

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

**Muestreo de productos mineros exportables**

**MINA VELADERO**

Servicio Geológico Minero Argentino (SEGEMAR)

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

**Buenos Aires, Noviembre de 2012**



# 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/>         PROYECTO VELADERO</b>  |   |   | <br>SEGEMAR |
|   | <b>Ejecución:</b> Ing. Ricardo Parra<br>Lic. Guillermo A. Cozzi<br>Lic. Gabriel del Marmol<br>Lic. Raúl Uribarri | <b>INFORME TECNICO</b><br><b>Revisión: 3</b><br><b>14/11/2012</b> | <b>Fecha: 7/4/10</b><br><b>Página N°: 1 de 17</b> |  |
|   | <b>Revisión:</b> Lic. Gustavo Machado  |   |   |  |

## 1.- OBJETIVO:

A pedido de las autoridades de la Secretaría de Minería de la Nación, se realizó una comisión de servicio entre los días 20 al 27 de Marzo de 2010, con la finalidad de tomar muestras representativas de los productos obtenidos por la empresa Minera Argentina Gold S.A. en la operación de Mina Veladero, ubicada en Departamento Iglesias, Provincia de San Juan.

A continuación, se presenta el Informe Técnico, producto de la visita en terreno, con un detalle de la operación de producción.

## 2.- LA MENA:

### 2.1.- LITOLOGIA:

Existen dos áreas mineralizadas principales denominadas "Amable" y "Filo Federico"; la primera está compuesta por tobas félsicas como roca de caja sobre la que se depositan 150 mts. de brechas piroclásticas y tobas líticas. Todo este conjunto está intruído por diques, domos porfíricos y brechas freato – magmáticas.

Filo Federico está compuesto por tobas félsicas y extensas brechas de diatremas, a estos eventos le siguieron brechas con intrusiones de diques porfíricos.

### 2.2.- ALTERACIONES:

La mineralización diseminada de oro (Au) y plata (Ag) está asociada a una alteración de alta sulfidación, la mena se encuentra oxidada y el control de la mineralización está dado por la cota de un nivel paleofreático. Las principales alteraciones son: silicificación y una avanzada argilización.

### 2.3.- MINERALIZACION:

El Au y Ag están encapsulados en minerales de jarosita, alunita y cuarzo, acompañados por sílice de reemplazo. La edad de la mineralización es de 11,3 MA, determinada por método de K – Ar en las inclusiones gaseosas de la alunita.



SECRETARÍA DE  
MINERÍA DE LA  
NACIÓN

## MUESTREO DE PRODUCTOS PROYECTO VELADERO



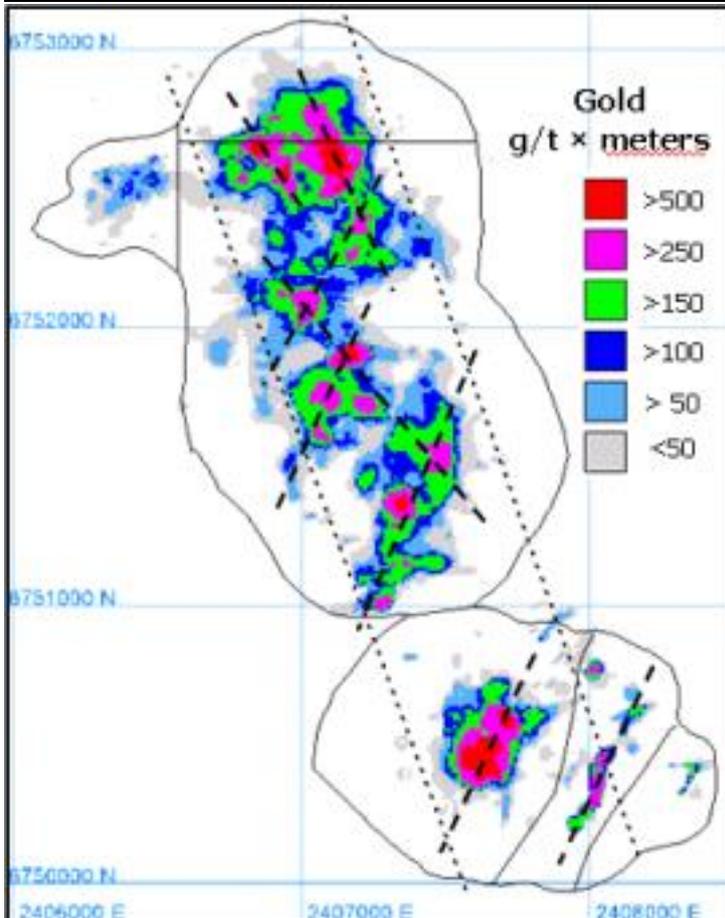
SEGEMAR

Ejecución: Ing. Ricardo Parra  
Lic. Guillermo A. Cozzi  
Lic. Gabriel del Marmol  
Lic. Raúl Uribarri

Revisión: Lic. Gustavo Machado

INFORME TECNICO  
Revisión: 3  
14/11/2012

Fecha: 7/4/10  
Página N°: 2 de 17



### 3.- EL MINADO:

El yacimiento Veladero consta de dos pits denominados Amable y Federico, los cuales son minados a cielo abierto por un diseño convencional de Open Pit, con bancos de 15 metros de altura, obtenidos con perforaciones de 10 5/8" de diámetro y una longitud total de barreno de 16 metros, la grilla de perforación es de 7 metros por 7 metros, las perforaciones se realizan con 8 perforadoras DMM2 sobre orugas. La voladura se realiza usando anfo y emulsión como carga de columna y detonadores de tipo nonel.

El carguío del mineral arrancado se realiza con 4 palas Liebherr de 3500 Tn/horas de capacidad de carga y cargadoras frontales CAT 994.

El transporte interno del mineral se realiza con una flota de 38 camiones Caterpillar de una capacidad de carga de 240 toneladas cada uno. La empresa tiene una flota de 70 equipos de gran porte.

El mineral estéril o marginal es depositado en botaderos, dispuestos estratégicamente.

En base al contenido metálico se han definido dos tipos básicos de mineral procesable, donde por un lado tenemos el denominado Crush que corresponde a mineral de mayor ley + 1,8 g/Tn

|   |  |   |   |  |
|---|--|---|---|--|
| <br>SECRETARIA DE MINERIA DE LA NACION | <b>MUESTREO DE PRODUCTOS<br/>PROYECTO VELADERO</b>   |   |   | <br>SEGEMAR |
|   | <b>Ejecución:</b> Ing. Ricardo Parra<br>Lic. Guillermo A. Cozzi<br>Lic. Gabriel del Marmol<br>Lic. Raúl Uribarri | <b>INFORME TECNICO</b><br><b>Revisión: 3</b><br><b>14/11/2012</b> | <b>Fecha:</b> 7/4/10<br><b>Página N°:</b> 3 de 17 |  |
|   | <b>Revision:</b> Lic. Gustavo Machado  |   |   |  |

de Au y hasta 0,5 g/Tn de Au, el que es enviado al circuito de trituración; por otro lado se distingue un mineral de menos de 0,5 g/Tn de Au, denominado Run of mine (ROM), que por su bajo contenido metálico, no paga los costos de trituración y es enviado directamente al valle de lixiviación. Los cut off de estos minerales se definen de acuerdo a las siguientes ecuaciones:

