venta.
- Se actualizan los parámetros de densidad y concentración para el ácido sulfúrico (*Nota al pie N°9*).
- Se modifica la densidad para el Efluente de Limpieza de Gases (*Nota al pie N°10*) y lugar de la toma de muestra manual (*Nota al pie N°11*)
- Se elimina la forma directa para medir el flujo del Ánodo.

8. ANÁLISIS QUÍMICO

Tabla 8.1:

- Se incorporan Fundentes CT2 en Flujos de Entrada.
- Se incorporan Polvos Captados CT2 en Flujos de Salida.
- Se incorporan Escoria Descarte CT2 en Flujos de Salida.
- Se incorpora Metal Blanco en Flujos de Salida.
- Se incorpora Inventario Carga Líquida CT2 en Flujos Intermedios.
- Se elimina Secador N°5.
- Se modifican procedimientos.
- Se corrigen % de límites de detección As y S y % de Error As y S para diferentes flujos.

11. ANEXOS

- Se corrige Anexo 2 “Protocolo Técnico de Transferencia de Calcinas Secas y Húmedas DMH a DCH, por error de transcripción.
- Se elimina Anexo 9, PRO-003 ATP “Efluentes plantas de ácido – toma y preparación de muestras”
- Se incorpora como Anexo 9, PCE 025201- FUCOP083 “Procedimiento Toma y traslado de muestras efluentes ATP”.

11. ANEXOS

Anexo 1

Resumen de Procedimiento

N°	NOMBRE PROCEDIMIENTO	CÓDIGO	RESUMEN
1	Muestreo y medición de humedad de concentrado de entrada y salida secador N° 6.	INS 013.CAL	Este instructivo es aplicado para asegurar la toma y traslado de las muestras de entrada y salida del secador N°6 de la Gerencia de Fundición para el control de humedad. Las muestras de entrada y salida del secador N°6 que alimentan a los equipos de fusión (Convertidor Teniente N°2 y Horno Flash) sea realizada en forma controlada, para obtener muestras y humedades representativas, para el control de proceso y Balance Metalúrgico.
2	Protocolo técnico de transferencia de calcinas DMH a DCH	DMH-GRMD-PR-014	Este procedimiento tiene por propósito establecer las condiciones técnicas de transferencia de calcinas producidas en División Ministro Hales y enviadas a División Chuquicamata para cierre metalúrgico y contable. Muestreo en DCH. Muestreo manual, realizado en un despiche en el sistema de alimentación al HF para las calcinas secas.
3	Toma y traslado de muestras de fundentes para la operación de equipos de Fusión CT2/CPS/HF.	CI-09793.SAA	Asegurar que la Toma y Preparación de las muestras de Fundentes que alimenta a los equipos de fusión-conversión, tales como Convertidor Teniente N°2, Convertidor Peirce Smith y Horno Flash, sea realizada en forma controlada, de tal manera de obtener muestras representativas. Este instructivo es aplicado a la toma y preparación de las muestras de Fundentes, provenientes de la Planta ubicada en la Gerencia Fundición de Concentrado
4	Cálculo de inventarios Gerencia de fundición	CI-09690.SAA	Este instructivo es aplicable a la medición del inventario físico de la Gerencia de Fundición, en la Planta de Almacenamiento y Manejo de Materiales, Sector de Almacenamiento y Preparación de Carga Fría, Plata de Refino y Moldeo, Tolvas de Procesos, Tolvas de Almacenamiento, Sector Bandejas de Almacenamiento de Líquidos Calientes y Equipos de Fusión de la Gerencia de Fundición.
5	Preparación y entrega de muestras de fundentes de equipos de fusión CT/CPS/HF.	CP- 9901.SAA	Asegurar que la preparación y entrega de las muestras de Fundentes que alimentan a los equipos de fusión-conversión, tales como Convertidor Teniente (CT), Convertidor Pierce Smith (CPS) y Horno Flash (HF) sea realizada en forma controlada, de tal manera de obtener muestras representativas.
6	Preparación y entrega de polvos metalúrgicos.	CI-09802.SAA	Asegurar que la toma y preparación de las muestras de los polvos metalúrgicos, generados por la fusión de concentrados, sea realizada en forma controlada, tal que permita obtener muestras representativas, para el control de proceso y Balance Metalúrgico.

