

MODERNIZACION DE LA FUNDICIÓN DE ORO DE MINERA YANACOCOA S.R.L.

Modernization of the GOLD smelter at Minera Yanacocha SRL

Pedro Condori Benavides, Miguel Pimentel Casafranca

Minera Yanacocha SRL, Cajamarca, Perú

Resumen Summary

Minera Yanacocha SRL (MYSRL) opera un complejo minero metalúrgico ubicado en el departamento de Cajamarca, siendo su función principal la extracción de Oro. El proceso productivo involucra la explotación de minas de tajo abierto, extracción de oro a través del proceso de lixiviación en pads, recuperación de oro a través de los procesos de Merrill Crowe y Columnas de Carbón, para finalmente obtener el oro y plata metálica (dore) a través de los procesos de extracción de mercurio (Retortas) y Fundición.

Minera Yanacocha SRL (MYSRL) operates a Mining complex located in Cajamarca department, and its main recovery is Gold. The production process involves the exploitation of Open Pit mines , Gold recovery by Leach in Pads, recovery by Merrill Crowe and Carbon columns, for finally recover the Gold and metallic Silver (dore) by the Mercury recovery process (Retorts) and smelt .

Hasta el año 2001, el proceso de fusión de precipitados de oro consistía en 4 hornos de crisol, cuya fuente de energía era petróleo diesel 2. Con los planes de incremento de producción de MYSRL, los hornos ya no iban a cumplir con los objetivos de producción, lo que generó la oportunidad de un cambio de tecnología en la nueva fundición la cual debería: (1) Cumplir en forma eficaz con las metas de producción, y (2) mejorar los estándares de seguridad y ambientales.

Up to the year 2001, the smelting process for the Gold precipitate consist in: 4 Crisol Ovens, whose energy supply was Diesel 2 . With the production plans for increasing capacity of MYSRL, the ovens would no more fulfil the production target. So an opportunity for a change in technology appeared for the new foundry. It should fulfill the following requirements :(1) Reach the production target , and (2) improve the Environmental and security standards.

MODERNIZACION DE LA FUNDICIÓN DE ORO DE MINERA YANACOCOA S.R.L.

Modernization of the GOLD smelter at Minera Yanacocha SRL

Pedro Condori Benavides, Miguel Pimentel Casafranca

Minera Yanacocha SRL, Cajamarca, Perú

El presente artículo describe el diseño y construcción de la nueva fundición de MYSRL, así como también los primeros meses de operación de la misma. El uso del horno de arco eléctrico, el sistema de granulación de las escorias y la cianuración intensiva de escorias son los temas principales desarrollados en esta modernización. The present article describes the design and construction of the new foundry of MYSRL, the same as the first months of operation of the foundry. The use of the electric Arc Oven, the granulation system for slags and the intensive cyanide process are main issues developed in this modernization process.

Introducción **Intruduction**

Minera Yanacocha SRL opera un complejo minero metalúrgico ubicado en el departamento de Cajamarca, ubicado a una distancia de 37 km al norte de la ciudad de Cajamarca, siendo su función principal la extracción de Oro. El proceso productivo involucra la explotación de minas de tajo abierto, actualmente están en explotación las minas de Yanacocha y la Quinua. El mineral de Yanacocha es enviado a los pads de lixiviación de Carachugo y Yanacocha, mientras que el mineral de La Quinua pasa por un proceso de selección, siendo el mineral arcilloso enviado a la planta de Aglomeración, para luego ser depositado el mineral aglomerado en el pad de lixiviación de La Quinua, mientras que el mineral poco arcilloso (ROM) pasa directamente al pad.

Minera Yanacocha SRL operates a Mining complex located in Cajamarca department, at a distance of 37 Km North of the Cajamarca city. The main function is the Gold recovery. The process involves an open Pit exploitation. Today, are in production the mines of Yanacocha and La Quinua. The Yanacocha mineral is sent to the Leach pads of Carachugo and Yanacocha , but the mineral from La Quinua goes through a selection process : the mineral with clay goes to the Agglomeration plant and then they deposit the agglomerated mineral in the Leach pad of La Quinua. The mineral with low clay (ROM) goes directly to the Pad.