**CRUSH ORE**

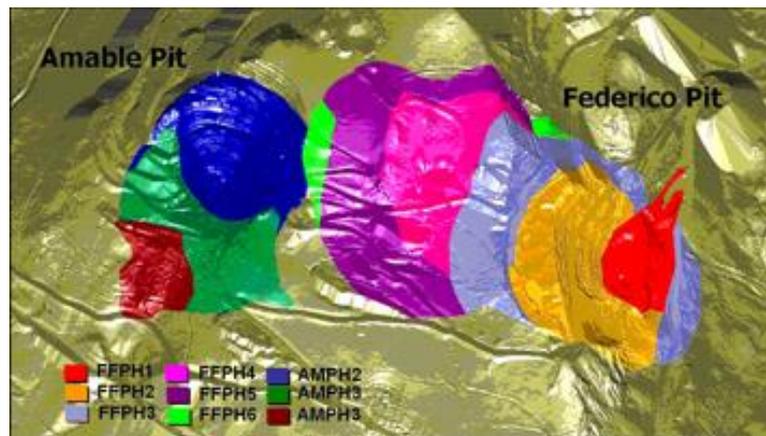
$$ICG = \frac{[ \text{Process Cost CRUSH} + \text{Incr. Haulage Crush} + \text{Pad Expansion} + \text{G\&A} ] \times \text{Royalties}^*}{[ \text{CRUSH Recovery} \times (\text{Au Price} - \text{Refining Cost}) \times \text{Payable Gold} ] \times [ \text{Export Tax} + \text{Royalties} ]}$$

**ROM**

$$ICG = \frac{[ \text{Process Cost ROM} + \text{Incr. Haulage ROM} + \text{Pad Expansion} ] \times \text{Royalties}^*}{[ \text{ROM Recovery} \times (\text{Au Price} - \text{Refining Cost}) \times \text{Payable Gold} ] \times [ \text{Export Tax} + \text{Royalties} ]}$$

El Proyecto Veladero está factibilizado con una reserva total de 12.000.000 de oz de Au y contenido de Ag variable. La producción anual es de 93.000.000 de toneladas movidas, de las cuales 60.000.000 de Tn son de estéril, 30.000.000 de Tn son de mineral Crush, que van a trituración y 4,5 millones constituyen el run of mine, que van directamente al valle de lixiviación; esto determina una relación estéril – mineral de 3/1 a 4/1. La producción diaria es de 260.000 toneladas, de las cuales 85.000 Tn son de mineral crush, entre 14.000 y 16.000 Tn son de mineral ROM y el resto es estéril que va a los botaderos.

Tanto el Pit Amable como el Pit Federico se encuentran divididos en diferentes fases de explotación de acuerdo a su contenido metalúrgico y su accesibilidad; de esta forma se han determinado 6 fases en Federico y 3 fases en Amable, actualmente se están explotando la fase 2 en Filo Federico y la fase 2 en Amable, de estas extracciones, se realizan las mezclas minerales para alimentar al valle de lixiviación, de tal manera de mantener un mineral de cabeza de 1.8 g/Tn de Au.



Los planes de explotación a corto y mediano plazo, se basan en un control de calidad y reconocimiento del mineral a explotar, analizando químicamente los cuttings de las perforaciones para voladura; esta operación se realiza muestreando en forma continua este material, el cual es enviado a los laboratorios que la empresa posee en sitio y cuyos datos son retornados en 24 a 48 horas, los cuales son ingresados a un programa, que devuelve una planilla de donde se definen la explotación de los bancos con cinco días de anticipación.

|   |  |   |   |   |
|---|--|---|---|---|
| <br>SECRETARIA DE<br>MINERIA DE LA<br>NACION | <b>MUESTREO DE PRODUCTOS<br/>         PROYECTO VELADERO</b>  |   |   | <br><b>SEGEMAR</b> |
|   | <b>Ejecución:</b> Ing. Ricardo Parra<br>Lic. Guillermo A. Cozzi<br>Lic. Gabriel del Marmol<br>Lic. Raúl Uribarri | <b>INFORME TECNICO</b><br><b>Revisión: 3</b><br><b>14/11/2012</b> | <b>Fecha:</b> 7/4/10<br><b>Página N°:</b> 4 de 17 |   |
| <b>Revision:</b> Lic. Gustavo Machado   |  |   |   |   |

Todas las operaciones de mina son controladas informáticamente desde un área denominada “dispatch”, donde mediante un soft a medida, se optimizan cada uno de los procesos involucrados en forma “on line” que vinculan todos los equipos de explotación y el sector de trituración.



#### **4.- TRITURACION:**

Los dumpers de 240 tn de capacidad provenientes de ambas minas y conteniendo mineral tipo crush, descargan en dos líneas gemelas de reducción de tamaño; en donde se produce la trituración primaria y secundaria, de esta manera el mineral queda en condiciones granulométricas para ingresar al valle de lixiviación.

Cada una de estas líneas consiste en un triturador giratorio de 50 por 65 pies, de 500 HP, en donde el mineral entra con un tamaño máximo de 28” y sale con un tamaño medio de 2” a 3”, tiene un factor de reducción de 4 a 1, la capacidad de trituración es de 3.500 tn/hora. El sobretamaño que ingresa a la tolva de admisión es reducido con la ayuda de un martillo hidráulico operado a control remoto desde la cabina de control.

A la salida del alimentador giratorio, se encuentra un controlador de nivel y un alimentador de placas, que regula la carga de una cinta transportadora, esta posee un sistema de detección de metales. La cinta transportadora descarga en una pila de stock cubierta, denominada “domo”, en donde se almacena el mineral triturado que pasará a la etapa de trituración secundaria.

El domo, descarga por su base a chutes vibratorios, donde el mineral es tomado por alimentadores vibratorios que descargan en una cinta transportadora que posee electroimanes para extraer piezas metálicas y un detector de metales para una posterior extracción de piezas no detectadas y que serán extraídas en forma manual. La cinta transportadora descarga en un chute de transferencia que divide el caudal mineral en dos, alimentando cada uno de estos a una zaranda doble piso, donde el rechazo de ambos pisos descarga en la alimentación de un triturador de conos, mientras que el pasante es sacado del circuito de trituración.

Los trituradores secundarios de cono, tienen una capacidad de 863 Tn/horas secas de mineral y una potencia de 800 HP; reducen el mineral a un tamaño de 34 a 40 mm, que representa el tamaño de alimentación al valle de lixiviación. La salida de los trituradores de conos alimentan a una cinta transportadora que descarga en un silo de transferencia (transfer), en esta cinta transportadora se dosifica la cal que será necesaria para mantener el pH entre 10,5 y 11 en el valle de lixiviación a razón de 300 g/tn.

La trituración secundaria está controlada por un sistema de recolección de polvo.



SECRETARÍA DE MINERÍA DE LA NACIÓN

# MUESTREO DE PRODUCTOS PROYECTO VELADERO



SEGEMAR

Ejecución: Ing. Ricardo Parra  
Lic. Guillermo A. Cozzi  
Lic. Gabriel del Marmol  
Lic. Raúl Uribarri

