

**PROYECTO:**  
***RECONOCIMIENTO DE PROCESOS PRODUCTIVOS MINEROS***

**Muestreo de productos mineros exportables**

**CERRO VANGUARDIA**

Servicio Geológico Minero Argentino (SEGEMAR)

PARRA Ricardo, COZZI Guillermo, DEL MARMOL Gabriel, MACHADO Gustavo,  
URIBARRI Raúl

Buenos Aires, Agosto de 2013



# SERVICIO GEOLÓGICO MINERO ARGENTINO

Presidente: Dr. Eduardo O. Zappettini

Secretaria Ejecutiva: Lic. Silvia Chavez

## INSTITUTO DE GEOLOGÍA Y RECURSOS MINERALES

Director: Dr. Martín Gozalvez

## INSTITUTO DE TECNOLOGÍA MINERA

Director: Lic. Guillermo Cozzi

|                                                                                                                              |                                                                                                                                          |                                                                   |                                                    |                                                                                                      |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <br>SECRETARÍA DE<br>MINERÍA DE LA<br>NACIÓN | <b>MUESTREO DE PRODUCTOS<br/>CERRO VANGUARDIA</b>                                                                                        |                                                                   |                                                    | <br><b>SEGEMAR</b> |
|                                                                                                                              | <b>Ejecución:</b> Ing. Ricardo Parra<br>Lic. Guillermo A. Cozzi<br>Lic. Gabriel del Mármol<br>Lic. Gustavo Machado<br>Lic. Raúl Uribarri | <b>INFORME<br/>TECNICO</b><br><br>Revisión: GM<br>N° 3 del 5/8/13 | <b>Fecha:</b> 18/9/10<br><b>Página N°:</b> 1 de 48 |                                                                                                      |

## 1.- OBJETIVO:

A pedido de las autoridades de la Secretaría de Minería de la Nación, se realizaron comisiones de servicio entre los días 6 y 13 de Septiembre y 26 de octubre a 4 de noviembre de 2010, con la finalidad de tomar muestras representativas de los productos de planta y muestras de bullion obtenidos por la empresa Cerro Vanguardia S.A. en la operación de la mina Cerro Vanguardia, ubicada en Departamento Magallanes, Provincia de Santa Cruz.

La comisión conjunta quedó integrada por: Ing. Ricardo Parra, Delegación Salta, Segemar; Lic. Gabriel del Mármol y Lic. Gustavo Machado, Dirección de Inversiones y Normativa Minera y Lic. Guillermo Cozzi del INTEMIN –Segemar.

Los representantes de la Secretaría de Minería de la Nación realizaron una reunión de apertura en las instalaciones de Aduana – AFIP, en la Ciudad de Comodoro Rivadavia con el Cdor. Carlos Omar Loto, Director de la Dirección Regional Aduanera de Comodoro Rivadavia.

La comisión fue recibida en Cerro Vanguardia por el Ingeniero Jorge Sanguin, donde se expusieron los objetivos de la comisión conjunta.

## 2.- LA MENA:

### 2.1.- UBICACIÓN GEOGRAFICA:

El área de la concesión minera abarca 510 km<sup>2</sup> en el sector noreste de la provincia, limitada por los paralelos 40° 15' y 48° 30' S y los meridianos 68° 15' y 68° 25' O.

Ubicada a 120 km en línea recta de la localidad de San Julián, se accede al yacimiento por la ruta nacional N° 3 hasta el kilómetro 2146 y desde este punto por un camino interno 42 Km.hacia el oeste.

### 2.3.- GEOLOGÍA:

En el yacimiento aflora una extensa sucesión de ignimbritas de composición riolítica (Fm. Chon Aike) de alta sílice, con escasas intercalaciones de tobas, apareciendo en el sector OSO lavas fluidales de igual composición. Toda la secuencia se apoya en discordancia angular sobre sedimentitas de la Fm. Roca Blanca y sobre los basaltos olivínicos, basandesitas y brechas de la Fm. Bajo Pobre.

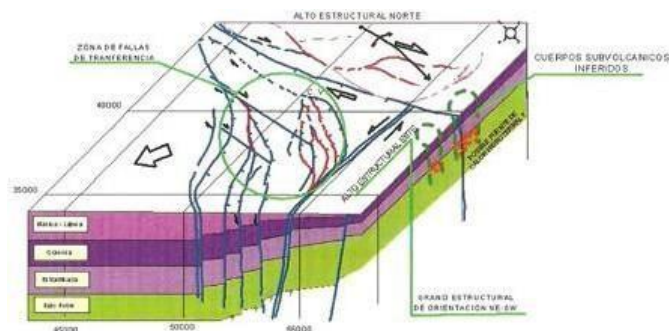
La edad del yacimiento es Jurásica media a superior, época caracterizada tectónicamente por un ambiente extensional de hemi grábenes (figura 1) volcados hacia el este, el magmatismo riolítico de intraplaca estuvo controlado por un sistema de Rift de retroarco.

### 2.4.- MINERALOGIA:

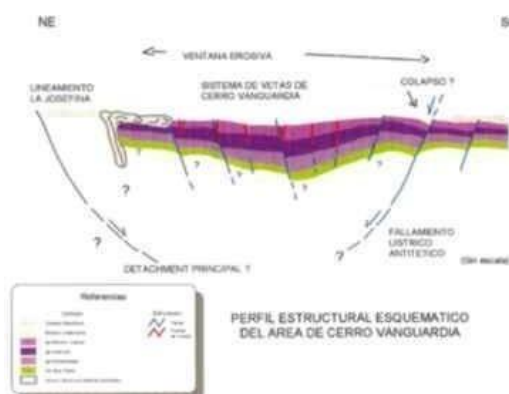
En el área se han identificado 98 vetas de cuarzo epitermal que totalizan una longitud de 189 km, distribuidas en un área de 300 km<sup>2</sup> y acompañadas por un stockwork de venillas de cuarzo en ambos contactos con la roca de caja.

|                                                                                                                               |                                                                                                                                   |                                                                   |                                             |                                                                                                       |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <br>SECRETARÍA DE<br>MINERÍA DE LA<br>NACIÓN | <b>MUESTREO DE PRODUCTOS<br/>CERRO VANGUARDIA</b>                                                                                 |                                                                   |                                             | <br><b>SEGEMAR</b> |
|                                                                                                                               | Ejecución: Ing. Ricardo Parra<br>Lic. Guillermo A. Cozzi<br>Lic. Gabriel del Mármol<br>Lic. Gustavo Machado<br>Lic. Raúl Uribarri | <b>INFORME<br/>TECNICO</b><br><br>Revisión: GM<br>N° 3 del 5/8/13 | Fecha: 18/9/10<br><i>Página N°: 2 de 48</i> |                                                                                                       |

Las texturas son típicamente de relleno, crustiformes, coloidales, bandeadas y también de reemplazo o brechosas.



**Figura 1:** Diagrama de bloques esquemático mostrando los principales componentes estructurales y estratigráficos del yacimiento Cerro Vanguardia



**Figura 2:** Hemigraben de Cerro Vanguardia

La mineralogía de la mena esta dada por electrum (50% Au y 50% Ag), oro nativo, plata nativa, argentita ( $\text{Ag}_2\text{S}$ ), cerargirita ( $\text{Ag}_2\text{Cl}$ ), covelina ( $\text{CuS}$ ), calcosina ( $\text{Cu}_2\text{S}$ ), pirita ( $\text{Fe}_2\text{S}$ ), pirrotina, calcopirita ( $\text{CuFeS}_2$ ), esfalerita ( $\text{ZnS}$ ), marcasita ( $\text{FeS}_2$ ), estromeyerita ( $\text{AgCuS}$ ), stannina ( $\text{Cu}_2\text{FeSnS}_4$ ), uytembogaardita ( $\text{Ag}_3\text{AuS}_2$ ), y los minerales de ganga son principalmente cuarzo, goethita, hematita, jarosita, pirolusita, criptomelano, baritina, y carbonatos.

### 3.- EL MINADO:

El yacimiento de Cerro Vanguardia es explotado por minería a cielo abierto y por minería subterránea.

#### 3.1.- MINERIA A CIELO ABIERTO:

En este momento hay 21 minas activas a cielo abierto en el yacimiento Cerro Vanguardia, con una capacidad de producción media de 3500 toneladas diarias de mineral, la producción mensual es de 2.000.000 toneladas de estéril y 90.000 toneladas de mineral, el programa para 2010 es de 25 millones de toneladas de estéril y un millón de toneladas de mineral. La relación estéril mineral es de 25:1.

|                                                                                                                              |                                                                                                                                          |                                                                   |                                                    |                                                                                                      |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <br>SECRETARÍA DE<br>MINERÍA DE LA<br>NACIÓN | <b>MUESTREO DE PRODUCTOS<br/>CERRO VANGUARDIA</b>                                                                                        |                                                                   |                                                    | <br><b>SEGEMAR</b> |
|                                                                                                                              | <b>Ejecución:</b> Ing. Ricardo Parra<br>Lic. Guillermo A. Cozzi<br>Lic. Gabriel del Mármol<br>Lic. Gustavo Machado<br>Lic. Raúl Uribarri | <b>INFORME<br/>TECNICO</b><br><br>Revisión: GM<br>N° 3 del 5/8/13 | <b>Fecha:</b> 18/9/10<br><b>Página N°:</b> 3 de 48 |                                                                                                      |

La ley actual del mineral que se entrega a planta es de 5,5 g/Tn de Au y 100 a 150 g/Tn de Ag.

En cuanto al equipamiento de minería a cielo abierto, está compuesto por dos flotas, una de ellas está compuesto por 3 palas CAT 992 y 5 camiones CAT 777 de 90 toneladas; la segunda flota está constituida por 4 palas CAT 988 y 15 camiones 773 de 50 toneladas.

La perforación para voladura se realiza con Panteras 1500 y un diámetro de 5"; la altura de banco, de acuerdo a la roca es de 5 o 10 metros, se poseen 8 Panteras en perforación.

La cuadrícula de perforación es de 3,5 por 4 metros en estéril y de 2 por 2,5 metros en mineral; para mejorar la selectividad, se usa precorte en el contacto mineral-estéril. Hay dos camiones fábricas de explosivos pertenecientes a Austin Powder.

Los barrenos se cargan con anfo, anfo pesado o emulsión cuando hay agua; los tiros se inician con buster 410, el sistema de encendido es con detonadores no eléctricos (noneles). El consumo de explosivos es 270 gramos por tonelada. El talud final es de 75°.

En minería a cielo abierto trabajan 260 operarios.



### 3.2.- MINERÍA SUBTERRANEA:

La operación de minado subterránea en mina Cerro Vanguardia, comenzó en abril del 2010, llevando hasta el momento una producción total de 13.000 toneladas. Al momento se tienen dos bocaminas abiertas, Osvaldo 7 y Manga 5, esta última de menor desarrollo.

El acceso a los rajes de producción es por rampa, mientras que el método de explotación utilizado es por subniveles con tiros largos, con relleno posterior del rajo. La separación entre subniveles es de 15 metros.

El plantel de minería subterránea actualmente es de 90 personas. El esquema de las operaciones unitarias de interior mina se muestra en el gráfico de abajo.

|                                                                                                                                           |                                                                                                                                                  |                                                                            |                                                  |                                                                                                          |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <br><div>SECRETARÍA DE<br/>MINERÍA DE LA<br/>NACIÓN</div> | <div>MUESTREO DE PRODUCTOS<br/>CERRO VANGUARDIA</div>                                                                                            |                                                                            |                                                  | <br><div>SEGEMAR</div> |
|                                                                                                                                           | <div>Ejecución: Ing. Ricardo Parra<br/>Lic. Guillermo A. Cozzi<br/>Lic. Gabriel del Mármol<br/>Lic. Gustavo Machado<br/>Lic. Raúl Uribarri</div> | <div>INFORME<br/>TECNICO</div> <div>Revisión: GM<br/>N° 3 del 5/8/13</div> | <div>Fecha: 18/9/10<br/>Página N°: 4 de 48</div> |                                                                                                          |

### ESQUEMA DE LAS OPERACIONES UNITARIAS



Descripción de cada tarea:

**Preparación:** en esta tarea se realiza la marcación del frente, gradientes y ejes; además de posicionar el equipo de perforación, traer mangueras de agua, aire y conectarlas, verificar la zona de trabajo, haciendo un nuevo control de tojeo si es necesario (antes de marcar el frente); preparación para perforación con equipos mecanizados.

Para el caso de perforación manual, se deberá traer o subir el equipo a los frentes de trabajo designados. Revisar el mismo, conectar manguera de aire y agua, verificar nivel de aceite en el pato (lubricador), perforar.

**Perforación:** en la mina se utilizan dos tipos de sistemas para perforar, uno totalmente mecanizado y otro manual; a continuación detallamos cada uno:

#### Perforación Mecanizada:

- A- Jumbo de un brazo - Marca Sandvik - Modelo DD310-26C (2 unidades).
- B- Jumbo de dos brazos - Marca Sandvik - Modelo DD320-26C (2 unidades).
- C- Jumbo para tiros largos - Marca Sandvik - Modelo DL330-5C (1 unidad).

#### Perforación Manual :

- A- Perforadora YT27 (evaluación de posible implementación de perforadoras eléctricas).

**Carga de Explosivo:** en una primera etapa la carga del mismo se hará contratando un servicio de voladura (Austin Powder), hasta conseguir los permisos necesarios para luego cargar los distintos frentes de avance con personal propio. La técnica de carguío básicamente es la conocida, la que se utiliza en cielo abierto, con la diferencia que, en los frentes de avance en Rampa, Galerías, se utilizarán escaleras de aluminio para poder acceder a los taladros más altos del diagrama de tiros perforado.

En cámaras o rajes de explotación la carga de explosivos se hace en taladros perforados con una leve inclinación descendente o ascendente.

|                                                                                                                               |                                                                                                                                          |                                                                   |                                                    |                                                                                                |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <br>SECRETARÍA DE<br>MINERÍA DE LA<br>NACIÓN | <b>MUESTREO DE PRODUCTOS<br/>CERRO VANGUARDIA</b>                                                                                        |                                                                   |                                                    | <br>SEGEMAR |
|                                                                                                                               | <b>Ejecución:</b> Ing. Ricardo Parra<br>Lic. Guillermo A. Cozzi<br>Lic. Gabriel del Mármol<br>Lic. Gustavo Machado<br>Lic. Raúl Uribarri | <b>INFORME<br/>TECNICO</b><br><br>Revisión: GM<br>N° 3 del 5/8/13 | <b>Fecha:</b> 18/9/10<br><b>Página N°:</b> 5 de 48 |                                                                                                |

La técnica de carga en chimeneas de ventilación o de rajos difiere dependiendo de la metodología de explotación, ya sea con el método tradicional o con voladuras de nivel a nivel; también volando de a tramos con un VCR. En este caso se adopta la metodología mecanizada de tiros largos para luego volar la chimenea con el sistema VCR.

**Voladura:** la iniciación de cada voladura se hace con mecha lenta y fulminante.

**Ventilación:** al comienzo de la mina hasta una longitud ya predeterminada, la ventilación se hace por difusión. Luego la mina se ventila por aire forzado, colocando ventiladores en superficie e ingresando aire fresco hasta los distintos topes de avance por medio de mangas de ventilación; si es necesario se colocan ventiladores en serie o paralelo para ayudar a que el sistema de ingreso de aire sea lo más eficiente posible.

Una vez completado el minado de las chimeneas de ventilación y el estudio del circuito, se implementará un circuito de mina, donde el aire fresco ingresará por un sector y el aire viciado será evacuado por otro, consiguiendo de esta forma que la mina se ventile de manera más rápida y eficiente.

**Tojeo (Saneo):** Es la operación por la cual se desprenden del techo y paredes de las labores los trozos de roca semi desprendidos (tojos), esta operación se realiza con la ayuda de espadillas o barretas. Hay distintos tipos de longitudes de espadillas, desde 1 m utilizadas en chimeneas, 2 m, 2.5 m, 3 m y 4 m que son las que se emplean en el saneo de Rampa y Galerías, dependiendo de la altura a la que haya que tojeo es la medida de longitud de la espadilla.

**Sostenimiento:** esta etapa del ciclo no siempre se ejecuta, salvo cuando las condiciones geomecánicas del terreno lo determinen. Hay distintos tipos de sostenimientos, a continuación se enumeran los posibles utilizados en CV S.A:

Sostenimiento Incorporado a la Roca:

- A- Pernos helicoidales colocados con cemento ó resina.
- B- Pernos de fricción split set.
- C- Pernos de expansión con agua, tipo hydrabolt o swellex.
- D- Cerchas metálicas IPN 14.

Sostenimiento No Incorporado a la Roca

- A- Madera para armar castilletes, castillos, bloquear cerchas, etc.
- B- Malla electrosoldada.
- C- Cerco romboidal.
- D- Gunitado en seco ó húmedo.

**Carga y Transporte:** la carga de material, ya sea estéril o mineral se hace con cargadoras de bajo perfil (LHD), carreteando desde el tope de avance hasta los bolsillos de descarga, para luego cargar los camiones de bajo perfil hasta superficie o para relleno de cámaras en interior mina.

Equipos que se usan para determinar el ancho y alto mínimo de galerías.

El equipamiento utilizado para la mensura de las labores subterráneas es una Estación Total Marca Trimble Modelo S6. Con este equipo se levantan cada uno de las labores para luego



|                                                                                                                               |                                                                                                                                   |                                                                   |                                             |                                                                                                |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <br>SECRETARÍA DE<br>MINERÍA DE LA<br>NACIÓN | <b>MUESTREO DE PRODUCTOS<br/>CERRO VANGUARDIA</b>                                                                                 |                                                                   |                                             | <br>SEGEMAR |
|                                                                                                                               | Ejecución: Ing. Ricardo Parra<br>Lic. Guillermo A. Cozzi<br>Lic. Gabriel del Mármol<br>Lic. Gustavo Machado<br>Lic. Raúl Uribarri | <b>INFORME<br/>TECNICO</b><br><br>Revisión: GM<br>N° 3 del 5/8/13 | Fecha: 18/9/10<br><i>Página N°: 6 de 48</i> |                                                                                                |

visualizarlas y constatar su posicionamiento con los programas de diseño adquiridos por el área de planificación (Datamine Estudio 3 y Mine 2-4D).

### **Ancho y alto de las labores mineras subterráneas**

Rampa de Acceso Principal: 4,5 m de ancho x 4,5 m de alto.

Galerías de Acceso y Basal: 4,0 m de ancho x 4,0 m de alto.

Estocadas de Bombeo, Diamantina y Chimeneas: 4,0 m de ancho x 4,0 m de alto.

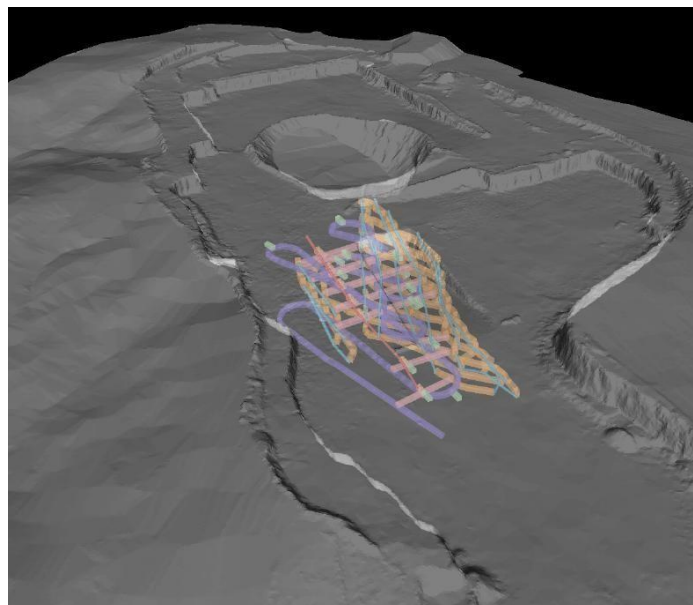
Chimeneas de Ventilación: 3 metros de diámetro.

Chimeneas slot rise: 2 metros de diámetro.

### **Secuencia Explotación Mina Mangas Centro CB5.**

El proyecto subterráneo actualizado para mangas CB5 contempla la construcción de tres frentes de explotación llamados Mangas Centro, Mangas Norte y Mangas Sur, los cuales serán desarrollados en ese mismo orden. El primer sector en entrar en producción es Mangas Centro, el cual considera la extracción de 385.503 toneladas de mineral con una ley media de 9,73 g/t de Au y una remoción de 93.000 toneladas de estéril.

El desarrollo necesario para obtener la producción antes mencionada se muestra en la siguiente figura, el mismo comprende rampa principal, galería de corta veta, galerías basales, estocadas de ventilación, estocadas de carguío, chimeneas de ventilación y descansos.



Las características principales de cada tipo de labor son las siguientes:



|                                                                                                                                               |                                                                                                                                                                      |                                                                                 |                                                    |                                                                                                      |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <br><small>SECRETARÍA DE<br/>MINERÍA DE LA<br/>NACIÓN</small> | <b>MUESTREO DE PRODUCTOS<br/>CERRO VANGUARDIA</b>                                                                                                                    |                                                                                 |                                                    | <br><b>SEGEMAR</b> |
|                                                                                                                                               | <b>Ejecución: Ing. Ricardo Parra</b><br><b>Lic. Guillermo A. Cozzi</b><br><b>Lic. Gabriel del Mármol</b><br><b>Lic. Gustavo Machado</b><br><b>Lic. Raúl Uribarri</b> | <b>INFORME<br/>TECNICO</b><br><br><b>Revisión: GM</b><br><b>Nº 3 del 5/8/13</b> | <b>Fecha: 18/9/10</b><br><b>Página Nº: 7 de 48</b> |                                                                                                      |

- Rampa Principal: Descenso en 15% de pendiente con descansos cada 200 o 300 metros de avance mediante el uso de descansos horizontales. Radios de 15 metros al eje de la labor.
- Galerías Basales: Horizontales siguiendo la dirección de la veta.
- Estocadas: Generalmente son horizontales o se les da una pequeña inclinación para drenaje natural del agua.
- Galerías Corta Veta: Generalmente son horizontales pero se privilegia diseños con una mínima pendiente de hasta el 5% para mantener sin agua los frentes de extracción de mineral.
- Chimeneas : Son perpendiculares a las galerías basales y por ende a las vetas y poseen una inclinación de entre 64° a 72° para ser utilizadas además como vía alternativa de escape.

