



**COLEGIO DE INGENIEROS
DEL PERÚ**
Consejo Departamental de Lima
Capítulo de Ingeniería Metalúrgica

Jr. Marconi 210
San Isidro - Lima
Teléfono: 4222754 anexo 136
Telefax: 4225307 - 2217383

**JUNTA DIRECTIVA
2006-2007**

PRESIDENTE
Jorge Ventosilla Shaw
CIP N°36712

VICEPRESIDENTE
Oscar Tinoco Molerós
CIP N°38401

SECRETARIO
Nabor Mucha Bonifacio
CIP N°20300

PROSECRETARIO
Olga Angulo Aspinwall
CIP N°48417

VOCAL
Coenen Pilco Picón
CIP N°62152



FOTO CARATULA
Fundición Modernizada de Ilo
y dos plantas de ácido sulfúrico

**Metalurgia, Materiales
y Soldadura**

Revista del Capítulo
de Ingeniería Metalúrgica
CIP - CD Lima
revista.metalurgia@ciplima.org.pe

DIRECTOR
Jorge Ventosilla Shaw

COMITÉ EDITORIAL
Ing. CIP Adolfo Marchese
Ing. Edmundo Alfaro
Lic. Luis Angeles
Ing. CIP Jorge Cárdenas
Ing. José Antonio Carpio
Ing. Jorge Ruiz Castro
Ing. Francisco Srebot
Ing. CIP Juan Carlos Yacono

EDICION
Centro de Información TUMINOTICIAS

IMPRESIÓN
CREA Ediciones Gráficas eirl
Telf. 472-1810 Nextel: 830*7348

La revista no se solidariza necesariamente con las opiniones vertidas por los autores. Se autoriza la reproducción total o parcial del contenido de esta publicación mencionando la fuente. Hecho el depósito legal en la Biblioteca Nacional del Perú 2005-6805

Editorial	2
Procesamiento de minerales	3
Avances en el sistema de lixiviación de oro con tiocianato en medio ácido	
Soldadura	10
Estudio de la resistencia a la abrasión de bajo esfuerzo	
Materiales	18
Madera plástica: un material de reciclado para el desarrollo sostenible	
Responsabilidad Social	21
El Diospi Suyana: testimonio de una «Sopa de Piedra»	
Fundición	23
Innovación tecnológica peruana en medio ambiente para el desarrollo del control de emisiones	
Entrevista	34
Al ingeniero Augusto Mellado Méndez, presidente de CONCYTEC	
Actividad Profesional	36
El Proyecto Metalurgia en la Pontificia Universidad Católica del Perú	
CETEMIN ofrece carrera técnica en procesamiento de minerales	
Congreso de metalurgia de Transformación emite conclusiones	
Agenda Metalúrgica	39
Publicaciones	40



JORGE
VENTOSILLA
SHAW

La competitividad de los profesionales metalúrgicos

En las últimas décadas, las estrategias políticas en cuanto al abastecimiento de minerales críticos van cambiando hacia la llamada solución tecnológica, especialmente orientada hacia tres áreas:

- Mayor disponibilidad de fuentes de provisión de materiales mediante el incremento de la producción mineral local y externa, la diversificación de las fuentes de producción y el perfeccionamiento de los procesos de la industria minera metalúrgica;
- El uso más eficiente y el reciclaje de los materiales críticos; y
- El desarrollo y la difusión de materiales sustitutos, dirigiendo el uso hacia materiales con contenidos reducidos de minerales estratégicos o hacia nuevos materiales.

Ello requiere de fuerte apoyo a la investigación volcada al desarrollo de nuevos materiales y el seguimiento constante de los avances para la orientación productiva del sector minero-metalúrgico.

El gradiente de crecimiento de la innovación tecnológica en el sector ha sido importante con relación a los procesos básicos aplicados a esta industria extractiva y la incidencia del desarrollo tecnológico en la producción de equipos e instrumentos aplicados a la industria minera metalúrgica es notable.

Los avances alcanzados en las industrias electrónica e informática y en las comunicaciones, aplicados a todas las etapas del proceso productivo en la industria minera metalúrgica, han favorecido significativamente los niveles de productividad.

En ese contexto, para obtener resultados a mediano plazo es muy importante insistir en varios aspectos que contribuyan en la preparación de los profesionales inmersos en el mundo minero metalúrgico.

El primer aspecto es la transferencia de tecnologías de gestión empresarial. Fomento de una cultura competitiva basada en la calidad y asistencia directa en diagnóstico e implementación de sistemas de gestión de la calidad internacionalmente reconocidos.

Un segundo aspecto es la difusión y transferencia de información sobre tecnologías y materiales relacionados con la industria minera metalúrgica y con los consumidores de materias primas minerales. Capacitación de operarios especializados para maquinarias y equipos en la gran minería con apoyo de la cooperación internacional.

Un tercer aspecto es la asistencia tecnológica a la industria minera e industria usuaria de productos mineros en forma de diagnósticos tecnológicos, ensayos de materias primas y procesamiento de minerales, rocas, materiales y productos.

El cuarto aspecto es el análisis de competitividad de las pequeñas y medianas empresas mineras y desarrollo de proveedores. Estudios de mercado, tendencias y prospectiva tecnológica. Evaluación y formulación de proyectos y búsqueda de su financiamiento.

El quinto aspecto hace referencia a promover un desarrollo minero metalúrgico ambientalmente sustentable y con responsabilidad social por medio de asistencia técnica a las autoridades del gobierno central y regional, así como el asesoramiento directo a los productores en la materia.

En fin, con la finalidad del desarrollo profesional y la competitividad de los ingenieros metalúrgicos, es muy importante actualicen sus conocimientos en los siguientes puntos:

- Análisis del mercado nacional e internacional de minerales industriales y de aplicación;
- Diagnósticos y prospectivas tecnológico-sectoriales;
- Desarrollo de nuevas aplicaciones de productos minerales;
- Tipificación de minerales industriales y rocas de aplicación;
- Eliminación de impurezas que restringen el mercado de minerales industriales por aplicación de normas de calidad;
- Prospección y exploración de minerales industriales con demanda explícita;
- Prospección de minerales con déficit de producción nacional y demanda local insatisfecha;
- Estudios de impacto ambiental en la industria minero-metalúrgica y desarrollo de tecnologías apropiadas para la preservación del ambiente; y
- Capacitación de recursos humanos para la implementación de programas de calidad y de reingeniería empresarial en las pequeñas y medianas empresas.

Avances en el sistema de lixiviación de oro con tiocianato en medio ácido

Ing. Alfredo Olaya Zavala

Tecsup

aolaya@tecsup.edu.pe

Introducción

Los lixiviantes alternativos al cianuro están cobrando crítica importancia debido a las presiones ambientales asociadas con la cianuración. Además, hay considerable interés en desarrollar lixiviantes diferentes al cianuro con la finalidad de tratar minerales refractarios, minerales difíciles de tratar, así como también minerales auríferos con alto contenido de cobre. Incluso la facilidad de realizar la lixiviación en medio ácido ya es una muy buena ventaja.

Tomando en cuenta estos aspectos es que se ha puesto atención y expectativa a un sistema de lixiviación basado en el anión tiocianato. El presente artículo detalla la química de disolución de la lixiviación aurífera con tiocianato, la estabilidad de los complejos de tiocianato de oro usando constantes y diagramas E-pH, la importancia de oxidantes tales como los iones férrico, la influencia de las concentraciones del tiocianato, ion férrico y otros aditivos investigados para mejorar la disolución, la cinética y la estabilidad.

Se presentará además pruebas a nivel laboratorio y columnas aplicadas a minerales sulfurosos con gran porcentaje de pirita, realizados en Utah y Nevada (U.S.A.) y se hará comparaciones con similares pruebas usando cianuro.

Antecedentes

El primer reporte sobre el tiocianato usado como agente lixiviante del oro fue realizado en Sudáfrica por H.A. White en 1905. El describió el efecto de una solución de tiocianato de potasio mezclado con cloruro férrico sobre una lámina de oro de una pulgada cuadrada contenida en un plato de porcelana: tras 4 horas de contacto, el oro fue completamente disuelto.

En 1986 C.A. Fleming desarrolló un proceso para la recuperación simultánea de oro y uranio de minerales sudafricanos usando el anión tiocianato como agente acomplejante para el oro y sulfato férrico como oxidante para el oro y uranio. Una serie de experimentos se realizó a diferentes concentraciones de iones tiocianato y férrico, pH, potencial de solución y temperatura. Las conclusiones de este estudio revelaron:

1. La eficiencia de lixiviación de oro fue insensible a la concentración de ion férrico e insensible a cambios de pH, excepto a niveles de pH menores que 1, donde la protonación de tiocianato reduce la concentración de tiocianato libre debido a la reacción:



2. La disolución de oro es dependiente de la concentración de tiocianato. A concentraciones de 0,05 M la disolución de oro es menor del 40%. A concentraciones de 0,10 a más, la disolución de oro tiende a estabilizarse en un rango entre 70 y 85%.

3. El grado de disolución de oro es insensible a los cambios de temperatura entre 20 y 40° C, y es de aproximadamente 85%.

4. La disolución de oro es altamente dependiente del potencial de solución. A valores de 640 mV (vs. SHE), la disolución de oro cae a niveles menores de 40%. A potenciales de solución por encima de 680 mV (vs. SHE), la disolución de oro alcanza valores de hasta 75-80%.

