

# PROGRAMA DE MEJORAMIENTO DE VIDA ÚTIL DE CAMPANAS DE LOS CONVERTIDORES DE CSH<sup>1</sup>

Gastón López<sup>2</sup>  
Álex Méndez<sup>2</sup>  
José Antonio Álvarez<sup>3</sup>  
Javier Concha<sup>4</sup>  
José Francisco De la Carrera<sup>5</sup>

## Resumen

El actual mercado internacional del acero impone a las empresas siderúrgicas nuevos desafíos en términos de competitividad. En este marco, la Compañía Siderúrgica Huachipato (CSH) ha puesto en marcha planes que involucran, entre otros aspectos, el aumento de su capacidad productiva. En función de lo anterior, buscando una mayor continuidad de la producción con dos convertidores en la Acería de CSH, se plantea la posibilidad de reducir los tiempos destinados a la reparación general de los tubos de las campanas de extracción de gases por vía húmeda durante la reinstalación del revestimiento de trabajo del convertidor, así como aumentar la vida útil de los tubos del sistema de extracción. Este trabajo presenta el desarrollo del programa de mejoramiento desarrollado en las campanas de extracción de gases de los convertidores de CSH, mediante técnicas de metalizado de tubos y relleno por soldaduras, en sus distintas secciones (móvil, fija y corta), aplicando distintos materiales en cada caso.

**Palabras-clave:** Convertidores; Mantenimiento; Campanas; Relleno de soldadura; Metalizado.

---

<sup>1</sup> Contribución técnica presentada en el XXXVII Seminario de Aciería, , 22 a 24 de maio de 2006, Porto Alegre, RS, Brasil

<sup>2</sup> Supervisor Mantenimiento Mecánico Acerías, CSH, Talcahuano, CHILE.

<sup>3</sup> Jefe Mantenimiento Mecánico Acerías y Colada Continua, CSH.

<sup>4</sup> Ingeniero de Producción, Departamento Acerías y Colada Continua, CSH.

<sup>5</sup> Superintendente Departamento Acerías y Colada Continua, CSH.

# 1 INTRODUCCIÓN

A lo largo de sus 55 años de vida, la Compañía Siderúrgica Huachipato (CSH) ha requerido de diversas inversiones para el aumento de la capacidad productiva, así como mejoras en sus procesos y productos.

La Acería de Convertidores, sumada al constante desafío de incrementar su capacidad productiva, evitando transformarse en la etapa limitante de la línea de producción, desarrolló un programa de maximización de la operación con dos convertidores en forma alternada, denominado “convertidor y medio” [1]. Esta innovación operativa permitió en los últimos dos años alcanzar niveles históricos de producción.

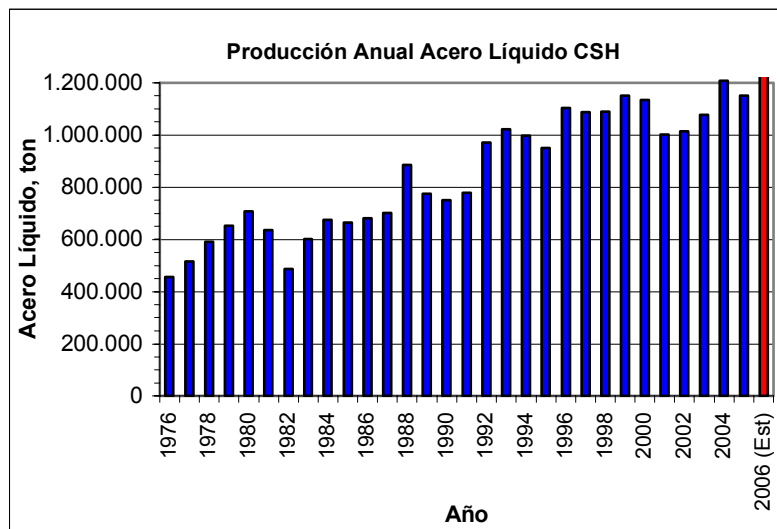


Gráfico 1. Producción anual de acero líquido de CSH.

El esquema de operación mencionado ha permitido extender las campañas de convertidores, gracias que se cuenta con tiempo disponible para realizar acciones parches con gunning o slag coating con una mayor eficiencia de éstos.