El proceso de extracción de oro se inicia con el proceso de lixiviación en pads, el cual consiste en regar los pads de lixiviación con una solución cáustica cianurada. La solución cargada en oro es luego enviada a pozas de paso, previas al envío a las plantas de proceso. Se cuenta con dos plantas de Merrill Crowe, las cuales tratan un flujo promedio de 4,200 m³/h; tres plantas de columnas de carbón, las cuales tratan un flujo promedio de 6,900 m³/h. Se espera poner en operación una nueva planta de columnas de carbón en agosto del año 2004, con lo cual el flujo promedio tratado en las cuatro plantas de carbón ascendería a 9,000 m³/h. El producto final del proceso de columnas de carbón es una solución concentrada en oro, la cual es enviada a la planta de Merrill Crowe de Yanacocha Norte, donde se obtiene como producto final precipitados de oro. Los precipitados de oro son enviados a la Refinería, donde pasan por las operaciones de retorteo (eliminación de mercurio) y fundición, para obtener el producto final que es las barras de dore (oro y plata al 96%).

The Gold recovery process starts with the Pads Leach, which consists in sprinkle the

pads with a cyanide Caustic solution. The solution fill with Gold is then send to transit storage and then goes to the process plants. There are two (2) Merrill Crowe, that treat an average stream of 4200 m³/hour; three (3) Carbon column plants that treat an average stream of 6900 m³/hour. It will be add a 4th column carbon plant on August 2004. With the 4 four plants, and then the average process stream will rise to 9000 m³/hour.

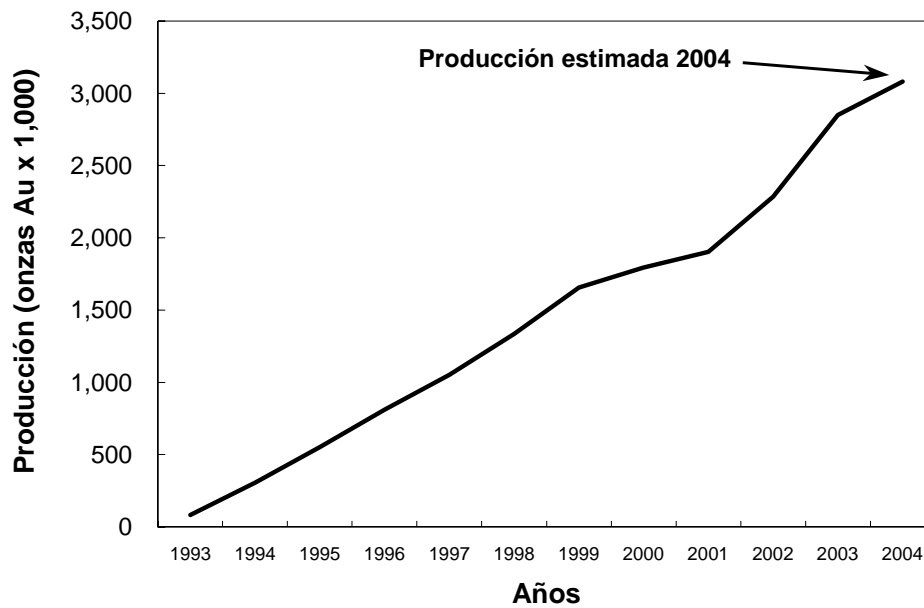
The final product is a concentrate Gold solution that is send to Yanacocha's Norte Merrill Crowe plant that will give a product of Precipitated GOLD. The precipitated Gold is send to the refinery where they goes through a process to eliminate the Mercury (retorts) and smelt . The result is Dore bars (Gold and Silver 96%)

La producción del año 2002 alcanzó los 2.29 millones de onzas de oro, la producción del año 2003 2.85 millones de onzas de oro, y se espera una producción alrededor de 3.0 millones de onzas de oro para el año 2004; por tanto, la producción de oro en los 10 años de operación de Minera Yanacocha SRL ha crecido con una alta pendiente, lo cual la convierte en la primera Compañía Minero Metalurgia del Perú, siendo el mayor generador de divisas actualmente. La grafica 1 muestra la producción histórica de Minera Yanacocha SRL desde el inicio de sus operaciones en 1993.