#### 4.- TRITURACION:

La finalidad del Área de Trituración es procesar las rocas provenientes de las diferentes vetas en explotación hasta que sean alcanzados dos puntos principales: Darle al cien por ciento del producto del Área un tamaño menor que 9 mm y a un flujo homogéneo, puntos fundamentales para una buena operación del circuito de molienda, y también proceder a una buena homogeneización de los minerales de las distintas vetas, de modo de evitar cambios muy grandes entre las leyes de oro y plata que alimentarán la planta de hidrometalurgia, lo que podría dificultar la estabilidad del proceso de recuperación.

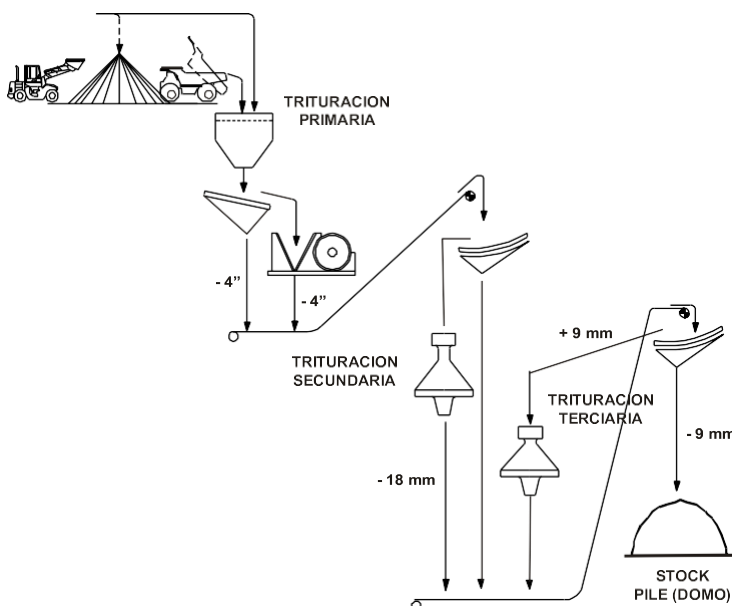
La planta de trituración tiene una capacidad de 3.000 Tn/día. La ley de cabeza de planta es de 7 g/Tn de Au y de 70 a 80 g/Tn de Ag.

Abajo se muestra el diagrama de la operación de trituración.

Las áreas de trituración primaria, secundaria, terciaria y planta de lavado incluyen los siguientes equipos principales:

#### FLOW SHEET DE TRITURACION

- Parrilla fija
- Tolva de alimentación
- Pica roca fijo
- Apron feeder
- Grilla Vibratoria
- Triturador primario
- Cinta transportadora No. 1
- Electroimán auto limpiante
- Detector de metales
- Chute pantalón
- Scrubber
- Zaranda Lavadora
- Cinta transportadora No 2
- Cinta transportadora No 3
- Cinta transportadora No 4
- Electroimán
- Zaranda primaria
- Triturador secundario
- Correa transportadora No. 5
- Alimentador de cinta
- Correa transportadora No. 6
- Detector de metales



|                                                                                                                              |                                                                                                                                                                      |                                                               |                                                    |                                                                                                      |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <br>SECRETARÍA DE<br>MINERÍA DE LA<br>NACIÓN | <b>MUESTREO DE PRODUCTOS<br/>CERRO VANGUARDIA</b>                                                                                                                    |                                                               |                                                    | <br><b>SEGEMAR</b> |
|                                                                                                                              | <b>Ejecución: Ing. Ricardo Parra</b><br><b>Lic. Guillermo A. Cozzi</b><br><b>Lic. Gabriel del Mármol</b><br><b>Lic. Gustavo Machado</b><br><b>Lic. Raúl Uribarri</b> | <b>INFORME<br/>TECNICO</b><br>Revisión: GM<br>N° 3 del 5/8/13 | <b>Fecha: 18/9/10</b><br><b>Página N°: 8 de 48</b> |                                                                                                      |

- Zaranda secundaria
- Triturador terciario
- Correa transportadora No. 7
- Muestreadores primarios y secundarios

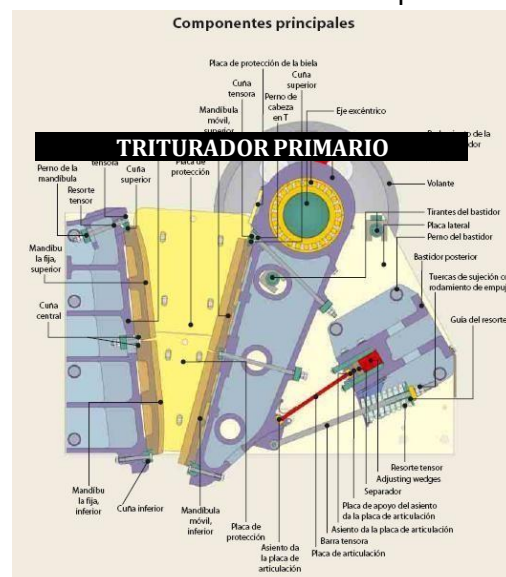
#### 4.1.- TRITURACIÓN PRIMARIA

La estación de trituración primaria recibe mineral R.O.M. (Run Of Mine) desde las diferentes vetas en explotación. El mineral proveniente de las vetas es transportado en camiones mineros de 50 o 100 Tn de capacidad dependiendo el modelo, hacia una cancha ubicada en la cercanía de la estación de trituración primaria denominada Stock de Corto Plazo (SCP).

Los camiones mineros descargan el mineral en varios acopios ubicados en la cancha de almacenamiento de la estación de trituración primaria.

El mineral es transportado desde los acopios a la tolva de alimentación del triturador primario mediante un cargador frontal de 5,7 m<sup>3</sup> de capacidad.

Una parrilla fija, ubicada sobre la tolva de alimentación del Apron Feeder, permite detener el paso de rocas de tamaño mayor a 500 mm. Para evitar el atascamiento en el triturador primario, estas son reducidas de tamaño a través del martillo hidráulico, el cual es operado desde la sala de control por el operador del área. El alimentador Apron Feeder es de velocidad variable y descarga sobre la grilla vibratoria la cual permite descartar las rocas de tamaño menor que 90 mm. El sobre tamaño es enviado al triturador de mandíbulas, éstas son trituradas a 80% bajo 100 mm, y este material triturado es descargado junto con el bajo tamaño de la grilla en la correa que efectúa el transporte del material hacia la planta de lavado o eventualmente hacia trituración secundaria y terciaria.



Esta correa posee una balanza integradora que entrega el tonelaje instantáneo y acumulado de mineral triturado. Además en esta correa se ubica un electroimán autolimpiante, que se encarga de retirar todos los materiales metálicos que pueden venir junto con el mineral desde la mina y que pueden causar daño a los trituradores. Como un elemento adicional de seguridad, frente al electroimán, se ubica un detector de metales que tiene por función interrumpir el funcionamiento de la correa en caso que se detecte algún material metálico no retirado por el electroimán.

#### 4.2.- PLANTA DE LAVADO

La planta de lavado trata el mineral proveniente de la correa transportadora No. 1. El mineral ingresa en el scrubber se mezcla con solución proveniente del overflow de molienda (80 – 150 m<sup>3</sup>/h). Esta solución es la encargada, junto con el scrubber, de disgregar el mineral fino menor a

|                                                                                                                               |                                                                                                                                   |                                                                   |                                             |                                                                                                |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <br>SECRETARÍA DE<br>MINERÍA DE LA<br>NACIÓN | <b>MUESTREO DE PRODUCTOS<br/>CERRO VANGUARDIA</b>                                                                                 |                                                                   |                                             | <br>SEGEMAR |
|                                                                                                                               | Ejecución: Ing. Ricardo Parra<br>Lic. Guillermo A. Cozzi<br>Lic. Gabriel del Mármol<br>Lic. Gustavo Machado<br>Lic. Raúl Uribarri | <b>INFORME<br/>TECNICO</b><br><br>Revisión: GM<br>N° 3 del 5/8/13 | Fecha: 18/9/10<br><i>Página N°: 9 de 48</i> |                                                                                                |

3 mm proveniente de la trituración primaria. Esta clasificación se produce con una zaranda lavadora ubicada en la descarga del scrubber.

El mineral sobre tamaño descargado por la zaranda, ya sin finos, es enviado mediante las cintas hacia el circuito de trituración secundaria y terciaria.

#### 4.3.- TRITURACIÓN SECUNDARIA - TERCIARIA

El mineral proveniente de la planta de lavado o eventualmente de la trituración primaria es transportado por una correa hacia el chute de alimentación de la zaranda primaria. Esta zaranda posee dos bandejas con mallas, siendo la apertura de la malla de la primera bandeja de 50 mm y la apertura de la segunda de 25 mm. Los sobre tamaños de cada parrilla o deck de la zaranda primaria alimentan al triturador secundario.

El triturador secundario descarga el producto triturado en una correa con un tamaño de alrededor de 24 mm. Se trata de un circuito abierto ya que el mineral pasa una sola vez a través del triturador.

El bajo tamaño de la zaranda primaria (mineral menor a 25 mm) cae a través del chute de descarga de la zaranda primaria y se junta con las descargas de los trituradores secundario y terciario en la correa. Esta correa conduce el material triturado a la tolva de trituración terciaria con capacidad de 100 Tn. Mediante un alimentador de transferencia y una correa transportadora, se alimenta la zaranda secundaria, que también tiene dos bandejas, la malla de la superior con una apertura de 24 mm y la malla de la inferior con una apertura de 9 mm.

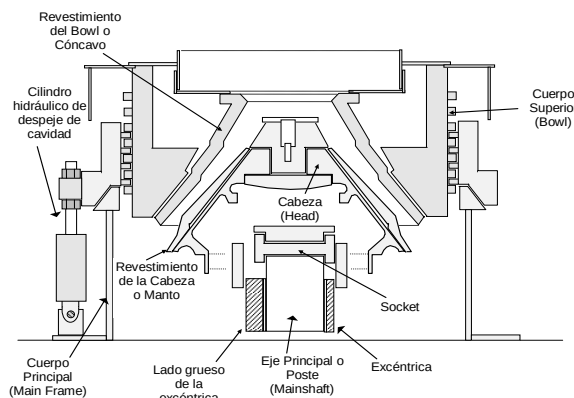
Los sobre tamaños de cada bandeja de la zaranda secundaria alimentan el triturador terciario mientras que el bajo tamaño de la zaranda secundaria se constituyen en el producto final de los trituradores, y es transferido hacia el sistema de apilamiento y mezclado, por intermedio de una correa.

El triturador terciario trabaja en circuito cerrado. Se denomina circuito cerrado porque la descarga del triturador de alrededor de 9 mm, vuelve a la zaranda que lo alimenta, escapando del circuito solamente el mineral bajo tamaño de dicha zaranda. El mineral que no alcanza el tamaño deseado debe retornar a la alimentación del triturador. La zaranda secundaria se encarga, precisamente, de esta tarea.

La correa posee una balanza integradora, que entrega el tonelaje instantáneo y acumulado de mineral triturado. Además, esta correa dispone de un sistema de muestreo compuesto por un muestreador primario, una correa de alimentación, un muestreador secundario. Estos equipos tienen la función de sacar muestras desde el flujo de mineral triturado, a intervalos de tiempo preestablecidos.

El objetivo del circuito de trituración secundaria y terciaria es producir un flujo de mineral del orden de 180 t/h en el modo húmedo y 250 t/h en modo seco,

#### TRITURADOR DE CONO



|                                                                                                                              |                                                                                                                                              |                                                                           |                                               |                                                                                                      |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <br>SECRETARÍA DE<br>MINERÍA DE LA<br>NACIÓN | <b>MUESTREO DE PRODUCTOS<br/>CERRO VANGUARDIA</b>                                                                                            |                                                                           |                                               | <br><b>SEGEMAR</b> |
|                                                                                                                              | <b>Ejecución: Ing. Ricardo Parra<br/>Lic. Guillermo A. Cozzi<br/>Lic. Gabriel del Mármol<br/>Lic. Gustavo Machado<br/>Lic. Raúl Uribarri</b> | <b>INFORME<br/>TECNICO</b><br><br><b>Revisión: GM<br/>N° 3 del 5/8/13</b> | <b>Fecha: 18/9/10<br/>Página N°: 10 de 48</b> |                                                                                                      |

con una granulometría 85% bajo 9 mm. Para esto se dispone de dos etapas de trituración. El triturador secundario recibe mineral grueso (80% bajo 100 mm), y es capaz de entregar un producto 100% menor a 38 mm (cerrado a 20 mm). El triturador terciario recibe este mineral, y es capaz de entregar un producto 80% menor a 15 mm (cerrado a 9 mm). Como el triturador terciario trabaja en circuito cerrado con la zaranda secundaria, cuya malla inferior es de 9 mm, el mineral que sale, tiene una granulometría inferior a 9 mm debido a la inclinación de la zaranda (18 grados)

*Ambos trituradores son de tipo cono, produciendo la reducción de tamaño por compresión de la roca entre el manto del cono de movimiento excéntrico y el revestimiento del "bowl" (denominado cóncavo). El perfil, tanto del manto como del cóncavo, es diferente para el cono secundario y el cono terciario. Por esto, al cono secundario se le denomina de cabeza standard y al cono terciario se le denomina "short head" o de cabeza corta.*

*Las zarandas primaria y secundaria son máquinas vibratorias de clasificación de tamaño de minerales. Para clasificar o separar por tamaños las partículas utilizan una superficie o malla con aperturas. Las partículas de mineral que atraviesan las aberturas de la malla son denominadas bajo tamaño. En cambio, las partículas que son rechazadas (aquellas que son transportadas por la zaranda hacia la descarga, sin atravesar la malla), son denominadas sobre tamaño.*

*Las zarandas están equipadas con un mecanismo que provoca la vibración de la superficie de la malla. El mineral alimentado al chute de la zaranda se distribuye sobre la superficie y, debido a la vibración, se comporta con características parecidas a las de un fluido. Las partículas mayores emergen a la superficie, mientras que las partículas pequeñas se sumergen entre los espacios vacíos hacia el fondo, éste proceso es denominado estratificación. Las partículas suficientemente pequeñas atraviesan la malla como bajo tamaño. Las partículas mayores no pasan y son rechazadas como sobre tamaño.*

*El transporte de mineral entre equipos de trituración y de clasificación se realiza en correas transportadoras convencionales. Una típica correa transportadora está equipada con detector de velocidad cero, cable de parada de emergencia, detectores de desalineamiento, y detectores de atascamiento en la descarga.*

*Las variables de proceso de los circuitos de trituración secundaria y terciaria son los siguientes:*

- *Tonelaje de alimentación zaranda primaria: variable, dependiendo de la alimentación al triturador primario. Rango estimado: 180 - 250 t/h.*
- *Tamaño del producto triturador secundario. Depende del cierre (setting) del triturador.. Rango estimado: 20 -25 mm.*
- *Tonelaje de alimentación triturador terciario: variable, dependiendo del nivel del chute de alimentación. Rango estimado: 110 - 180 t/h.*
- *Tamaño del producto triturador terciario. Depende del cierre (setting) del triturador. Rango estimado: 10 - 15 mm.*

*Es importante destacar que los trituradores de cono trabajan mejor si están siendo alimentados con la carga máxima, antes que se produzca derrame de mineral. Esta condición de tonelaje de saturación (choke fed) no se puede cumplir en el triturador secundario porque no se dispone de tolva de regulación. Esto debe controlarse a través de la alimentación al triturador primario. En cambio, el triturador de cono terciario dispone de una tolva con un alimentador de cinta de velocidad variable.*

#### **4.4.- SISTEMA DE APILAMIENTO, MEZCLA Y RECUPERACIÓN DE MINERAL**

El proyecto Cerro Vanguardia es un depósito de tipo vetiforme, con contenidos de oro y plata altos y fluctuantes. No todas las vetas poseen las mismas cantidades relativas de los elementos principales. Las vetas del sector sur (El Palo, Laguna Carbón, Pardo, Mirta, Sur de Atila, etc.) se caracterizan por presentar mayor cantidad de metales base. Las vetas del sector central

|                                                                                                                              |                                                                                                                                              |                                                                           |                                               |                                                                                                      |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <br>SECRETARIA DE<br>MINERIA DE LA<br>NACION | <b>MUESTREO DE PRODUCTOS<br/>CERRO VANGUARDIA</b>                                                                                            |                                                                           |                                               | <br><b>SEGEMAR</b> |
|                                                                                                                              | <b>Ejecución: Ing. Ricardo Parra<br/>Lic. Guillermo A. Cozzi<br/>Lic. Gabriel del Mármol<br/>Lic. Gustavo Machado<br/>Lic. Raúl Uribarri</b> | <b>INFORME<br/>TECNICO</b><br><br><b>Revisión: GM<br/>N° 3 del 5/8/13</b> | <b>Fecha: 18/9/10<br/>Página N°: 11 de 48</b> |                                                                                                      |

(Luciana, Natalia, Loma del Muerto, Osvaldo Diez, etc.) contienen altas leyes de oro y plata en diferentes proporciones y un muy bajo contenido de metales base.

Para lograr una ley de alimentación de oro y plata que concuerde con los parámetros de diseño de la planta, se debe mezclar el mineral extraído de las diferentes vetas antes de su ingreso a la planta.

Se eligió un sistema circular de acopio, mezcla, y recuperación, para enfrentar el problema y reducir la magnitud de las fluctuaciones en la ley del mineral alimentado a la planta de hidrometalurgia.

El sistema circular de mezclado se divide en dos máquinas: un apilador denominado Stacker y un raspador de cadena denominado Reclaimer. El apilador es capaz de distribuir hasta 220 toneladas por hora y el raspador de cadena puede recuperar entre 50 y 170 toneladas por hora. El tonelaje de tratamiento es 135 t/h.

Las dos máquinas operan alrededor de una columna central común a ambas, pero pueden operarse en forma independiente. Esto permite efectuar mantenimiento a una máquina con mínima interrupción de la otra.

#### **Sistema de Apilamiento (stacker):**

Cuando la correa transportadora del apilador empieza a funcionar, una señal es enviada para el sistema de control principal, para que habilite el funcionamiento de las correas de alimentación de mineral de la planta de trituración.

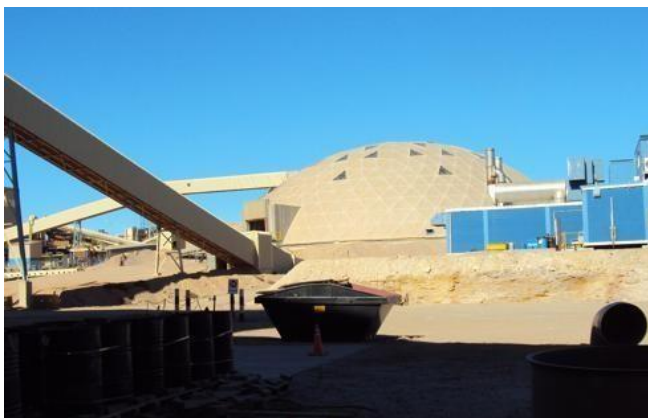
El mineral triturado en el circuito terciario es transportado en una correa que alimenta el sistema apilador a través del chute cónico montado en la columna central. La pluma del apilador está soportada en un asiento articulado, y su inclinación es controlada por un cilindro hidráulico.

#### **Sistema de Recuperación (reclaimer):**

El raspador del brazo del reclaimer, denominado Rake debe estar en contacto con la pila de acopio para operar eficientemente. De modo general, el rake no requiere ningún procedimiento de ajuste después de iniciada las operaciones. El único momento que el rake necesita ajustes de operación es cuando es movido lejos del frente de la pila.



|                                                                                                                              |                                                                                                                                          |                                                                   |                                                     |                                                                                                      |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <br>SECRETARÍA DE<br>MINERÍA DE LA<br>NACIÓN | <b>MUESTREO DE PRODUCTOS<br/>CERRO VANGUARDIA</b>                                                                                        |                                                                   |                                                     | <br><b>SEGEMAR</b> |
|                                                                                                                              | <b>Ejecución:</b> Ing. Ricardo Parra<br>Lic. Guillermo A. Cozzi<br>Lic. Gabriel del Mármol<br>Lic. Gustavo Machado<br>Lic. Raúl Uribarri | <b>INFORME<br/>TECNICO</b><br><br>Revisión: GM<br>N° 3 del 5/8/13 | <b>Fecha:</b> 18/9/10<br><b>Página N°:</b> 12 de 48 |                                                                                                      |



Vista exterior del sistema de Apilamiento



Vista interior del sistema de Apilamiento

## 5.- PROCESAMIENTO:

Luego de los procesos de reducción de tamaño en la trituración primaria, secundaria y terciaria, la conminución o disminución de tamaño continúa con la molienda en circuito cerrado con hidrociclones. Desde allí la pulpa es tratada en un sistema de lixiviación en tanques, donde el oro y la plata pasan a solución, la pulpa lixiviada pasa a un sistema de decantación en contra corriente CCD, el overflow del CCD va al circuito de clarificación, mientras que el underflow posee partículas sin lixiviar por lo que pasan a un circuito CIL (carbón en pulpa), donde se completa la lixiviación y luego el complejo cianurado de oro y plata es adsorbido en carbón activado. El carbón cargado con oro y plata, pasa a un proceso de lavado ácido y luego a una elución, donde el oro y la plata pasan a solución nuevamente, obteniendo una solución cianurada rica, que se junta con el overflow del CCD en la entrada del circuito de clarificación. El carbón es reactivado y devuelto al circuito CIL.