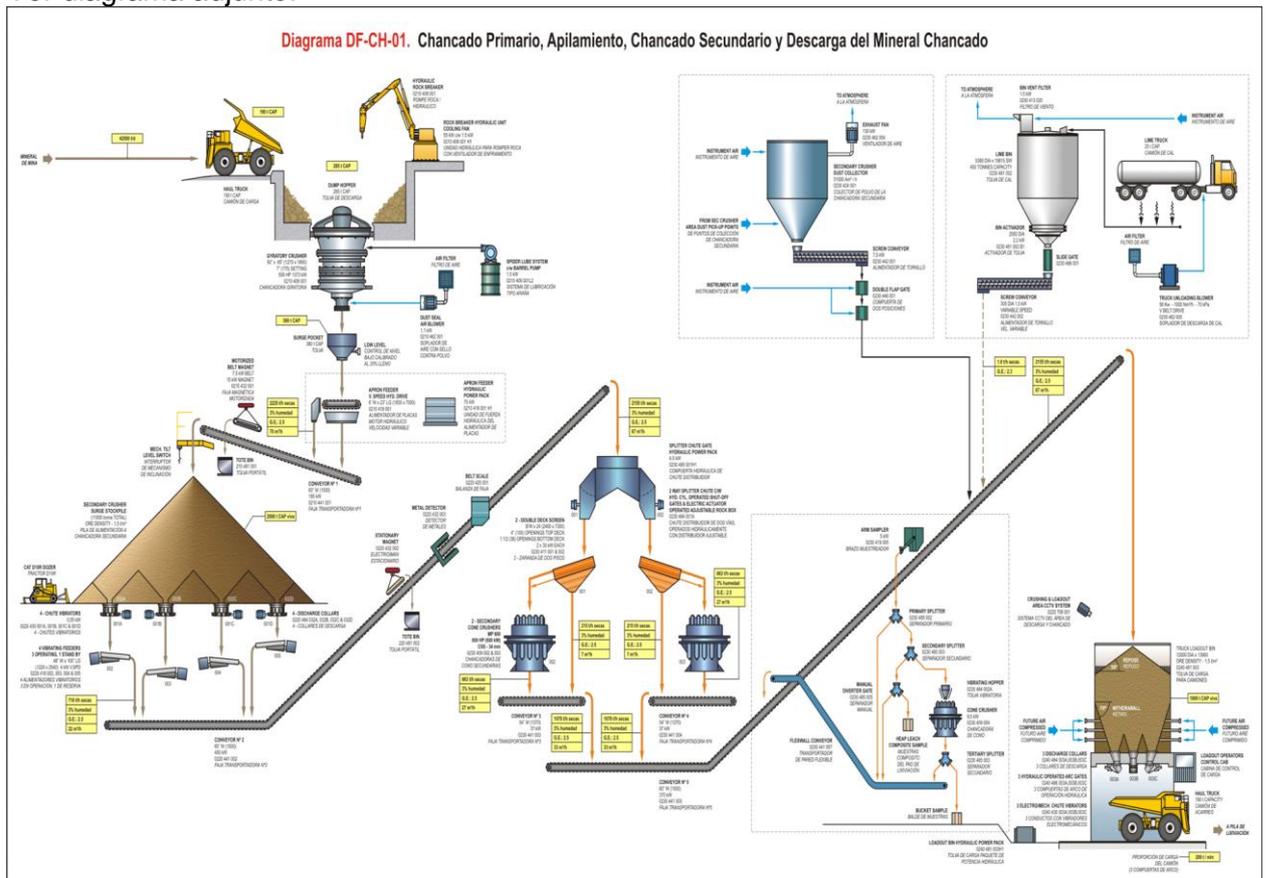
INFORME TECNICO  
Revisión: 3  
14/11/2012

Fecha: 7/4/10  
Página N°: 5 de 17

Revision: Lic. Gustavo Machado

El silo de transferencia descarga sobre una cinta transportadora (conveyor) de 2000 metros de longitud, que tiene una velocidad de transporte de 5,4 m/s, la cual descarga en un silo de carga, donde 3 a 4 camiones transportan el mineral triturado al valle de lixiviación, esta operación se realiza en forma continua y controlada automáticamente.

Ver diagrama adjunto:



DESCARGA EN TRITURACIÓN PRIMARIA



DOMO



TRITURACIÓN SECUNDARIA



ORE BIN

|   |   |   |                                     |  |
|---|---|---|-------------------------------------|--|
| <br>SECRETARIA DE<br>MINERIA DE LA<br>NACION | <b>MUESTREO DE PRODUCTOS<br/>         PROYECTO VELADERO</b>   |   |                                     | <br>SEGEMAR |
|   | Ejecución: Ing. Ricardo Parra<br>Lic. Guillermo A. Cozzi<br>Lic. Gabriel del Marmol<br>Lic. Raúl Uribarri | <b>INFORME TECNICO</b><br><b>Revisión: 3</b><br><b>14/11/2012</b> | Fecha: 7/4/10<br>Página N°: 6 de 17 |  |
|   | Revisión: Lic. Gustavo Machado  |   |                                     |  |

## 5.- VALLE DE LIXIVIACION:

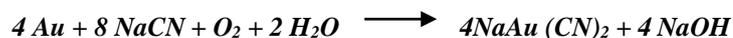
El valle de lixiviación se encuentra emplazado en una depresión natural del terreno, previo a su llenado se recubrió con geomembrana de impermeabilización y se instaló el sistema de drenaje inferior. Actualmente la superficie cubierta del valle es de 200 hectáreas, de las cuales 23 están actualmente con material húmedo en proceso de lixiviación, el resto contiene material seco que se fue apilando hasta alcanzar la altura máxima de 150 metros.

El mineral de cabeza que ingresa al valle tiene una granulometría inferior a 4 cm y una ley de 1,5 a 2 gs/Tn de Au, también se alimenta al valle el mineral ROM con leyes menores de 0,5 g/Tn de Au, el que es traído directamente de mina por camión.

El mineral que es descargado de los camiones, se amontona y luego con la ayuda de una topadora, se van formando las “celdas” de lixiviación.

Las celdas de lixiviación tienen una superficie de 120 por 120 metros y una altura de 10 metros. Una vez formada la celda, se entierra la cañería de 16 mm de diámetro a 30 o 40 centímetros, para evitar el congelamiento de la solución cianurada que por ella circula. La taza de riego es de 10 litros por hora y por metro cuadrado.

El proceso de lixiviación responde a la siguiente reacción química:



*Esta formula es conocida como la ecuación de ELSNER*

El tiempo de residencia es de 2,5 metros por día. La malla de goteros es de 50 por 50 centímetros.

Dependiendo de la altura a la que se encuentra la celda del layner (geomembrana), esta comienza a aportar solución rica a los canales de drenaje entre los 5 a los 10 días.

Como se dijo anteriormente, los goteros se encuentran enterrados a 30 cm de superficie y separados 50 cm, la solución genera un cono húmedo con vértice en el gotero; estos conos se interceptan a 30 cm de profundidad (60 cm de superficie), generando de esta manera un plano húmedo que desciende en forma de embolo o pistón, la parte superior (60 cm) se humedece por capilaridad.

Cada cinco días se pone en funcionamiento una nueva celda de lixiviación en régimen de riego.

La solución cianurada de riego denominada barren, proviene del proceso de Merrill Crowe, luego de la extracción del Au y posterior acondicionamiento; tiene una concentración de cianuro de 200 ppm y un caudal de 2.590 m<sup>3</sup>/hora. El consumo de cianuro es de 30 g/tonelada, el 10 % de cianuro lo consumen los cianicidas (Cu, Fe etc.).

La recuperación del proceso está arriba del 90 %.



SECRETARÍA DE  
MINERÍA DE LA  
NACIÓN

## MUESTREO DE PRODUCTOS PROYECTO VELADERO



SEGEMAR

Ejecución: Ing. Ricardo Parra  
Lic. Guillermo A. Cozzi  
Lic. Gabriel del Marmol  
Lic. Raúl Uribarri