Al proyectar el aumento de la capacidad de producción bajo este formato de operación, la vida de las campanas de gases se transforma gradualmente en un elemento limitante en la operación, dado que los períodos de reparación al sistema de extracción y lavado de gases, suele durar cerca de tres semanas y media.

Según la experiencia adquirida en trabajos de mantenimiento de estos equipos, el espesor de tubos del sistema de extracción de gases por vía húmeda es uno de los factores que determina el reemplazo de éstos, faena que define el período de reparación y abarca la mayor parte de éste.

En función de minimizar los tiempos de mantenimiento del sistema de extracción de gases, se plantea la posibilidad de mejorar la vida útil de los tubos de las campanas de extracción de gases, reduciendo los cambios de paneles de tubos.

Pruebas desarrolladas en distintas plantas de Estados Unidos [2] han sido enfocadas a la incorporación de materiales de recubrimiento de campanas, en busca de incrementar la vida útil de los paneles de tubos, buscando minimizar las reparaciones durante la operación del convertidor, así como las reparaciones entre campañas.

En base a dichos estudios, se planteó en CSH la posibilidad de efectuar pruebas de recubrimiento de tubos, bajo la aplicación de metalizados y rellenos con soldaduras.

La condición de trabajo de los paneles de tubos a lo largo del sistema de extracción de gases, así como la composición de los gases de salida del convertidor, implicaron la selección de distintos tipos de materiales, de manera tal que éstos tuvieran un desempeño adecuado frente a las diferentes variables presentes en la cara interna de tubos de las Campanas.

Se identificaron condiciones de trabajo en cuatro secciones del sistema, las que se resumen en la siguiente tabla:

**Tabla I.** Caracterización de Zonas de Campanas.

<b>Condiciones</b>	<b>Campana Móvil</b>	<b>Campana Fija (mitad inferior)</b>	<b>Campana Fija (mitad superior)</b>	<b>Campana Corta</b>
Temperatura	1200 a 1600 °C	Aprox. 1200 °C	Bajo 600 °C	Bajo 600 °C
Corrosión	Gases secos	Gases secos	Abundante vapor	Abundante vapor
Abrasión	Sólo por el paso de gases secos	Sólo por el paso de gases secos	Alta, por velocidad de barros post-enfriamiento.	Alta, por velocidad de barros post-enfriamiento.
Erosión	No se observa	No se observa	No cuantificado	Alta

## **2 DESARROLLO**

En el período comprendido entre diciembre de 2003 y diciembre de 2005, se aplicaron distintos productos en base a metalizado y soldadura, con el objeto de lograr un incremento de la vida útil de los tubos de los paneles, por medio de la reducción del desgaste de éstos.

El revestimiento se aplica en la cara del tubo que soporta los gases calientes en la extracción de éstos desde el convertidor (cara interna de las campanas).

Las pruebas con recubrimientos a los tubos fueron las siguientes:

**Prueba 1 (Dic 2003):** Metalizados con 3 tipos diferentes de aleaciones, base cromo, base níquel-cromo-titanio y base aluminio, a campanas móvil, fija y corta. Previo un granallado de la superficie se procedió al metalizado, distribuyendo en 4 puntos críticos de la Campanas. El espesor establecido para esta experiencia fue de 0,7 mm.



**Figura 1.** Metalizados Cr, Ni-Cr-Ti y Al en campanas móvil y corta.

**Prueba 2 (Jun 2004):** Se continuó experiencia con metalizados base aluminio y 625, base Cr-Ni-Mo. Se consideraron espesores de 1,0 a 1,5 mm en campanas Móvil y Corta, sujetas a un mayor desgaste.



**Figura 2.** Metalizados Al y Cr-Ni-Mo en campana móvil.

**Prueba 3 (Dic 2004):** Basado en aplicaciones de soldadura en reparaciones puntuales de campana y rellenos de puntos de bajo espesor con electrodos E-6010, se determinó aplicar relleno de soldadura por proceso arco manual en un área reducida de la campana móvil, en paredes frontalmente opuestas, ambas sometidas a las más altas condiciones térmicas del sistema (5 a 7 tubos por panel). Actualmente en desarrollo.



**Figura 3.** Relleno soldadura E-6010 en campana móvil.

**Prueba 4 (Abr. 2005):** Una vez concluida la primera campaña de convertidor con desarrollo de la prueba N°3, se determinó, ampliar el área cubierta con relleno de soldadura E-6010, manteniendo las mismas zonas de aplicación en campana móvil. Actualmente en desarrollo.