La solución cianurada rica en oro y plata, es clarificada, desaireada, para ser tratada con Zn en polvo (proceso Merrill Crowe), donde el oro y plata pasan al estado metálico y son separadas de la solución por filtros prensa, el sólido obtenido es llevado a la planta de fusión, donde se obtiene el lingote doré.

El proceso resumido se muestra en el Flow Sheet adjunto y es descrito con detalle en los párrafos siguientes.

### 5.1.-MOLIENDA:

El objetivo de los equipos de esta área es reducir de tamaño el mineral alimentado al molino (aproximadamente 9 mm) hasta una "arena" de granulometría fina ( $P_{80}=74 \mu$ , 80% menor a  $74 \mu$ ). Dicha tarea de molienda se realiza en húmedo, en el circuito constituido por el molino de bolas, la batería de 6 ciclones y las bombas de alimentación de ciclones trabajando en circuito cerrado con una carga circulante de 350%. La alimentación al molino es de 138 Tn/hora.

El molino de bolas tiene un diámetro interno de 5.03 m y un largo de 6.71 m.

|                                                                                                                                                |                                                                                                                                                                      |                                                                                 |  |                                                                                                       |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------|--|-------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <br><small>SECRETARÍA DE<br/>MINERÍA DE LA<br/>NACIÓN</small> | <b>MUESTREO DE PRODUCTOS<br/>CERRO VANGUARDIA</b>                                                                                                                    |                                                                                 |  | <br><b>SEGEMAR</b> |
|                                                                                                                                                | <b>Ejecución: Ing. Ricardo Parra</b><br><b>Lic. Guillermo A. Cozzi</b><br><b>Lic. Gabriel del Mármol</b><br><b>Lic. Gustavo Machado</b><br><b>Lic. Raúl Uribarri</b> | <b>INFORME<br/>TECNICO</b><br><br><b>Revisión: GM</b><br><b>Nº 3 del 5/8/13</b> |  | <b>Fecha: 18/9/10</b><br><b>Página Nº: 13 de 48</b>                                                   |

El mineral que alcanza el tamaño "de corte" (tamaño de liberación) es conducido en forma de pulpa fuera del circuito de molienda-clasificación.

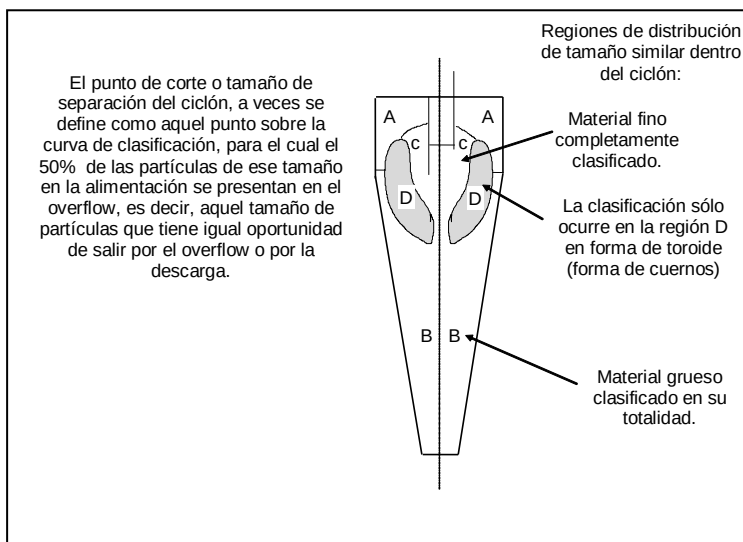
El espesador de molienda tiene por objetivo efectuar una separación sólido-líquido. El sólido abandona el espesador por el cono de descarga o underflow, en forma de pulpa con alto contenido de sólidos. Por la canaleta periférica del espesador rebosa el líquido con muy bajo contenido de sólidos (del orden de 100 - 500 ppm). Esta área (molienda húmeda - espesador de molienda) es el corazón de la planta de recuperación de oro y plata. La adecuada operación de estos equipos permite el funcionamiento del resto de la planta.

Los ciclones (o hidrociclones) son equipos de clasificación de partículas por tamaño. Estos equipos tienen una sección cilíndrica y una sección cónica. La pulpa es alimentada a presión por una brida ubicada en el costado de la parte cilíndrica, siendo obligada a descender hacia la descarga inferior. La pulpa que ingresa al ciclón adquiere una trayectoria espiral en su descenso hacia la descarga. Este movimiento espiral crea fuerzas centrífugas que provocan que las partículas tiendan a moverse hacia la pared del ciclón. Esto

desplaza líquido que tiende a moverse hacia el centro del ciclón, arrastrando las partículas más finas. Hacia el fondo cónico del ciclón las partículas más gruesas son aceleradas y descargadas. En cambio, en el centro del ciclón se produce un flujo de líquido ascendente que es descargado por la parte superior del ciclón. Un tubo denominado buscador de remolino, "vortex finder", permite canalizar el ascenso de líquido con los finos, evitando las turbulencias del ingreso de pulpa al ciclón. El material que sale por el fondo se denomina underflow y tiene un porcentaje de sólidos elevado (75 - 83%). El material que sale por la parte superior se denomina overflow y tiene un porcentaje de sólidos menor (15 - 25%).

Los ciclones descargan por el underflow aquellas partículas más gruesas, mientras que en el overflow se reportan las partículas de menor tamaño.

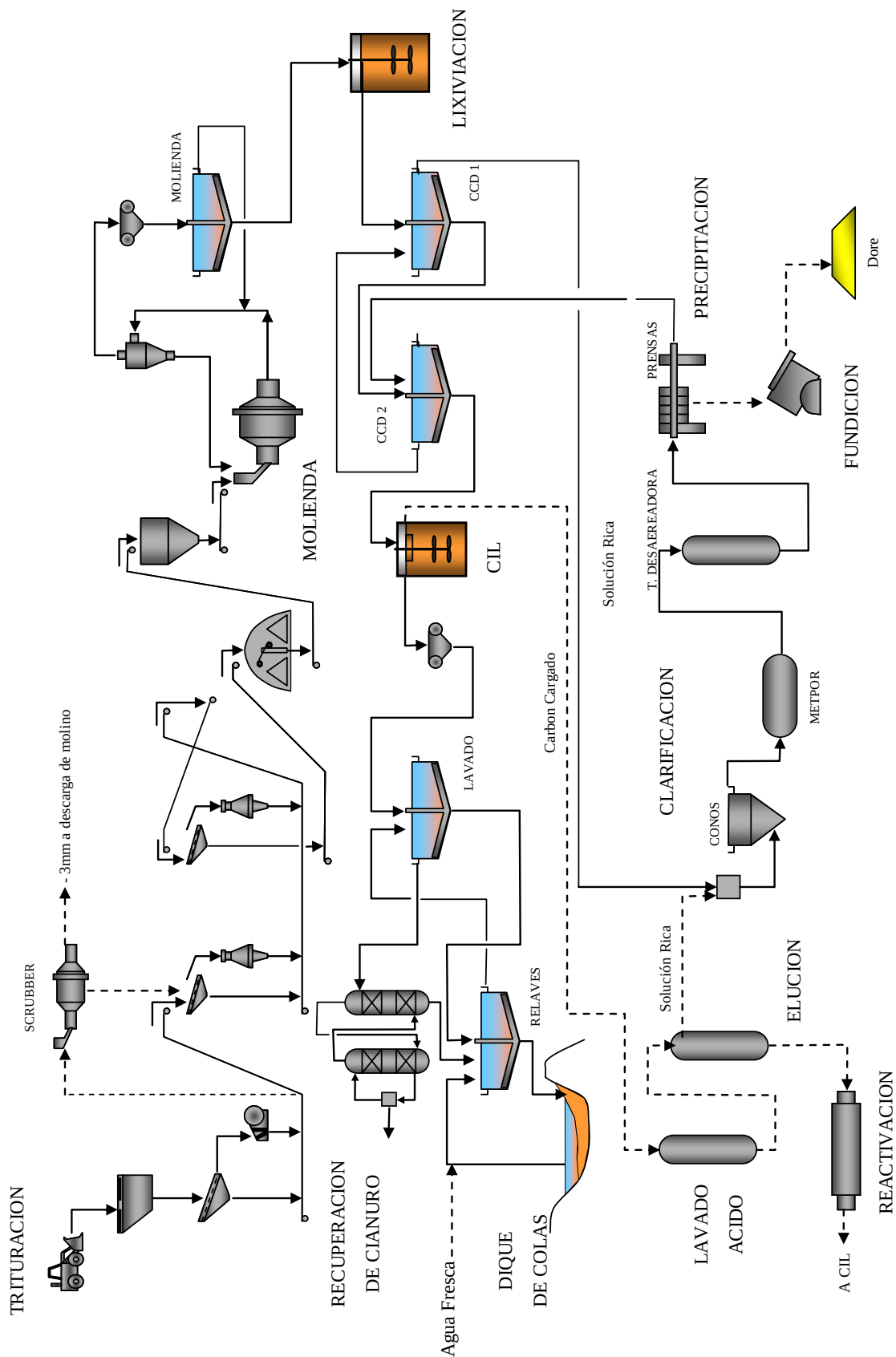
El molino de bolas trabaja en "circuito cerrado", lo que significa que el hidrociclón devuelve a la alimentación del molino aquella cantidad de mineral que aún no alcanza el tamaño de corte.





|                                                                                                                                  |                                                                                                                                              |                                                                   |                                               |                                                                                                          |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <br><br>SECRETARÍA DE<br>MINERÍA DE LA<br>NACIÓN | <b>MUESTREO DE PRODUCTOS<br/>CERRO VANGUARDIA</b>                                                                                            |                                                                   |                                               | <br><br><b>SEGEMAR</b> |
|                                                                                                                                  | <b>Ejecución: Ing. Ricardo Parra<br/>Lic. Guillermo A. Cozzi<br/>Lic. Gabriel del Mármol<br/>Lic. Gustavo Machado<br/>Lic. Raúl Uribarri</b> | <b>INFORME<br/>TECNICO</b><br><br>Revisión: GM<br>N° 3 del 5/8/13 | <b>Fecha: 18/9/10<br/>Página N°: 14 de 48</b> |                                                                                                          |

## FLOW SHEET GENERAL DE PLANTA DE PROCESO



|                                                                                                                               |                                                                                                                                   |                                                                   |                                       |                                                                                                |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------|---------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <br>SECRETARÍA DE<br>MINERÍA DE LA<br>NACIÓN | <b>MUESTREO DE PRODUCTOS<br/>CERRO VANGUARDIA</b>                                                                                 |                                                                   |                                       | <br>SEGEMAR |
|                                                                                                                               | Ejecución: Ing. Ricardo Parra<br>Lic. Guillermo A. Cozzi<br>Lic. Gabriel del Mármol<br>Lic. Gustavo Machado<br>Lic. Raúl Uribarri | <b>INFORME<br/>TECNICO</b><br><br>Revisión: GM<br>N° 3 del 5/8/13 | Fecha: 18/9/10<br>Página N°: 15 de 48 |                                                                                                |

## 5.2.- LIXIVIACION:

Los circuitos de Lixiviación y CCD consisten en seis estanques, agitados mecánicamente y dos espesadores con sus respectivos equipos de accionamiento. La función de los estanques de lixiviación es la de proveer suficiente tiempo para que se complete la reacción de disolución (36 horas), de Au-Ag presentes en la pulpa. El objetivo del circuito CCD es disminuir las leyes de Au-Ag que se encuentran en solución, evitando que sea necesario la construcción de un área de manipulación de carbón muy grande, para la recuperación de dichas leyes.

### Circuito de Lixiviación

La pulpa con aproximadamente 55% de sólidos en peso, proveniente de las bombas de descarga del espesador de molienda, alimenta un cajón de transferencia ubicado sobre el estanque de lixiviación, No. 1.

La pulpa que descarga del cajón de transferencia es muestreada con cortadores primario y secundario. A continuación, la pulpa descarga en el cajón de by-pass. El objetivo del cajón de by-pass es dirigir la pulpa ya sea, hacia el estanque de lixiviación No. 1, o hacia el estanque de lixiviación No. 2.

El circuito de lixiviación por agitación, consiste en seis estanques por los cuales la pulpa fluye por gravedad, desde un estanque hacia el siguiente, existiendo cajones de traspaso, que permiten saltarse el estanque siguiente, y alimentar al subsiguiente. Lo anterior se controla mediante válvulas de cuchillo, de accionamiento neumático.

Los estanques de lixiviación están equipados con agitadores de doble hélice capaces de inyectar aire comprimido a la pulpa a través del eje. Lo esencial del circuito de lixiviación por agitación, es un prolongado tiempo de residencia (del orden de 40 horas) de la pulpa en los estanques.

Se estima que el oro alcanzará alrededor de 90% de recuperación en los dos primeros estanques. Sin embargo, la plata requerirá seis estanques, o mejor dicho, unas 36 horas de tiempo de residencia, para alcanzar 80 - 84% de recuperación.

Las variables principales en la lixiviación son la concentración de cianuro, el contenido de oxígeno de la solución, y la alcalinidad o pH de la solución.

#### Concentración de Cianuro

*El reactivo capaz de solubilizar el oro y la plata, es el cianuro. Este reactivo se utiliza como cianuro de sodio. Sin embargo, es el ligando CN<sup>-</sup>, el responsable de la disolución de los metales nobles, por formación de iones complejos. En el caso del oro, la ecuación que representa su disolución, se puede escribir:  $4Au + 8CN^- + O_2 + 2H_2O = 4Au_2(CN)_4^- + 4OH^-$*

*El principal mineral que contiene plata en Cerro Vanguardia es la Argentita (Ag<sub>2</sub>S) cuya ecuación de disolución por cianuro es:*



|                                                                                                                              |                                                                                                                                              |                                                                           |                                               |                                                                                                      |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <br>SECRETARÍA DE<br>MINERÍA DE LA<br>NACIÓN | <b>MUESTREO DE PRODUCTOS<br/>CERRO VANGUARDIA</b>                                                                                            |                                                                           |                                               | <br><b>SEGEMAR</b> |
|                                                                                                                              | <b>Ejecución: Ing. Ricardo Parra<br/>Lic. Guillermo A. Cozzi<br/>Lic. Gabriel del Mármol<br/>Lic. Gustavo Machado<br/>Lic. Raúl Uribarri</b> | <b>INFORME<br/>TECNICO</b><br><br><b>Revisión: GM<br/>N° 3 del 5/8/13</b> | <b>Fecha: 18/9/10<br/>Página N°: 16 de 48</b> |                                                                                                      |

En tanto el oro necesita de muy baja concentración de cianuro para ser disuelto (0,0098% NaCN), en los minerales de sulfuro de plata, por lo menos dos factores influyen en la velocidad de disolución de la plata. El primer factor es la concentración de cianuro (ecuación anterior). El otro factor es la oxidación del sulfuro de sodio ( $\text{Na}_2\text{S}$ ), cuanto más rápida la oxidación de este, más rápida es la disolución. Bajas concentraciones de cianuro promueven la reprecipitación del sulfuro de plata.

El oro y la plata se encuentran de diversas formas en el mineral. Como oro libre, como electrum ( $\text{Au} + \text{Ag}$ ), como argentita y parte del oro se encuentra dentro de los gránulos de argentita. Esto significa que es necesario una alta recuperación de plata para que se obtenga una máxima recuperación de oro. Durante las pruebas de laboratorio y planta piloto se llegó a una relación muy clara:

**ALTA CONC. DE CIANURO => ALTA RECUP. DE PLATA => ALTA RECUP. DE ORO**

La siguiente tabla muestra la necesidad de CN<sup>-</sup> en función del contenido de Ag de la mena.

**< 50 gr/tn Ag                      800 ppm**

**>50 gr/tn Ag < 120      1000 ppm**

**>120 gr/tn Ag < 180    1200 ppm**

**> 180 gr/tn Ag            1300 ppm**

#### **Oxígeno Disuelto**

Si la concentración de cianuro en solución es adecuada, el paso controlante de la velocidad de disolución del oro y la plata es la concentración de oxígeno.

Esto significa que la disolución de oro y plata puede verse retardada si la solución de lixiviación no tiene una concentración mínima de oxígeno disuelto.

La tabla 1 muestra la concentración de oxígeno disuelto en soluciones acuosas en función de la temperatura.

Tabla No. 1 Oxígeno Disuelto en función de la Temperatura

| Temp. °C | O.D., ppm |
|----------|-----------|
| 5        | 12.80     |
| 10       | 11.33     |
| 15       | 10.15     |
| 20       | 9.17      |
| 25       | 8.38      |
| 30       | 7.63      |

Con minerales que tengan una muy baja demanda de oxígeno, es suficiente la disolución de oxígeno desde la superficie de los estanques. Sin embargo, si existen minerales “consumidores de oxígeno”, tales como sulfuros, como por ejemplo pirrotita, o argentita, el oxígeno puede ser insuficiente para mantener la cinética de disolución. En tales casos, se implementa una aireación, o inyección de oxígeno o peróxido de hidrógeno, etc.

Algunos minerales de Cerro Vanguardia contienen altas leyes de argentita ( $\text{Ag}_2\text{S}$ ).

|                                                                                                                              |                                                                                                                                   |                                                                   |                                       |                                                                                               |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------|---------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------|
| <br>SECRETARÍA DE<br>MINERÍA DE LA<br>NACIÓN | <b>MUESTREO DE PRODUCTOS<br/>CERRO VANGUARDIA</b>                                                                                 |                                                                   |                                       | <br>SEGEMAR |
|                                                                                                                              | Ejecución: Ing. Ricardo Parra<br>Lic. Guillermo A. Cozzi<br>Lic. Gabriel del Mármol<br>Lic. Gustavo Machado<br>Lic. Raúl Uribarri | <b>INFORME<br/>TECNICO</b><br><br>Revisión: GM<br>N° 3 del 5/8/13 | Fecha: 18/9/10<br>Página N°: 17 de 48 |                                                                                               |

En Cerro Vanguardia se considera una aireación forzada, mediante la inyección de aire comprimido, mediante la cual se estima que las soluciones pueden alcanzar una concentración máxima de  $O_2$  de 9 mg/L.

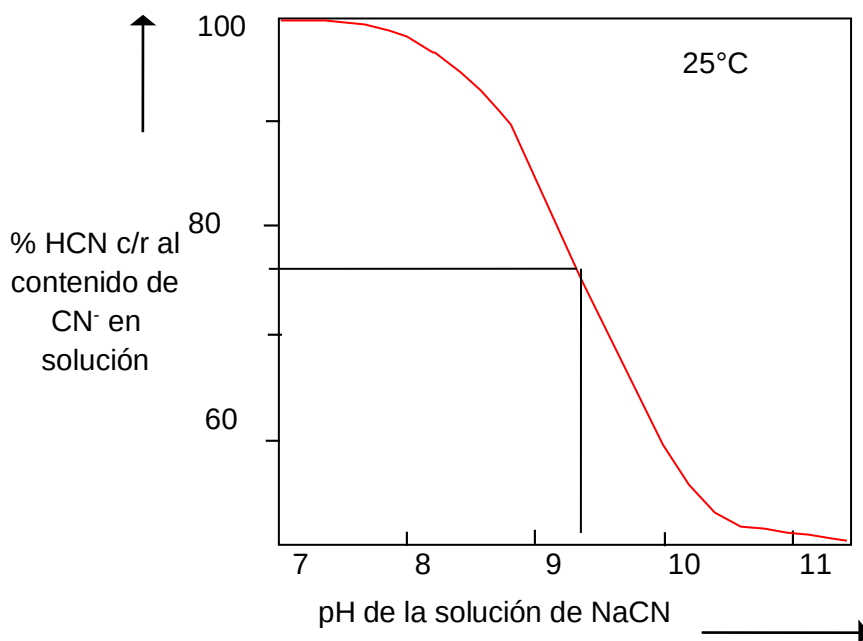
#### Alcalinidad Protectora

Como se vió en la sección concentración de cianuro, las soluciones cianuradas son sistemas en equilibrio- dependientes del pH. El "cianuro libre" puede existir como  $CN^-$  y HCN, siendo el desplazamiento hacia una forma u otra una función del pH.

Se requiere un pH alto (bastante mayor que 9.4) para que una gran proporción de cianuro esté en la forma iónica de  $CN^-$ . Se requiere además, un pH alto por razones de seguridad, para prevenir la formación de HCN (ácido cianhídrico, un gas soluble en agua y altamente venenoso).

Una ventaja adicional de trabajar a pH alcalino es que la disolución de metales pesados, tales como el cobre y el níquel, se minimiza.

La figura 4.1 muestra un gráfico con la relación entre el valor de pH y la proporción de cianuro libre, en la forma de ácido cianhídrico (HCN) o ión  $CN^-$ .



#### Circuito CCD

La pulpa fluye por gravedad desde el estanque de lixiviación No. 1, hasta el estanque No. 6, descargando también por gravedad, en el cajón de dilución.

El cajón de dilución No.1, recibe la pulpa con 55% de sólidos en peso, proveniente del circuito de lixiviación; y también recibe el overflow del espesador No. 2. Por esta razón el porcentaje de sólidos en el cajón baja a aproximadamente 15%. La función de este cajón es diluir la pulpa de alimentación al espesador No. 1 y por supuesto, entregar dicha alimentación a la cañería de alimentación del "feedwell" del espesador.