The production for the year 2002 was 2.29 million Oz of Gold . The production of the year 2003 : 2.85 million Oz of Gold . It is expected a production for 2004 of: 3.0 million Oz of Gold.

Grafica 1: Producción de oro MYSRL

Graphic 1: Gold production of MYSRL



En el año 2000, MYSRL inicia los estudios para la implementación del nuevo proceso de fusión, que satisfaga las metas productivas así como también cumpla con todos los estándares ambientales involucrados. Como resultados de estos estudios, la alternativa elegida fue la adquisición de un horno de arco eléctrico y sistemas auxiliares para tratamiento de gases y escorias. A fines del año 2003, se inició la construcción de la planta de tratamiento de escorias (proceso de lixiviación intensiva), planta que se espera poner en operación en el segundo trimestre del año 2004.

In the year 2000, MYSRL started the study for the implementation of the new fusion process that should satisfy the production target and also fulfill the environment standards involved. As a result of these studies, the elected solution was the acquisition of the Electric Arc Oven and auxiliary systems for the GAS and slag's treatment. At the end of 2003, the construction of the plant for SLAGS TREATMENT was started (Intensive Leach Process). This plant is expected to start to work on the second (2nd) quarter or term of 2004.

Descripción de Planta

La configuración actual de la fundición es: (1) Área de preparación y acondicionamiento del precipitados, (2) horno de arco eléctrico, (3) sistema de tratamiento de gases, y (4) planta de tratamiento de escorias. El flowsheet actual se muestra en la figura 1.

The actual configuration of the foundry is: (1) Preparation area and recondition for precipitates, (2) Electric arc oven, (3) Gas treatment system, and (4) slag's treatment plant . The actual flowsheet is shown in Figure 1

Área de preparación y acondicionamiento de precipitados

Preparation area and recondition for precipitates

Los precipitados secos de oro producidos en las plantas de Pampalarga y Yanacocha Norte son recibidos en la fundición de Yanacocha Norte, pasando inicialmente por un sistema de pesaje y adición de fundentes; luego son cargados en el volteador de bandejas y transportados al mezclador (Marion-Mixer) vía un alimentador de gusano. En el mezclador se obtiene una mezcla uniforme de precipitados y fundentes, siendo la mezcla descargada vía un alimentador de gusano a la tolva de carga del horno. En la tabla 1 se muestran los valores promedios mensuales tratados en fundición. Todo el sistema ha sido diseñado y fabricado por Summit Valley.

The Gold dry precipitates produced in the plants of Pampalarga and Yanacocha Norte are received in the foundry of Yanacocha Norte. Passing through initially by a weight system and smelting addition elements. Then they are load on the roll trays and transported to the mixer (Marion –Mixer) by a feeder.

In the mixer a uniform mix of precipitates and smelters are obtained. And the mix is unloading by a feeder to the loading oven hopper. In table 1 average monthly values treated in the foundry. All the system have been designed and manufactured by Summit Valley.