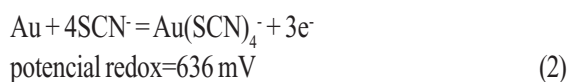
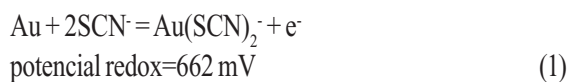
En todos los experimentos realizados en esta investigación se encontró que el potencial de solución tendía naturalmente a disminuir con el tiempo, debido a los componentes oxidables del mineral. Para mantener un potencial constante en las soluciones, un agente oxidante secundario, el dióxido de manganeso (MnO_2) fue añadido periódicamente a la pulpa durante las pruebas de lixiviación.

Entre 1989 y 1994, O. Barbosa-Filho y A.J. Monhemius de la Universidad de Londres, realizaron una extensa investigación al sistema tiocianato-sulfato férrico. El mecanismo de disolución estuvo relacionado directamente al proceso también llamado autoreducción, en el cual SCN^- es oxidado por la reducción espontánea del Fe^{+3} a Fe^{+2} . La oxidación procede pasando por la formación de varias especies intermedias, en particular tritiocianato (SCN_3^-) y tiocianógeno (SCN_2), ambos actúan como oxidantes y como acomplejantes de oro.

En 1995, A.J. Monhemius y S.P. Ball dieron a conocer un estudio basado en los resultados de O. Barbosa-Filho, donde minerales auríferos fueron lixiviados usando solución tiocianato- Fe^{+3} catalizada con yodo. Dos diferentes minerales de República Dominicana fueron usados en esta investigación (un mineral de baja ley con 4,8 g/t Au y otro de alta ley con 68,2 g/t Au). El oro estuvo presente como granos no asociados en una ganga limonítica; pirita (no aurífera) y baritina eran constituyentes menores. Los minerales también contenían plata (1-2 g/t). La investigación estuvo dirigida a elevar la velocidad de disolución de oro a temperatura ambiente. Se obtuvo como resultados una extracción de oro en el rango de 85-95%. Estos resultados fueron buenos y en algunos casos mejores que los obtenidos con soluciones alcalinas cianuradas.

Química de las soluciones de tiocianato

El oro es disuelto en soluciones de tiocianato para formar el ion complejo aurotiocianato, $\text{Au}(\text{SCN})_2^-$ (I) y el ion complejo auritiocianato, $\text{Au}(\text{SCN})_4^-$ (II).



Para comparar la estabilidad de los iones complejos de tiocianato de oro con otros complejos de oro, una lista de constantes de estabilidad β se proporciona en la tabla I.

Se observa que el ion $\text{Au}(\text{SCN})_4^-$ es mucho más estable que el ion $\text{Au}(\text{SCN})_2^-$, y apenas es superado en estabilidad por el ion $\text{Au}(\text{CN})_4^-$.

La disolución de oro en soluciones de tiocianato requiere un oxidante. De la figura 1 se ve que $\text{Au}(\text{SCN})_2^-$ y $\text{Au}(\text{SCN})_4^-$

Complejos del Oro	Constante de estabilidad, β
AuCl_2	10^9
AuCl_4	10^{26}
$\text{Au}(\text{SCN})_2^-$	1.3×10^{17}
$\text{Au}(\text{SCN})_4^-$	10^{42}
$\text{Au}(\text{CS}(\text{NH}_2)_2)_2^+$	9.1×10^{21}
$\text{Au}(\text{CN})_2^-$	2×10^{38}
$\text{Au}(\text{CN})_4^-$	10^{56}
$\text{Au}(\text{S}_2\text{O}_3)_2^{3-}$	10^{26}

Tabla I: Constantes de estabilidad para los principales complejos de oro en solución acuosa

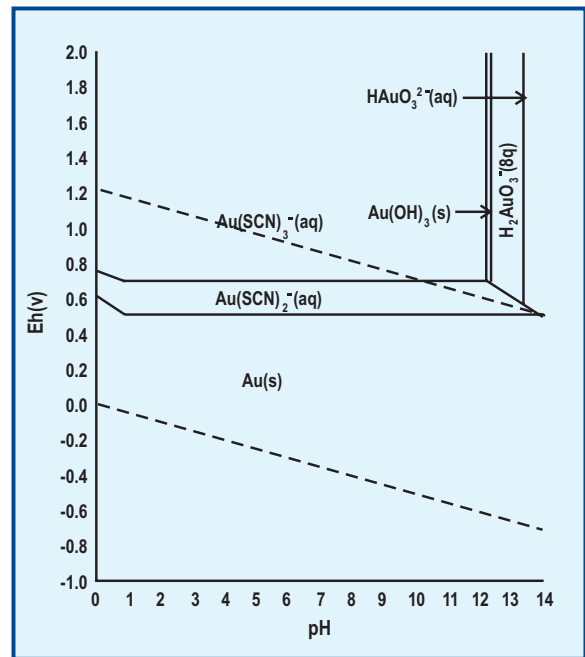


Figura 1: Diagrama Eh-pH para el sistema Au-SCN-H₂O a 25°C, considerando una actividad del tiocianato de 10⁻¹ y la actividad de las especies de oro disueltas de 10⁻⁵.

son las más importantes especies y únicas apareciendo en el área predominante. Termodinámicamente, bajo condiciones calculadas, el potencial más bajo para la predominancia de $\text{Au}(\text{SCN})_2^-$ a pH ~2 está alrededor de 600 mV (SHE); y el oro estará estable como $\text{Au}(\text{CN})_4^-$ a un potencial de oxidación arriba de 680 mV (SHE). De acuerdo a esto, el potencial de oxidación para un sistema real de lixiviación Au-SCN con concentración 0,1 M de tiocianato debería ser controlado en el rango de 600-700 mV (SHE).

El oro se disuelve en soluciones de tiocianato a potenciales en los cuales la oxidación de tiocianato ocurre. Termodinámicamente, el tiocianato (SCN^-) no es estable. El tiocianato puede ser oxidado de acuerdo a las siguientes reacciones (3) y (4); y finalmente al producto de oxidación estable de la reacción (5).



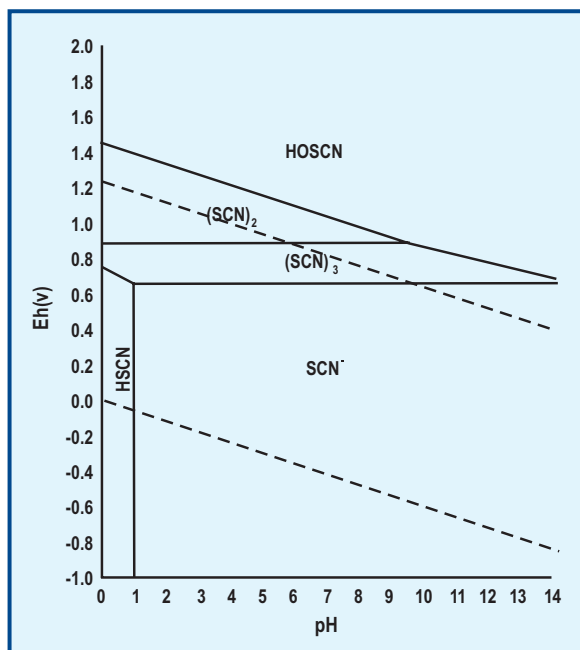


Figura 2: Diagrama metaestable Eh-pH para el sistema SCN-H₂O indicando la formación de tritioanato y tiocianógeno (a 25oC y actividad del tiocianato de 10⁻¹)

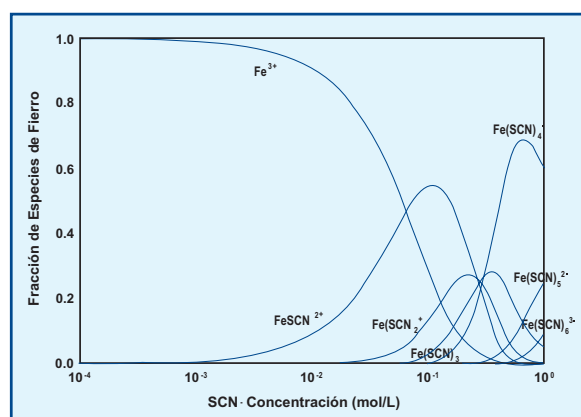
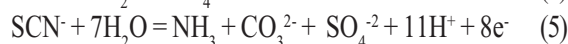


Figura 3: Diagrama de distribución de especies para el sistema Fe+3-SCN-H₂O a 25o C, pH 2 y actividad del Fe+3 de 10⁻¹



Sin embargo, varias especies intermedias al tiocianato son producidas en este proceso de oxidación, las más importantes siendo el tiocianógeno (SCN_2) y el tritioanato (SCN_3^-), como lo sugirió Itabashi y posteriormente confirmado por Barbosa-Filho y Monhemius. La formación de productos intermedios metaestables es indicado en la figura 2. La figura 2 es un diagrama Eh-pH del sistema SCN-H₂O a 25°C, donde las especies intermedias inestables (SCN_2) y (SCN_3^-) son ilustradas para una actividad del tiocianato de 10⁻¹.

Itabashi sugirió que el ion tritioanato (SCN_3^-) es formado

preferencialmente al tiocianógeno en soluciones ácidas de tiocianato. El Tritioanato puede descomponerse a tiocianógeno y tiocianato como muestra la reacción (6):



El tiocianógeno se descompone en soluciones ácidas de acuerdo a la siguiente reacción:



Por tanto, para la lixiviación de oro en una solución de tiocianato ácida, hay competencia entre las velocidades de disolución de oro y oxidación de tiocianato hacia los productos estables finales y/o hacia los productos intermedios metaestables.

En el sistema Au-SCN-H₂O, el oro puede ser disuelto en la región ácida, lo que permite el uso de agentes oxidantes que sean apropiados para el medio ácido. Casi todos los reportes sobre la lixiviación de oro con tiocianato refieren al ion férrico como el más apropiado agente oxidante. En la práctica, usar el ion férrico como oxidante es muy importante en un sistema, aplicado entre otros para la lixiviación de mineral aurífero que ha sufrido un tratamiento de preoxidación tales como la biooxidación o la oxidación a presión.