El circuito CCD está formado básicamente por dos espesadores en serie, denominados respectivamente: Espesador No. 1, y Espesador No. 2. Dos bombas centrífugas horizontales

|                                                                                                                              |                                                                                                                                   |                                                                   |                                       |                                                                                               |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------|---------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------|
| <br>SECRETARÍA DE<br>MINERÍA DE LA<br>NACIÓN | <b>MUESTREO DE PRODUCTOS<br/>CERRO VANGUARDIA</b>                                                                                 |                                                                   |                                       | <br>SEGEMAR |
|                                                                                                                              | Ejecución: Ing. Ricardo Parra<br>Lic. Guillermo A. Cozzi<br>Lic. Gabriel del Mármol<br>Lic. Gustavo Machado<br>Lic. Raúl Uribarri | <b>INFORME<br/>TECNICO</b><br><br>Revisión: GM<br>N° 3 del 5/8/13 | Fecha: 18/9/10<br>Página N°: 18 de 48 |                                                                                               |

impulsan la pulpa desde la descarga (underflow) del espesador No. 1, hacia el cajón de dilución No. 2.

El rebose (overflow) del espesador No. 1, (solución conteniendo oro y plata); alimenta gravitacionalmente el estanque de agua de proceso.

***Dicho overflow que en realidad es una solución rica, cargada con oro y plata, se denomina “agua de proceso”.***

El destino final de este flujo de oro y plata (en la solución de proceso) es el circuito de precipitación.

El cajón de dilución No.2, recibe la pulpa con aproximadamente 55% de sólidos en peso, proveniente del underflow del espesador No. 1; y también recibe un importante flujo de solución estéril proveniente del circuito Merrill Crowe.

La solución estéril que llega al cajón de dilución No. 2, baja el porcentaje de sólidos a aproximadamente 15%. Con esto se logra una razón de lavado superior a 4. La razón de lavado es aproximadamente:

$$550 \text{ m}^3/\text{h} \text{ solución estéril} : 120 \text{ t/h mineral} \approx 4.5$$

Dos bombas centrífugas impulsan la pulpa desde la descarga del espesador de lixiviación No. 2, hacia el cajón de transferencia del circuito CIL.

El objetivo del circuito CCD es producir un efecto de lavado de la pulpa proveniente del circuito de lixiviación. La pulpa proveniente de la lixiviación tiene aproximadamente un 55% de sólidos en peso. Al agregar un gran volumen de “agua de lavado” (solución estéril), el porcentaje de sólidos de la alimentación de los espesadores baja a aproximadamente un 15%. La concentración de oro y plata baja, al diluirse en el nuevo volumen de líquido. El espesador No. 2, como consecuencia, entrega al circuito CIL una pulpa con una concentración de oro y plata mucho más baja que la que provenía del espesador No. 1.

A su vez, el espesador No. 2, entrega este volumen de “agua de lavado”, a la alimentación del espesador No. 1. Por esto se llama circuito de decantación en contracorriente. Porque la pulpa que decanta (underflow), va desde el espesador No. 1 hacia el espesador No. 2. En cambio, el líquido que rebosa en el overflow, es impulsado en contracorriente desde el espesador No. 2 hacia el espesador No. 1.

El efecto buscado es producir un “arrastre” (transporte) de oro y plata disueltos en la solución (proveniente del circuito de lixiviación). El transporte de oro, se produce desde los espesadores, hacia el estanque de solución de proceso.

### **5.3.- CARBÓN EN LIXIVIACIÓN (CIL)**

El área CIL incluye los siguientes equipos principales:

- Estanques de carbón en lixiviación (CIL)
- Zaranda de seguridad

|                                                                                                                              |                                                                                                                                   |                                                                   |                                       |                                                                                               |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------|---------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------|
| <br>SECRETARÍA DE<br>MINERÍA DE LA<br>NACIÓN | <b>MUESTREO DE PRODUCTOS<br/>CERRO VANGUARDIA</b>                                                                                 |                                                                   |                                       | <br>SEGEMAR |
|                                                                                                                              | Ejecución: Ing. Ricardo Parra<br>Lic. Guillermo A. Cozzi<br>Lic. Gabriel del Mármol<br>Lic. Gustavo Machado<br>Lic. Raúl Uribarri | <b>INFORME<br/>TECNICO</b><br><br>Revisión: GM<br>N° 3 del 5/8/13 | Fecha: 18/9/10<br>Página N°: 19 de 48 |                                                                                               |

- Bombas de traspaso de carbón
- Zaranda de carbón cargado (compartida con el área de elución)
- Bombas de colas CIL
- Muestreadores de pulpa

### **Circuito de Carbón en Lixiviación (Carbón In Leach)**

La pulpa con 55% de sólidos en peso, proveniente de las bombas de descarga del espesador No.2 alimenta un cajón de transferencia ubicado sobre el estanque CIL, No. 1. El flujo de pulpa es de 160 m<sup>3</sup>/hr, a una densidad de 1.46 t/m<sup>3</sup>, transporta un flujo másico de sólidos de 120 t/hr.

La pulpa que descarga del cajón de transferencia, es muestreada con cortadores primario y secundario. A continuación, la pulpa descarga en el cajón de by-pass. El objetivo del cajón de by-pass es dirigir la pulpa ya sea, hacia el estanque CIL No. 1, o hacia el estanque CIL No. 2. Normalmente se alimentará el estanque CIL No. 1. En caso de existir necesidades de mantención en el estanque No. 1, se puede alimentar la pulpa directamente hacia el estanque No. 2.

El circuito CIL (carbon in leach), consiste en siete estanques de 7.8 m de diámetro por 8.5 m de altura. La pulpa fluye por gravedad, desde un estanque hacia el siguiente, existiendo cajones de traspaso, que permiten saltarse el estanque siguiente, y alimentar al subsiguiente. Esa operación se hace a través de válvulas de dardo, de accionamiento neumático, desde la sala de control.

Los estanques CIL están equipados con agitadores de doble hélice, capaces de inyectar aire comprimido a la pulpa, a través del eje. Lo esencial del circuito CIL, es la presencia de carbón activado, junto con la pulpa de los estanques.

El objetivo del circuito CIL es terminar el proceso de lixiviación, y al mismo tiempo adsorber el oro y la plata presentes en solución. El carbón activado realiza esta adsorción, fenómeno caracterizado por la "afinidad" del carbón hacia el oro y la plata.

El oro (y análogamente la plata), se disuelve, debido a la presencia de cianuro. Esto significa que el oro que estaba en estado metálico en el mineral, pasa a un estado iónico, en la forma de un ión complejo del tipo: Au(CN)<sub>2</sub><sup>-</sup>. Este complejo metálico abandona el mineral y se mueve libremente, entre los otros iones y las moléculas de agua presentes en la pulpa.

La siguiente ecuación representa la disolución de oro nativo en soluciones cianuradas:



Como el oro aumenta su estado de oxidación al pasar de Au<sup>0</sup>, en el mineral, a Au<sup>+</sup> en el ión complejo, se requiere la presencia de oxígeno como agente oxidante



|                                                                                                                                               |                                                                                                                                              |                                                                           |                                               |                                                                                                      |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <br><small>SECRETARÍA DE<br/>MINERÍA DE LA<br/>NACIÓN</small> | <b>MUESTREO DE PRODUCTOS<br/>CERRO VANGUARDIA</b>                                                                                            |                                                                           |                                               | <br><b>SEGEMAR</b> |
|                                                                                                                                               | <b>Ejecución: Ing. Ricardo Parra<br/>Lic. Guillermo A. Cozzi<br/>Lic. Gabriel del Mármol<br/>Lic. Gustavo Machado<br/>Lic. Raúl Uribarri</b> | <b>INFORME<br/>TECNICO</b><br><br><b>Revisión: GM<br/>N° 3 del 5/8/13</b> | <b>Fecha: 18/9/10<br/>Página N°: 20 de 48</b> |                                                                                                      |

Debido a las elevadas leyes de plata, se consideró necesario incluir aireación forzada en el circuito CIL. Se diseñó el circuito con una capacidad de 57 m<sup>3</sup>/h de aire por estanque.

La adsorción de los iones disueltos de oro y plata, se efectúa mediante el carbón activado que está presente en los estanques, en una concentración de aproximadamente 25 g/l.

Mientras la pulpa fluye gravitacionalmente de estanque en estanque, el carbón es retenido en cada estanque. Esta retención del carbón se obtiene mediante un diseño de mallas (Kambaldas), cuya apertura permite el paso del mineral, pero impide el paso del carbón. Las zarandas kambaldas son fijas.

Sin embargo, el carbón no permanece indefinidamente en cada estanque CIL. El carbón activado tiene una cierta capacidad de carga de oro, plata y otros metales. Esto se refiere a la cantidad de oro y plata en gramos, que cada tonelada de carbón activado es capaz de adsorber, en una pulpa de condiciones dadas (por ejemplo, 6.000 gr Au + Ag por tonelada de carbón). De manera que, es necesario retirar del circuito, el carbón que ya alcanzó su capacidad de carga. Si una cantidad de carbón en un estanque CIL está cerca de su carga “de equilibrio”, de metales preciosos, existe el riesgo económico de perder la oportunidad de adsorber el máximo de oro y plata desde el flujo de pulpa.

En el circuito CIL, existen en realidad, dos flujos en contracorriente. La pulpa fluye continuamente, por gravedad, desde el estanque No.1, a mayor altura, hacia el estanque No. 7, ubicado en la cota más baja de todos. El carbón, en cambio, es impulsado en contracorriente, desde el estanque No. 7, hacia el estanque No. 6, y así sucesivamente.

El flujo de carbón, en contracorriente, es discontinuo. Bombas centrífugas verticales, instaladas en cada estanque, son arrancadas periódicamente, durante un intervalo de tiempo.

Se definió una estrategia de transporte de carbón, que incluye el arranque y funcionamiento de las bombas, durante quince minutos, en cada hora.

La bomba de transferencia del primer estanque CIL, impulsa la pulpa con el carbón cargado hacia la zaranda de carbón cargado. El sobretamaño de la zaranda (el carbón) alimenta la tolva de carbón cargado. El bajotamaño de la zaranda (la pulpa) atraviesa las mallas y cae canalizado, de regreso hacia el estanque CIL No.1.

El último estanque CIL recibe carbón activado regenerado, desde la tolva de carbón reactivado. Una bomba de carbón reactivado impulsa el carbón desde la tolva mencionada.

El objetivo del circuito CIL, es entregar una cola (pulpa final), con un contenido de oro de 0,01 ppm, en solución, y un contenido de oro en el mineral de 0.5 gr/ton.

Para lograr que el contenido de oro en solución sea bajo, es necesario “cuidar el perfil de concentración” del carbón activado en los estanques. Esto último se refiere tanto a la cantidad de carbón en cada estanque, como al contenido de oro del carbón en cada estanque. En otras palabras, si hay poco carbón en un estanque, éste se puede saturar y por lo tanto, la solución aún conteniendo oro, abandonará el estanque. Si esto ocurre en el último estanque, el oro disuelto se irá con las colas.

|                                                                                                                              |                                                                                                                                   |                                                                   |                                       |                                                                                               |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------|---------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------|
| <br>SECRETARÍA DE<br>MINERÍA DE LA<br>NACIÓN | <b>MUESTREO DE PRODUCTOS<br/>CERRO VANGUARDIA</b>                                                                                 |                                                                   |                                       | <br>SEGEMAR |
|                                                                                                                              | Ejecución: Ing. Ricardo Parra<br>Lic. Guillermo A. Cozzi<br>Lic. Gabriel del Mármol<br>Lic. Gustavo Machado<br>Lic. Raúl Uribarri | <b>INFORME<br/>TECNICO</b><br><br>Revisión: GM<br>N° 3 del 5/8/13 | Fecha: 18/9/10<br>Página N°: 21 de 48 |                                                                                               |

**Tabla 5.1 Concentración e Inventario de Carbón en Estanques CIL (c/u)**

| Concentración | g/L | 18    | 19    | 20    | 21    | 22    | 23    | 24    | 25    |
|---------------|-----|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| Inventario    | kg  | 6.840 | 7.220 | 7.600 | 7.980 | 8.360 | 8.740 | 9.120 | 9.500 |

En la tabla 5.1 se presenta una estimación del inventario de carbón en cada estanque, en función de la concentración de carbón en dicho estanque, medida en gramos de carbón por litro de pulpa. Esto significa que para una concentración de carbón de 25 g/L, la cantidad de carbón (inventario de carbón) en cada estanque es de :

$380.000 \text{ L (volumen 1 tanque)} * 25 \text{ g/L} = 9.500.000 \text{ gr de carbón} = 9\,500 \text{ kg de carbón}$

Las bombas de transporte de carbón, impulsan  $60 \text{ m}^3/\text{h}$  de pulpa y carbón. Si son operadas 15 minutos cada hora, al cabo de 24 horas habrán operado 6 horas. En 6 horas de operación, las bombas impulsan:  $60 \text{ m}^3/\text{h} * 6 \text{ h} = 360 \text{ m}^3$  de pulpa, o sea:

$360 \text{ m}^3 * 25 \text{ g/L} = 9.000 \text{ kg de carbón (9 tons)}$

Demás está decir que la pérdida de carbón activado, cargado con oro, es una pérdida económica de gran magnitud.

Después del último estanque CIL, la pulpa debe atravesar una zaranda de seguridad. Esta zaranda de cinta es un dispositivo de seguridad, porque permite el paso de la pulpa, pero si por accidente, hubiera carbón, éste sería atrapado por la malla de la zaranda. Un accidente de este tipo podría ser, por ejemplo; una fuga de carbón que alcance por derrame la canaleta de descarga de la kambalda, o bien una malla de una kambalda perforada y con una apertura mayor que la de diseño (0.5 mm), etc.

#### **¿Qué es el Carbón Activado?**

*El carbón activado es uno de los agentes más efectivos para la recuperación, separación y purificación de una variada gama de sustancias. Su uso como agente purificador de aguas se conoce desde hace siglos.*

*La primera aplicación comercial de carbón para extracción de oro, desde soluciones cianuradas se efectuó en Australia en 1897.*

*Las materias primas para la fabricación de carbón activado incluyen madera, cuescos de frutas, carbones, residuos de petróleo, huesos, azúcar y otros vegetales. Básicamente, el carbón activado se comercializa en dos formas: en polvo y granular. Los carbones en polvo, tienen una cinética muy activa debido a su tamaño de partículas, pero son desechables. En cambio, los carbones granulares son reutilizados después de su regeneración.*

*Para su aplicación en metalurgia del oro, se utiliza carbón fabricado de cáscara de coco. La dureza y resistencia a la abrasión, del carbón de cáscara de coco, lo hacen un producto adecuado para su uso en la adsorción de oro. Esto minimiza las pérdidas de oro asociado a carbón fino que escapa con la pulpa que va al dique de relaves.*

*La capacidad de adsorción del carbón activado se relaciona principalmente con sus propiedades superficiales y estructura de poros.*

|                                                                                                                               |                                                                                                                                   |                                                                   |                                       |                                                                                                |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------|---------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <br>SECRETARÍA DE<br>MINERÍA DE LA<br>NACIÓN | <b>MUESTREO DE PRODUCTOS<br/>CERRO VANGUARDIA</b>                                                                                 |                                                                   |                                       | <br>SEGEMAR |
|                                                                                                                               | Ejecución: Ing. Ricardo Parra<br>Lic. Guillermo A. Cozzi<br>Lic. Gabriel del Mármol<br>Lic. Gustavo Machado<br>Lic. Raúl Uribarri | <b>INFORME<br/>TECNICO</b><br><br>Revisión: GM<br>N° 3 del 5/8/13 | Fecha: 18/9/10<br>Página N°: 22 de 48 |                                                                                                |

### La Naturaleza de la Adsorción

El carbón activado posee una enorme superficie en relación a su masa o volumen.

Existen varias teorías para explicar la afinidad del oro con el carbón activado. Probablemente permanezca mucho por descubrir. Pero es indudable que la gran superficie interna que presenta el carbón activado, juega algún rol en la acción de adsorción. Durante el proceso de activación, el carbón desarrolla una estructura gráfica porosa de dimensiones moleculares. El tamaño de los poros es importante, porque ejercen una acción selectiva ya sea para permitir la adsorción de ciertas especies, o para evitar la de otras. Esto ha conducido al uso de indicadores, como por ejemplo: el número de yodo. Este número de yodo es una indicación del número de poros sobre 1 nm, que es el tamaño de la pequeña molécula de yodo.

### Estructura de Poros

Se sabe que existen al menos dos sistemas de poros de tamaños muy diferentes en cada partícula de carbón activado. Un sistema está formado por capilares (macro poros), que penetran hacia el interior de las partículas de carbón. Estos capilares actúan como grandes vías para la difusión de materiales hacia el interior o desde el interior hacia el exterior.

El otro sistema (micro poros), es el más importante, porque contribuye en mucho mayor medida a la superficie disponible para la adsorción. El tamaño de los macro poros va desde los 60 nm a los 10.000 nm. El tamaño de los micro poros es varios órdenes de magnitud inferior al de los macro poros, siendo inferiores a 3 nm.

### Mecanismo Electroquímico

En general, el carbón activado parece adsorber complejos aniónicos con preferencia a los catiónicos. La teoría del mecanismo electroquímico es la siguiente: el oxígeno en contacto con una solución acuosa con carbón se reduce a grupos hidroxilo, con liberación de peróxido de hidrógeno (agua oxigenada,  $H_2O_2$ ) según:



Como el carbón proporciona los electrones, éste adquiere carga positiva y para lograr la neutralidad eléctrica, adsorberá aniones en forma preferencial.

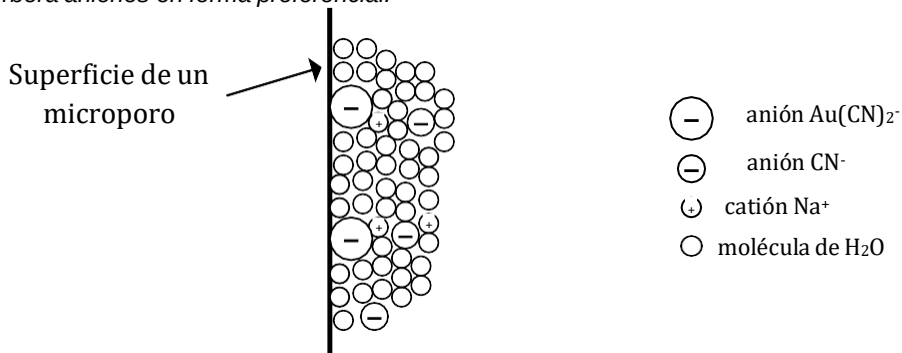


Figura 5.1. Esquema de adsorción del complejo  $Au(CN)_2^-$  en carbón activado.

Existe otra teoría que postula que la adsorción del oro se efectúa como el par iónico de la forma  $Ca[Au(CN)_2]_2$ . Según esta teoría, la adsorción de metales en carbón activado, desde circuitos con cianuro, se efectúa vía un mecanismo reversible. El mecanismo, incluye el par iónico compuesto por un catión divalente, que puede ser el calcio y el complejo metálico cianurado.

Los complejos de oro, plata y cobre, se adsorben fuertemente en el carbón activado.

Es interesante destacar que la capacidad del carbón para adsorber oro desde soluciones cianuradas es alrededor de tres veces mayor que su capacidad para la plata.

|                                                                                                                               |                                                                                                                                          |                                                                   |                                                     |                                                                                                |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <br>SECRETARÍA DE<br>MINERÍA DE LA<br>NACIÓN | <b>MUESTREO DE PRODUCTOS<br/>CERRO VANGUARDIA</b>                                                                                        |                                                                   |                                                     | <br>SEGEMAR |
|                                                                                                                               | <b>Ejecución:</b> Ing. Ricardo Parra<br>Lic. Guillermo A. Cozzi<br>Lic. Gabriel del Mármol<br>Lic. Gustavo Machado<br>Lic. Raúl Uribarri | <b>INFORME<br/>TECNICO</b><br><br>Revisión: GM<br>N° 3 del 5/8/13 | <b>Fecha:</b> 18/9/10<br><b>Página N°:</b> 23 de 48 |                                                                                                |

#### 5.4.- LAVADO ÁCIDO Y ELUCIÓN

En el área de lavado ácido, elución y regeneración de carbón se encuentran los siguientes equipos principales:

- Zaranda de carbón cargado
- Tanque de almacenamiento de carbón cargado
- Columna de lavado ácido
- Columna de elución
- Calefactor de aceite térmico
- Intercambiadores de calor
- Horno de regeneración

#### Transferencia de Carbón

El carbón activado cargado con oro y plata es transferido desde el estanque CIL No. 1 hacia la zaranda de carbón cargado vía una bomba centrífuga vertical.

La bomba denominada bomba No.1 de avance de carbón, impulsa pulpa y carbón desde el estanque CIL No.1 hacia la zaranda de carbón cargado. El bajotamaño de la zaranda (pulpa) cae de vuelta hacia el estanque CIL No. 1. El sobretamaño de la zaranda descarga el carbón hacia el tanque de almacenamiento de carbón cargado

El carbón cargado es alimentado a la columna de lavado ácido en una operación batch, al abrir la válvula de transferencia de carbón. Previamente se debe inyectar solución estéril a la columna de lavado ácido.

#### 1.- Lavado Ácido

El objetivo del lavado ácido es remover contaminantes inorgánicos (carbonatos) adsorbidos en el carbón durante el contacto con la pulpa en el circuito CIL.

El carbón es lavado con ácido clorhídrico, a temperatura ambiente ó más elevada, dependiendo de las condiciones de operación (nivel de actividad del carbón). El lavado se realiza en una columna de FRP, y es un proceso batch, es decir no-continuo.

El lavado ácido se realiza en las siguientes etapas:

- Inyección de ácido clorhídrico (HCl) + agua tratada (H<sub>2</sub>O)
- Reacción batch
- Lavado con H<sub>2</sub>O tratada
- Inyección de hidróxido de sodio (NaOH) a 0.1%.

El ácido clorhídrico comercial a 32% de concentración, se diluye en línea con agua tratada para obtener una concentración de aproximadamente 3% de ácido clorhídrico.