INFORME TECNICO  
Revisión: 3  
14/11/2012

Fecha: 7/4/10  
Página N°: 7 de 17

Revisión: Lic. Gustavo Machado



VALLE DE  
LIXIVIACIÓN



DESCARGA EN EL  
VALLE

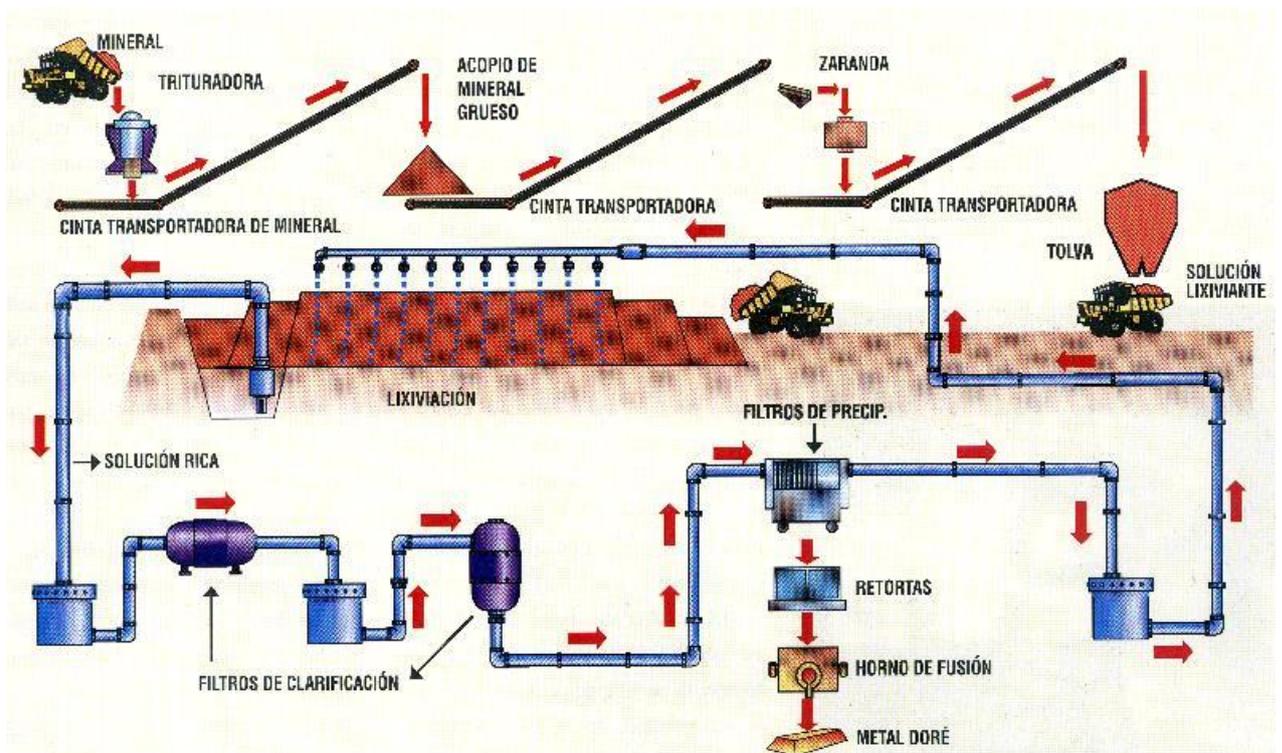


BOMBEO HACIA  
LA PLANTA



PLANTA DE  
PROCESO

La operación en el valle de lixiviación se ilustra en el diagrama adjunto:



### 6.- EXTRACCION DE Au y Ag:

La extracción de los metales valiosos de la solución que viene del valle de lixiviación, se realiza en este caso por el método de Merrill Crowe, para lo cual la solución debe estar libre de sólidos en suspensión y de oxígeno.

La solución rica en Au que llega desde el valle de lixiviación es recogida en el tanque 7, posee un promedio de 1,8 ppm de Au; esta es bombeada a filtros clarificadores que contienen tierras de diatomeas como material filtrante, estos filtros son discontinuos y se limpian una vez por semana. La solución clarificada que sale de los filtros posee menos de 0,5 ppm de sólidos en suspensión (esto es 0,5 NTU); en esta etapa del proceso, se toman muestras compuestas y continuas cada 12 horas, donde se controlan los tenores de  $CN^-$ , Au, Ag, turbidez y pH, este ultimo se mantiene entre 10,5 y 11 con el agregado de cal viva, a razón de 600 g/Tn.

|   |   |   |   |  |
|---|---|---|---|--|
| <br>SECRETARIA DE<br>MINERIA DE LA<br>NACION | <b>MUESTREO DE PRODUCTOS<br/>         PROYECTO VELADERO</b>   |   |   | <br>SEGEMAR |
|   | <b>Ejecución:</b> Ing. Ricardo Parra<br>Lic. Guillermo A. Cozzi<br>Lic. Gabriel del Marmol<br>Lic. Raúl Urbarri | <b>INFORME TECNICO</b><br><b>Revisión: 3</b><br><b>14/11/2012</b> | <b>Fecha:</b> 7/4/10<br><b>Página N°:</b> 8 de 17 |  |
|   | <b>Revision:</b> Lic. Gustavo Machado   |   |   |  |

Una vez clarificada la solución rica, se procede a la desoxigenación de la misma, condición esta fundamental en el proceso de Merrill Crowe, la eliminación del oxígeno se efectúa en una torre desoxigenadora que se encuentra al vacío, donde la solución ingresa por su parte superior en forma de spray (para aumentar su superficie específica).

La solución clarificada y desoxigenada, es espolvoreada con polvo de Zn metálico, a razón de 300 gs. por metro cúbico, en donde el Au y Ag contenidos en solución, pasan a estado sólido pasando el Zn a fase líquida; el sólido conteniendo Au y Ag es recuperado en filtros prensa, esta última operación se efectúa en el edificio de la fundición.

**Aspectos Teóricos:**

*A esta solución filtrada y desoxigenada se la pone en contacto con el polvo de zinc. Por un proceso redox, el Zn pasa a la solución oxidándose, entregando electrones que son captados por los átomos de oro que se encuentran en estado iónico con una carga positiva (Au<sup>+</sup>), el cual se reduce sobre la partícula de Zn. Se recupera mediante filtrado todas las partículas de Zn, las que tienen el oro depositado en su superficie. A este se lo llama precipitado de Zn. Luego se lo funde y se obtiene un bullón, lo que no es otra cosa que una aleación de Oro, Plata, Cobre y Zinc.*

Se tienen 5 filtros prensas que trabajan en forma discontinua, el precipitado conteniendo el Au y Ag es recogido en bandejas, mientras que el líquido agotado (barren) conteniendo 0,01 ppm de Au y entre 200 y 250 ppm de cianuro es retornado al valle de lixiviación.

Los barros recuperados de los filtros prensas que contienen los metales valiosos, son tratados en un horno de retorta donde se extrae por sublimación de los gases el Hg y se seca el precipitado a 600 °C.

**7.- REFINACION:**

El precipitado seco se homogeneiza con el fundente y se lo funde en un horno eléctrico de inducción entre 1200 y 1300 °C de donde se obtienen los lingotes de bullón de plata; la carga del crisol de carburo de silicio está compuesta por bórax anhidro y carbonato de calcio como fundentes, nitrato de sodio como oxidante y fluoruro de calcio (fluorita) para mejorar la fluidez de la colada.



**Aspectos Teóricos:**

Los fundentes usados en la Refinería, para la formación de escorias se describen brevemente a continuación:

- **Bórax:** El borato de sodio usado está en forma anhidra (Na<sub>2</sub>B<sub>4</sub>O<sub>7</sub>). El bórax se funde a 743° C, lo cual disminuye el punto de fusión para toda la carga. Cuando se funde es muy viscoso, pero en calor rojo se convierte en un ácido fluido fuerte el cual disuelve y capta prácticamente todos los óxidos metálicos (tanto ácidos como básicos). Las grandes cantidades de bórax pueden ser perjudiciales causando una escoria dura y poco homogénea. Además un exceso de bórax puede dificultar la separación de fases debido a la reducción del coeficiente de expansión de la escoria y su acción de impedir cristalización.