En presencia del ion férrico, la disolución de oro con tiocianato puede ser escrita como:



En una solución muy ácida, de pH menor a 1, la disolución de oro disminuye debido a la reducción en la actividad del SCN^- , el cual es causado por la protonación a ácido tiocianhidrico (pK_a para $\text{HSCN} = 0,9$) como se muestra en la figura 2. A un pH de alrededor de 3, el ion férrico es precipitado por hidrólisis, resultando en una disminución los potenciales de solución. Por tanto, la condición ácida óptima para la disolución de oro en el sistema Fe^{3+} - SCN^- es a un pH 1-3

El mecanismo de la disolución de oro vía tiocianato con sulfato férrico fue reportado por Barbosa-Filho: *la disolución estuvo directamente relacionada a la oxidación de tiocianato con la reducción del ion férrico a ferroso*. Cuando ion férrico es añadido a una solución de tiocianato acidificada, una reducción espontánea de ion férrico a ferroso

ocurre con la simultánea oxidación de tiocianato. El proceso espontáneo total redox fue llamado autoreducción. Con la adición de ion férrico, el ion tiocianato forma una serie de complejos tanto con los iones férricos como ferrosos. El tiocianato-férrico sufre autoreducción en la cual la reducción espontánea de férrico a ferroso conlleva a la producción de especies intermedias de oxidación $(\text{SCN})_2^-$ y $(\text{SCN})_3^-$, las cuales actúan como oxidantes y agentes acomplejantes del oro.

La adición de ion férrico también resulta en una disminución en la concentración de ion tiocianato libre, puesto que el tiocianato forma complejos con los iones férrico y ferroso. De las constantes de estabilidad de los iones complejos de tiocianato, Tabla II, los complejos hierro-tiocianato son menos estables que los complejos oro-tiocianato. Termodinámicamente, los iones tiocianato prefieren formar complejos tiocianato-oro aún en presencia de especies de hierro.

En una solución férrico-tiocianato, los complejos del ion Fe^{3+} con tiocianato dependen de la concentración de SCN^- y de la relación de moles $\text{Fe}^{3+}/\text{SCN}^-$. Bajas concentraciones de tiocianato libre conllevan a la formación de complejos-de-hierro catiónicos, mientras que altas concentraciones de tiocianato conllevan a complejos aniónicos.

La distribución de las especies de Hierro-Tiocianato varía con la concentración de tiocianato y/o la relación de moles $\text{Fe}^{3+}/\text{SCN}^-$ tal como se muestra en la figura 3. A bajas concentraciones de SCN^- (por ejemplo a 0,01 M SCN^-) con una relación de moles $\text{Fe}^{3+}/\text{SCN}^- = 10$, la especie de hierro predominante es el ion Fe^{3+} . La cantidad relativa de complejos $\text{Fe}^{3+}-\text{SCN}^-$ aumenta cuando la concentración total de SCN^- se incrementa. De la figura 3, complejos $\text{Fe}^{3+}-\text{SCN}^-$ con un alto número de ligantes se incrementa significativamente cuando la

ión Metálico	Complejo	Constante de Estabilidad
Fe^{2+}	FeSCN^+	2.04×10^1
Fe^{3+}	FeNCS^{2+}	1.05×10^3
Fe^{3+}	$\text{Fe}(\text{NCS})_2^+$	2.00×10^5
Fe^{3+}	$\text{Fe}(\text{NCS})_4^+$	3.31×10^5
Fe^{3+}	$\text{Fe}(\text{NCS})_5^{2+}$	1.58×10^6
Fe^{3+}	$\text{Fe}(\text{NCS})_6^{3+}$	1.26×10^6
Au^+	$\text{Au}(\text{SCN})_{\text{aq}}^-$	1.86×10^{15}
Au^+	$\text{Au}(\text{SCN})_2^-$	1.45×10^{19}
Au^{3+}	$\text{Au}(\text{SCN})_4^-$	4.57×10^{43}
Au^{3+}	$\text{Au}(\text{SCN})_5^{2-}$	4.17×10^{43}
Au^{3+}	$\text{Au}(\text{SCN})_6^{3-}$	4.68×10^{43}

Tabla II: Constantes de estabilidad de complejos tiocianatos con hierro y oro a 25° C

Tabla III: Análisis por elementos del mineral determinado por métodos químicos

Elemento	Símbolo	Análisis	
		% en Peso	g/lt
Silicio	Si	35,9	
Azufre	S	11,2	
Hierro	Fe	8,4	
Aluminio	Al	1,7	
Zinc	Zn	0,6	
Plomo	Pb	0,6	
Potasio	K	0,3	
Calcio	Ca	0,2	
Cobre	Cu	0,2	
Arsénico	As		70,5
Plata	Ag		13,4
Oro	Au		7,8
Mercurio	Hg		0,2

Tabla IV : Composición mineralógica del mineral determinada por rayos X y microscopía de luz polarizada

Mineral	Fórmula	% en Peso
Sílice	SiO_2	76,7
Pirita	FeS_2	17,7
Esfalerita	ZnS	0,9
Galena	PbS	0,6
Calcopirita	CuFeS_2	0,5
Arcillas y otros	-	3,6

concentración de SCN^- total se aproxima a 1 M y una relación de moles de Fe^{3+} a SCN^- se reduce a 1/10.

Las velocidades de autoreducción de los complejos férrico-tiocianato varían con el número de ligantes tiocianato. Se reportó que el comportamiento global del proceso de autoreducción es el mismo sea el complejo predominante inicialmente catiónico o sea aniónico; sin embargo, complejos $\text{Fe}^{3+}-\text{SCN}^-$ con alto número de ligantes provocaron más altas velocidades de autoreducción.

Para la operación satisfactoria de un sistema de lixiviación de oro es importante buscar composiciones de solución apropiadas en la cual la velocidad de la autoreducción Fe^{3+} -tiocianato coincida con la velocidad de disolución de oro. Bajo esta condición, las especies intermedias activas, $(\text{SCN})_3^-$ en particular, continúan apoyando la reacción de oxidación y acomplejamiento con oro; y así, la degradación de tiocianato podría ser minimizada.

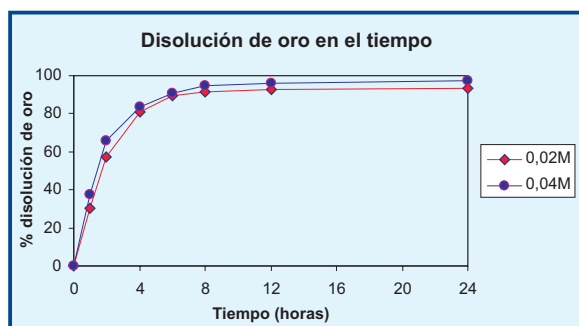


Figura 4: Disolución de oro vs. Tiempo a diferentes concentraciones iniciales de cianuro de sodio, 23o C, pH 11, 400 rpm, y 25% de sólidos en peso.

Tabla V: Resultados después de 24 horas de lixiviación con tiocianato a 23C, pH 2,400rpm, 25% de sólidos en peso para el mineral sin pre -tratamiento y 20% de sólidos en peso para el mineral con pre-tratamiento

Prueba	[SCN] ₀ M	[Fe ⁺³] ₀ M	% de Au disuelto	?[Fe] [*] %	Cons. de NaSCN, Kg/t
Sin pre-tratamiento	0,05	0,04	18,3	10,0	0,6
	0,05	0,08	31,2	10,1	1,1
	0,10	0,04	40,5	13,0	0,6
	0,10	0,08	49,5	12,3	1,1
Con pre-tratamiento	0,05	0,04	63,5	-	0,26
	0,05	0,08	66,3	-	0,26
	0,10	0,04	84,6	-	0,52
	0,10	0,08	84,3	-	0,39

* Incremento de el hierro total en la solución

Parte experimental

En la *Universidad de Utah*, se realizó una investigación cuyo propósito fue estudiar y analizar la posibilidad de usar el sistema tiocianato-sulfato férrico para disolver oro de un mineral de pirita aurífera y determinar las condiciones necesarias para alcanzar una disolución de oro satisfactoria. El mineral a ser usado en esta investigación proviene del depósito Portovelo en Sudamérica.

Características del mineral. Los análisis elemental y mineralógico del mineral son mostrados en las tablas III y IV respectivamente. El análisis de oro y plata fue realizado por ensayos al fuego, el azufre fue determinado por el método LECO, y los demás elementos fueron analizados por digestión ácida de una muestra mineral representativa y AAS. El análisis mineralógico fue hecho por difracción de rayos X y microscopía de luz polarizada en combinación con un balance químico. Para una distribución de tamaño de partícula con un d_{80} de 74 μm , la distribución de oro fue 38,8% como oro libre (determinado por amalgamación), 56,9% como oro encapsulado en sulfuros y el remanente 4,3% como oro encapsulado en cuarzo y silicatos.