Figura 1: Flowsheet de la fundición de Yanacocha Norte
North Yanacocha flowsheet

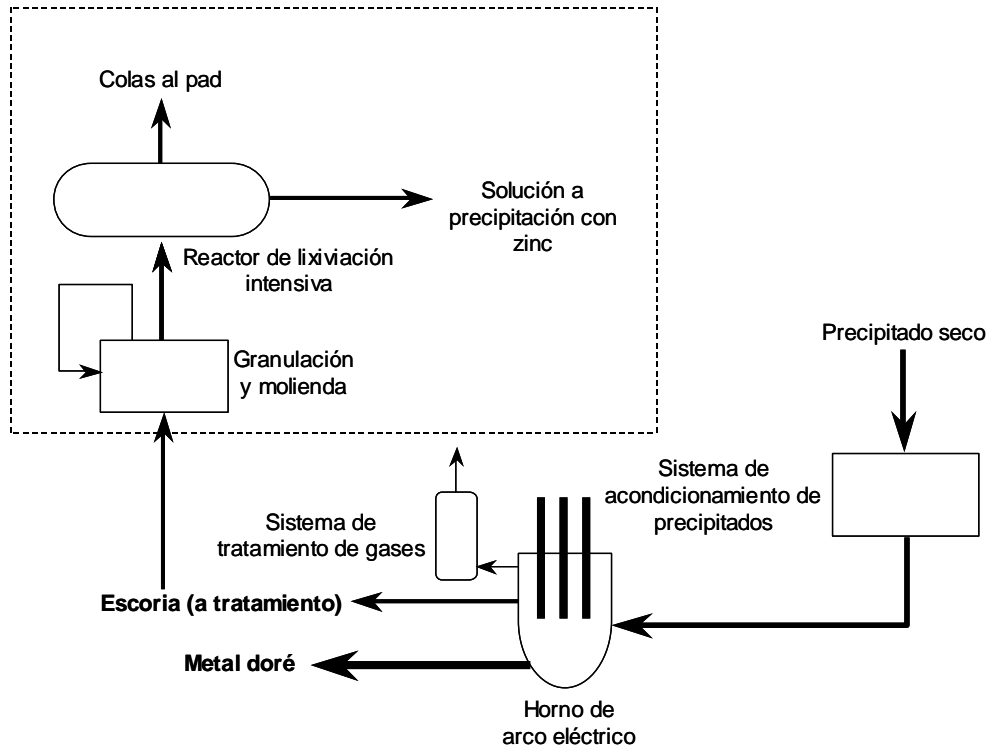


Tabla 1: Valores promedios mensuales tratados en la fundición de Yanacocha Norte

		kg / mes	%
Precipitados	Pampalarga	8,800	
	Yanacocha Norte	21,600	
	Total	<u>30,400</u>	
Fundentes	Borax	13,600	45
	Nitrato	3,100	10
	Otros	300	1
Carga total		47,400	

Horno de arco eléctrico

Electric Arc Oven

El horno de arco eléctrico instalado es de marca Keegor Electric Leonard Ligth, con un volumen de trabajo de 0.65 m³ y un circuito de potencia 700 kva. El horno tiene varias alimentaciones, 1000 v trifásico para el circuito de potencia, 110/120 v monofásico para el circuito de control, y 480 v trifásico para los motores del horno y winches; las tensiones son suministradas por dos transformadores.

The electric arc oven is Keegor Electric Leonard Light brand, with a work volume of 0,65 m³ and a power circuit of 700 Kva. The oven has several alignment, 1000 v, Triassic for the power circuit, 110/120 v monofasic for the control circuit, and 480 v

[trifasic for the engines of the oven and winches,](#)

El horno es operado desde un panel de control central, y tiene dos formas de operación, automática y manual.

El crisol instalado es de concreto refractario de 4 toneladas métricas de peso, y electrodos de 5" por 63" con enrosque tipo macho-hembra.

La alimentación al horno es por la boca a través de una tolva (270 kg de capacidad), la cual se coloca en posición mediante el uso de un montacargas. El horno trabaja por lotes, el cual varía de acuerdo a los requerimientos de producción y disponibilidad de precipitados. El lote promedio actual es de 600 kg de precipitado por colada.

[The oven is operated from a central control panel, and can be operated manually or automatic.](#)

[The feed to the oven is by a hopper \(270 Kg capacity\), and it is installed in its position by cranes. The average shift is of 600Kg of precipitates.](#)

Fotografía 1: Vista del horno de la fundición de YN



Sistema de tratamiento de gases

[Gas treatment system](#)

Los gases provenientes del proceso de fusión pasan a través de un colector de polvo (DCE – Serie DLM 15) de 3 bancos, el cual trabaja con un set de temperatura máxima de 180 °C, el cual se regula a través del ingreso de aire en la tubería de colección, controlado por un damper mecánico. El polvo colectado es descargado a través de

MODERNIZACION DE LA FUNDICIÓN DE ORO DE MINERA YANACocha S.R.L.

Modernization of the GOLD smelter at Minera Yanacocha SRL

Pedro Condori Benavides, Miguel Pimentel Casafranca

Minera Yanacocha SRL, Cajamarca, Perú

dos tolvas de colección con capacidad de 80 kg cada una.

Los gases salientes del colector pasan a través de filtros de carbón y luego por una ducha de agua, previo a su descarga al medio ambiente.