- **Sílice:** El dióxido de Silicio (SiO<sub>2</sub>) funde a 1750°C y es el fundente ácido más fuerte y disponible que se tiene. Se combina con óxidos metálicos para formar cadenas de silicato estables. Las escorias con alto contenido de sílice son extremadamente viscosas y retienen excesivamente metálicos en suspensión. Cuando la Sílice se mezcla con bórax, se forman cadenas borosilicatadas. La relación en peso de bórax a sílice en presencia de cantidades considerables de Zinc,

|   |  |   |  |   |
|---|--|---|--|---|
| <br>SECRETARIA DE<br>MINERIA DE LA<br>NACION | <b>MUESTREO DE PRODUCTOS<br/>         PROYECTO VELADERO</b>  |   |  | <br><b>SEGEMAR</b> |
|   | <b>Ejecución: Ing. Ricardo Parra<br/>         Lic. Guillermo A. Cozzi<br/>         Lic. Gabriel del Marmol<br/>         Lic. Raúl Uribarri</b> | <b>INFORME TECNICO<br/>         Revisión: 3<br/>         14/11/2012</b> | <b>Fecha: 7/4/10<br/>         Página N°: 9 de 17</b> |   |
|   | <b>Revision: Lic. Gustavo Machado</b>  |   |  |   |

generalmente no debe ser menor de 2:1. Estas escorias borosilicatadas no solo tendrán una alta solubilidad para óxidos metálicos base, sino que ofrecen buena fluidez al fundido.

· Nitro: El nitrato de sodio ( $\text{NaNO}_3$ ) se añade para oxidar los metales básicos en la carga. Este es un agente oxidante muy poderoso cuyo punto de fusión es de  $338^\circ\text{C}$ . A bajas temperaturas el nitro se funde sin alteraciones, pero a temperaturas entre  $500^\circ\text{C}$  y  $600^\circ\text{C}$  se descompone produciendo oxígeno, el cual oxida a los sulfuros y algunos metales como el hierro, cobre y zinc. Se debe controlar la adición de Nitro porque al liberar oxígeno ocasiona una reacción vigorosa y puede ocasionar el rebose en el crisol. El Nitro reacciona con el grafito, provocando una excesiva erosión del crisol reduciendo su vida.

· Carbonato de Sodio: El carbonato de sodio ( $\text{Na}_2\text{CO}_3$ ), es un fundente básico poderoso que funde a  $852^\circ\text{C}$ . En presencia de sílice, el carbonato de sodio forma silicato de sodio con el desprendimiento de dióxido de carbono. Estos silicatos reaccionan con una variedad de óxidos básicos para formar silicatos complejos. Además, debido a la facilidad natural para formar sulfatos alcalinos, también actúa como desulfurizante y un agente oxidante. El uso de  $\text{Na}_2\text{CO}_3$  proporciona transparencia a la escoria pero en cantidades excesivas origina escorias pegajosas e higroscópicas que son difíciles de remover del Doré.

· Fluoruro de Calcio: Conocido como fluorita ( $\text{CaF}_2$ ), tiene un punto de fusión de  $1380^\circ\text{C}$ . Cuando se funde es muy fluido y es capaz de mantener en suspensión partículas sin fundir, sin afectar la fluidez de la escoria. Reduce la viscosidad porque es un eficiente rompedor de cadenas silicatadas. Aun en pocas cantidades, el fluoruro de calcio tiende a atacar el crisol y puede causar pérdida de bórax por volatilización del  $\text{BF}_3$ .

Las lingoteras se encuentran en cascada con 8 lingoteras, antes de la colada del metal fundido, se procede a la descorificación, proceso por el cual se elimina la mayor cantidad de escoria sobrenadante. Esta escoria, posteriormente es molida y reingresada al circuito de cianuración.

Los lingotes obtenidos, son limpiados con cepillo de alambre para remover la escoria adherida, y luego son guardados en un bunker para su posterior marcado, pesado y muestreo, antes de ser embarcados para exportación.

Todo el proceso productivo descrito hasta ahora se puede ver en el siguiente flow sheet:



SECRETARÍA DE  
MINERÍA DE LA  
NACIÓN

# MUESTREO DE PRODUCTOS PROYECTO VELADERO



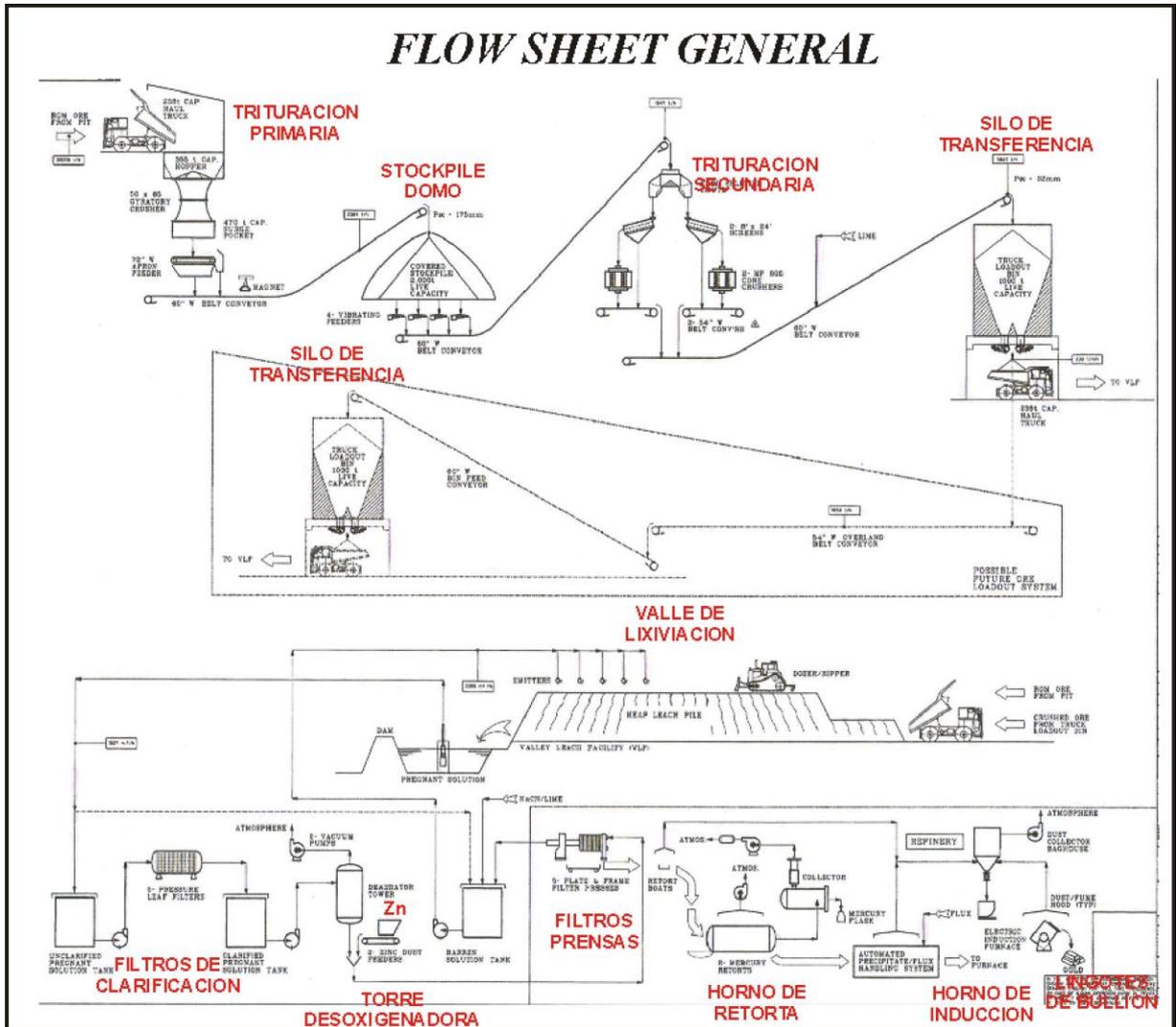
SEGEMAR

Ejecución: Ing. Ricardo Parra  
Lic. Guillermo A. Cozzi  
Lic. Gabriel del Marmol  
Lic. Raúl Uribarri

INFORME TECNICO  
Revisión: 3  
14/11/2012

Fecha: 7/4/10  
Página N°: 10 de 17

Revision: Lic. Gustavo Machado



FILTROS METPOR



FILTROS PRESA



HORNOS RETORTA



HORNO DE FUNDICIÓN

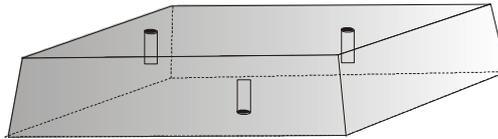
## 8.- MUESTREO DE LINGOTES:

Durante el tiempo que la empresa lleva en producción, el muestreo de coladas se realizó con tubos pin al vacío y también extrayendo muestras de la colada con cucharón; el muestreo de lingotes se realizaba por perforaciones con taladro (drilling), luego de analizar estadísticamente los resultados obtenidos por los diferentes métodos, se llegó a la conclusión que el método de

|   |  |   |  |  |
|---|--|---|--|--|
| <br>SECRETARIA DE<br>MINERIA DE LA<br>NACION | <b>MUESTREO DE PRODUCTOS<br/>         PROYECTO VELADERO</b>  |   |  | <br>SEGEMAR |
|   | <b>Ejecución:</b> Ing. Ricardo Parra<br>Lic. Guillermo A. Cozzi<br>Lic. Gabriel del Marmol<br>Lic. Raúl Uribarri | <b>INFORME TECNICO</b><br><b>Revisión: 3</b><br><b>14/11/2012</b> | <b>Fecha:</b> 7/4/10<br><b>Página N°:</b> 11 de 17 |  |
|   | <b>Revisión:</b> Lic. Gustavo Machado  |   |  |  |

drilling a los lingotes arrojaba valores lo suficientemente confiables, por lo cual este es el método utilizado actualmente.

Al lingote se le practican tres perforaciones, dos en su cara superior en cada uno de sus extremos siguiendo un eje longitudinal, la tercera perforación se realiza en la cara inferior en el centro de la misma (ver diagrama), las perforaciones llegan hasta el centro del lingote.



Las perforaciones se realizan con mecha de acero rápido de 5 mm de diámetro, y las virutas son reunidas en una bandeja de acero inoxidable, luego se mezclan y se cuarteán, extrayendo muestras para el laboratorio propio y para el ITEM.

Las muestras son sometidas a análisis químicos por vía seca para el Au y por vía húmeda para la Ag.

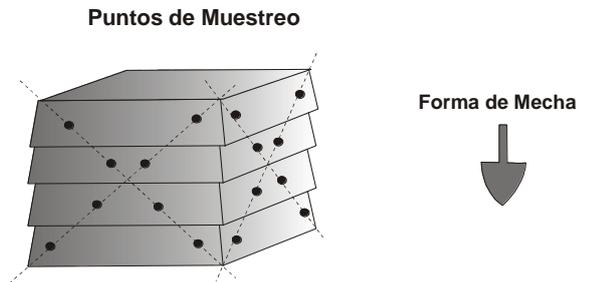
## 9.- MUESTREO DE LINGOTES PARA EXPORTACION:

Los muestreos que se practican a los despachos de exportación, se realizan en la ciudad de San Juan, en un bunker perteneciente a la empresa contratista Prosegur, de acuerdo a un contrato firmado por Barrick y su contratista Viamaq, esta última empresa se hace cargo de los lingotes desde que estos abandonan la zona de Veladero, subcontratando a Prosegur para el transporte terrestre.

Durante el muestreo se apersonan en el bunker, personal de Aduana – AFIP y el despachante de aduana.

A continuación se describe el muestreo realizado por Aduana el martes 23 de Marzo de 2010 correspondiente al embarque 138, que consta de 69 lingotes numerados. De todo el embarque el personal de Aduana eligió a azar un total de 8 lingotes.

Al momento de iniciar el muestreo cada lingote se hallaba embalado en cajas de madera con tapa atornillada y precintada. Personal de Aduana rompió dichos precintos para proceder al muestreo.



En primer lugar se pesa cada lingote y se los compara con la planilla del packing list, luego se los apiló de a cuatro lingotes en el suelo de manera de formar un prisma. Se trazan las diagonales sobre las caras verticales mayor y menor de dicho prisma de modo de formar una cruz en cada cara del mismo; luego, en la parte media de cada segmento marcado se procedió a realizar una perforación perpendicular a dicha cara, totalizando 4 perforaciones por lingote (ver figura). Se utilizó una perforadora con mecha de punta triangular lo que generaba un orificio cilíndrico de aproximadamente 7 a 8 mm de diámetro y 1 cm de profundidad.

|   |   |   |                                      |  |
|---|---|---|--------------------------------------|--|
| <br>SECRETARIA DE<br>MINERIA DE LA<br>NACION | <b>MUESTREO DE PRODUCTOS<br/>         PROYECTO VELADERO</b>   |   |                                      | <br>SEGEMAR |
|   | Ejecución: Ing. Ricardo Parra<br>Lic. Guillermo A. Cozzi<br>Lic. Gabriel del Marmol<br>Lic. Raúl Uribarri | <b>INFORME TECNICO</b><br><b>Revisión: 3</b><br><b>14/11/2012</b> | Fecha: 7/4/10<br>Página N°: 12 de 17 |  |
|   | Revisión: Lic. Gustavo Machado  |   |                                      |  |

Toda la operación de perforación y obtención de las muestras de todos los lingotes se realizó dentro de una bandeja de acero inoxidable, por lo que finalmente se obtuvo una sola muestra en forma de virutas; luego se procedió a conformar una pila y dividirla en 4 partes (cuarteo); una de ellas se colocó en una bolsa de muestreo y se la mezcló durante 10 segundos (roleo); luego se la dividió en cuatro partes iguales en forma manual, usando la balanza para la división, obteniéndose dos muestras para aduana, una muestra para el ITEM, y la restante para MAGSA.

El sobrante del cuarteo es devuelto a la empresa.

Es de notar que durante el muestreo de los segundos cuatro lingotes, no se traza una cruz en las caras, sino solo una diagonal, lo que implica tomar la mitad del peso de muestra de los primeros cuatro lingotes.

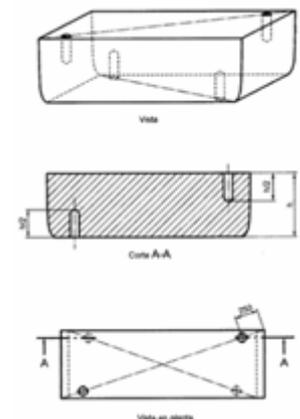
## **10.- OBTENCION DE MUESTRAS:**

### **10-1.- Muestreo del mineral de cabeza:**

En el laboratorio de la empresa se tomó una muestra del mineral de cabeza de 5 kg de peso proveniente del transfer (final del proceso de trituración) compuesta por mineral de ambas áreas productoras mezcladas, "Amable" y "Filo Federico", constituyendo la misma una muestra representativa del mineral que va al valle de lixiviación. Lo cual implica a su vez una granulometría inferior e igual a cuatro centímetros, sin embargo suficiente para realizar cortes delgados para un análisis microscópico.

### **10-2.- Muestreo de bullion:**

Este es el objetivo más importante de la comisión, ya que es el bullion el material exportable. Se tomaron muestras para dos finalidades distintas, en primer lugar, se tomaron muestras de los lingotes 9165 y 9170, ambos provenientes de la colada N° 2333 para análisis de Au, Ag y determinación cuali cuantitativa de los metales que acompañan a los nobles, esto es, estudio de los residuos; en segundo lugar, se tomaron muestras segmentadas del lingote 9167, proveniente de la misma colada, para determinación de la segregación de metales preciosos dentro del volumen del bullion. Por otro lado, el tener tres análisis de elementos valiosos de lingotes pertenecientes a una misma colada, posibilitará ver la dispersión de resultados en el contenido de Au y Ag de una colada y por lo tanto su homogeneidad.