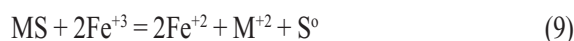
Procedimientos de lixiviación. Realizados con el mineral que fue molido y secado teniendo una distribución de tamaño con un d_{80} de 74 μm . Cada prueba de lixiviación comenzó usando 250 g de mineral más 750 cm^3 de solución de lixiviación (25% de sólidos en peso) en un recipiente de 1 litro abierto y a temperatura ambiente ($23^\circ \pm 2^\circ\text{C}$). La pulpa fue agitada a 400 rpm con un agitador de acero inoxidable dirigido por un motor elevado. En algunos experimentos se deseó pretratar químicamente al mineral. El propósito del pretratamiento fue disolver los sulfuros metálicos y liberar el oro asociado con estos minerales. El mineral molido fue oxidado con ácido nítrico concentrado (69,5% en peso) entre 60 a 80° C en un reactor agitado a 200 rpm para conservar los sólidos en suspensión. Tras 6 horas de tratamiento, casi todos los sulfuros metálicos fueron disueltos con sólo los silicatos y oro remanentes. Este mineral oxidado fue lavado totalmente para eliminar cualquier residuo ácido y luego fue secado. Debido al pre-tratamiento químico, el peso del mineral disminuyó en 22,5%. El pre-tratamiento químico de 250 g de mineral produjo aproximadamente 190 g de material oxidado que fue añadido a los 750 cm^3 de solución de lixiviación (20% de sólidos en peso).

Lixiviación usando cianuro. La figura 4 muestra los resultados para la lixiviación de oro a concentraciones iniciales de cianuro de sodio, esto es, $[\text{NaCN}]_0$ de 0,02M (0,98 g/L) y 0,04M (1,96 g/L), 23°C y pH 11. En las primeras 6 horas de lixiviación, 89,6% del oro presente en el mineral fue disuelto en un una solución con $[\text{NaCN}]_0$ de 0,02M. En las restantes 18 horas de lixiviación, un adicional 4,1% fue disuelto, resultando en 93,7% la disolución de oro en 24 horas, con un consumo total de cianuro de sodio de 0,36 kg/t. Un incremento de $[\text{NaCN}]_0$ a 0,04 M no incrementó significativamente la disolución total de oro. Durante las primeras 6 horas, 91,0% del oro presente en el mineral es disuelto, y durante las restantes 18 horas de lixiviación, un 6,6% adicional es disuelto, resultando en 97,6% la disolución de oro en 24 horas, con un consumo total de cianuro de sodio de 1,50 kg/t. Como era de esperarse, la velocidad de lixiviación es bastante insensible a la concentración de cianuro. Bajo estas condiciones, la velocidad de lixiviación depende de la disponibilidad de oxígeno (Thompson y colaboradores, 1999).

Lixiviación usando tiocianato. Las variables para este estudio fueron la concentración del lixivante añadido como tiocianato de sodio (NaSCN), la concentración del oxidante añadido como sulfato férrico nonahidratado ($\text{Fe}(\text{SO}_4)_3 \cdot 9\text{H}_2\text{O}$), y un pretratamiento químico al mineral tal como se muestra en la tabla V. Todos los experimentos fueron realizados a pH 2.

Tiocianato libre fue analizado usando el método Volhard: una cantidad conocida de nitrato de plata en exceso es añadida a la solución de tiocianato formando un precipitado blanco de tiocianato de plata. El exceso es titulado con tiocianato usando una sal férrica como indicador. El punto final de la titulación está dado cuando la solución cambia su color de claro a naranja pálido debido a la formación de complejos tiocianato- Fe^{+3} de color rojo.

Lixiviación con tiocianato sin pretratamiento químico del mineral. La figura 5 ilustra el efecto del $[\text{Fe}^{+3}]_0$ y $[\text{SCN}]_0$ sobre la disolución de oro total del mineral sin pretratamiento químico. Los resultados muestran que para el rango de variables estudiadas tanto de $[\text{SCN}]_0$ y del $[\text{Fe}^{+3}]_0$, 49,5% es la mayor disolución de oro, alcanzada con las máximas concentraciones de reactivos experimentadas. El análisis de las soluciones demostraron también que hubo un incremento de hierro total en solución ($\Delta[\text{Fe}]$) de aproximadamente 10 a 13% tras 24 horas de lixiviación. Esto significa que el sistema ácido tiocianato-sulfato férrico no solamente lixivió oro del mineral sino también disolvió hierro de la pirita. Esto no es sorpresa, ya que es sabido que en medio ácido, el ion férrico lixivía sulfuros para producir azufre elemental bajo ciertas circunstancias (Dutrizac y Mac Donald, 1974; Free, 1992) de acuerdo a:



Lixiviación usando tiocianato con pre-tratamiento químico del mineral: la figura 6 ilustra el efecto del $[\text{Fe}^{+3}]_0$ y $[\text{SCN}]_0$ sobre la disolución de oro total del mineral con pre-tratamiento químico. Se observa que, para el rango de variables estudiadas, la disolución de oro fue bastante dependiente del $[\text{SCN}]_0$ y menos dependiente del $[\text{Fe}^{+3}]_0$. Para ambas concentraciones de $[\text{Fe}^{+3}]_0$, la más alta disolución de oro fue alcanzada con el mayor valor del $[\text{SCN}]_0$ (0,10 M). La concentración inicial del ion férrico tuvo un efecto pequeño en la disolución de oro. Para todas las combinaciones de $[\text{SCN}]_0$ y $[\text{Fe}^{+3}]_0$ estudiadas, el porcentaje de disolución de oro total obtenido de un mineral con pre-tratamiento fue mayor que el de mineral sin pre-tratamiento químico. Para el mineral con pre-tratamiento químico, un máximo de 84,6% del oro presente el mineral pudo ser lixivado en 24 horas, comparado con un máximo de 49,5% que se logró para el mineral sin pre-tratamiento. La velocidad de disolución fue más rápida durante las dos primeras horas de lixiviación para el mineral sin pre-tratamiento con relación a la de mineral con pre-tratamiento químico. Durante la siguiente hora, la velocidad de disolución disminuyó para el

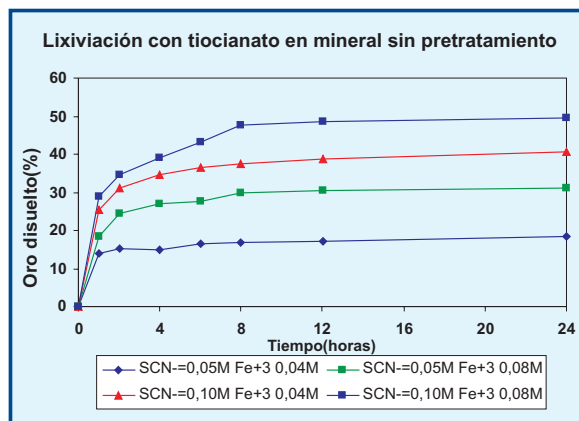


Figura 5: Disolución de oro vs. Tiempo para mineral sin pre-tratamiento químico a diferentes concentraciones iniciales de ion tiocianato e ion férrico, 23o C, pH 2, 400 rpm, y 25% de sólidos en peso.

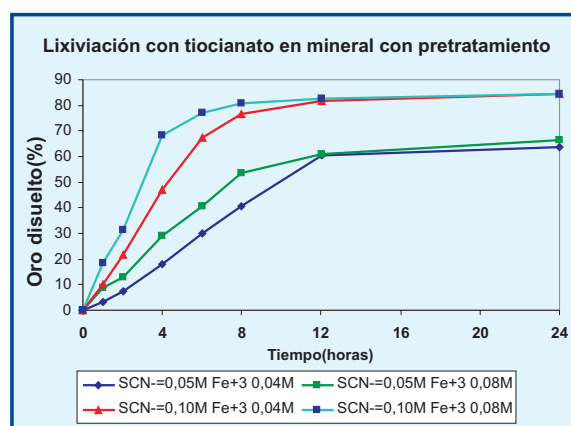


Figura 6: Disolución de oro vs. Tiempo para mineral con tratamiento químico a diferentes concentraciones iniciales de ion tiocianato e ion férrico, 23o C, pH 2, 400 rpm, y 25% de sólidos en peso.

mineral sin pre-tratamiento químico hasta que alcanzó un equilibrio a las 4 horas de lixiviación para $[\text{SCN}]_0$ de 0,05 M y a las 8 horas de lixiviación para $[\text{SCN}]_0$ de 0,10 M. En el caso del mineral con pre-tratamiento químico, la tendencia de disolución de oro fue lineal durante las primeras 12 horas para $[\text{SCN}]_0$ de 0,05 M y durante las primeras cuatro horas para $[\text{SCN}]_0$ de 0,10 M.

Lixiviación con tiocianato después de pretratamiento de bioxidación. Como segundo caso de investigación Newmont trabajó con mineral procedente de una de sus minas llamada Lone Tree, localizada en la zona norte Nevada. El mineral fue de naturaleza sulfurosa refractaria con una ley de oro de 2,13 g/t, el cual fue triturado, 100% menos 101,6 mm y bioxidado con bacterias conteniendo acidithiobacillus ferrooxidans, leptospirillum ferrooxidans por un periodo de 258 días en una columna a 20-23° C. El pre-tratamiento de bioxidación oxidó 30,6% de azufre del sulfuro. El mineral bioxidado fue luego usado para las pruebas de lixiviación con tiocianato.

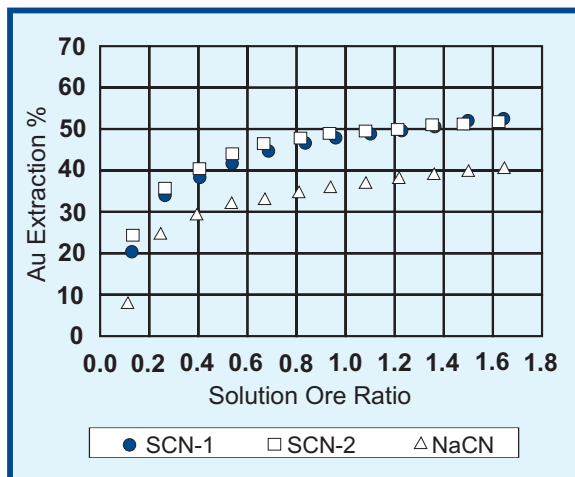


Figura 7: Extracciones de oro en lixiviación usando columnas

SCN-1: Columna de lix. ácida con solución alimento de $[SCN^-]=0,01M$ y $[Fe^{3+}]=0,1 M$, a pH 1,5-2.