La solución al 3% de ácido clorhídrico puede utilizarse a temperatura ambiente, aunque el sistema está diseñado para operar hasta 90°C. Para lograr esta temperatura se dispone de un

|                                                                                                                               |                                                                                                                                   |                                                                   |                                       |                                                                                                |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------|---------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <br>SECRETARÍA DE<br>MINERÍA DE LA<br>NACIÓN | <b>MUESTREO DE PRODUCTOS<br/>CERRO VANGUARDIA</b>                                                                                 |                                                                   |                                       | <br>SEGEMAR |
|                                                                                                                               | Ejecución: Ing. Ricardo Parra<br>Lic. Guillermo A. Cozzi<br>Lic. Gabriel del Mármol<br>Lic. Gustavo Machado<br>Lic. Raúl Uribarri | <b>INFORME<br/>TECNICO</b><br><br>Revisión: GM<br>N° 3 del 5/8/13 | Fecha: 18/9/10<br>Página N°: 24 de 48 |                                                                                                |

circuito de calentamiento, formado por un calefactor de fluido térmico y un intercambiador de calor.

El flujo de solución por la columna es ascendente, lo que favorece la liberación de gases tales como: dióxido de carbono y ácido cianhídrico ( $\text{CO}_2$  y  $\text{HCN}$ ), generados durante el lavado ácido.

### **Etapas de inyección de ácido**

La etapa de inyección de ácido consiste en bombear 1 bed volumen (BV), (a  $10 \text{ m}^3/\text{h}$ ) de solución al 3% de ácido clorhídrico hacia el manifold de entrada de la columna. La concentración de 3% de ácido clorhídrico, se alcanza mezclando  $1.0 \text{ m}^3/\text{h}$  de ácido clorhídrico a 32%, con  $10.0 \text{ m}^3/\text{h}$  de agua tratada. El ácido con concentración comercial se inyecta a la línea de agua tratada, aguas abajo (después), del intercambiador de calor.

### **Etapas de reacción batch**

La etapa de reacción batch comienza tan pronto como el pH de la solución que abandona la columna de lavado ácido, alcanza el valor  $\text{pH} = 2$ . La temperatura de operación deberá ser de  $65^\circ\text{C}$ ; y en ese momento se deben detener los flujos de agua y ácido. En forma alternativa, el operador puede dar por iniciada la etapa de reacción batch, según las condiciones de operación definidas por el metalurgista. En ambos casos, una vez iniciada la etapa de reacción batch, un contador diferirá por 60 minutos el inicio de la etapa siguiente.

### **Etapas de evacuación del ácido y de lavado con agua tratada**

La solución gastada de ácido contenida en la columna es desplazada hacia el cajón de colas CIL, por medio del bombeo de agua tratada. El agua tratada ingresa a la columna por la parte inferior ascendiendo, para luego abandonar la columna, junto con el ácido, por la parte superior donde un manifold conecta con la línea de descarga.

### **Inyección de hidróxido de sodio**

El batch de carbón es neutralizado, bombeando a través de la columna  $\text{NaOH}$  al 0.1%, y agua tratada, y descargando siempre hacia las colas CIL. Esta concentración de hidróxido de sodio (0.1 %  $\text{NaOH}$ ), se alcanza mezclando  $0.074 \text{ m}^3/\text{h}$  de  $\text{NaOH}$  a 20%; con  $15 \text{ m}^3/\text{h}$  de agua tratada. Con la neutralización el carbón alcanzará un  $\text{pH} = 7$  y estará listo para ser transferido a la elución.

Aquí termina la secuencia automática de lavado ácido, y el operador debe iniciar la secuencia de transporte de carbón desde la columna de lavado ácido hacia la columna de elución.

### **Transferencia de carbón desde la columna de lavado ácido hacia la de elución**

El operador inicia la secuencia de transporte de carbón desde la columna de lavado ácido, inmediatamente después que la columna de elución ha completado su ciclo batch y que el carbón contenido ha sido transferido hacia regeneración. O sea, cuando la columna de elución está vacía. Al arrancar la bomba de transferencia de carbón, previamente se debe inyectar

|                                                                                                                              |                                                                                                                                          |                                                                   |                                                     |                                                                                                      |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <br>SECRETARÍA DE<br>MINERÍA DE LA<br>NACIÓN | <b>MUESTREO DE PRODUCTOS<br/>CERRO VANGUARDIA</b>                                                                                        |                                                                   |                                                     | <br><b>SEGEMAR</b> |
|                                                                                                                              | <b>Ejecución:</b> Ing. Ricardo Parra<br>Lic. Guillermo A. Cozzi<br>Lic. Gabriel del Mármol<br>Lic. Gustavo Machado<br>Lic. Raúl Uribarri | <b>INFORME<br/>TECNICO</b><br><br>Revisión: GM<br>N° 3 del 5/8/13 | <b>Fecha:</b> 18/9/10<br><b>Página N°:</b> 25 de 48 |                                                                                                      |

solución estéril a la columna de lavado ácido; y también llenar la columna de elución con solución estéril.

## 2.- Elución

El proceso utilizado es del tipo AARL (Anglo American Research Laboratories) y el objetivo de la elución es “desorber” (desligar), el oro y la plata del carbón cargado. Los complejos aurocianurados y argentocianurados, deben abandonar el carbón para integrarse al flujo de soluciones utilizadas en este proceso.

El resultado de la elución es un carbón descargado y una solución enriquecida en oro y plata disueltos, como complejos metálicos de cianuro.

El circuito de elución se ha diseñado para operar a 120°C, y una presión de 400 kPa (58 psi). A esta temperatura se requiere una presión manométrica sobre 190 kPa (20 psi).

La elución se realiza en las siguientes etapas:

1. Drenaje solución estéril
2. Inyección de NaOH + NaCN
3. Precalentamiento con solución caliente de hidróxido de sodio (NaOH)+ cianuro de sodio (NaCN) (recirculación de solución “mezcla de elución” y calefactor encendido)
4. Reacción batch
5. Inyección de agua tratada ( $H_2O$  a 120 °C)
6. Enfriamiento columna (con agua tratada)
7. Drenaje solución estéril

### Drenaje de solución estéril:

Después del transporte de carbón desde la columna de lavado ácido, se debe drenar la columna de elución, de manera de dejar el carbón en el interior de la columna y botar la solución de transferencia.

### Precalentamiento

Se arranca la caldera de fluido térmico. El aceite térmico circula desde la caldera hacia el intercambiador y la mezcla de elución circula desde la columna hacia la bomba.

Para alcanzar la temperatura de 120 °C, se debe precalentar la columna y la carga de carbón. El **precalentamiento** consiste en recircular solución a 120 °C, durante un máximo de 33 minutos.

### Inyección de NaOH + NaCN

La columna es llenada con mezcla de elución contenida en el tanque, arrancando las bombas. Dichas bombas son de velocidad variable y el flujo debe fijarse en 24 m<sup>3</sup>/h. Las bombas funcionan durante 30 minutos recirculando solución hacia el tanque.

### Reacción Batch

La etapa de reacción batch consiste en dejar la solución de NaCN/NaOH, en contacto con el carbón por un período de tiempo de 90 minutos



|                                                                                                                              |                                                                                                                                   |                                                                   |                                              |                                                                                                      |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <br>SECRETARÍA DE<br>MINERÍA DE LA<br>NACIÓN | <b>MUESTREO DE PRODUCTOS<br/>CERRO VANGUARDIA</b>                                                                                 |                                                                   |                                              | <br><b>SEGEMAR</b> |
|                                                                                                                              | Ejecución: Ing. Ricardo Parra<br>Lic. Guillermo A. Cozzi<br>Lic. Gabriel del Mármol<br>Lic. Gustavo Machado<br>Lic. Raúl Uribarri | <b>INFORME<br/>TECNICO</b><br><br>Revisión: GM<br>N° 3 del 5/8/13 | Fecha: 18/9/10<br><i>Página N°: 26 de 48</i> |                                                                                                      |

### Inyección de agua tratada

El agua tratada proviene de la planta de ósmosis inversa. Esta agua posee bajas concentraciones de iones calcio, magnesio y sodio. Este lavado con agua deionizada tiene como objetivo “desorber” (desligar o liberar) a los iones aurocianuro y argentocianuro del carbón. La temperatura de 120 °C es importante para disminuir la cantidad de agua necesaria para “sacar” casi todos los metales del carbón.

Al finalizar la etapa de inyección de agua tratada (7.5 bed volumes), aproximadamente 3.1 horas a 24 m<sup>3</sup>/hr, se apaga el calefactor de aceite; de manera de proceder a la etapa de enfriamiento de la columna.

### Enfriamiento

La etapa de **enfriamiento** del batch de carbón, se logra bombeando agua tratada (a 24 m<sup>3</sup>/h), durante 30 minutos. Esta etapa es necesaria antes de proceder al transporte del carbón hacia la etapa de regeneración. El bombeo del carbón a 120°C provocaría problemas de generación de vapor, liberación de la presión y peligro para las personas y equipos.

### 3.- Regeneración de Carbón

El carbón descargado, luego de la etapa de elución, generalmente es reactivado en un horno antes de ser enviado de vuelta hacia el circuito de adsorción (CIL).

El carbón es impulsado por medio de la bomba de transferencia de carbón, hacia la zaranda de desaguado. El bajotamaño (agua mas finos de carbón) es impulsado con una de las bombas del estanque de finos de carbón, hacia el filtro de carbón fino. El sobretamaño de la zaranda de desaguado (carbón) es vaciado en el silo de alimentación del horno de regeneración.

El carbón con una granulometría inferior a 0.5 mm que es el bajotamaño de la zaranda de desaguado y de la zaranda de carbón reactivado; se procede a filtrar en un filtro prensa marca Sperry. El filtro Sperry es del tipo de cámaras “recesadas”, con una superficie de 19,86 m<sup>2</sup>, y un volumen de 0,31 m<sup>3</sup>. El agua filtrada retorna al circuito de regeneración.

La necesidad de reactivar el carbón está relacionada con la capacidad del carbón de adsorber los metales (actividad del carbón). La velocidad de adsorción del oro en carbón activado depende de varios factores, tales como: temperatura, agitación, pH, viscosidad de la pulpa, presencia de especies iónicas en solución, materias orgánicas en solución, y la actividad inicial propia del carbón. Como se dijo antes, el carbón activado utilizado en plantas de oro y plata, se fabrica de cáscara de coco, sometida a un tratamiento térmico, a temperaturas de 800 °C en atmósfera con vapor de agua. Productos orgánicos, tales como aceites lubricantes, reactivos orgánicos, o ácido húmico (producto de descomposición vegetal), tienen un efecto negativo en la actividad del carbón.

|                                                                                                                              |                                                                                                                                              |                                                                   |                                               |                                                                                               |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------|
| <br>SECRETARÍA DE<br>MINERÍA DE LA<br>NACIÓN | <b>MUESTREO DE PRODUCTOS<br/>CERRO VANGUARDIA</b>                                                                                            |                                                                   |                                               | <br>SEGEMAR |
|                                                                                                                              | <b>Ejecución: Ing. Ricardo Parra<br/>Lic. Guillermo A. Cozzi<br/>Lic. Gabriel del Mármol<br/>Lic. Gustavo Machado<br/>Lic. Raúl Uribarri</b> | <b>INFORME<br/>TECNICO</b><br><br>Revisión: GM<br>N° 3 del 5/8/13 | <b>Fecha: 18/9/10<br/>Página N°: 27 de 48</b> |                                                                                               |

La regeneración del carbón se efectúa mediante la remoción de los contaminantes adsorbidos, y mediante la formación de grupos funcionales. En dichos grupos funcionales es donde el complejo aurocianurado  $[\text{Au}(\text{CN})_2]^-$ , se postula que se adsorbe. Los complejos auro y argentocianurados se adsorben en el carbón, en un proceso parecido al de intercambio iónico, con liberación de hidróxido. Iones tales como  $\text{Ca}^{2+}$  están fuertemente adsorbidos.

La regeneración del carbón, a una actividad cercana a la original, requiere temperaturas sobre los 650 °C; en atmósfera con vapor, y con tiempos de residencia del orden de 15 minutos. El horno está diseñado para que cumpla con el tratamiento máximo de 500 kg/hr de carbón.

El tratamiento térmico del carbón se realiza en un horno rotatorio, con quemadores a gas. El calentamiento es indirecto, de manera que el carbón no entra en contacto con la llama.

El carbón que ingresa al horno tiene un 50% de humedad atrapada en su estructura de micro/macroporos. Esta humedad, al evaporarse proporciona la atmósfera de vapor requerida.

El carbón es descargado del horno rotatorio, en un estanque de enfriamiento que está lleno de solución estéril. El flujo de carbón que cae en el estanque de enfriamiento es transportado, mediante bomba centrífuga hacia una zaranda de carbón reactivado. Es necesario, clasificar por tamaño el carbón, porque los finos de carbón deben ser retirados del circuito. El carbón fino (de tamaño inferior a 0.5 mm), atraviesa las mallas de las kambaldas; en el circuito CIL. Este carbón fino que escapa del circuito CIL, se lleva el oro adsorbido junto con las colas que son bombeadas hacia la planta de tratamiento de colas finales.

El carbón de tamaño inferior a 0.5 mm se atrapa en un filtro prensa y representa una disminución del inventario de carbón del circuito. Estas “pérdidas” de carbón deben reponerse con carbón “fresco”.

El carbón fresco (carbón nuevo) se somete a una operación de acondicionamiento, antes de ingresarlo al circuito. El acondicionamiento consiste en someterlo a una agitación en un estanque con agua, de manera que las partículas más pequeñas, y los trocitos fracturados se desprendan de las partículas de mayor tamaño. La mezcla de agua con partículas de carbón nuevo acondicionado, se bombea hacia la zaranda de carbón reactivado; para separar por tamaños. En esta zaranda de carbón reactivado se juntan entonces, tanto el carbón nuevo acondicionado, como el carbón regenerado.

El sobretamaño de la zaranda de carbón reactivado, cae en un estanque con fondo cónico denominado estanque de carbón reactivado. Desde el estanque de carbón reactivado, el carbón es impulsado de regreso al circuito CIL.

## 5.5.- CLARIFICACIÓN

El área de clarificación consta de los siguientes equipos:

- Tanque de solución no clarificada
- Caja de alimentación a los conos clarificadores
- Conos clarificadores

|                                                                                                                              |                                                                                                                                              |                                                                   |                                               |                                                                                               |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------|
| <br>SECRETARÍA DE<br>MINERÍA DE LA<br>NACIÓN | <b>MUESTREO DE PRODUCTOS<br/>CERRO VANGUARDIA</b>                                                                                            |                                                                   |                                               | <br>SEGEMAR |
|                                                                                                                              | <b>Ejecución: Ing. Ricardo Parra<br/>Lic. Guillermo A. Cozzi<br/>Lic. Gabriel del Mármol<br/>Lic. Gustavo Machado<br/>Lic. Raúl Uribarri</b> | <b>INFORME<br/>TECNICO</b><br><br>Revisión: GM<br>N° 3 del 5/8/13 | <b>Fecha: 18/9/10<br/>Página N°: 28 de 48</b> |                                                                                               |

- Tanque de alimentación a los filtros de clarificación
- Filtros Clarificadores
- Tanque de precapa
- Tanque de solución clarificada

El objetivo de los circuitos de clarificación es procesar la solución cargada con oro y plata, de manera que ésta contenga el mínimo de sólidos en suspensión.

Para bajar los sólidos en suspensión, se cuenta con dos circuitos en serie:

- Un primer circuito de clarificación compuesto por dos conos clarificadores (hopper clarifiers).
- Un segundo circuito compuesto por un estanque de 50 m<sup>3</sup> de capacidad, tres filtros de clarificación, un sistema de preparación de precapa, un sistema de adición precapa y un estanque de almacenamiento de solución clarificada de 1,250 m<sup>3</sup> de capacidad .

### **Circuito de Clarificación en Conos**

La alimentación al circuito de clarificación proviene del rebose del espesador CCD 1 (denominada agua de proceso o solución rica como se observó en la sección LIXIVIACIÓN) y de la solución rica de la elución. Dichas soluciones son descargadas hacia la caja de alimentación de los conos clarificadores, cuyo sistema repartidor permite alimentar a cualquiera de los dos conos clarificadores.

El tanque de alimentación de los conos clarificadores está equipado con dos bombas centrífugas. Cada bomba (una en operación, otra stand-by) puede transferir 632 m<sup>3</sup>/h de solución.

El estanque de solución no clarificada tiene una capacidad de 1250 m<sup>3</sup>, lo que equivale aproximadamente a dos horas de operación.

En la parte superior de los conos, la solución es recibida en la parte central de la caja de alimentación, la que permite dividir el flujo total hacia ambos conos a través de dos salidas laterales. En cada salida hay una válvula tapón que permite regular o parar el flujo hacia un determinado cono.

El cono clarificador es básicamente una unidad de sedimentación/filtración de sólidos en una corriente ascendente de solución. Se adiciona a la solución no-clarificada coagulante para crear coágulos de mayor velocidad de sedimentación que la velocidad de ascenso de la solución. El sólido sedimentado en la parte cónica del clarificador forma un lecho fluidizado de coágulos que “filtra” los que entran con la solución. La solución asciende limpia hacia las canaletas de overflow, mientras que los sólidos, cada cierto intervalo de tiempo, son descargados del clarificador a través de un tubo ubicado un poco más arriba del cono y cuyo control es hecho a través de válvulas con temporizador. La pulpa descargada desciende por gravedad hacia la bomba de piso y es bombeada de vuelta hacia el cajón que alimenta al espesador CCD 1.

|                                                                                                                              |                                                                                                                                   |                                                                   |                                       |                                                                                                      |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------|---------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <br>SECRETARÍA DE<br>MINERÍA DE LA<br>NACIÓN | <b>MUESTREO DE PRODUCTOS<br/>CERRO VANGUARDIA</b>                                                                                 |                                                                   |                                       | <br><b>SEGEMAR</b> |
|                                                                                                                              | Ejecución: Ing. Ricardo Parra<br>Lic. Guillermo A. Cozzi<br>Lic. Gabriel del Mármol<br>Lic. Gustavo Machado<br>Lic. Raúl Uribarri | <b>INFORME<br/>TECNICO</b><br><br>Revisión: GM<br>N° 3 del 5/8/13 | Fecha: 18/9/10<br>Página N°: 29 de 48 |                                                                                                      |

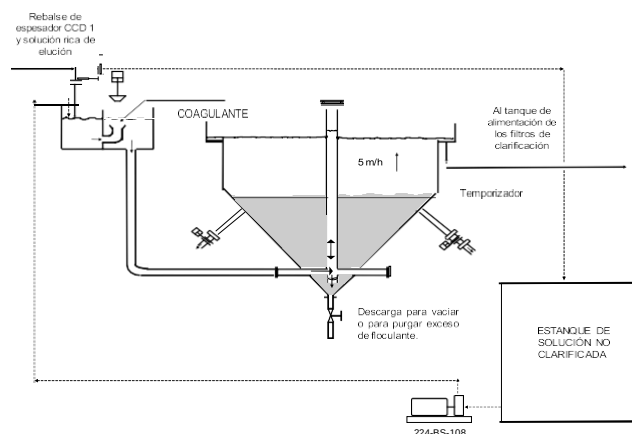
Para lograr una solución clara, con muy bajo contenido de sólidos en el rebose, es necesario agregar coagulante en las siguientes condiciones:

Tipo de coagulante: VLCC (polímero catiónico de alto peso molecular) o M83 (polielectrolito en emulsión).

Dosificación: 0.2 g/m<sup>3</sup> (gramos de coagulante por m<sup>3</sup> de solución)  
 130 L/hr de coagulante a una concentración de 0.1%

La función es la siguiente:

- Coagulantes:** Las partículas ultrafinas (0 a 25 micrones) tienen, por lo general, la particularidad de presentar una razón de carga eléctrica natural muy superior, con respecto a su masa, de aquellas partículas de rango medio de tamaño (75 a 250 micrones). Las partículas finas tienen la particularidad de repelerse mutuamente y mantenerse en suspensión en forma indefinida, fenómeno que se manifiesta en la turbiedad o coloración de dichas soluciones. Para sedimentar dichas partículas es necesario eliminar las cargas eléctricas naturales mediante el uso de un coagulante. Los coagulantes son polímeros orgánicos sintéticos que pueden ser catiónicos o aniónicos, según las cargas eléctricas de las partículas que se desea



sedimentar. Debido a la acción del coagulante las partículas finas neutralizadas pueden entonces juntarse. En el diseño de los conos clarificadores, el coagulante debe dosificarse en la solución sucia de alimentación, en algún punto aguas arriba de la alimentación del hooper mismo, para asegurar un mezclado correcto; se elige el cajón de alimentación como punto de adición.

## Circuito de Clarificación en Filtros

El objetivo de la etapa de clarificación es bajar los sólidos en suspensión de las soluciones de alimentación al proceso Merrill Crowe, hasta niveles de turbidez inferiores a 10 NTU.

La solución clarificada en los conos fluye gravitacionalmente desde las canaletas de rebose hacia el tanque de alimentación de los filtros clarificadores.

El estanque de alimentación de los filtros clarificadores está equipado con dos bombas (una stand-by). Estas bombas impulsan un flujo del orden de 630 m<sup>3</sup>/h de solución hacia los filtros clarificadores. De los 3 filtros clarificadores, dos están normalmente en servicio (315 m<sup>3</sup>/h c/u) y el tercero en stand by.

La solución clarificada es descargada desde los filtros hacia dos destinos posibles:

- Torre de desaireación.
- Tanque de solución clarificada.