### **10.3.- Metodología de muestreo de bullion:**

**A:** Para la obtención de las muestras destinadas al análisis de residuos (lingotes 9165 y 9170), se utilizó la metodología planteada en la Norma IRAM en estudio 16013, esto es: se realizaron dos perforaciones con taladro eléctrico y mecha de acero rápido de 5 mm de diámetro, en la cara superior a 25 mm de los extremos diagonalmente opuestos, con una profundidad de 4 cm, que representa la mitad del espesor del lingote; se repitieron en la cara opuesta (inferior) dos perforaciones en los extremos opuestos a los practicados en la cara superior, de igual

|   |  |   |   |  |
|---|--|---|---|--|
| <br>SECRETARIA DE<br>MINERIA DE LA<br>NACION | <b>MUESTREO DE PRODUCTOS<br/>         PROYECTO VELADERO</b>  |   |   | <br>SEGEMAR |
|   | <b>Ejecución: Ing. Ricardo Parra<br/>         Lic. Guillermo A. Cozzi<br/>         Lic. Gabriel del Marmol<br/>         Lic. Raúl Uribarri</b> | <b>INFORME TECNICO<br/>         Revisión: 3<br/>         14/11/2012</b> | <b>Fecha: 7/4/10<br/>         Página N°: 13 de 17</b> |  |
| <b>Revisión: Lic. Gustavo Machado</b>   |  |   |   |  |

profundidad; las virutas obtenidas de las cuatro perforaciones por lingotes se mezclaron en una muestra común obteniendo las muestras finales, identificadas con el número del lingote correspondiente, esto es 9165 y 9170. El común obtenido para el lingote 9165 fue de 26.1 g y para el lingote 9170 fue de 29.8 g. Las muestras comunes de cada lingote se dividen en tres de acuerdo a la siguiente tabla:

**Barra N° 9165:**

|   |                         |                           |
|---|-------------------------|---------------------------|
| Peso muestra Autoridad Minera de la Nación (gs) | Peso muestra MAGSA (gs) | Peso muestra testigo (gs) |
| <b>9,6</b>                                      | <b>8,1</b>              | <b>8,4</b>                |

**Barra N° 9170:**

|   |                         |                           |
|---|-------------------------|---------------------------|
| Peso muestra Autoridad Minera de la Nación (gs) | Peso muestra MAGSA (gs) | Peso muestra testigo (gs) |
| <b>11,0</b>                                     | <b>9,8</b>              | <b>9,0</b>                |

El peso final del lingote 9165, obtenido después del muestreo fue de 20.798,8 gs y del lingote 9170 fue de 21.268,6 gs.

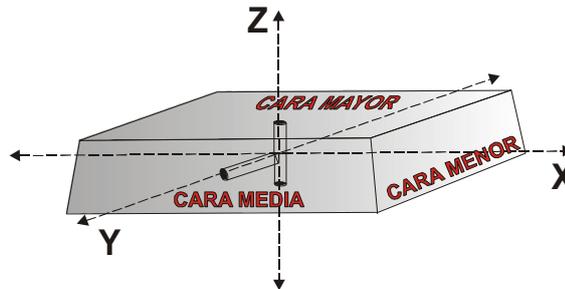
**B:** Como se dijo anteriormente, el lingote 9167, fue muestreado con intenciones de determinar, si la hubiere, segregación de metales nobles en el volumen del mismo; para lo cual se obtuvieron muestras por perforación y obtención de las virutas, practicando perforaciones segmentadas cada 1 cm y perpendiculares a la cara superior e inferior y lateral mayor del mismo (ver figura). Cada segmento de 1 cm constituyó una muestra, el detalle de las muestras obtenidas así como su identificación y gramaje se muestran en el cuadro siguiente.

| CARA DE MUESTREO | INTERVALO DESDE SUPERFICIE A CENTRO (cm) | IDENTIFICACIÓN MUESTRA | PESO (GRAMO) |
|------------------|--|------------------------|--------------|
| Inferior         | 0-1                                      | VEL 1                  | 2,1          |
|                  | 1-2                                      | VEL 2                  | 2,7          |
|                  | 2-3                                      | VEL 3                  | 1,9          |
|                  | 3-4                                      | VEL 4                  | 2,3          |
| Lateral          | 0-1                                      | VEL 5                  | 1,9          |
|                  | 1-2                                      | VEL 6                  | 2,5          |
|                  | 2-3                                      | VEL 7                  | 2,5          |
|                  | 3-4                                      | VEL 8                  | 3,0          |
|                  | 4-5                                      | VEL 9                  | 2,2          |
| Superior         | 0-1                                      | VEL 10                 | 2,1          |
|                  | 1-2                                      | VEL 11                 | 2,5          |
|                  | 2-3                                      | VEL 12                 | 2,3          |
|                  | 3-4                                      | VEL 13                 | 3,3          |

El peso del lingote 9167 después del muestreo fue de 17.523,2 gramos. Las medidas de los lingotes muestreados son:

|   |   |   |  |
|---|---|---|--|
| <br>SECRETARIA DE<br>MINERIA DE LA<br>NACION | <b>MUESTREO DE PRODUCTOS<br/>         PROYECTO VELADERO</b>   |   | <br>SEGEMAR |
|   | Ejecución: Ing. Ricardo Parra<br>Lic. Guillermo A. Cozzi<br>Lic. Gabriel del Marmol<br>Lic. Raúl Uribarri | <b>INFORME TECNICO</b><br><b>Revisión: 3</b><br><b>14/11/2012</b> |  |
| Revisión: Lic. Gustavo Machado  |   |   |  |

Longitud máxima: 22 cm  
 Ancho: 10 cm  
 Espesor: 9 cm



PERFORACION  
 CARA INFERIOR



PERFORACION  
 CARA LATERAL



PERFORACION  
 CARA SUPERIOR



## 11.- LAS MUESTRAS:

Las muestras fueron llevadas al INTEMIN para su posterior análisis químico, sea por metales valiosos declarados (Au y Ag) como de los "residuos" contenidos. Como se menciona en la copia del acta del Anexo 1, la empresa se quedó con un juego de muestras de los lingotes 9165 y 9170 para realizar sus propios ensayos; también queda un juego de muestras en poder de la empresa, que serán usados como testigo en caso de diferencias analíticas. Las muestras testigos en poder de la empresa quedaron contenidas en un sobre firmado en la solapa, por todos los integrantes del equipo de muestreo y dos representantes de la empresa, a fin de garantizar su inviolabilidad.

## 12.- RESULTADOS OBTENIDOS:

A continuación se transcriben los protocolos de Análisis Químicos entregados por el INTEMIN, se debe tener presente que la muestra VEL 14 corresponde al lingote 9165 y la muestra VEL 15 al lingote 9170.

*Fecha de recepción:*  
 Marzo de 2010

|   |  |   |   |  |
|---|--|---|---|--|
| <br>SECRETARIA DE<br>MINERIA DE LA<br>NACION | <b>MUESTREO DE PRODUCTOS<br/>         PROYECTO VELADERO</b>  |   |   | <br>SEGEMAR |
|   | <b>Ejecución: Ing. Ricardo Parra<br/>         Lic. Guillermo A. Cozzi<br/>         Lic. Gabriel del Marmol<br/>         Lic. Raúl Uribarri</b> | <b>INFORME TECNICO<br/>         Revisión: 3<br/>         14/11/2012</b> | <b>Fecha: 7/4/10<br/>         Página N°: 15 de 17</b> |  |
|   | <b>Revision: Lic. Gustavo Machado</b>  |   |   |  |

*Fecha de inicio del ensayo:*

Mayo de 2010

*Metodología utilizada:*

El análisis químico solicitado se llevó a cabo por las siguientes técnicas analíticas:

Primero, se efectúa una copelación con lámina de plomo, lo que permite extraer los metales no nobles. Luego se efectúa una partición ácida para extraer la plata del botón obtenido. Luego, se lava exhaustivamente para dejar el oro puro. Se repite la copelación para asegurar sólo la obtención de oro, obteniéndose el botón correspondiente.