Planta de tratamiento de escorias

Slag's Treatment Plant

La escoria proveniente del horno es granulada y almacenada en una tolva, previa separación sólido-líquido. La escoria pasa a través de una chancadora rotatoria Nordberg-Barmac de 3 a 10 toneladas por hora, para luego almacenarse en la tolva de alimentación del reactor de lixiviación. El reactor es de marca Gekko, y tiene una capacidad de 6 toneladas métricas de escoria por lote lixiviado, siendo el tiempo de lixiviación de 48 horas.

The slag coming from the oven is granulated and storage in a hopper once the separation between solids - liquids have been made. The slag passes through a rotator crashing, Nordberg-Barmac brand of 3 to 10 Tn /hour. Then it will be storage in the storage tank of the ILR (In Line Leach Reactor). The reactor is Gekko brand, and has a capacity of 6 metric tonnes of slag and requires 48hours leaching time.

El licor producto de la lixiviación pasa a la planta de precipitación con zinc, mientras que las colas son bombeadas hacia una tolva y de allí llevadas al pad de lixiviación para disposición final.

Cabe resaltar que este proceso será puesto en operación en el segundo trimestre del año 2004, actualmente las escorias producidas son re-fundidas y/o tratadas a través de molienda y separación gravimétrica.

The product (Liquor) from the Leach pass to the Zinc precipitation plant and tailings are pump to a hopper and then send to the Leach pad for final disposition.

It should be remark that this process will be operative from the second quart of 2004. Today the slags produced are re-smelted and/or treated by grinding and gravity separation.

Fotografía 2: Vista panorámica de la fundición de YN (horno y planta de tratamiento de escorias) [Noth Yanacocha Foundry view \(Oven and slags treatment plant\)](#)



Operación actual [Today's operation](#)

La fundición de Yanacocha Norte inició su operación industrial en junio del 2002, alcanzando su máxima capacidad de trabajo en noviembre del 2002. Entre noviembre del 2002 y agosto del 2003, tuvo ciertos problemas relacionados básicamente con el sistema de alimentación de energía y fallas en los transformadores (protección insuficiente), originando que saliera de operación por varias semanas; alcanzando el 100% de disponibilidad total en setiembre del 2003. En la gráfica 2 se puede apreciar la evolución de la fundición de Yanacocha Norte desde su arranque hasta febrero del 2004.

[North Yanacocha foundry has started its industrial operation on June 2002. And have reached its maximum work capacity on Nov 2002. Between Nov 2002 and August 2003, there were some problems basically related with the energy supply. It was in Sept 2003 that it could reach 100% availability.](#)

[Graphic 2 show the evolution of the foundry from the start up to Feb 2004.](#)

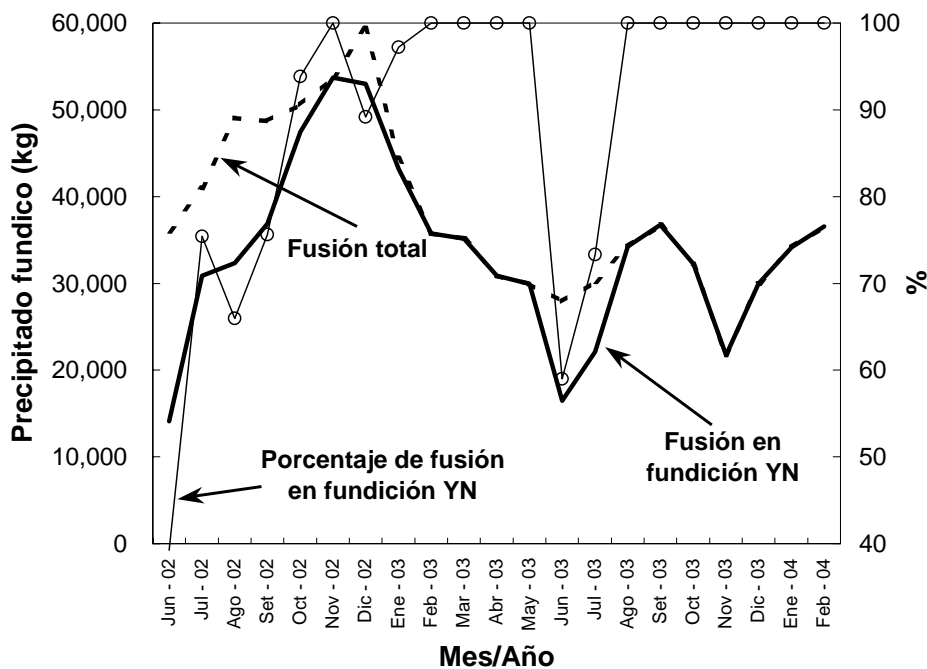
Desde el punto de vista operativo, el horno no presentó graves problemas, sin embargo se experimentaron inconvenientes con la duración de crisoles (kilogramos de precipitado fundido por unidad) así como en el consumo de electrodos (kilogramos de precipitado fundido por unidad). Las gráficas 3 y 4 muestran los consumos unitarios de crisoles y electrodos.