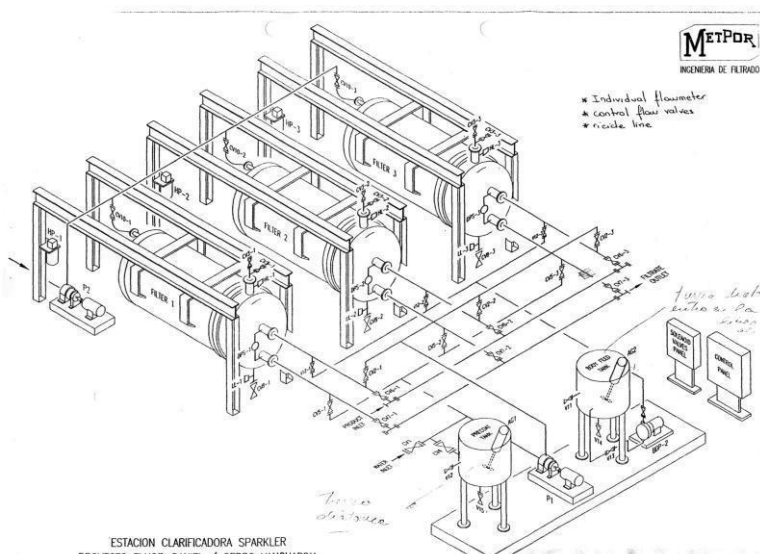
|                                                                                                                                           |                                                                                                                                                  |                                                                            |                                                   |                                                                                                          |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <br><div>SECRETARÍA DE<br/>MINERÍA DE LA<br/>NACIÓN</div> | <div>MUESTREO DE PRODUCTOS<br/>CERRO VANGUARDIA</div>                                                                                            |                                                                            |                                                   | <br><div>SEGEMAR</div> |
|                                                                                                                                           | <div>Ejecución: Ing. Ricardo Parra<br/>Lic. Guillermo A. Cozzi<br/>Lic. Gabriel del Mármol<br/>Lic. Gustavo Machado<br/>Lic. Raúl Uribarri</div> | <div>INFORME<br/>TECNICO</div> <div>Revisión: GM<br/>N° 3 del 5/8/13</div> | <div>Fecha: 18/9/10<br/>Página N°: 30 de 48</div> |                                                                                                          |

Habitualmente dos filtros estarán siendo alimentados con 310 - 320 m<sup>3</sup>/h cada uno. El tercer filtro entrará en operación cuando sea necesario detener uno de los filtros en servicio, para lavado, al final de su ciclo de filtración.

Antes de colocar un filtro de clarificación en operación hay que ubicar una precapa de tierra diatomea como ayuda filtrante. Esto se hace para evitar que las partículas de arcilla se incrusten y bloqueen la tela del filtro, formando una camada impenetrable.

### Filtros Clarificadores.

Los filtros clarificadores son de marca SPARKLER y consisten en un tanque cilíndrico horizontal, equipado interiormente con hojas de acero inoxidable 316L emplazadas sobre una cañería que les sirve de soporte. Los discos están cubiertos con tela de polietileno, la que actúa como elemento filtrante. El estanque cilíndrico tiene una tapa abulonada que incluye las bridas de entrada y salida de soluciones. Es posible abrir el filtro por medio de unos carros hidráulicos, los que permiten deslizar el cuerpo cilíndrico y separarlo de la tapa.



La solución ingresa al filtro por una cañería conectada a la brida ubicada en la parte central de la tapa. En el interior del filtro la solución debe atravesar las hojas recubiertas con el medio filtrante (tela). La solución que atraviesa los discos es recolectada en una cañería, que también sirve de soporte a dichos discos. La salida de solución filtrada se produce por la brida ubicada en la parte inferior de la tapa.

### 5.6.- PRECIPITACIÓN

El área de precipitación con zinc está compuesta por los siguientes equipos:

- Torre desaireadora (también denominada torre Crowe)
- Bombas de vacío
- Bombas de alimentación de los filtros prensa
- Filtros prensa
- Sistemas de adición de zinc en polvo
- Tanque de precapa y bomba de precapa
- Tanque de solución estéril
- Bombas de solución estéril

El propósito del circuito de precipitación es retirar el oxígeno disuelto en la solución clarificada proveniente del circuito de clarificación, añadir a esta solución zinc en polvo para que la reacción de precipitación de los metales tenga lugar, y filtrar esta solución de forma de separar dos productos:



|                                                                                                                               |                                                                                                                                          |                                                                   |                                                     |                                                                                                |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <br>SECRETARÍA DE<br>MINERÍA DE LA<br>NACIÓN | <b>MUESTREO DE PRODUCTOS<br/>CERRO VANGUARDIA</b>                                                                                        |                                                                   |                                                     | <br>SEGEMAR |
|                                                                                                                               | <b>Ejecución:</b> Ing. Ricardo Parra<br>Lic. Guillermo A. Cozzi<br>Lic. Gabriel del Mármol<br>Lic. Gustavo Machado<br>Lic. Raúl Uribarri | <b>INFORME<br/>TECNICO</b><br><br>Revisión: GM<br>N° 3 del 5/8/13 | <b>Fecha:</b> 18/9/10<br><b>Página N°:</b> 31 de 48 |                                                                                                |

⇒ Un precipitado que contiene los metales valiosos que serán enviados a fusión

⇒ Una solución que es enviada para el lavado en contracorriente en los espesadores del circuito CCD.

El circuito de precipitación con zinc, empieza en la torre desaireadora. Normalmente, un flujo de 640 m<sup>3</sup>/h de soluciones clarificadas, alimentarán a la torre desaireadora. La solución clarificada proveniente de los filtros de clarificación puede alimentar directamente la torre Crowe o ser descargada en el estanque de solución clarificada, para alimentar posteriormente a la torre por intermedio de las bombas de solución clarificada.

La solución clarificada ingresa a la parte superior de la torre desaireadora y fluye por gravedad, a través de bandejas, siendo sometida a la acción del vacío. La función de las bandejas es romper la solución, para aumentar la superficie de intercambio, de manera de mejorar la transferencia de moléculas de oxígeno disuelto. La transferencia se produce desde la superficie del líquido hacia la fase gaseosa.

La torre desaireadora tiene un indicador de nivel que envía la señal hasta un controlador que a su vez modula una válvula de control ubicada en la cañería de alimentación de la torre. La válvula controla el caudal de solución, que ingresa a ser desaireado, evitándose así la acumulación de solución dentro de la torre, que al llenarse disminuye su eficiencia.

La torre desaireadora descarga la solución a través de un manifold de cañerías, que está conectado con tres bombas centrífugas. Las bombas impulsan las soluciones hacia los filtros prensa. Cada filtro prensa tiene una bomba de alimentación y un sistema de dosificación de zinc dedicados. Normalmente se tiene dos sistemas en operación normal, mientras que el tercer sistema está en espera para entrar en operación cuando se requiera.

Los sistemas de adición de zinc incluyen una tolva con un alimentador de cinta de velocidad variable, un estanque cónico de emulsificación, conectado a un estanque a nivel constante, y una bomba dosificadora de velocidad fija que inyecta solución con zinc en la descarga de las bombas de alimentación de los filtros prensa. La reacción de precipitación empieza en el punto de adición de zinc y continúa en la cañería hasta la entrada de los filtros prensa.

Los filtros prensa reciben la solución desaireada, conteniendo partículas de oro y plata precipitadas, así como el exceso de zinc metálico alimentado. Este equipo es del tipo "placas recesadas" con tela filtrante de polipropileno. Para filtrar se hace uso de una capa de ayuda filtrante (tierra de diatomea). La torta queda atrapada en las cámaras formadas entre dos placas contiguas, y el filtrado, ahora llamado solución estéril, abandona el filtro y es descargado en el estanque de solución estéril. El ciclo de filtración de un filtro prensa continua por varios días, mientras las partículas de precipitado se acumulan en las cámaras, hasta que éstas se llenan completamente con sólidos, o cuando la presión diferencial a través del filtro llegue hasta un punto que provoque una disminución en el caudal original. En este punto es necesario que se coloque el filtro fuera de operación y que se realice la limpieza del precipitado atrapado en las cámaras. En operación normal el filtro prensa será descargado una vez por semana.



|                                                                                                                              |                                                                                                                                   |                                                                   |                                       |                                                                                               |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------|---------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------|
| <br>SECRETARÍA DE<br>MINERÍA DE LA<br>NACIÓN | <b>MUESTREO DE PRODUCTOS<br/>CERRO VANGUARDIA</b>                                                                                 |                                                                   |                                       | <br>SEGEMAR |
|                                                                                                                              | Ejecución: Ing. Ricardo Parra<br>Lic. Guillermo A. Cozzi<br>Lic. Gabriel del Mármol<br>Lic. Gustavo Machado<br>Lic. Raúl Uribarri | <b>INFORME<br/>TECNICO</b><br><br>Revisión: GM<br>N° 3 del 5/8/13 | Fecha: 18/9/10<br>Página N°: 32 de 48 |                                                                                               |

Antes de poner un filtro prensa en operación hay que formar la precapa de ayuda filtrante. Esta se utiliza para evitar que las partículas de precipitado se incrusten y bloqueen la tela del filtro, formando una barrera impermeable. Esta operación se lleva a cabo mediante el sistema compuesto por el estanque de precapa, que cuenta con agitación mecánica, y una bomba para impulsar el ayuda filtrante.

El estanque de solución estéril está ubicado entre el edificio de floculante/coagulante y los estanques de lixiviación por agitación. Es un estanque de 790 m<sup>3</sup> de capacidad útil y su función es permitir el almacenamiento y distribución de **solución sin-oro/plata** hacia los puntos de utilización.

Junto al estanque de solución estéril se encuentran instaladas las bombas para impulsión de solución estéril. El destino principal de la solución estéril es la caja de dilución N° 2 del espesador de lixiviación N° 2. Estas mismas bombas hacen también la transferencia de solución estéril hasta las estaciones de servicio y limpieza.

Como se menciona anteriormente, una alta recuperación de Ag tendrá como resultado un elevado porcentaje de recuperación de Au; la planta de C.V. SA recupera el 68% de la Ag contenida y el 93,6% del Au.

#### **Factores Físicos y Químicos de la Precipitación con Zinc**

*La precipitación con zinc se efectúa por deposición catódica de oro sobre la superficie de partículas de zinc en régimen de disolución anódica:*

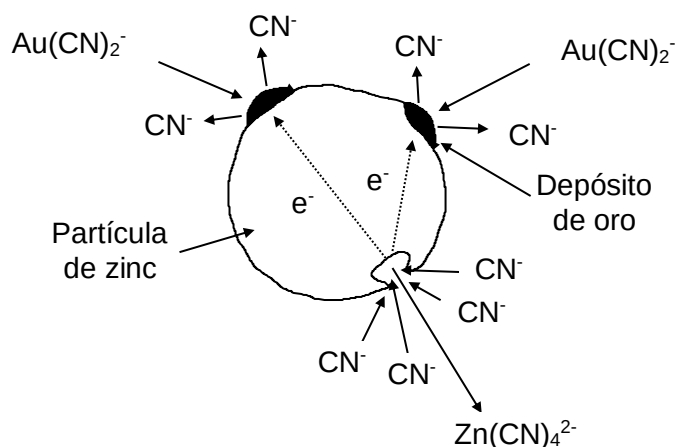
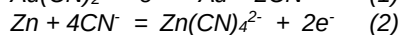


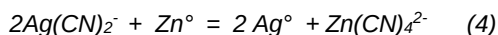
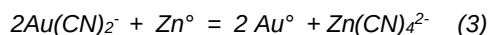
Figura No. 1 Representación esquemática de la precipitación de oro con zinc

*Una imagen electroquímica de la reducción catódica del oro y de la oxidación y posterior formación de un complejo cianurado del zinc, se presenta a continuación:*

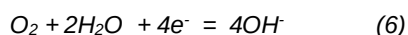
|                                                                                                                               |                                                                                                                                              |                                                                           |                                               |                                                                                                       |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <br>SECRETARÍA DE<br>MINERÍA DE LA<br>NACIÓN | <b>MUESTREO DE PRODUCTOS<br/>CERRO VANGUARDIA</b>                                                                                            |                                                                           |                                               | <br><b>SEGEMAR</b> |
|                                                                                                                               | <b>Ejecución: Ing. Ricardo Parra<br/>Lic. Guillermo A. Cozzi<br/>Lic. Gabriel del Mármol<br/>Lic. Gustavo Machado<br/>Lic. Raúl Uribarri</b> | <b>INFORME<br/>TECNICO</b><br><br><b>Revisión: GM<br/>N° 3 del 5/8/13</b> | <b>Fecha: 18/9/10<br/>Página N°: 33 de 48</b> |                                                                                                       |



Se utilizan varias expresiones para representar la reacción química global de precipitación de oro ( y plata) con zinc, siendo la más usual la siguiente:



La oxidación del zinc también es capaz de reducir el agua y el oxígeno disuelto:



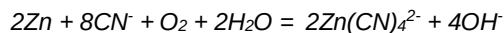
La reacción (1) es controlada por el transporte de  $\text{CN}^-$  hacia la superficie de las partículas de zinc. Una concentración insuficiente de cianuro libre en solución (menor de 60 ppm), permite la formación de una capa de  $\text{ZnO}$  en la superficie de las partículas de zinc que da por resultado la pasivación de la superficie. Esto último no ocurrirá en Cerro Vanguardia, porque las soluciones tienen concentraciones de cianuro libre  $> 1500$  ppm, para obtener la máxima recuperación de la plata.

El pH de la solución debe ser alrededor de 11.

Una buena clarificación de la solución es esencial, porque los sólidos en suspensión y los coloides, pueden bloquear la tela de los filtros y además pueden pasivar el polvo de zinc, impidiendo la reacción.

#### Desaireación

Se debe remover el oxígeno de las soluciones para evitar la redisolución del oro y la plata que precipitan. Además el oxígeno aumenta el consumo de zinc:



Una solución rica puede contener alrededor de 10 ppm  $\text{O}_2$ . El valor de oxígeno disuelto por sobre 1 ppm, produce efectos negativos en la precipitación. Dichos efectos negativos son redisolución del oro y la plata precipitados. En efecto, como la solución contiene cianuro, la presencia de oxígeno agrega todas las condiciones para la formación de los complejos de oro y plata disueltos.

La concentración de oxígeno disuelto en una solución acuosa, depende de la temperatura. A medida que la temperatura aumenta, la solubilidad del oxígeno disminuye. En la tabla No. 8.1 se muestra dicha relación.

Tabla No. 8.1 Oxígeno Disuelto en función de la Temperatura

| Temp. °C | O.D., ppm |
|----------|-----------|
| 5        | 12.80     |
| 10       | 11.33     |
| 15       | 10.15     |

|                                                                                                                              |                                                                                                                                   |                                                                   |                                       |                                                                                                      |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------|---------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <br>SECRETARÍA DE<br>MINERÍA DE LA<br>NACIÓN | <b>MUESTREO DE PRODUCTOS<br/>CERRO VANGUARDIA</b>                                                                                 |                                                                   |                                       | <br><b>SEGEMAR</b> |
|                                                                                                                              | Ejecución: Ing. Ricardo Parra<br>Lic. Guillermo A. Cozzi<br>Lic. Gabriel del Mármol<br>Lic. Gustavo Machado<br>Lic. Raúl Uribarri | <b>INFORME<br/>TECNICO</b><br><br>Revisión: GM<br>N° 3 del 5/8/13 | Fecha: 18/9/10<br>Página N°: 34 de 48 |                                                                                                      |

|    |      |
|----|------|
| 20 | 9.17 |
| 25 | 8.38 |
| 30 | 7.63 |

#### **Fórmula del Consumo de Zinc**

*El consumo de zinc deberá ser muy bien controlado de forma de evitar pérdidas en la planta. Los motivos se muestran en forma resumida más adelante*

*Por tener una alta ley de plata, el mineral de Cerro Vanguardia necesita de una alta concentración de cianuro titulable (1500 ppm) para que ocurran las reacciones de disolución de plata y de oro. En esta concentración, prácticamente todo el zinc que se alimenta al circuito se transforma de inmediato en cianuro de zinc. Este cianuro de zinc queda disuelto en la solución estéril, que vuelve al circuito de CCD. Este cianuro de zinc no tiene la capacidad de disolver la plata en la argentita, lo que resulta en pérdidas de plata en los relaves.*

*Del análisis del contenido de plata de la solución rica, se obtendrá la cantidad de zinc a dosificar:*

$$\text{Flujo de Zinc} = Q_m (\text{gr/min}) = \frac{Q_s [Ag] f}{60}$$

$Q_m$  = Flujo de zinc (gr/min)

$Q_s$  = Flujo de solución (m³/h)

[Ag] = Concentración de Ag en solución Rica (ppm)

$f$  = Factor "estequiométrico" (0.7 a 1.2 gr Zn / gr Ag)

*El factor estequiométrico para la plata es:*

$$(Zn = 65,37) : (Ag = 107,87) = 0,61$$

*Sin embargo, para el cálculo del zinc se utiliza un factor entre 0.7 a 1.2.*

#### **5.7.- RECUPERACION DE CIANURO**

Las secciones siguientes proporcionan una descripción general de las reacciones químicas que ocurre en cada una de las tres (3) operaciones unitarias fundamentales del proceso de recuperación de cianuro (Cyanisorb®).

Además, se encuentran las definiciones de los tipos de análisis que habitualmente se usan para evaluar las concentraciones de cianuro en las soluciones del proceso que se proporcionan para clarificar el funcionamiento de la planta de recuperación de cianuro

El proceso de recuperación de cianuro propuesto para Cerro Vanguardia se basa en la tecnología de acidificación-volatilización-reneutralización (AVR) y consiste en cuatro (4) operaciones unitarias: acidificación, separación, absorción y neutralización.

|                                                                                                                              |                                                                                                                                   |                                                                   |                                       |                                                                                               |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------|---------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------|
| <br>SECRETARÍA DE<br>MINERÍA DE LA<br>NACIÓN | <b>MUESTREO DE PRODUCTOS<br/>CERRO VANGUARDIA</b>                                                                                 |                                                                   |                                       | <br>SEGEMAR |
|                                                                                                                              | Ejecución: Ing. Ricardo Parra<br>Lic. Guillermo A. Cozzi<br>Lic. Gabriel del Mármol<br>Lic. Gustavo Machado<br>Lic. Raúl Uribarri | <b>INFORME<br/>TECNICO</b><br><br>Revisión: GM<br>N° 3 del 5/8/13 | Fecha: 18/9/10<br>Página N°: 35 de 48 |                                                                                               |

## Acidificación

El pH de la solución proveniente del circuito de lavado de colas se bajará en el tanque de acidificación de aproximadamente 11.5 a 3.5 usando ácido sulfúrico diluido. El descenso de pH de la solución afectará las concentraciones de equilibrio de especies de cianuro según las relaciones siguientes para cianuro libre y cianuros de cinc:



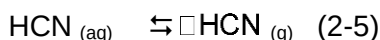
La ecuación 2-1 indica la formación de cianuro de hidrógeno disuelto cuando la concentración de ion de hidrogeno aumenta como resultado de la adición de ácido sulfúrico. El pKa de equilibrio de la ecuación 2-1 es aproximadamente 9.3, indicando que a un pH de 9.3 el anión de cianuro y cianuro de hidrógeno estarán en la solución en concentraciones molares iguales. A un pH menor de aproximadamente 7.5 más de 95 % de cianuro libre estará presente como cianuro de hidrógeno disuelto en agua, mientras a un pH mayor de aproximadamente 12.0 más del 95% de cianuro estarán presentes como el anión de cianuro.

Como la ecuación 2-1 se inicia hasta concluir, a un pH de menos de aproximadamente 7.5, la ecuación 2-2 experimentará una disminución en la concentración de anión de cianuro, forzando así a la producción adicional de mas anión cianuro a través de la disociación de complejos de cianuro de zinc según el principio de Le Chatelier. Estas reacciones son de importancia primaria en el proceso de acidificación, cuando el cianuro de hidrógeno es la única especie de cianuro que se recuperará como consecuencia del proceso y se restituirá al circuito de lixiviación.

Los complejos de cianuro de cinc estarán presentes en la solución según la relación de equilibrio descrita por Ecuación 2-2. Con el cianuro libre suficiente en la solución y con un pH superior a 9.0, el zinc estará principalmente presente como  $\text{Zn}(\text{CN})_4^{-2}$ , mientras que a un pH de aproximadamente 5.0, el complejo se disociará para dar  $\text{Zn}^{+2}$  y  $\text{CN}^-$ . Se observa una conducta similar para otros complejos de cianuro metálicos, sin embargo se prevé el cianuro de zinc para ser la especie de cianuro metálico predominante en las colas de la planta hidrometalúrgica.

## Separación o Stripping

Se separará el cianuro de hidrógeno generado durante la acidificación de la solución en la torre de stripping con grandes volúmenes de aire a baja presión. El propósito de la torre de stripping será de proporcionar el área de contacto de solución-aire suficiente a fin de volatilizar el cianuro de hidrógeno económicamente. La relación de traslado de masa se representa por la ecuación siguiente donde (aq) representa una especie disuelta en agua y (g) representa un gas:



El objeto de la torre será de manejar la ecuación 2-5 hasta maximizar la producción de gas cianuro de hidrógeno de la solución. El volumen relativo de gas en comparación con el líquido se expresa como relación gas a líquido (G:L) y es significativamente una función de la eficiencia deseada en la torre de stripping. Esta relación será de 600:1, o sea, el volumen de gas será 600 veces superior al volumen de líquido a fin de garantizar la máxima extracción de HCN.

|                                                                                                                              |                                                                                                                                   |                                                                   |                                       |                                                                                               |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------|---------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------|
| <br>SECRETARÍA DE<br>MINERÍA DE LA<br>NACIÓN | <b>MUESTREO DE PRODUCTOS<br/>CERRO VANGUARDIA</b>                                                                                 |                                                                   |                                       | <br>SEGEMAR |
|                                                                                                                              | Ejecución: Ing. Ricardo Parra<br>Lic. Guillermo A. Cozzi<br>Lic. Gabriel del Mármol<br>Lic. Gustavo Machado<br>Lic. Raúl Uribarri | <b>INFORME<br/>TECNICO</b><br><br>Revisión: GM<br>N° 3 del 5/8/13 | Fecha: 18/9/10<br>Página N°: 36 de 48 |                                                                                               |

## Absorción

Cuando se separa el cianuro de hidrógeno de la solución de colas, la concentración de cianuro total será reducida y se transferirá el gas de cianuro de hidrógeno a la corriente aérea de la torre de absorción. El cianuro de hidrógeno será prontamente absorbido en las soluciones de hidróxido de sodio a un pH mayor que 12.0, transfiriendo el cianuro gaseoso a la fase acuosa. La absorción de cianuro de hidrógeno en una solución de hidróxido de sodio es la reacción inversa a lo que ocurre en la torre de stripping y se representa por las relaciones siguientes:

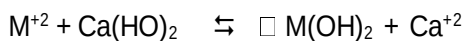


Aunque el producto de absorción en la ecuación 2-7 se indica como NaCN, esta especie es soluble en las soluciones acuosas de  $\text{Na}^+$  y  $\text{CN}^-$ . La demanda estequiométrica para el hidróxido de sodio según la ecuación 2-7 es de 1.48 kilogramos de NaOH por kilogramo de HCN absorbido. Por consiguiente una solución del hidróxido de sodio al 20% en peso puede absorber aproximadamente 160,000 mg/l de  $\text{CN}^-$  teóricamente (30% en peso como NaCN).