SCN-2: Columna de lix. ácida con solución alimento de $[SCN^-]=0,02M$ y $[Fe^{3+}]=0,1 M$, a pH 1,5-2.

NaCN: Columna de lix. alcalina con soluc. alimento de $NaCN=0,25 g/L$ y pH 10,5-11.

Los resultados indicaron que a pH 2 con concentraciones iniciales de 0,05 M de tiocianato y 0,1 M de ion férrico, 64% de oro fue disuelto luego de 24 horas de lixiviación. Tanto la cinética de lixiviación de oro como la extracción de oro total disminuyeron ligeramente con la disminución en la concentración de tiocianato de 0,05 M a 0,02 M. El incremento de la concentración inicial de ion férrico desde 0,1 M a 0,2 M tuvo pequeño efecto sobre la disolución de oro. La extracción de oro con tiocianato fue ligeramente más baja que la extracción vía cianuración (69%).

Pruebas de lixiviación con tiocianato en 2 columnas fueron realizadas usando mineral triturado biooxidado con un tamaño de partícula de menos 38 μm . Para efectos de comparación, una columna para lixiviación con cianuro también fue usada. Soluciones de tiocianato de potasio (con sulfato férrico añadido como oxidante) acidificadas a pH ~ 2 fueron preparadas y aplicadas a un rate de aproximadamente 9,8 L/h- m^2 en la parte superior de las columnas. La extracción de oro usando concentraciones de SCN^- 0,01 y 0,02 M fue de 52% luego de 16 días de lixiviación. La extracción de oro continuó incrementándose hasta el fin del proceso de lixiviación. La extracción de oro de la columna de lixiviación con tiocianato fue 10% mayor que la obtenida en la columna de lixiviación con cianuro. El consumo de tiocianato de potasio fue moderado, en el rango de 0,6 a 0,8 kg/ton-mineral, más alto que el consumo de cianuro de sodio (0,33 Kg/t).

Conclusiones

Típicas condiciones de lixiviación para el sistema tiocianato son:

Concentración de tiocianato de sodio: 10 g/L
 Concentración de ion férrico: 2-5 g/L
 pH: 1-3
 Potencial de solución: 600-700 mV (SHE)

A altas temperaturas ($\sim 85^\circ C$) la velocidad de disolución de oro se incrementa 10 veces hasta una velocidad que es ligeramente más alta que la obtenida con la tiourea a temperatura ambiente (Barbosa-Filho y Monhemius, 1994b).

Adición de pequeñas cantidades de yodo o yoduro demostró incrementar la velocidad de disolución de oro a temperatura ambiente. Este efecto fue atribuido a la formación de especies yodo-tiocianato mezcladas relativamente estables, tales como I_2SCN^- y $I(SCN)_2^-$, las que participan en el mecanismo de disolución de oro (Monhemius y Ball, 1995).

En un reciente estudio Wan y colaboradores(2003) lixivieron con tiocianato un mineral sulfuro refractario previamente biooxidado realizándose pruebas en columnas. Esta lixiviación produjo recuperaciones de oro más altas que las obtenidas en pruebas paralelas de lixiviación usando cianuro, aunque el consumo de tiocianato fue mayor (0,8 kg/t KSCN versus 0,33 kg/t NaCN).

El uso de tiocianato en medio ácido para lixiviar mineral aurífero refractario que ha pasado por biooxidación u oxidación química se muestra *prometedora*. Los resultados aseguran el necesario potencial para el desarrollo de un proceso práctico a nivel industrial. Las extracciones de oro con tiocianato son comparables a la lixiviación con cianuro. Aunque el consumo de tiocianato es mayor que el de cianuro, su nivel es aún aceptable y por tanto es una alternativa a tomar en cuenta considerando que el tiocianato posee mejores características *medioambientales* comparadas con las del cianuro y a su vez mejores características económicas comparadas con las de la tiourea.

Referencias

Munoz, G.A. y Miller, J.D., Noncyanide leaching of an auriferous pyrite ore, Minerals and Metallurgical Processing, 2000, Vol. 17, No.3, 198-204.

W. Staunton y colaboradores, Alternative lixivants to cyanide in gold processing, Gold extraction short course Calgary COM 2005, Canada, 25-27

Wan, R.Y., Brierley, J.A., Acar, S. y LeVier, K.M., Using thiocyanate as lixivants for gold recovery in acidic environment, Hydrometallurgy 2003-Fifth Inter. Conference in honor of Professor Ian Ritchie-Volume 1, 105-121

Marsden, J., and House, I., 1992, The chemistry of gold extraction, Ellis Horwood, London, 302-303

Estudio de la resistencia a la abrasión de bajo esfuerzo

Según ASTM G65 de tres recubrimientos duros aplicados mediante soldadura

Ing. José Sakihama

sakihama.jlh@pucp.edu.pe

Dr. Ing. Carlos Fosca*

cfosca@pucp.edu.pe

*Profesor Departamento de Ingeniería

Pontificia Universidad Católica del Perú

Resumen

El presente artículo resume un estudio realizado para evaluar la resistencia al desgaste abrasivo de tres recubrimientos duros comerciales empleando el ensayo de desgaste de la norma ASTM G65.

Los resultados de los ensayos llevan a la conclusión de que el factor que tiene mayor influencia en la determinación de la resistencia al desgaste, mediante este ensayo, es el contenido de carbono, pues condiciona de manera especial la microestructura del recubrimiento. Por otro lado, la dureza sólo da una aproximación muy primaria, pues se deben tener en cuenta otros factores como la microestructura (distribución y naturaleza de carburos, matriz, etc.), composición química y otras más, cuyas interrelaciones son complejas.

La dilución es otro de los factores que afecta la resistencia al desgaste, pues puede causar diferencias en la composición química y la microestructura presente en la primera y segunda capa del depósito. Al aumentar la fracción de volumen de los carburos se aumentó también la resistencia a la abrasión de bajo esfuerzo.

Introducción

Existen varios tipos de desgaste, sin embargo los más representativos son 4, el desgaste abrasivo, el desgaste adhesivo y los desgastes debidos al impacto y a la corrosión. De éstos, el desgaste abrasivo es el más común en la industria, el cual a su

vez, se puede clasificar en tres tipos diferentes, los cuales son: Abrasión Pulverizante, Abrasión Penetrante y la Abrasión de Bajo Esfuerzo. Entre los principales factores que influyen en el desgaste por abrasión de bajo esfuerzo podemos encontrar la velocidad, la carga, la distancia recorrida, el acabado superficial del material atacado, su dureza y las características del grano abrasivo.

Una manera de recuperar económicamente las piezas que han sufrido desgaste, es empleando depósitos de Recubrimientos Duros, sin embargo hay que tener mucho cuidado en la elección del depósito a utilizar y en el procedimiento de soldadura empleado, ya que de éstos dependerá el comportamiento del recubrimiento frente al desgaste. Esta característica está en función de su microestructura, la cual depende a su vez de la composición química y del ciclo térmico al que haya sido sometido. Las tres estructuras metalúrgicas más importantes, presentes en los depósitos de soldadura para los Recubrimientos Duros son: la Martensita, la Austenita y los Carburos.

Proceso experimental

Preparación de las Probetas

Las probetas se fabricaron usando Soldadura de arco eléctrico Manual (SMAW), el metal base seleccionado fue una platina de acero ASTM A 36 de 4" x ¾. Para el procedimiento de soldeo no se usó precalentamiento pero sí se tuvo especial cuidado en que la temperatura de interfase no exceda los 200° C. El enfriamiento de los cupones se realizó en cal, para minimizar los riesgos de fisuración. La composición química de los electrodos y los parámetros de soldeo se muestran en las tablas 1 y 2 respectivamente.

La norma de ensayo de desgaste pide que las pro-

Material	C	Cr	Mo	Si	Mn	Nb	W	V	Fe
A	4.5	23.5	6.5	-	-	5.5	2.2	1.5	Resto
B	3.5	28	-	1.2	2.5	-	-	-	Resto
C	0.4	9.5	0.6	1	1	-	-	1.5	Resto

Tabla 1. Composición Química de los metales de soldadura [1]

Electrodo	Corriente (A)	Voltaje (V)	Velocidad de avance (mm/s)	Aporte de calor (J/mm)	Número de la capa soldada
A	160	28	4.6	974	1
	160	23	2.8	1314	2
B	150	24	2.7	1333	1
	150	25	2.8	1339	2
C	145	25	2.4	1510	1

Tabla 2. Parámetros de soldadura de las probetas para ensayo de desgaste

betas sean de una forma rectangular con las siguientes dimensiones 76 x 25 x 12.7 mm.

Ensayo de Desgaste

Para la determinación de la Resistencia a la Abrasión de Bajo Esfuerzo, se tomó como referencia la norma ASTM G 65 «Método de Ensayo estandarizado para evaluar la Abrasión usando una rueda de caucho con arena seca» empleándose el procedimiento «A». Como material abrasivo se empleó una arena de fundición, con características similares a la arena de Ottawa (arena especificada por la norma).

Antes y después de cada ensayo de desgaste se realizó la limpieza ultrasónica de las probetas y fueron pesadas en una balanza analítica con una precisión de 0.0001 gramos.

Análisis Metalográfico

Se analizaron las superficies que fueron sometidas al desgaste y las secciones transversales de las probetas para analizar el cambio microestructural que ocurre desde el material base, pasando por la zona afectada por el calor (ZAC) hasta ver la primera y segunda capa del recubrimiento.