**Figura 4.** Ampliación de relleno soldadura E-6010 en campana móvil.

**Prueba 5 (Abr.2005):** Se aplicó soldadura 625 base Cr-Ni-Mo aplicada con proceso MIG, con referencia a experiencias realizadas en plantas de Estados Unidos [2], en campana móvil, mismo panel y en zonas vecinas a pruebas anteriores.



**Figura 5.** Relleno soldadura base Cr-Ni-Mo en campana móvil.

**Prueba 6 (Abr. 2005):** Se vuelve a aplicar metalizado, esta vez base Cr-Ni, en zonas de campanas móvil y corta, cercanas a pruebas anteriores.



**Figura 6.** Metalizado base Cr-Ni en campana móvil.

**Prueba 7 (Ago. 2005):** Comprende relleno de soldadura E-6010 para completar un panel de codos inferiores en todo su ancho, en campana móvil, completando pruebas N°3 y 4. Actualmente en desarrollo.



**Figura 7.** Segunda ampliación de relleno soldadura E-6010 en campana móvil.

### 3 RESULTADOS Y DISCUSIÓN

#### Prueba 1:

- Los metalizados base Cr y base Cr-Ni-Ti se desprendieron en la mayoría de los tubos, en todas las zonas donde fueron aplicados, luego de una campaña de convertidor.
- El material base Aluminio, se apreció adherido en casi un 75% de las zonas metalizadas, luego de una campaña. En inspecciones posteriores a 2 campañas se observan aún paneles con trazas de Aluminio.
- Se aprecia en zonas de membranas un desprendimiento del material atribuido a falla en el ángulo de aplicación del metalizado.
- El espesor del metalizado de 0,7 mm no fue el más indicado, debido a los malos resultados de adherencia observados.

#### Prueba 2:

- La Aleación base Aluminio en Campana Móvil, resistió sin problemas las condiciones del área, observándose desprendimiento del material producto de acero y escoria que se pega a los tubos y que luego se desprende, despegando parte del Aluminio. Este problema se observa sólo en zona de unión de membranas al tubo.
- En relación a campana corta, el Aluminio se desprendió en un 40% aproximadamente, producto aparentemente de una mala aplicación.
- La Aleación base Cr-Ni-Mo no dio buenos resultados en Campana Móvil desprendiéndose en un 30 a 40 %; sin embargo, en Campana Corta se observa un muy buen desempeño, resistiendo el desprendimiento y desgaste por el paso de los gases.
- Luego de dos campañas de convertidor, ninguna de las dos aleaciones en prueba cumplieron las expectativas planteadas, producto de un elevado desprendimiento de estos materiales.

#### Prueba 3:

- La soldadura no presenta desprendimientos ni grietas.

- En las áreas de prueba no hubo desgaste de consideración. En la zona curva inferior más expuesta, se detectó un desgaste menor.
- Posterior a tres campañas, se observa un pequeño desgaste longitudinal en las soldaduras aplicadas.



**Figura 8.** Resultados 1ª experiencia con soldadura E-6010 después de 1 (izq) y 3 campañas (der).

#### **Prueba 4:**

- Al igual que en la prueba 3, no se aprecia desgaste significativo, como tampoco desprendimientos ni grietas, posterior a dos campañas (condición actual).
- El aumento de área de relleno de soldadura en zonas de prueba no se tradujo en efectos secundarios sobre los paneles de tubos, atribuibles a problemas térmicos, de dilatación o peso adicional.



**Figura 9.** Resultados 2ª experiencia con soldadura E-6010 después de 2 campañas.

#### **Prueba 5:**

- A pesar de la pequeña área de prueba, posterior a dos campañas se aprecia una soldadura prácticamente intacta.



**Figura 10.** Resultados Relleno 625 Base Cr-Ni-Mo luego de 2 campañas de convertidor.

**Prueba 6:**

- Posterior a una campaña de convertidor, los resultados apreciados son bastante mejores que en otros metalizados. Se aprecia un buen espesor, claramente identificable posterior a limpieza mecánica.
- A pesar de mantener un muy buen espesor, el metalizado tiene tendencia a despegarse a trozos en los extremos en Campana Corta y quebrarse en zonas de membranas en Campana Móvil.
- Luego de dos campañas de convertidor, en ambas zonas de prueba, el material desaparece prácticamente en su totalidad.