			La actividad de toma de muestras de polvos metalúrgicos se realiza en los ductos de descarga de los equipos de fusión de la Fundición de Concentrado y la preparación de las muestras.
7	Ánodos de Cobre – Determinación de Arsénico, Antimonio, Bismuto, Calcio, y plomo, Método espectrofotométrico por absorción atómica.	CN-0979.SAA	Describe un método para la determinación de arsénico, antimonio, bismuto, calcio y plomo en ánodos de cobre, mediante espectrofotometría de absorción atómica.
8	Obtención Muestras de Polvos Metalúrgicos	Protocolo MIN-L3-SAM(CL)-OUT-20-DMH	El propósito de este procedimiento es realizar la tarea de obtención de muestras desde área del Tostador de la Planta de Tostación. Para garantizar al cliente una muestra con resultados medibles y confiables, salvaguardando la integridad de los trabajadores y del medio ambiente.
9	Toma y traslado de muestras efluentes ATP	PCE 025201-FUCOP083	Asegurar que las muestras de Efluentes de Plantas de Ácido (EPAs) que participan en los Balance Metalúrgicos y control de proceso, sean tomadas y preparadas bajo condiciones controladas. Este Instructivo es aplicado en la toma y preparación de muestras de Efluentes de Plantas de Ácido en la alimentación al estanque acumulador V-501, de la Planta Tratamiento de Arsénico.
10	Escoria de fusión - toma y traslado de muestras.	CI-09794.SAA	Asegurar que la toma y traslado de las muestras de Escorias de los equipos de la Planta Fundición, sea realizada en forma controlada, para obtener muestras representativas, para el control de proceso y Balance Metalúrgico. Este instructivo es aplicado en la toma y traslado de las muestras de Escorias de los equipos de la Planta Fundición de la Gerencia Fundición de Concentrado.
11	Preparación y entrega de muestras de ánodos de cobre y cátodos de cobre formato cospel.	CI-0997.SAA	Asegurar que la preparación de muestras de cátodos electro depositados (GEL, SBL, y electro refinados (Refinería) y ánodos de cobre se realice en forma controlada, de manera que permita obtener muestras homogéneas y representativas para el análisis químico.
12	Toma y Preparación de Muestra de Carga Fría, Eje, Metal Blanco y Escoria a Venta.	INS 002 CAL	Asegurar que la toma y traslado de las muestras de Carga fría, Eje y Metal Blanco, sea realizada en forma controlada, para obtener muestras representativas, para el control de proceso y Balance Metalúrgico.
13	Concentrados de cobre - determinación de hierro, molibdeno, arsénico, zinc, plomo, calcio, bismuto, y antimonio. método espectrofotométrico por absorción atómica	CN-09140.SAA	Describir las actividades relacionadas para la determinación de Hierro, Molibdeno, Arsénico, Zinc, Plomo, Calcio, Bismuto y Antimonio, en muestras de concentrado de cobre, calcinas, ejes, metal blanco, cargas frías, escorias, fundentes y polvos provenientes de procesos metalúrgicos, balances, ventas y movimientos internos, en los rangos comunes de ocurrencia.
14	Determinación de Azufre y Carbono, Método Combustión Directa Detección IR. LECO CS-230SH	CN-09728.SAA	Describe un método por combustión directa y detección IR para la determinación simultánea de Azufre y Carbono en muestras de concentrado de cobre, polvos Metalúrgicos, escorias, minerales, óxidos de molibdeno y sulfuros de molibdeno. El método es aplicable en rangos comunes de ocurrencia
15	Efluentes planta de ácido - determinación de arsénico. Método espectrofotométrico por absorción atómica.	CN-09715.SAA	Describir un método para la determinación de Arsénico en muestras de Efluentes de las Plantas de Ácido, mediante espectrofotometría de absorción atómica. El método es aplicable en los rangos comunes de ocurrencia.

16	Efluentes planta de ácido - determinación de azufre. Método gravimétrico	CN-09148.SAA	Describir las actividades relacionadas para la determinación de azufre por gravimetría como sulfato de bario. El método es aplicable en los rangos comunes de ocurrencia, en los efluentes de la planta de arsénico.
17	Procedimiento de Muestreo, Traslado, Preparación Mecánica, Custodia y Descarte de Muestras	CCM-P-001	Establecer la metodología para la toma y preparación de muestras provenientes de insumos, materias primas, producto terminado y control operacional con el propósito de obtener muestras representativas del proceso para la realización de ensayos ambientales, granulométricos y químicos, minimizando y/o eliminando, según corresponda, los errores de selección y de preparación. Establecer pautas de trabajo para controlar los riesgos para las personas, procesos, instalaciones y medio ambiente.
18	"Control Aseguramiento de la Validez de los Resultados".	CI-1116.SAA	Asegurar la validez de los resultados mediante un seguimiento de tendencias para lo cual se evalúa los resultados aplicando herramientas estadísticas, requeridas para realizar el seguimiento de la validez de los resultados. El instructivo es aplicado a los datos generados internamente de las muestras ciegas para minerales, concentrado de cobre, concentrado de molibdeno, cátodos y aguas que se encuentran acreditadas bajo los requisitos de la norma NCh ISO 17025:2017.
19	Toma, Preparación y entrega de Muestras de Polvos Metalúrgicos de Mantención	MIN-L3-SAM(CL)-OUT-46-VMDCH	Establece las pautas a seguir para asegurar que la toma, preparación y entrega de muestras de polvos metalúrgicos de mantención sea realizada en forma controlada, de tal manera de obtener muestras representativas, siguiendo una secuencia lógica para evitar lesiones y enfermedades profesionales e impactos ambientales, daños a los equipos instalaciones y/o proceso productivo.