## Neutralización

*Este proceso en la actualidad ya no es utilizado en la planta de Cerro Vanguardia debido a los altos consumos de cal hidratada y ácido sulfúrico pero igualmente se hará la descripción de cómo era el funcionamiento de Cyanisorb al principio de su operación. Una parte de la solución evacuada de Cyanisorb es relativamente neutralizada ocurriendo parte del proceso en el espesador de relaves con la pulpa proveniente del espesador de lavado.*

La solución que termina saliendo por la parte inferior de la torre de stripping a un pH de aproximadamente 4.0 se neutralizará a aproximadamente 11.5. Debido a la alcalinidad proporcionada durante la neutralización se precipitarán metales disociados del cianuro de la solución según la relación siguiente para cationes de metal divalente con cal hidratada.



Los metales precipitados evacuarán la planta de recuperación de cianuro en la solución de colas y decantarán en el dique de colas pasando previamente por el espesador de relaves.

## 6.- FUSION:

El sólido producto de la filtración que se describiera en el punto 5.6 y que contiene el oro y la plata en estado sólido, es recogido en bandejas metálicas una vez por semana, (cuando se abre cada filtro prensa), este precipitado se seca en horno eléctrico a más de 200 °C. Toda esta operación se realiza en la sala de fusión, la cual cuenta con estrictas normas de seguridad patrimonial.

Una vez seco el precipitado, se lo pesa y se lo mezcla con los fundentes, en una proporción de 70 % de precipitado y 30 % de fundentes, los cuales están compuesto por: 70 % de bórax y el 30 % restante por nitrato de Na, fluorita y sílice.

|                                                                                                                              |                                                                                                                                   |                                                                   |                                              |                                                                                                      |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <br>SECRETARÍA DE<br>MINERÍA DE LA<br>NACIÓN | <b>MUESTREO DE PRODUCTOS<br/>CERRO VANGUARDIA</b>                                                                                 |                                                                   |                                              | <br><b>SEGEMAR</b> |
|                                                                                                                              | Ejecución: Ing. Ricardo Parra<br>Lic. Guillermo A. Cozzi<br>Lic. Gabriel del Mármol<br>Lic. Gustavo Machado<br>Lic. Raúl Uribarri | <b>INFORME<br/>TECNICO</b><br><br>Revisión: GM<br>N° 3 del 5/8/13 | Fecha: 18/9/10<br><i>Página N°: 37 de 48</i> |                                                                                                      |

El horno de fusión es calentado por quemadores que usan gas natural como combustible, trabajan a una temperatura de 980 a 1000 °C; el mismo tiene una capacidad de 2200 Kg entre carga y fundente. Cada colada demora tres horas en llegar a su punto de fluidez, luego de lo cual se extrae primero la escoria en escorificadores cónicos, luego de lo cual se extrae el metal fundido y se lo recoge en lingoteras que se encuentran dispuestas en una mesa giratoria hexagonal.

Una vez fríos los lingotes, se le extrae la escoria adherida manualmente y luego son sometidos a una lluvia de bolillas de acero impulsadas por aire comprimido en un recipiente acondicionado para tal fin. Los lingotes de bullion así acondicionados se numeran y se guardan en una bóveda.

Las muestras de bullion se realizan por colada, extrayendo con un cucharín incrementos del metal fundido al comienzo, a la mitad y al final de cada colada, cada incremento está compuesto de dos tomas con cuchara. Luego de enviadas al laboratorio químico, la ley de la colada, será la media que resulte de compilar estos tres valores.

El lingote de bullion tiene del orden del 8 % de Au y 92 % de Ag, las impurezas menores del 0,3 % son de Zn, Fe, Cu y Mn.



FILTRO DE PLACAS



HORNO DE FUSION



MESA HEXAGONAL

A mayor concentración de Ag se genera mayor cantidad de precipitado en el filtro prensa y por lo tanto es necesario realizar coladas mas seguidas. Por esto también la cantidad de barras o lingotes producidos por colada es variable, normalmente entre 35 y 45.

La duración total de una colada desde que se enciende el horno hasta que se termina de colar es de aproximadamente 5 horas. Comprende el secado del precipitado, agregado de fundentes, encendido del horno, fusión, retiro de la escoria, toma de muestras de cuchara y volcado del metal doré en lingoteras

**OPERACIÓN:** Una vez que la temperatura del material fundido alcanza su estado óptimo, se procede al vaciado del mismo comenzando por la escarificación en escorificadores cónicos y luego al vaciado del metal en lingoteras ubicadas sobre la mesa hexagonal, bajo la boca del horno. Un operario se encarga de vaciar el contenido, usando el movimiento basculante del horno y el mismo operario es el encargado de tomar la muestra de cuchara, un segundo operario gira y fija la mesa hexagonal en cada vaciado, mientras un tercer operario vacía las lingoteras sobre una mesa metálica, de donde otra persona es la encargada de transportar los lingotes a la mesa de enfriamiento.

**Análisis de las muestras de cuchara:** Se pesan aproximadamente 0,5 g y se envía a copelación para eliminar las impurezas. El regulo resultante, constituido por una aleación de Au-Ag, se pesa y por diferencia se determina el



|                                                                                                                              |                                                                                                                                              |                                                                           |                                               |                                                                                               |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------|
| <br>SECRETARÍA DE<br>MINERÍA DE LA<br>NACIÓN | <b>MUESTREO DE PRODUCTOS<br/>CERRO VANGUARDIA</b>                                                                                            |                                                                           |                                               | <br>SEGEMAR |
|                                                                                                                              | <b>Ejecución: Ing. Ricardo Parra<br/>Lic. Guillermo A. Cozzi<br/>Lic. Gabriel del Mármol<br/>Lic. Gustavo Machado<br/>Lic. Raúl Uribarri</b> | <b>INFORME<br/>TECNICO</b><br><br><b>Revisión: GM<br/>N° 3 del 5/8/13</b> | <b>Fecha: 18/9/10<br/>Página N°: 38 de 48</b> |                                                                                               |

porcentaje de impurezas. Luego el regulo es atacado con  $\text{HNO}_3$  para la eliminación de Ag, se vuelve a pesar y por diferencia se determina el porcentaje de la misma. Finalmente se pesa el regulo de Au resultante.

Es importante destacar que esta metodología de análisis funciona bien cuando el porcentaje de Au respecto de Ag es de alrededor del 15%; para valores inferiores la conservación o formación de un regulo único luego del ataque con nítrico no es buena, y en algunos casos puede partirse o desarmarse dificultando las tareas de pesado del mismo. Para evitar esto, se le agrega una cantidad conocida de oro para favorecer la formación de un regulo único, el cual se descuenta al momento de informar el valor final. A esta operación se la denomina "encuartación".

Otras alternativas de muestreo del fundido son la utilización de un PIN y el llamado SHOT.

El PIN consiste en un tubo delgado de vidrio cerrado al vacío el cual presenta cerca de uno de sus extremos un pequeño bulbo de pared relativamente más delgada que se rompe al ser introducido en el flujo de la colada ingresando por vacío el metal fundido hasta completar el tubo.

El SHOT es una granalla metálica que se obtiene tomando una muestra del fundido y enfriándola inmediatamente arrojándola sobre un recipiente con agua.



**LINGOTES OBTENIDOS**

## 7.- MUESTREO:

### 7.1.- MUESTREO METALURGICO:

Durante una primera visita a la operación de Cerro Vanguardia, se pudieron obtener muestras del proceso metalúrgico en alimentación y colas de la producción del día 8 de septiembre de 2010, en dos turnos consecutivos, de acuerdo a la tabla siguiente.

| IDENTIFICACIÓN MUESTRA | PRODUCTO     | UBICACIÓN MUESTRA         | TURNO | PESO APROXIMADO (g) |
|------------------------|--------------|---------------------------|-------|---------------------|
| 1210284                | Alimentación | Entrada de molino         | A     | 100                 |
| 1210427                | Alimentación | Entrada de molino         | B     | 100                 |
| 1210297                | Cola         | Descarga al Dique de Cola | A     | 100                 |
| 1210434                | Cola         | Descarga al Dique de Cola | B     | 100                 |

Las muestras son obtenidas en forma automática con muestreadores continuos en línea, de acuerdo a la descripción del proceso metalúrgico. Las muestras son colectadas sistemáticamente cada 12 horas. Los puntos de muestreos para control del proceso son:

|                                                                                                                              |                                                                                                                                   |                                                                   |                                              |                                                                                                      |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <br>SECRETARÍA DE<br>MINERÍA DE LA<br>NACIÓN | <b>MUESTREO DE PRODUCTOS<br/>CERRO VANGUARDIA</b>                                                                                 |                                                                   |                                              | <br><b>SEGEMAR</b> |
|                                                                                                                              | Ejecución: Ing. Ricardo Parra<br>Lic. Guillermo A. Cozzi<br>Lic. Gabriel del Mármol<br>Lic. Gustavo Machado<br>Lic. Raúl Uribarri | <b>INFORME<br/>TECNICO</b><br><br>Revisión: GM<br>N° 3 del 5/8/13 | Fecha: 18/9/10<br><i>Página N°: 39 de 48</i> |                                                                                                      |

Salida del triturador terciario.

Alimentación molino. Alimentación ciclones. Alimentación Zn.

Colas de filtros prensas.

En una segunda visita a la planta, se obtuvieron muestras de alimentación y colas del día 30 de octubre de acuerdo a la tabla siguiente:

| IDENTIFICACIÓN MUESTRA | IDENTIFICACIÓN MUESTRA CVSA | PRODUCTO                 | UBICACIÓN MUESTRA           | FECHA      | CANTIDAD DE MUESTRA |
|------------------------|-----------------------------|--------------------------|-----------------------------|------------|---------------------|
| CV-A1                  | Alimentación Molino         | Alimentación             | Entrada de molino           | 30/10/2010 | 500 g               |
| CV-A2                  | Alimentación Molino         | Alimentación             | Entrada de molino           | 30/10/2010 | 500 g               |
| CV-T1                  | Pulpa Cianurada             | Cola (suspensión acuosa) | Descarga al Dique (Relaves) | 30/10/2010 | 2 litros            |
| CV-SP1                 | Manga 5 Central             | Pila Mineral             | Manga 5 – Cámara Central    | 29/10/2010 | 968 g               |
| CV-SP2                 | Manga 5 Central             | Pila Mineral             | Manga 5 – Cámara Central    | 29/10/2010 | 989 g               |

## 7.2.- MUESTREO DE BULLION:

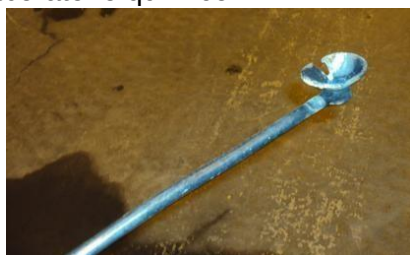
### MUESTRAS DE CVSA:

Durante la segunda visita a la operación C° Vanguardia, la Empresa entregó 12 muestras de bullion de archivo correspondientes a dos de las coladas involucradas en el embarque en estudio, las mismas se detallan en la tabla siguiente:

|                                                                                                                              |                                                                                                                                   |                                                                   |                                       |                                                                                                      |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------|---------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <br>SECRETARÍA DE<br>MINERÍA DE LA<br>NACIÓN | <b>MUESTREO DE PRODUCTOS<br/>CERRO VANGUARDIA</b>                                                                                 |                                                                   |                                       | <br><b>SEGEMAR</b> |
|                                                                                                                              | Ejecución: Ing. Ricardo Parra<br>Lic. Guillermo A. Cozzi<br>Lic. Gabriel del Mármol<br>Lic. Gustavo Machado<br>Lic. Raúl Uribarri | <b>INFORME<br/>TECNICO</b><br><br>Revisión: GM<br>N° 3 del 5/8/13 | Fecha: 18/9/10<br>Página N°: 40 de 48 |                                                                                                      |

| COLADA<br>N° | CUCHARA<br>N° | UBICACIÓN | BARRAS<br>COMPRENDIDAS | IDENTIFICACIÓN<br>N° | PESO TOTAL<br>ORIGINAL<br>(g) | PESO<br>MUESTRA (g) |
|--------------|---------------|-----------|------------------------|----------------------|-------------------------------|---------------------|
| 04/10/2010   | 1             | Inicio    | 45298 a 45339          | CVI1                 | 10,7                          | 4,0                 |
|              | 2             |           |                        | CVI2                 | 12,8                          | 4,0                 |
|              | 3             | Medio     |                        | CVM1                 | 9,9                           | 4,0                 |
|              | 4             |           |                        | CVM2                 | 8,8                           | 4,0                 |
|              | 5             | Final     |                        | CVF1                 | 8,8                           | 4,0                 |
|              | 6             |           |                        | CVF2                 | 13,9                          | 4,0                 |
| 14/10/2010   | 1             | Inicio    | 45388 a 45424          | CVI3                 | 8,2                           | 4,0                 |
|              | 2             |           |                        | CVI4                 | 7,4                           | 4,0                 |
|              | 3             | Medio     |                        | CVM3                 | 9,8                           | 4,0                 |
|              | 4             |           |                        | CVM4                 | 10,6                          | 4,0                 |
|              | 5             | Final     |                        | CVF3                 | 8,6                           | 4,0                 |
|              | 6             |           |                        | CVF4                 | 8,6                           | 4,0                 |

Como se describiera en Fusión, las leyes de la colada se obtienen integrando seis muestras puntuales de la colada, dos al principio de la misma, dos a la mitad y dos en su punto final. Las muestras de colada se logran introduciendo una cuchara en el flujo de material fundido, una vez enfriada la muestra sólida (del tamaño de un dedal de costura) se aplana en una prensa, se lamina en un cilindro y luego se cortan porciones de la plancha, para ser entregada a laboratorio químico.



CUCHARA PARA MUESTREO DE  
COLADA



MUESTRA DE COLADA DE BULLION

A continuación se da el resumen de la planilla del embarque 333, que contiene las leyes de oro y plata determinadas por la empresa, cada fila corresponde a una colada:

|                                                                                                                              |                                                                                                                                   |                                                                   |                                       |                                                                                               |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------|---------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------|
| <br>SECRETARÍA DE<br>MINERÍA DE LA<br>NACIÓN | <b>MUESTREO DE PRODUCTOS<br/>CERRO VANGUARDIA</b>                                                                                 |                                                                   |                                       | <br>SEGEMAR |
|                                                                                                                              | Ejecución: Ing. Ricardo Parra<br>Lic. Guillermo A. Cozzi<br>Lic. Gabriel del Mármol<br>Lic. Gustavo Machado<br>Lic. Raúl Uribarri | <b>INFORME<br/>TECNICO</b><br><br>Revisión: GM<br>N° 3 del 5/8/13 | Fecha: 18/9/10<br>Página N°: 41 de 48 |                                                                                               |

*Base de cálculo resumen de la factura proforma RE333*

|              | Cant. de barras | Barra Nro.    | peso barra       | Au %          | Ag %          | Unit Price | Total FOB            |
|--------------|-----------------|---------------|------------------|---------------|---------------|------------|----------------------|
|              | 26              | 45272 a 45297 | 546952,8         | 12,17         | 87,49         | 5,92963    | 3.243.228,54         |
|              | 42              | 45298 a 45339 | 891674,8         | 10,91         | 88,65         | 5,39308    | 4.808.873,83         |
|              | 7               | 45340 a 45346 | 137971,4         | 5,72          | 91,66         | 3,16953    | 437.304,49           |
|              | 41              | 45347 a 45387 | 858661,6         | 10,11         | 89,53         | 5,05351    | 4.339.251,69         |
|              | 37              | 45388 a 45424 | 782366,5         | 12,77         | 86,81         | 6,18416    | 4.838.279,41         |
|              | 32              | 45425 a 45456 | 654045,6         | 8,86          | 90,91         | 4,52296    | 2.958.221,84         |
|              | 44              | 45457 a 45500 | 925372           | 9,9           | 89,89         | 4,96535    | 4.594.796,56         |
|              | 1               | 45501 a 45501 | 20470,9          | 9,92          | 89,87         | 4,97386    | 101.819,30           |
| <b>TOTAL</b> | <b>230</b>      |               | <b>4817515,6</b> | <b>10,587</b> | <b>89,013</b> |            | <b>25.321.775,66</b> |

**MUESTREO DE LA SECRETARIA DE MINERIA:**

A fin de poder comparar el método de muestreo por cuchara realizado por la empresa, con el método de perforaciones (drilling) utilizado por Aduana, se decide muestrear las mismas coladas mencionadas en el párrafo anterior (04/10/2010 y 14/10/2010) con la metodología de perforaciones de acuerdo a la Norma IRAM 16.013.

El muestreo se realiza en un depósito de la empresa Brinks ubicado en Comodoro Rivadavia durante el despacho del embarque 333, que incluía entre otras a las coladas de los días 4/10/10 y 14/10/10.

De acuerdo a esto se obtuvieron muestras de viruta de las perforaciones realizadas a 6 lingotes (barras) de la colada 04/10/2010 y a 5 lingotes de la colada 14/10/2010. En el cuadro siguiente se da la identificación de las coladas, la cantidad de barras que comprende cada una, la cantidad de barras muestreadas, identificación de las mismas, sus pesos parciales y el peso total de muestra así como los pesos de las muestras obtenidas para la Secretaría de Minería y entregado a CVSA.

| COLADA N°  | CANT. BARRAS COLADA | INTERVALO DE BARRAS POR COLADA | CANT. BARRAS MUESTREADAS | Id. DE BARRAS MUESTREADAS | PESO PARCIAL MUESTRA EXTRAÍDA (g) | PESO TOTAL MUESTRA EXTRAÍDA (g) | Id. DE MUESTRA | PESO MUESTRA PARA CVSA | PESO MUESTRA PARA SECRETARIA (g) |
|------------|---------------------|--------------------------------|--------------------------|---------------------------|-----------------------------------|---------------------------------|----------------|------------------------|----------------------------------|
| 04/10/2010 | 42                  | 45298 a 45339                  | 6                        | 45298                     | 135,6                             | 841,6                           | CV-C1          | 50,3                   | 48,3                             |
|            |                     |                                |                          | 45304                     | 141,8                             |                                 |                |                        |                                  |
|            |                     |                                |                          | 45311                     | 139,6                             |                                 |                |                        |                                  |
|            |                     |                                |                          | 45316                     | 141,4                             |                                 |                |                        |                                  |
|            |                     |                                |                          | 45322                     | 135,9                             |                                 |                |                        |                                  |
|            |                     |                                |                          | 45328                     | 147,9                             |                                 |                |                        |                                  |
| 14/10/2010 | 37                  | 45388 a 45424                  | 5                        | 45388                     | 151,8                             | 738,6                           | CV-C2          | 39,6                   | 40,5                             |
|            |                     |                                |                          | 45397                     | 150,6                             |                                 |                |                        |                                  |
|            |                     |                                |                          | 45404                     | 157,5                             |                                 |                |                        |                                  |
|            |                     |                                |                          | 45413                     | 139,4                             |                                 |                |                        |                                  |
|            |                     |                                |                          | 45420                     | 139,8                             |                                 |                |                        |                                  |

|                                                                                                                              |                                                                                                                                   |                                                                   |                                              |                                                                                                      |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <br>SECRETARIA DE<br>MINERIA DE LA<br>NACION | <b>MUESTREO DE PRODUCTOS<br/>CERRO VANGUARDIA</b>                                                                                 |                                                                   |                                              | <br><b>SEGEMAR</b> |
|                                                                                                                              | Ejecución: Ing. Ricardo Parra<br>Lic. Guillermo A. Cozzi<br>Lic. Gabriel del Mármol<br>Lic. Gustavo Machado<br>Lic. Raúl Uribarri | <b>INFORME<br/>TECNICO</b><br><br>Revisión: GM<br>N° 3 del 5/8/13 | Fecha: 18/9/10<br><i>Página N°: 42 de 48</i> |                                                                                                      |



**PERFORACION DE LINGOTE**



**CUARTEO DE MUESTRA**



**MUESTRA PARA LABORATORIO**

## MUESTREO DE ADUANA

El muestreo de Aduana se concretó en las instalaciones de BRINKS, empresa aseguradora y de transporte ubicado en la ciudad de Comodoro Rivadavia; a continuación se describen las operaciones de muestreo realizadas por Aduana:

Se despliegan y abren todos los bolsones conteniendo las barras. Posteriormente se realiza el pesado, en esta ocasión se efectuó sobre la totalidad de las barras.

Luego, en base a la norma IRAM 16013 se determinó el número de barras a muestrear, posteriormente teniendo en cuenta la colada de la cual provenían, se eligieron al azar las barras a ser muestreadas. Se procede a la perforación de cada una de las barras elegidas, utilizando una perforadora de banco con mecha de acero al titanio de 10 mm de diámetro. La velocidad utilizada fue de 1400 rpm. Las virutas generadas de cada barra son recolectadas sobre un nylon grueso. Se repite la operación para todas las barras elegidas de una misma colada y se reúnen las virutas obtenidas en una muestra común.