**Figura 11.** Resultados Metalizado Base Cr-Ni luego de 1 y 2 campañas de convertidor.

**Prueba 7:**

- Se ratifican los resultados de las pruebas 3 y 4, en una mayor área de relleno. El nuevo aumento de área de relleno de soldadura no se tradujo en efectos secundarios sobre los paneles de tubos.





**Figura 12.** Resultados Relleno ampliado de Soldadura E-6010 luego de una campaña de convertidor.

Una consideración importante a destacar se refiere a los costos de compra y aplicación de los distintos metalizados y rellenos de soldadura, frente a la alternativa original del recambio de paneles de tubos.

**Tabla 2.** Costos comparativos de aplicaciones de relleno y metalizado.

Campanas	Campana móvil Codos Inferiores panel Cerro Área 3,24 m <sup>2</sup>	Campana Corta Codos superiores panel Mar Area 2,16 m <sup>2</sup>	Campana Corta Tubos Superiores recto panel Mar Área 7,20 m <sup>2</sup>
<b>Cambio de paneles</b>	US\$ 1.870	US\$ 2.030	US\$ 1.460
<b>Relleno E- 6010</b>	US\$ 815	US\$ 695	US\$ 995
<b>Relleno 625 Cr-Ni-Mo</b>	US\$ 3.975	US\$ 2.650	US\$ 8.830
<b>Metalizado Cr-Ni</b>	US\$ 3.570	US\$ 2.380	US\$ 7.920

Desde este punto de vista, el relleno E-6010, de menor valor, según los resultados anteriormente expuestos, resulta ser el más atractivo, en términos de relación costo/beneficio. Aun así, el relleno Cr-Ni-Mo, de mayor costo, no es totalmente descartable, dado que el período de evaluación es aún limitado, y no permite concluir su real beneficio, frente a factores de durabilidad y costo.

## 4 CONCLUSIONES

### Metalizados

Los metalizados no resultaron ser los más adecuados para las condiciones de trabajo en el sistema de extracción y lavado de gases, debido a que sufren desprendimientos, grietas, y marcado desgaste. Adicionalmente, se comportan en formas diferentes en las distintas áreas de las campanas: esta diferenciación dificulta la aplicación al manejar varios materiales a la vez.

Por otro lado, los costos involucrados en la compra y aplicación de los metalizados comerciales resultan altos frente a la solución tradicional de cambio de paneles.

Su método de aplicación y éxito son afectados por factores como limpieza, humedad del área y ángulo de proyección, los cuales pueden provocar el desprendimiento prematuro del material.

Sin embargo, el tiempo de aplicación no es largo y cumple con los objetivos propuestos de reducir los tiempos de reparación, en comparación a los cambios de tubos.

En la medida que el material no se desprende, es una alternativa de aumento de la vida útil de los tubos de la campana.

### **Rellenos de Soldadura**

Los rellenos de soldadura muestran mayor tiempo de permanencia sobre los tubos, destacándose que incluso luego de más de tres campañas de convertidor, ellos no muestran mayor desgaste, permitiendo una extensión de la vida útil de los paneles de tubos.

Los resultados luego de cada campaña son observables a simple vista, sin necesidad de efectuar medición de espesor de tubos para evaluar los niveles de desgaste.

La facilidad de aplicación, en términos de no plantear problemas respecto a ángulo de aplicación, así como el bajo tiempo requerido, particularmente en el proceso de arco manual, plantean a esta alternativa como la de mayor viabilidad. Sin embargo, en el caso del relleno base Cr-Ni-Mo existieron dificultades de aplicación en terreno, por el diámetro y dureza del alambre. Ello no ha permitido lograr aplicar el área necesaria para tener adecuados parámetros de comparación respecto a la soldadura E-6010.

Actualmente continúan en desarrollo las pruebas de los materiales E-6010 y 625, ambos con más de 3 campañas, manteniendo su consistencia, brindando el grado de seguridad esperado.

### **BIBLIOGRAFÍA**

- 1 De la Carrera, J., Vera, H., Concha, J., "Operación Con Convertidor Alternado en la Compañía Siderúrgica Huachipato, Chile", XXXVI Seminario de Fusão, Refino e Solidificação Dos Metais, Mayo 2005, Vitoria, Brasil.
- 2 G. Sternetzki, "BOF Hood Life Cycle Cost Improvement Program", Welding Services Inc, Iron & Steel Technology, Jan. 2004.