From an operative point of view the oven hadn't present high problems, but there were some problems term life for the cresols (smelted precipitates kg per unit). Graphics 3 and 4 shows the unit cresols consumption for cresols and electrodes.

En la actualidad, el rendimiento específico de crisoles esta bordeando los 30,000 kilogramos de precipitado fundido por unidad, mientras que el rendimiento específico de electrodos los 1,400 kg por unidad.

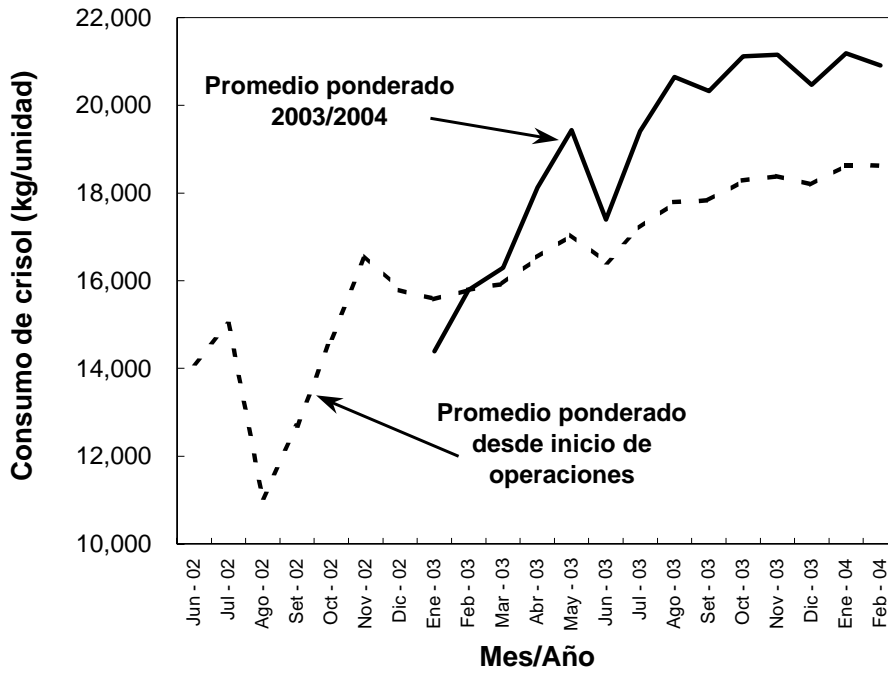
Today, the average yield of the cresols are around 30000 Kg of smelted precipitates per unit .The specific Yield for electrodes is :1400 kg per unit.

Grafica 2: Performance de la fundición de Yanacocha Norte durante arranque
North Yanacocha performance