Se hace a modo de homogeneización un mezclado de las virutas agitando 10 veces la bolsa y se toman con cuchara porciones de muestra hasta completar por pesado una muestra de 5 gramos para cada una de las partes que compartirán muestra. En este caso se tomaron 4 muestras por colada, una para el ITEM, otra para Aduana, una para CVSA y otra para la Secretaría de Minería (INTEMIN) siendo envasadas en sobres de papel aluminio.

Destinación N° 10014ES03000035L, ítem N°0001, P.A.N.C.M. 7108.12. 10

Se muestrearon 8 coladas correspondientes a 230 barras. Siguiendo la Norma Iram 16013 se seleccionaron un total de 35 barras obteniendo 8 muestras de acuerdo al siguiente cuadro:

Las muestras fueron identificadas por número de colada y por número de permiso de embarque, tal como se muestra en la tabla siguiente.



|                                                                                                                              |                                                                                                                                   |                                                                   |                                       |                                                                                                      |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------|---------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <br>SECRETARÍA DE<br>MINERÍA DE LA<br>NACIÓN | <b>MUESTREO DE PRODUCTOS<br/>CERRO VANGUARDIA</b>                                                                                 |                                                                   |                                       | <br><b>SEGEMAR</b> |
|                                                                                                                              | Ejecución: Ing. Ricardo Parra<br>Lic. Guillermo A. Cozzi<br>Lic. Gabriel del Mármol<br>Lic. Gustavo Machado<br>Lic. Raúl Uribarri | <b>INFORME<br/>TECNICO</b><br><br>Revisión: GM<br>N° 3 del 5/8/13 | Fecha: 18/9/10<br>Página N°: 43 de 48 |                                                                                                      |



**LINGOTES PARA MUESTREO**



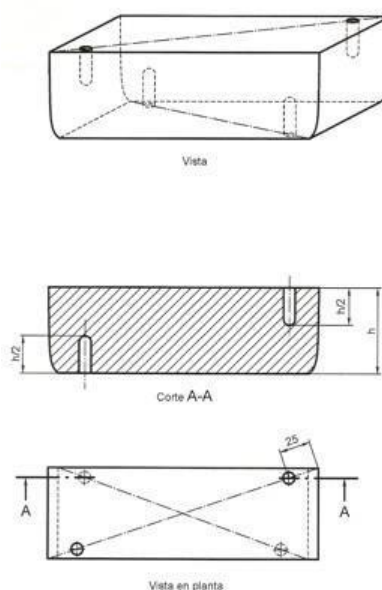
**LINGOTE PERFORADO**



**MUESTRAS POR COLADA**

A continuación se muestra el esquema de perforaciones usado por Secretaría de Minería y Aduana, de acuerdo a la Norma IRAM 16013 (Muestreo del bullion)

### ESQUEMA DE PERFORACIONES



**OBSERVACIONES:** a continuación, se realizan algunas observaciones sobre las operaciones de muestreo realizadas por Aduana, a fin de incorporar **puntos de mejora** en este procedimiento, de manera de asegurar una mejor **representatividad de la muestra** obtenida:

- El diámetro (10 mm) genera una cantidad excesiva de muestra lo que dificulta su manipulación.
- En las condiciones de perforación utilizadas, se generan virutas demasiado grandes, de hasta 5 cm de longitud, lo que dificulta la operación de cuarteo y por lo tanto compromete



|                                                                                                                              |                                                                                                                                   |                                                                   |                                              |                                                                                                      |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <br>SECRETARÍA DE<br>MINERÍA DE LA<br>NACIÓN | <b>MUESTREO DE PRODUCTOS<br/>CERRO VANGUARDIA</b>                                                                                 |                                                                   |                                              | <br><b>SEGEMAR</b> |
|                                                                                                                              | Ejecución: Ing. Ricardo Parra<br>Lic. Guillermo A. Cozzi<br>Lic. Gabriel del Mármol<br>Lic. Gustavo Machado<br>Lic. Raúl Uribarri | <b>INFORME<br/>TECNICO</b><br><br>Revisión: GM<br>N° 3 del 5/8/13 | Fecha: 18/9/10<br><i>Página N°: 44 de 48</i> |                                                                                                      |

seriamente la representatividad de la muestra.

- No se descartaron los primeros tres milímetros de perforación tal cual lo sugiere la norma IRAM.
- El nylon utilizado para recoger la muestra se va deteriorando durante la operación comprometiendo la contaminación y/pérdida de muestra. Se sugiere utilizar una bandeja de acero inoxidable.
- La operación de roleo (homogeneización) es insuficiente.
- No se realizó el cuarteo para la reducción de peso de la muestra, lo que junto con el excesivo tamaño máximo de partícula, hacen que la muestra pierda su representatividad.
- No se utilizó imán para eliminar posibles restos de la mecha durante la perforación.

| COLADA<br>N° | TOTAL<br>BARRAS | CANTIDAD<br>BARRAS<br>MUESTREADAS | PESO<br>MUESTRA<br>TOTAL<br>EXTRAIDA<br>(g) | PESO<br>MUESTRA<br>ADUANA<br>LABORATORIO<br>(g) | IDENTIF.<br>MUESTRA<br>ADUANA | PESO<br>MUESTRA<br>INTEMIN<br>(g) | IDENTIF.<br>MUESTRA<br>INTEMIN |
|--------------|-----------------|-----------------------------------|---------------------------------------------|-------------------------------------------------|-------------------------------|-----------------------------------|--------------------------------|
| 1            | 26              | 4                                 | 423                                         | 11,43                                           | Colada 1 –<br>ES03 35L        | 13,93                             | CV-<br>AFIP-C1                 |
| 2            | 42              | 6                                 | 693,8                                       | 9,60                                            | Colada 2 –<br>ES03 35L        | 8,16                              | CV-<br>AFIP-C2                 |
| 3            | 7               | 2                                 | 257,9                                       | 7,48                                            | Colada 3 –<br>ES03 35L        | 10,67                             | CV-<br>AFIP-C3                 |
| 4            | 41              | 6                                 | 570                                         | 11,44                                           | Colada 4 –<br>ES03 35L        | 15,90                             | CV-<br>AFIP-C4                 |
| 5            | 37              | 5                                 | 623,5                                       | 13,29                                           | Colada 5 –<br>ES03 35L        | 14,10                             | CV-<br>AFIP-C5                 |
| 6            | 32              | 5                                 | 467,5                                       | 10,06                                           | Colada 6 –<br>ES03 35L        | 11,07                             | CV-<br>AFIP-C6                 |
| 7            | 44              | 6                                 | 422,8                                       | 8,48                                            | Colada 7 –<br>ES03 35L        | 15,23                             | CV-<br>AFIP-C7                 |
| 8            | 1               | 1                                 | 103,2                                       | 6,88                                            | Colada 8 –<br>ES03 35L        | 9,06                              | CV-<br>AFIP-C8                 |

|                                                                                                                              |                                                                                                                                   |                                                                   |                                       |                                                                                               |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------|---------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------|
| <br>SECRETARÍA DE<br>MINERÍA DE LA<br>NACIÓN | <b>MUESTREO DE PRODUCTOS<br/>CERRO VANGUARDIA</b>                                                                                 |                                                                   |                                       | <br>SEGEMAR |
|                                                                                                                              | Ejecución: Ing. Ricardo Parra<br>Lic. Guillermo A. Cozzi<br>Lic. Gabriel del Mármol<br>Lic. Gustavo Machado<br>Lic. Raúl Uribarri | <b>INFORME<br/>TECNICO</b><br><br>Revisión: GM<br>N° 3 del 5/8/13 | Fecha: 18/9/10<br>Página N°: 45 de 48 |                                                                                               |

## 8.- RESULTADOS OBTENIDOS:

Se presenta a continuación los resultados de los análisis químicos obtenidos en el INTEMIN practicados a las muestras extraídas de bullion de Cerro Vanguardia. La determinación de oro y plata se efectuó por vía seca.

**TABLA 5**

| Muestra | Oro (g/100g) | Plata (g/100g) | Muestra    | Oro (g/100g) | Plata (g/100g) |
|---------|--------------|----------------|------------|--------------|----------------|
| CVI1    | 11,22 ± 0,04 | 88,5 ± 0,3     | CVF4       | 13,13 ± 0,04 | 86,6 ± 0,3     |
| CVI2    | 11,30 ± 0,04 | 88,4 ± 0,3     | CV-C1      | 11,10 ± 0,04 | 88,8 ± 0,3     |
| CVM1    | 11,29 ± 0,04 | 88,1 ± 0,3     | CV-C2      | 13,10 ± 0,04 | 86,9 ± 0,3     |
| CVM2    | 11,25 ± 0,04 | 88,3 ± 0,3     | CV-AFIP-C1 | 12,39 ± 0,04 | 87,7 ± 0,3     |
| CVF1    | 11,27 ± 0,04 | 88,2 ± 0,3     | CV-AFIP-C2 | 11,13 ± 0,04 | 88,8 ± 0,3     |
| CVF2    | 11,25 ± 0,04 | 88,4 ± 0,3     | CV-AFIP-C3 | 5,81 ± 0,02  | 91,7 ± 0,3     |
| CVI3    | 13,20 ± 0,04 | 86,4 ± 0,3     | CV-AFIP-C4 | 10,29 ± 0,04 | 89,9 ± 0,3     |
| CVI4    | 13,09 ± 0,04 | 86,6 ± 0,3     | CV-AFIP-C5 | 13,07 ± 0,04 | 86,7 ± 0,3     |
| CVM3    | 13,14 ± 0,04 | 86,4 ± 0,3     | CV-AFIP-C6 | 9,11 ± 0,04  | 90,6 ± 0,3     |
| CVM4    | 13,13 ± 0,04 | 86,4 ± 0,3     | CV-AFIP-C7 | 10,11 ± 0,04 | 89,6 ± 0,3     |
| CVF3    | 13,13 ± 0,04 | 86,6 ± 0,3     | CV-AFIP-C8 | 10,23 ± 0,04 | 89,6 ± 0,3     |

## 9.- CONCLUSIONES:

### 9.1.- TABLA DE DATOS:

**TABLA 6**

| Muestra    | Oro % | Plata % | Peso de muestra (g) |
|------------|-------|---------|---------------------|
| CVI1       | 11,22 | 88,5    | 10,7                |
| CVM1       | 11,29 | 88,1    | 9,9                 |
| CVF1       | 11,27 | 88,2    | 8,8                 |
| CVI2       | 11,30 | 88,4    | 12,8                |
| CVM2       | 11,25 | 88,3    | 8,8                 |
| CVF2       | 11,25 | 88,4    | 13,9                |
| CVI3       | 13,20 | 86,4    | 8,2                 |
| CVM3       | 13,14 | 86,4    | 9,8                 |
| CVF3       | 13,13 | 86,6    | 8,6                 |
| CVI4       | 13,09 | 86,6    | 7,4                 |
| CVM4       | 13,13 | 86,4    | 10,6                |
| CVF4       | 13,13 | 86,6    | 8,6                 |
| CV-C1      | 11,10 | 88,8    | 48,3                |
| CV-C2      | 13,10 | 86,9    | 40,05               |
| CV-AFIP-C1 | 12,39 | 87,7    | 13,93               |

|                                                                                                                              |                                                                                                                                   |                                                                   |                                       |                                                                                               |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------|---------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------|
| <br>SECRETARÍA DE<br>MINERÍA DE LA<br>NACIÓN | <b>MUESTREO DE PRODUCTOS<br/>CERRO VANGUARDIA</b>                                                                                 |                                                                   |                                       | <br>SEGEMAR |
|                                                                                                                              | Ejecución: Ing. Ricardo Parra<br>Lic. Guillermo A. Cozzi<br>Lic. Gabriel del Mármol<br>Lic. Gustavo Machado<br>Lic. Raúl Uribarri | <b>INFORME<br/>TECNICO</b><br><br>Revisión: GM<br>N° 3 del 5/8/13 | Fecha: 18/9/10<br>Página N°: 46 de 48 |                                                                                               |

|            |       |      |       |
|------------|-------|------|-------|
| CV-AFIP-C2 | 11,13 | 88,8 | 8,16  |
| CV-AFIP-C3 | 5,81  | 91,7 | 10,67 |
| CV-AFIP-C4 | 10,29 | 89,9 | 15,9  |
| CV-AFIP-C5 | 13,07 | 86,7 | 14,1  |
| CV-AFIP-C6 | 9,11  | 90,6 | 11,07 |
| CV-AFIP-C7 | 10,11 | 89,6 | 15,23 |
| CV-AFIP-C8 | 10,23 | 89,6 | 9,06  |

En la tabla anterior se presentan los datos que se toman en adelante.

## 9.2.- LEY DE LAS COLADAS:

Tomando los resultados de los análisis químicos obtenidos de las muestras de las coladas (Tabla 6) y obteniendo la ley media de Au y Ag de cada colada según la ecuación:

$$\text{Ley Au/Ag} = \frac{\sum I_i \text{Au/Ag} \times P_i}{\sum P_i}$$

Donde:

Ley de Au/Ag: Ley media de oro o plata de cara

$I_i \text{Au/Ag}$ : Leyes de oro o plata de cada muestra

$P_i$ : Peso de cada muestra

**TABLA 7**

|                 | Muestra | Oro % | Plata % | Peso de muestra (g) | PixLi          | PixLi          |
|-----------------|---------|-------|---------|---------------------|----------------|----------------|
| <b>COLADA 1</b> | CVI1    | 11,22 | 88,5    | 10,7                | 120,054        | 946,95         |
|                 | CVM1    | 11,29 | 88,1    | 9,9                 | 111,771        | 872,19         |
|                 | CVF1    | 11,27 | 88,2    | 8,8                 | 99,176         | 776,16         |
|                 | CVI2    | 11,30 | 88,4    | 12,8                | 144,64         | 1131,52        |
|                 | CVM2    | 11,25 | 88,3    | 8,8                 | 99             | 777,04         |
|                 | CVF2    | 11,25 | 88,4    | 13,9                | 156,375        | 1228,76        |
|                 |         |       |         | <b>64,9</b>         | <b>731,016</b> | <b>5732,62</b> |
| <b>COLADA 2</b> | CVI3    | 13,20 | 86,4    | 8,2                 | 108,24         | 708,48         |
|                 | CVM3    | 13,14 | 86,4    | 9,8                 | 128,772        | 846,72         |
|                 | CVF3    | 13,13 | 86,6    | 8,6                 | 112,918        | 744,76         |
|                 | CVI4    | 13,09 | 86,6    | 7,4                 | 96,866         | 640,84         |
|                 | CVM4    | 13,13 | 86,4    | 10,6                | 139,178        | 915,84         |
|                 | CVF4    | 13,13 | 86,6    | 8,6                 | 112,918        | 744,76         |
|                 |         |       |         | <b>53,2</b>         | <b>698,892</b> | <b>4601,4</b>  |

|                                                                                                                              |                                                                                                                                   |                                                                   |                                       |                                                                                               |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------|---------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------|
| <br>SECRETARÍA DE<br>MINERÍA DE LA<br>NACIÓN | <b>MUESTREO DE PRODUCTOS<br/>CERRO VANGUARDIA</b>                                                                                 |                                                                   |                                       | <br>SEGEMAR |
|                                                                                                                              | Ejecución: Ing. Ricardo Parra<br>Lic. Guillermo A. Cozzi<br>Lic. Gabriel del Mármol<br>Lic. Gustavo Machado<br>Lic. Raúl Uribarri | <b>INFORME<br/>TECNICO</b><br><br>Revisión: GM<br>N° 3 del 5/8/13 | Fecha: 18/9/10<br>Página N°: 47 de 48 |                                                                                               |

Se tiene:

Ley de Au Colada 1= 11,26

Ley de Ag Colada 1= 88,3

Ley de Au Colada 2= 13,14

Ley de Ag Colada 2= 86,5

Si comparamos estos valores con los del despacho de exportación dado en la Tabla 2, se tiene:

|                 | <b>INTEMIN</b> |               | <b>CVSA</b>   |               |
|-----------------|----------------|---------------|---------------|---------------|
|                 | <b>LEY Au</b>  | <b>LEY Ag</b> | <b>LEY Au</b> | <b>LEY Ag</b> |
| <b>COLADA 1</b> | 11,26          | 88,3          | 10,91         | 88,65         |
| <b>COLADA 2</b> | 13,14          | 86,5          | 12,77         | 86,81         |

Las diferencias de valores para la misma colada, se debe a diferencias analíticas ya que se trata de porciones de una misma muestra.

### 9.3.- DIFERENTES TIPOS DE MUESTREO:

Se trata ahora de comparar el muestreo de ambas coladas, en un caso por drilling o perforaciones de acuerdo a la Norma IRAM 16013 muestras CV-C1 y CV-C2 dados en la Tabla 6 y analizados en el Intemin (muestreo descrito en el punto 6.2) y los valores aportados por CVSA de acuerdo al muestreo descrito en el punto 6.1 y que figuran en el despacho de exportación Tabla 2 y analizados en el laboratorio CVSA.

|                 | <b>DRILLING</b> |               | <b>CVSA</b>   |               |
|-----------------|-----------------|---------------|---------------|---------------|
|                 | <b>LEY Au</b>   | <b>LEY Ag</b> | <b>LEY Au</b> | <b>LEY Ag</b> |
| <b>COLADA 1</b> | 11,10           | 88,8          | 10,91         | 88,65         |
| <b>COLADA 2</b> | 13,10           | 86,9          | 12,77         | 86,81         |

De la comparación de estos valores se desprende que las diferencias es poca; pero esta se minimiza si tomamos valores analizados en un mismo laboratorio, en este caso se disponen de los datos del Intemin para ambos métodos de muestreo; esto es, muestras CV-C1 y CV-C2 para el muestreo por drilling y los valores calculados en el punto 8.2 para el muestreo por cuchara.

| <b>LABORATORIO INTEMIN</b> |                 |               |                |               |
|----------------------------|-----------------|---------------|----------------|---------------|
|                            | <b>DRILLING</b> |               | <b>CUCHARA</b> |               |
|                            | <b>LEY Au</b>   | <b>LEY Ag</b> | <b>LEY Au</b>  | <b>LEY Ag</b> |
| <b>COLADA 1</b>            | 11,10           | 88,8          | 11,26          | 88,3          |
| <b>COLADA 2</b>            | 13,10           | 86,9          | 13,14          | 86,5          |

**Con lo que quedaría demostrada la consistencia del muestreo por drilling de acuerdo a la Norma IRAM 16013.**

|                                                                                                                              |                                                                                                                                   |                                                                   |                                       |                                                                                               |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------|---------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------|
| <br>SECRETARÍA DE<br>MINERÍA DE LA<br>NACIÓN | <b>MUESTREO DE PRODUCTOS<br/>CERRO VANGUARDIA</b>                                                                                 |                                                                   |                                       | <br>SEGEMAR |
|                                                                                                                              | Ejecución: Ing. Ricardo Parra<br>Lic. Guillermo A. Cozzi<br>Lic. Gabriel del Mármol<br>Lic. Gustavo Machado<br>Lic. Raúl Uribarri | <b>INFORME<br/>TECNICO</b><br><br>Revisión: GM<br>N° 3 del 5/8/13 | Fecha: 18/9/10<br>Página N°: 48 de 48 |                                                                                               |

#### 9.4.- MUESTREO DE ADUANA Vs MUESTREO CVSA:

Se trata ahora de comparar las leyes de Au y Ag aportadas por la Empresa CVSA en su despacho de exportación dado en la Tabla 2 (factura proforma RE 333) con muestras obtenidas por el método de cuchara y analizadas en el laboratorio de la empresa, con las muestras de coladas obtenidas por Aduana con el método de drilling de acuerdo a Norma IRAN 16013 y analizadas en el laboratorio del INTEMIN.

Los datos se resumen en la tabla siguiente:

| COLADA N° | TOTAL BARRAS | CANTIDAD BARRAS MUESTREADAS | IDENTIF. MUESTRA ADUANA | IDENTIF. MUESTRA INTEMIN | Laboratorio INTEMIN |          | Laboratorio CVSA |          |
|-----------|--------------|-----------------------------|-------------------------|--------------------------|---------------------|----------|------------------|----------|
|           |              |                             |                         |                          | Ley Au %            | Ley Ag % | Ley Au %         | Ley Ag % |
| 1         | 26           | 4                           | Colada 1 – ES03 35L     | CV-AFIP-C1               | 12,39               | 87,7     | 12,17            | 87,49    |
| 2         | 42           | 6                           | Colada 2 – ES03 35L     | CV-AFIP-C2               | 11,13               | 88,8     | 10,91            | 88,65    |
| 3         | 7            | 2                           | Colada 3 – ES03 35L     | CV-AFIP-C3               | 5,81                | 91,7     | 5,72             | 91,66    |
| 4         | 41           | 6                           | Colada 4 – ES03 35L     | CV-AFIP-C4               | 10,29               | 89,9     | 10,11            | 89,53    |
| 5         | 37           | 5                           | Colada 5 – ES03 35L     | CV-AFIP-C5               | 13,07               | 86,7     | 12,77            | 86,81    |
| 6         | 32           | 5                           | Colada 6 – ES03 35L     | CV-AFIP-C6               | 9,11                | 90,6     | 8,86             | 90,91    |
| 7         | 44           | 6                           | Colada 7 – ES03 35L     | CV-AFIP-C7               | 10,11               | 89,6     | 9,9              | 89,89    |
| 8         | 1            | 1                           | Colada 8 – ES03 35L     | CV-AFIP-C8               | 10,23               | 89,6     | 9,92             | 89,87    |

Si bien existen pequeñas diferencias que se pueden deber como en el punto 9.2.- a diferencias de método analítico al tratarse de diferentes laboratorios, también en este caso queda demostrada la consistencia del método de muestreo de drilling o perforaciones de acuerdo a la Norma IRAM 16013 versus el método de muestreo de cuchara usado por la Empresa CVSA.