Las probetas fueron atacadas con distintos reactivos y analizadas en un microscopio óptico a aumentos de 100, 200, 500 y 1000X. Se atacaron con diferentes reactivos, para el recubrimiento C se usó Nital al 4% y para los recubrimientos A y B se utilizó un reactivo denominado Vilella y un ataque coloreado con un reactivo llamado Klemm. Por último se hizo un estudio de las superficies

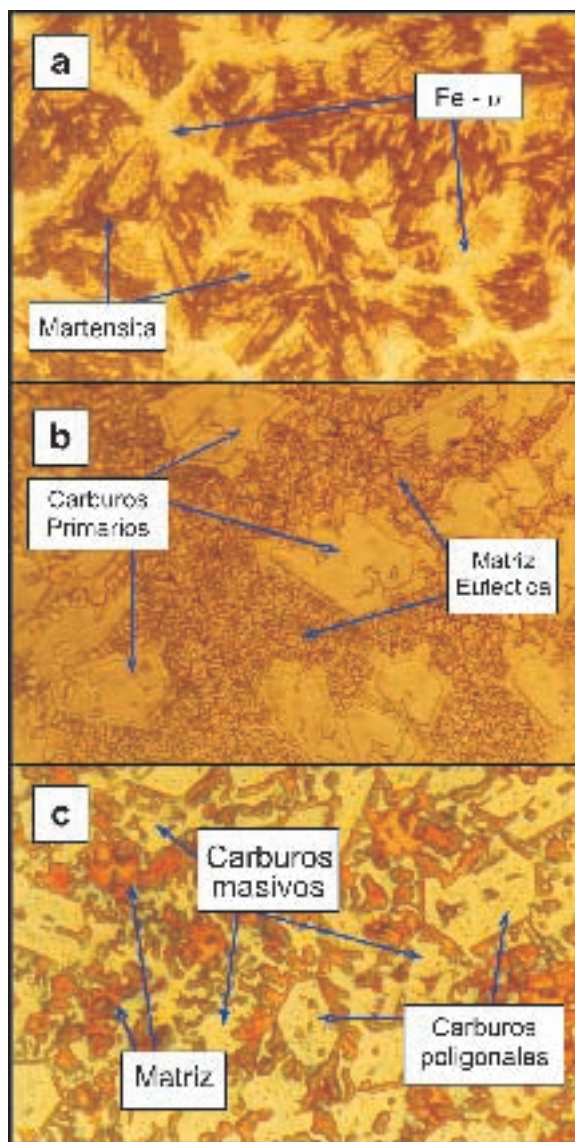


Figura 1. Microestructuras de las zonas sometidas a desgaste de los recubrimientos duros, (a) Recubrimiento C, (b) Recubrimiento B, (c) Recubrimiento A.

desgastadas en el Microscopio Electrónico de Barrido (MEB) del laboratorio de Materiales de la Sección de Ingeniería Mecánica de la PUCP, gracias a esta herramienta se pudo medir el tamaño de los carburos y también definir la proporción carburo – matriz en cada uno de los recubrimientos por el método de conteo de puntos.

Ensayo de Dureza y Microdureza

Para el ensayo de dureza se usó el método de ensayo Rockwell en la escala C.

Para determinar las durezas en las fases encontradas y poder hallar la relación entre la dureza de la matriz y los carburos con los resultados del ensayo de desgaste, se realizó un Ensayo de Mi-

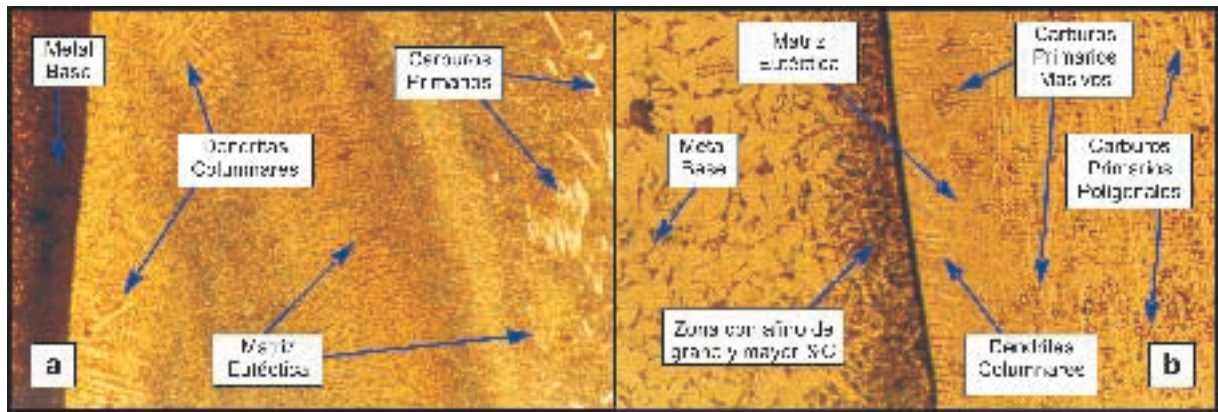


Figura 2. Imagen a 100X de la microestructura de la interfase entre el metal base y el metal de aporte del recubrimiento duro. (a) Recubrimiento B, (b) Recubrimiento A.

cro dureza Vickers. Inicialmente se usó una carga de 300 g y 100 G durante 30 segundos.

Resultados de los ensayos

Análisis Metalográfico

En la figura 1a, se muestra la microestructura del recubrimiento duro **C**, que fue depositado en una sola capa. La imagen muestra una estructura acicular oscura y una clara, las cuales están rodeadas por una red de ferrita. En base a los resultados obtenidos en los ensayos de microdureza y por la morfología que presenta permite inferir que dicha estructura acicular es martensita.

Se puede observar en la figura 1b la microestructura de la segunda capa del depósito **B**, que está formada por carburos primarios de forma poligonal envueltos en una matriz eutéctica.

En la figura 1c, se muestra la microestructura del recubrimiento duro **A**, este recubrimiento era el que mayor contenido de Carbono poseía (4.5%) y mayor contenido de elementos aleantes (39.2%), distintos de carburos primarios, unos de forma poligonal, que podrían ser carburos de Cromo, y otros de forma masiva. Todos estos elementos se encuentran envueltos en una matriz eutéctica.

Al momento de analizar las interfases (desde el metal base hasta la segunda capa del recubrimiento), se encontró que existía cierta variación en la microestructura conforme nos íbamos alejando del metal base, con la fórmula 1 se determinó el porcentaje medio de carbono presente en la primera

y segunda capa del metal de soldadura diluido:

$$X_W = (D_A)(X_A) + (1-D_A)(X_{APORTE}) \quad (1)$$

X_W : Porcentaje medio del elemento X en el depósito (para nuestro caso %C)

X_A : Porcentaje del elemento X en el metal base (0.26% C, composición del acero ASTM A36)

X_{APORTE} : Porcentaje del elemento X presente en el metal de aporte (3.5% C)

DA : Porcentaje de dilución del metal base expresado como decimal (15%, para los casos de recubrimientos)

Con lo cual se tiene para la primera capa:
 $(0.15)(0.26)+(0.85)(3.5)=3.01\%C$

Y en la segunda capa se tendrá:
 $(0.15)(3.01)+(0.85)(3.5)=3.43\%C$

Como se puede observar, existirán diferencias en los contenidos de carbono entre la primera y segunda capa, estas diferencias juegan un rol importante en las microestructuras que se formarán en el depósito. «La microestructura de un recubrimiento depositado de alto porcentaje de cromo exhibe dendritas columnares cerca de la interfase con el metal base»^[2]. Esto se puede observar en las figuras 2a (recubrimiento B) y 2b (recubrimiento A), donde al lado izquierdo se aprecia la microestructura del metal base, luego una zona con dendritas columnares inmediata a la interfase, una zona de transición en el medio (sólo matriz eutéctica) y recién al lado derecho de la imagen se aprecia que aparecen carburos primarios (de color blanco) envueltos en la matriz eutéctica. La diferencia entre las mi-

Rec.	Microestructura	HV0.1
C	Estructura acicular CLARA	616
	Estructura acicular OSCURA	685
B	Zona de granos Dendríticos	310
	Zona Eutéctica	330
	Carburos Poligonales	622
A	Zona de la matriz	794
	Carburos Masivos	1209
	Carburos Poligonales	943

Tabla 3. Resultados de Ensayos de Microdureza Vickers con una carga de 300 g (rec. B y C) y una carga de 100 g (rec. A) aplicada durante 30 segundos.

PROBETA	DUREZA ROCKWELL C
ASTM A-36	20.0
C	59.7
B	59.3
A	67.7

Tabla 4. Resultados del Ensayo de Dureza Rockwell C del metal base y las probetas de recubrimiento duro sometidas al Ensayo de Desgaste.

PROBETA	Masa Inicial (g)	Masa Final (g)	Pérdida de masa (g)
A-36	192.1436	188.7033	3.4403
C	202.0690	199.2407	2.8283
B	200.9217	200.7578	0.1639
A	203.0270	202.9175	0.1095

Tabla 5. Resultados del Ensayo de Desgaste para las muestras con recubrimiento

microestructuras a lo largo del metal de aporte cerca de la interfase y la que está lejos de ésta se debe principalmente al efecto de la dilución y el ciclo térmico experimentado por el metal depositado durante la soldadura.

Ensayo de Microdureza y Dureza

El ensayo de microdureza se realizó con la finalidad de determinar la diferencia de durezas entre la matriz y los carburos presentes en el recubrimiento, en la tabla 3 se muestran los resultados obtenidos, mientras que la tabla 4 presenta los resultados obtenidos en los ensayos de dureza.