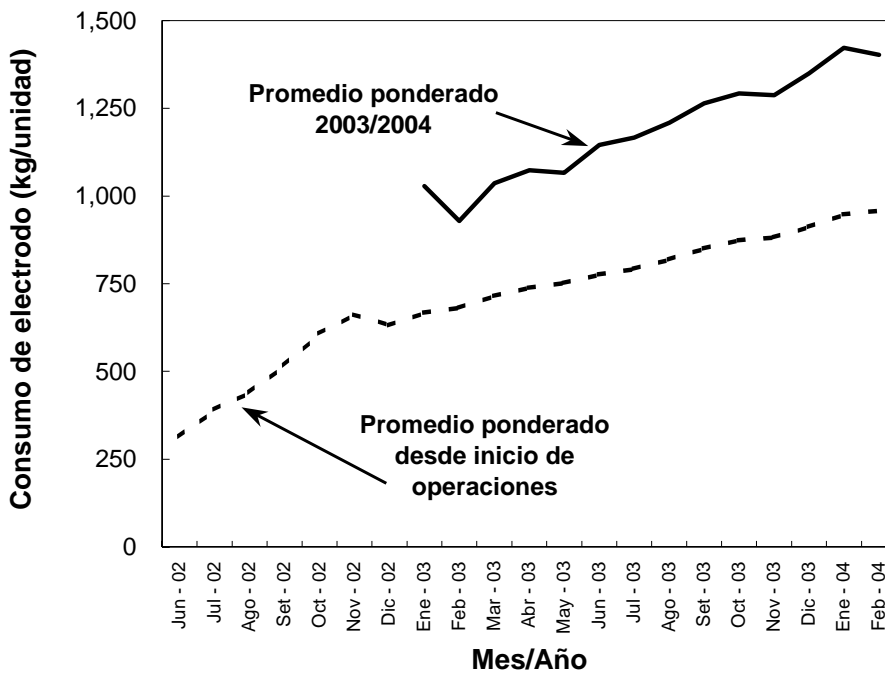
Grafica 3: Consumo unitario de crisoles en la fundición de Yanacocha Norte

Unit consumption of cresols in North Yanacocho



Grafica 4: Consumo unitario de electrodos en la fundición de Yanacocho Norte

Unit consumption of electrodes in North Yanacocho



Otros de los aspectos resaltantes fue la elección del correcto sistema de escorias, por

ende la correcta elección de fundentes y formulaciones. Las operaciones se iniciaron con el uso de bórax decahidratado y nitrato de potasio.

Other important issue was the correct election for the slags system. And the correct elections of fondants. Operations were started with the use of BORAX DECAHIDRATADO and NITARTAO DE POTASIO

En la actualidad se están realizando pruebas con bórax anhidro, nitrato de sodio, carbonato de sodio y flourspar, encontrándose:

- Mejor fluidez, menor tiempo de formación de escorias y pérdida de valioso.
- Reducción en el tiempo de fusión (40% menos).
- Menor cantidad de carga circulante.

Now some other Tests with bórax anhidro, nitrato de sodio, carbonato de sodio y flourspar. Some particular results are:

- Less loss of value material, and less time in performing the slags.
- Reduction for the fusion time (40% less).
- Less circulating load.

Mantenimiento Maintenance

Los inconvenientes presentados, básicamente fallas en los sistemas de energía, fueron superados gracias a las mejoras en el mantenimiento predictivo y preventivo de la fundición, resaltando:

The previous mentioned problems (energy supply) , were resolved thanks to the maintenance improves (Predictive and preventive), like :

- Análisis termográfico. **Termographic asseys**
- Plan de mantenimiento preventivo. **Preventive maintenance plan** .
- Stock de seguridad (contactores y fusibles) y contingencia de un transformador adicional. **Security stocks** .
- Mejoras en los sistemas de protección de los transformadores (breakers inteligentes con redundancia).

Comparación con fundición de Pampalarga

Comparison with Pampalarga furnace

La tabla 2 muestra la comparación de la nueva fundición con la antigua fundición

de Pampalarga (hornos convencionales de crisol y petróleo).

Table 2 shows the comparison between the new furnace and the old Pampalarga furnace (with standard cresol ovens and petrol)

Tabla 2: Comparación entre fundiciones de Yanacocha Norte y Pampalarga

	Fundición YN	Fundición PL	Comentarios
Tiempo de fusión	4 h	14 h	Reducción en casi 70% (lote de 600 kg) – Tiempo efectivo total de fusión mensual: 10 días en fundición YN
Oro en escorias	0.03%	0.3%	Porcentaje de oro en escorias de fusión antes de tratamiento
Pureza	96%	90%	Porcentaje de oro más plata en metal dore
Crisoles	0.33	0.57	Consumo específico por kilogramo de precipitado fundido (US\$/kg)
Energía	0.064	0.804	Consumo específico por kilogramo de precipitado fundido (US\$/kg)
Costos	65%	100%	Reducción expresada en forma porcentual (US\$/onza de oro producida)
Productividad	360	143	Miles de onzas de oro por hombre-año

Medio ambiente e higiene industrial

Medio ambiente y calidad de aire

Environment and air quality

La tabla 3 muestra los niveles máximos permitidos, niveles en la antigua fundición de Pampalarga, y niveles actuales para emanación de gases a la atmósfera.