*Resultados obtenidos:*

| Muestra | Oro (g/100g) | Plata (g/100g) | Muestra | Oro (g/100g) | Plata (g/100g) |
|---------|--------------|----------------|---------|--------------|----------------|
| VEL1    | 28,7 ± 0,1   | 69,8 ± 0,3     | VEL9    | 28,8 ± 0,1   | 69,0 ± 0,3     |
| VEL2    | 28,8 ± 0,1   | 69,6 ± 0,3     | VEL10   | 29,0 ± 0,1   | 69,0 ± 0,4     |
| VEL3    | 28,8 ± 0,1   | 69,3 ± 0,4     | VEL11   | 28,9 ± 0,1   | 69,4 ± 0,4     |
| VEL4    | 28,7 ± 0,1   | 69,1 ± 0,4     | VEL12   | 28,9 ± 0,1   | 69,4 ± 0,4     |
| VEL5    | 28,6 ± 0,1   | 69,7 ± 0,3     | VEL13   | 28,8 ± 0,1   | 69,1 ± 0,3     |
| VEL6    | 28,8 ± 0,1   | 69,3 ± 0,4     | VEL14   | 28,8 ± 0,1   | 69,4 ± 0,3     |
| VEL7    | 28,9 ± 0,1   | 69,0 ± 0,3     | VEL15   | 28,8 ± 0,1   | 69,3 ± 0,3     |
| VEL8    | 28,7 ± 0,1   | 69,0 ± 0,3     |         |              |                |

*Fecha de recepción:*

Marzo de 2010

*Fecha de inicio del ensayo:*

Junio de 2010

*Metodología utilizada:*

El análisis químico solicitado se llevó a cabo por las siguientes técnicas analíticas:

Primero, se procedió a la disolución de las muestras en mezcla de ácidos. Con una primera partición en ácido nítrico diluido se obtuvo una primera solución. Posteriormente el residuo se disolvió en agua regia, obteniendo una segunda solución. Luego se efectuó la lectura de los dos digestos ácidos por separado por espectrometría de emisión atómica por plasma inductivo con detector óptico y con detector de masas (ICP-OES e ICP-MS). Los valores son aproximados debido a la inexistencia de materiales de referencia de este tipo de muestras.

*Resultados obtenidos:*

| Analito     | Vel 14 | Vel 15 |
|-------------|--------|--------|
| Cu (g/100g) | 0,28   | 0,40   |

Nota: No se detectó ninguna otra impureza al nivel de concentración de 0,0001 g/100g.

|   |   |   |                                      |  |
|---|---|---|--------------------------------------|--|
| <br>SECRETARIA DE MINERIA DE LA NACION | <b>MUESTREO DE PRODUCTOS<br/>PROYECTO VELADERO</b>  |   |                                      | <br>SEGEMAR |
|   | Ejecución: Ing. Ricardo Parra<br>Lic. Guillermo A. Cozzi<br>Lic. Gabriel del Marmol<br>Lic. Raúl Uribarri<br>Revision: Lic. Gustavo Machado | <b>INFORME TECNICO</b><br><b>Revisión: 3</b><br><b>14/11/2012</b> | Fecha: 7/4/10<br>Página N°: 16 de 17 |  |

### 13.- CONCLUSIONES:

#### TABLA DE DATOS:

| Muestra | Oro (g/100g) | Plata (g/100g) | LEY Au | LEY Ag | PESO MUESTRA |
|---------|--------------|----------------|--------|--------|--------------|
| VEL1    | 28,7 ± 0,1   | 69,8 ± 0,3     | 28,7   | 69,8   | 2,1          |
| VEL2    | 28,8 ± 0,1   | 69,6 ± 0,3     | 28,8   | 69,6   | 2,7          |
| VEL3    | 28,8 ± 0,1   | 69,3 ± 0,4     | 28,8   | 69,3   | 1,9          |
| VEL4    | 28,7 ± 0,1   | 69,1 ± 0,4     | 28,7   | 69,1   | 2,3          |
| VEL5    | 28,6 ± 0,1   | 69,7 ± 0,3     | 28,6   | 69,7   | 1,9          |
| VEL6    | 28,8 ± 0,1   | 69,3 ± 0,4     | 28,8   | 69,3   | 2,5          |
| VEL7    | 28,9 ± 0,1   | 69,0 ± 0,3     | 28,9   | 69,0   | 2,5          |
| VEL8    | 28,7 ± 0,1   | 69,0 ± 0,3     | 28,7   | 69,0   | 3,0          |
| VEL9    | 28,8 ± 0,1   | 69,0 ± 0,3     | 28,8   | 69,0   | 2,2          |
| VEL10   | 29,0 ± 0,1   | 69,0 ± 0,4     | 29,0   | 69,0   | 2,1          |
| VEL11   | 28,9 ± 0,1   | 69,4 ± 0,4     | 28,9   | 69,4   | 2,5          |
| VEL12   | 28,9 ± 0,1   | 69,4 ± 0,4     | 28,9   | 69,4   | 2,3          |
| VEL13   | 28,8 ± 0,1   | 69,1 ± 0,3     | 28,8   | 69,1   | 3,3          |

#### 13.1.- SEGREGACION:

Tomando en consideración los valores de análisis químicos mostrados en la tabla anterior, obtenidas de las muestras tomadas al lingote 9167, se tienen las siguientes leyes medias:

|               | Au % | Ag % |
|---------------|------|------|
| CARA INFERIOR | 28,8 | 69,5 |
| CARA LATERAL  | 28,8 | 69,2 |
| CARA SUPERIOR | 28,9 | 69,2 |

Por lo que se considera que en el lingote en estudio **no hay segregación de metales nobles en el interior del mismo.**

**NOTA:** las leyes medias se calculan de acuerdo a:

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

Donde:

Ley de Au/Ag: Ley media de oro o plata de cara  
 $I_i$  Au/Ag: Leyes de oro o plata de cada muestra  
 $P_i$ : Peso de cada muestra

|   |   |   |                                      |  |
|---|---|---|--------------------------------------|--|
| <br>SECRETARIA DE<br>MINERIA DE LA<br>NACION | <b>MUESTREO DE PRODUCTOS<br/>         PROYECTO VELADERO</b>   |   |                                      | <br>SEGEMAR |
|   | Ejecución: Ing. Ricardo Parra<br>Lic. Guillermo A. Cozzi<br>Lic. Gabriel del Marmol<br>Lic. Raúl Uribarri | <b>INFORME TECNICO</b><br><b>Revisión: 3</b><br><b>14/11/2012</b> | Fecha: 7/4/10<br>Página N°: 17 de 17 |  |
|   | Revision: Lic. Gustavo Machado  |   |                                      |  |

### 13.2.- DISPERSION EN LA COLADA:

Calculando ahora la ley media de oro y plata del lingote 9167, perteneciente a la colada 2333, con la ecuación anteriormente citada se tiene:

|                    |             |
|--------------------|-------------|
| Ley media de Au %: | <b>28,8</b> |
| Ley media de Ag %: | <b>69,3</b> |

Tomando en cuenta los resultados analíticos de los lingotes 9165 muestra VEL 14 y 9170 muestra VEL 15, pertenecientes a la misma colada:

|       |            |            |      |      |
|-------|------------|------------|------|------|
| VEL14 | 28,8 ± 0,1 | 69,4 ± 0,3 | 28,8 | 69,4 |
| VEL15 | 28,8 ± 0,1 | 69,3 ± 0,3 | 28,8 | 69,3 |

Se puede concluir que **no hay dispersión en la colada 2333.**

### 13.3.- IMPUREZAS:

Tomando en cuenta los resultados de los análisis químicos practicados a las muestras representativas tomadas a los lingotes 9165 y 9170, mostrados en el punto 12, se concluye que **no hay impurezas notables en estos lingotes**, solo se detecta cobre en una bajísima concentración (0,28 y 0,40%).