Ensayo de Desgaste

En la tabla 5 se presentan los resúmenes de los resultados obtenidos en los ensayos de desgaste, éstos se

muestran en función de la pérdida de masa, y no en la pérdida de volumen como lo contempla la norma.

Imágenes obtenidas con Microscopía Electrónica de Barrido (MEB)

En la figura 3 se puede apreciar mediante MEB (100X) la diferencia entre las 3 huellas de desgaste producidas en cada uno de los recubrimientos duros después de ejecutado el ensayo según la norma ASTM G65. La huella dejada en el recubrimiento **C** (figura 3a) presenta unos canales o surcos longitudinales continuos y profundos producto del paso del abrasivo a lo largo de la probeta, estos canales por el contrario no son muy notorios en los recubrimientos **B** y **A** (figuras 3b y 3c), en los cuales tan solo se aprecia una especie de rayones discontinuos a lo largo de la imagen.

En el caso de los recubrimientos **B** y **A**, estas figuras muestran como funciona el mecanismo del desgaste abrasivo en estructuras heterogéneas, en el cual se asume que el desgaste debido a las partículas abrasivas avanza preferentemente desgastando la matriz, picándola y luego cavando en ella. Esta acción gradualmente alcanza a los carburos primarios por tanto los carburos son los que tienen que soportar las cargas de las partículas abrasivas.

Aparentemente se aprecia una superficie más desgastada en la figura 3c (recubrimiento **A**) que en la 3b (recubrimiento **B**). Sin embargo los resultados del ensayo de desgaste arrojaron que el recubrimiento **A** es más resistente, el hecho de que se aprecie una superficie más rugosa, implica que los carburos no han sido desgastados y tampoco desprendidos del material, como sucede con el recubrimiento **B**.

Con ayuda del MEB se pudo determinar el tamaño de algunos de los carburos presentes en las microestructuras de los depósitos, es así como se encontró que en el depósito del recubrimiento **B** los carburos primarios tenían tamaños desde 18 mm hasta 56 mm, siendo estos carburos de mayor tamaño comparados con los del recubrimiento **A** que tenían un tamaño promedio de 13 mm. Sin embargo, se encontró que los carburos en el recubrimiento **A** estaban distribuidos de una manera más uniforme que en el recubrimiento **B**.

Por otro lado, también fue posible hallar, por el método de conteo de puntos, la fracción de volumen ocupada por los carburos en la matriz, los resultados se muestran en la tabla 6 para un área de 36 x 34 mm aproximadamente.

Análisis de los resultados

Ensayo de Desgaste

La resistencia al desgaste se midió en función de la pérdida de masa, representando una menor pérdida una mayor resistencia al desgaste. Luego de

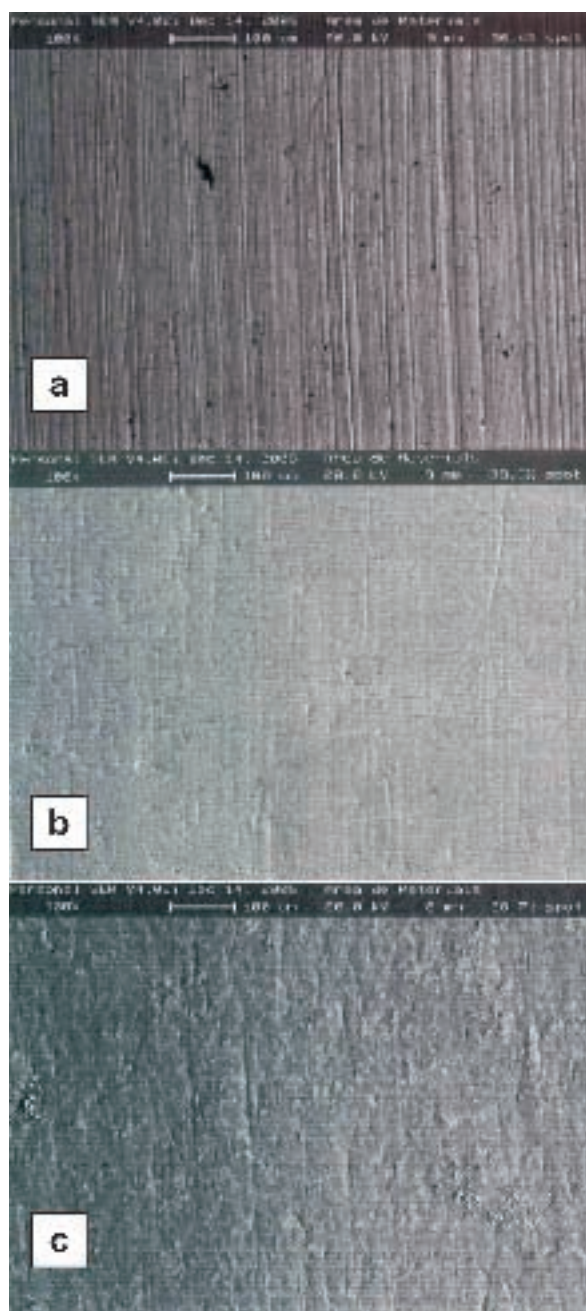


Figura 3. Imágenes obtenidas en el MEB de las huellas de desgaste dejadas por el ensayo ASTM G65. a) Material C b) Material B c) Material A.

realizar los ensayos de desgaste, se encontró que todos los recubrimientos duros elevaron la resistencia al desgaste del material base (ASTM A-36), siendo los valores los que se muestra en la figura 4.

Influencia de la Dureza

En la actualidad, los consumibles de recubrimientos duros son reconocidos generalmente por su alta dureza, como altamente resistentes a la abrasión, sin embargo, Kotecki^[3] menciona que la dureza sólo da una aproximación muy grosera de la resistencia a la abrasión de un material, pues no es ciertamente un indicador absoluto de ella.

En la presente investigación se encontró que 2 materiales distintos (B y C), poseían una dureza similar, aproximadamente 60 HRC, sin embargo, luego de llevar a cabo el ensayo de desgaste, se encontró que éstos presentaron valores de pérdidas de masa muy distintos, 3 g para el recubrimiento C y 0.2 g para el recubrimiento B, una diferencia de casi 15 veces menor como se aprecia en la figura 5. Esta diferencia se podría explicar al comparar las microestructuras de ambos materiales, en el caso del material C tenemos martensita con ferrita y para el caso del material B, se tuvo una microestructura heterogénea constituida por carburos primarios envueltos en una matriz eutéctica

Recubrimiento		Fracción de volumen	
C		1.7%	
B		30.0%	
A	Carburo Poligonal	59.6%	68.4%
	Carburo Masivo	8.8%	

Tabla 6. Fracción de volumen de los carburos en cada recubrimiento analizado en el MEB

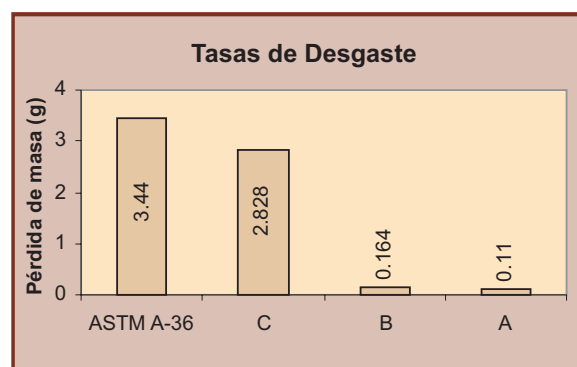


Figura 4. Tasas de desgaste para los diferentes materiales ensayados

(similar para la muestra A). Como se observa, la martensita (muestra C) no ofrece una gran resistencia a la abrasión frente a una matriz eutéctica con carburos primarios (muestras A y B).

Efecto de la Dilución

Los diferentes electrodos de recubrimientos duros, sea por los parámetros del proceso de soldadura o sea porque se use 1 o 2 capas con un mismo electrodo, tienen una amplia gama de coeficientes de resistencia a la abrasión y esto se puede atribuir en mayor razón a la variación en la composición química del depósito de soldadura, particularmente el porcentaje de carbono y la microestructura, que se ven reflejados en los tipos de carburos y sus fracciones volumétricas, así como la estructura de la matriz de los depósitos.

La dilución, como se aprecia en el caso del depósito del recubrimiento B, puede afectar al contenido de carbono y aleantes en la primera (y a veces segunda) capa del depósito. Algunos autores^[3] mencionan ejemplos en los que un mismo consumible depositado sobre un acero de medio carbono produjo austenita primaria en la primera capa, una estructura casi eutéctica en la segunda y recién en la cuarta capa aparecieron carburos primarios.

Si se necesitara la resistencia a la abrasión de un carburo primario en la primera capa, entonces se debe emplear un consumible con muy alto contenido de carbono, o el proceso de soldadura debe ser modificado para limitar la dilución. Esto puede darse con un traslape entre pases o el uso de una cama intermedia (enmantequillado).

Influencia del Contenido de Carbono

El efecto del carbono sobre la resistencia a la abrasión es la característica más influyente en este estudio, como se ve en la figura 6, provee un buen indicador de cómo varía ésta. Esto se debe básicamente a que es un factor determinante en la microestructura del depósito.

Influencia del Contenido de Cromo

Al igual que el porcentaje de carbono, el gráfico

de Porcentaje de Cromo vs Desgaste (figura 7) la influencia del contenido de cromo sobre la resistencia al desgaste es aumentarla. Sin embargo, de los resultados del estudio se observa que la pérdida de peso llega a un mínimo para luego subir nuevamente. Investigaciones realizadas por otros autores mencionan que no existe una relación muy estrecha entre el contenido de cromo y la resistencia al desgaste^[3]. Es muy probable que el cromo tenga una mayor influencia en casos en que la corrosión es un factor muy importante como en la abrasión húmeda.