A pesar que los niveles en la fundición de Pampalarga no superaron los límites máximos permitidos, los niveles alcanzados con la nueva fundición de Yanacocha Norte están muy por debajo de los límites máximos permitidos para fundiciones de precipitados de oro, con lo cual se garantiza totalmente el cumplimiento de estándares y cuidado del medio ambiente.

Table 3 shows the max allowed levels, the old furnace levels (Pampalarga) and the new levels for the gas in the gas in the atmosphere.

The new levels are well under the allowed levels for Gold precipitates furnaces.

Tabla 3: Emisiones gaseosas de la fundición de Yanacocha Norte

	Limite máximo permitido	Valores fundición PL	Valores actuales fundición YN
Material particulado (kg/h)	2.85	2.01*	0.01
Mercurio gaseoso (g/24h)	2,300	76*	46

(*) Abril 2002, muestreo antes de poner en operación fundición de YN.

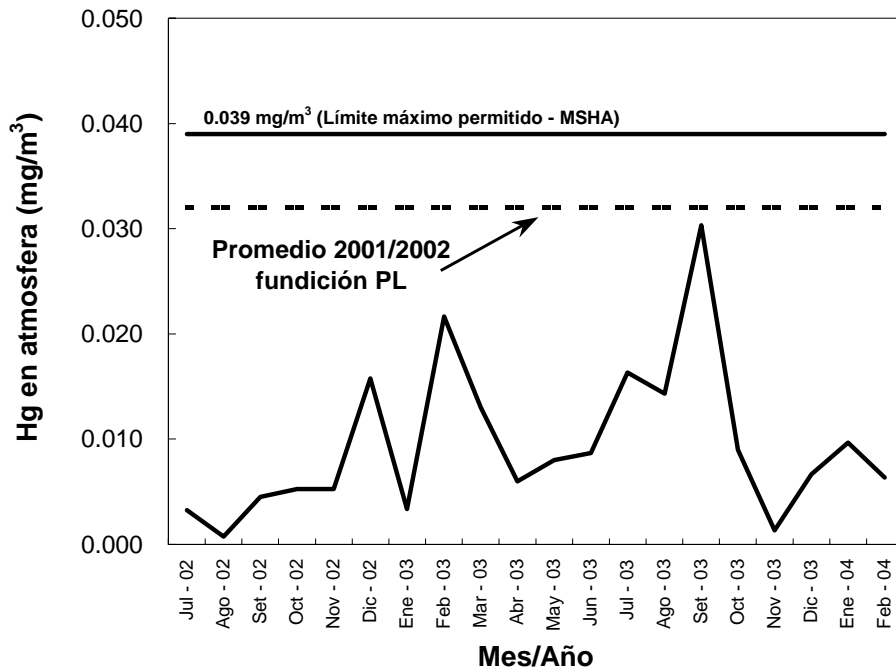
Higiene industrial

Mercurio en ambiente, el límite máximo permisible de mercurio en ambiente es 0.039 mg/m³ para exposición continua de 12 horas de trabajo, según norma de la MSAH, los niveles actuales promedio están alrededor del 0.009 mg/m³, lo cual indica un excelente control de gases y sistemas de ventilación. La grafica 5 muestra las concentraciones mensuales promedios desde el inicio de la operación de la fundición.

Mercurio en orina, el límite máximo permisible de mercurio en orina es de 50 ppb para exposición continua de 12 horas de trabajo, según norma ACGIH, los niveles actuales están alrededor de 11 ppb, lo cual indica un buen control como consecuencia de los bajos niveles de mercurio en ambiente. La grafica 6 muestra las concentraciones mensuales promedios desde el inicio de la operación de la fundición.

Ergonomía, los sistemas de carga en el horno actual son en forma semiautomática, en comparación a la carga de hornos de la fundición de PL, cuyo procedimiento era 100% manual, es decir se ha reducido la carga levantada específica por trabajador de 3,800 kg/mes a cero.

Grafica 5: Nivel de mercurio en ambiente en la fundición de Yanacocha Norte



Grafica 6: Nivel de mercurio en orina en personal de fundición de Yanacocha Norte