Kotecki^[3], diseñó un diagrama para identificar las microestructuras en función del porcentaje de carbono y sus contenidos aleantes (figura 8), es así como contenidos de bajo carbono entre 0.3% y un poco más de 1% pueden pertenecer a microestructuras de acero al manganeso austenítico o martensíticas como es el caso del depósito del recubrimiento C. Con el aumento del contenido de carbono en el rango de 2 a 3% C, se tendrá austenita primaria y una fase eutéctica (austenita

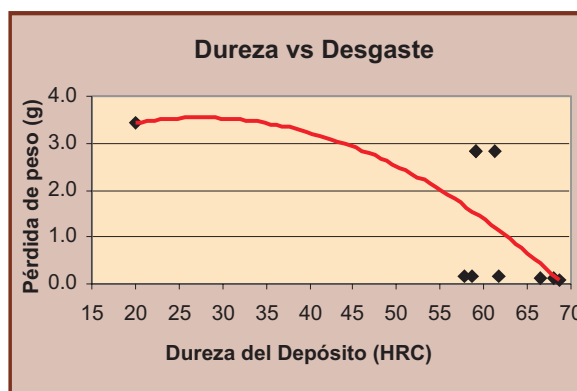


Figura 5. Pérdida de peso vs. Dureza del depósito

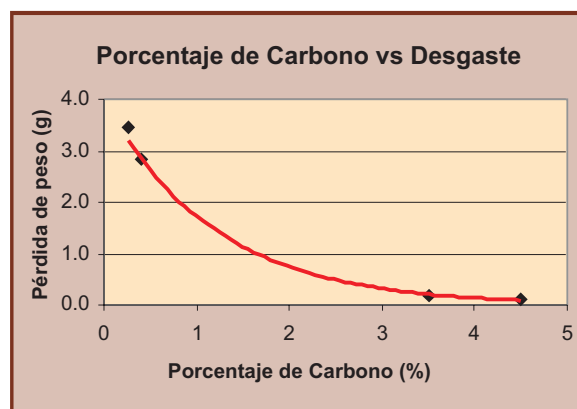


Figura 6. Pérdida de peso vs. Porcentaje de carbono

más carburos eutécticos) con lo cual la resistencia a la abrasión aumenta ligeramente (primera capa del recubrimiento duro B).

Arriba de 3.5%C, los carburos primarios empiezan a aparecer, pero se mantienen un poco dispersos y la resistencia a la abrasión sigue siendo gobernada por la matriz eutéctica (austenita más carburos eutécticos). Con la aparición de los carburos primarios el aumento de la resistencia a la abrasión se hace más notoria aún (segunda capa del recubrimiento duro B).

Cuando el contenido es mayor o igual a 4%C, la resistencia a la abrasión es dominada por los carburos primarios (tamaño, cantidad y principalmente por la forma en que se encuentran distribuidos en la matriz), dando como resultado una alta resistencia a la abrasión.

Influencia de la Fracción de Volumen de los Carburos

Como se mencionó anteriormente, el desgaste debido a las partículas abrasivas puede ser asumido como un mecanismo que primero desgasta la matriz, picándola y cavando en ella hasta que gradualmente alcanza a los carburos primarios. Por otro lado si el desgaste de la matriz es excesivo, los carburos pierden el soporte y pueden volverse susceptibles a ser removidos o fracturados.

Es por ello que muchos autores han determinado que aumentando la fracción de volumen de los carburos se aumenta la resistencia a la abrasión de bajo esfuerzo, sin embargo se presenta un límite a partir del cual no se aprecia un aumento en su resistencia como se aprecia en la figura 9, que llega un punto donde la curva es asintótica y no hay mayor mejora a mayor fracción de volumen. Esto puede indicar probablemente que la mejora de la resistencia a la abrasión con el incremento de la fracción de volumen más allá de cierto punto esta asociado con la fractura y el astillamiento de los carburos. Como la matriz es en su mayoría removida durante el proceso de abrasión, su rol es básicamente proveer de soporte mecánico, una matriz dura pero no frágil provee la mejor resistencia a la abrasión de bajo esfuerzo.

Finalmente, Chatterjee^[4] comparó los resultados

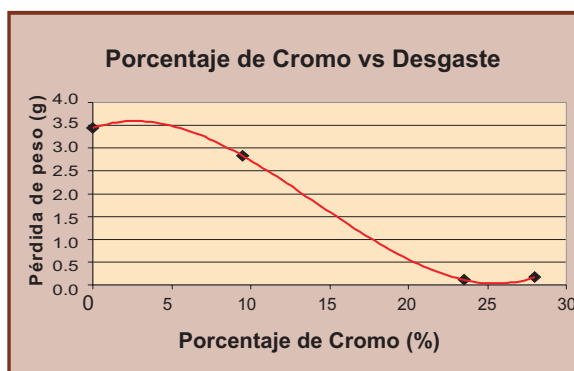


Figura 7. Pérdida de peso vs. Porcentaje de cromo del depósito.

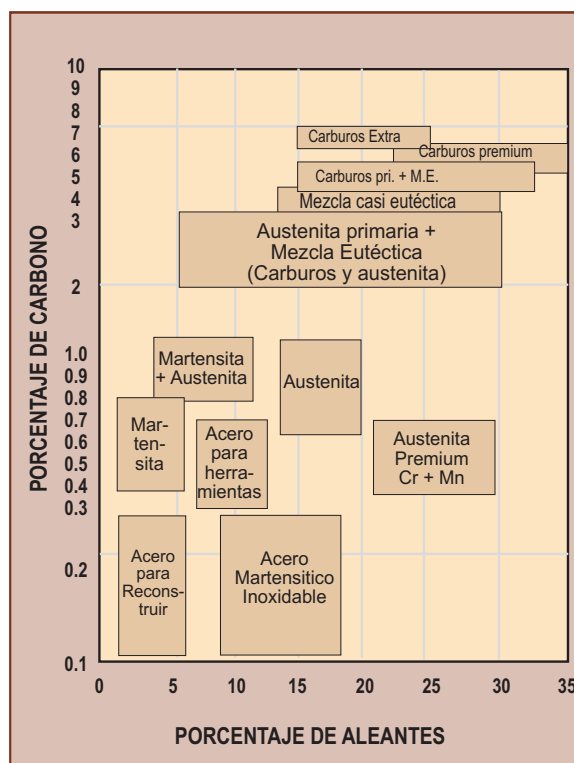


Figura 8. Mapa del contenido aleante y porcentajes de carbono vs. Microestructuras de los depósitos [3].

obtenidos con el ensayo para la determinación de la Resistencia a la Abrasión de Bajo esfuerzo (ASTM G65,»B») contra los resultados obtenidos en un ensayo hecho en campo, que consistió en introducir unas probetas en un molino triturador de carbón durante 2000 horas y evaluar la tasa de desgaste. Con este experimento pudo constatar que los resultados de este ensayo están a la par de lo que ocurre en el campo, al menos en la condición de operación como la descrita.

Conclusiones

Diferentes materiales de aporte así como diferentes parámetros de soldadura, dan como resul-

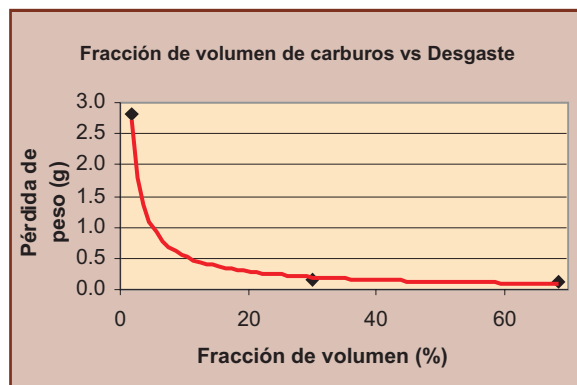


Figura 9. Pérdida de peso vs. Fracción de volumen de los carburos del depósito

tado una amplia gama de comportamientos frente al desgaste abrasivo. Esta variación se puede atribuir a la variación en la composición química que puede presentar el depósito, particularmente del porcentaje de carbono y la microestructura.

De acuerdo a los resultados obtenidos en el presente estudio, todos los recubrimientos duros analizados, elevaron la resistencia al desgaste del material base (ASTM A-36), siendo el recubrimiento que poseía un porcentaje de carbono de 4.5%, (muestra A), el que presentó una mayor resistencia al desgaste, luego el recubrimiento que contenía un 3.5% de carbono (B); y finalmente el recubrimiento con un porcentaje de carbono de 0.4% (C), tuvo una pérdida de masa de casi 15 veces mayor a la de los otros dos recubrimientos.

Al hablar de desgaste abrasivo, es común que se relacione la dureza del recubrimiento con su resistencia al desgaste, sin embargo la dureza sólo da una aproximación muy primaria de la resistencia a la abrasión de un material, pues no es ciertamente un indicador de ella. En el presente estudio experimental se encontraron materiales distintos (en composición química y en microestructura) con una dureza similar, pero con una diferencia en su resistencia a la abrasión del orden de 150% aproximadamente. Ello lleva a la conclusión que la resistencia al desgaste abrasivo de un material en un medio determinado, depende de una serie de factores como la dureza, microestructura, composición química, cuyas interrelaciones son complejas.

La dilución en un metal base puede causar muchas veces que existan diferencias entre la primera y segunda capa del depósito, como son los

casos de los recubrimientos B y A, donde en vez de obtener una microestructura con carburos primarios, tan sólo se obtuvieron granos dendríticos de austenita envueltos en una matriz eutéctica, lo cual merma enormemente la resistencia al desgaste. Los efectos de la dilución pueden evitarse seleccionando consumibles de alto carbono (y/o alta aleación) para proveer la microestructura deseada en el depósito o empleando una capa intermedia (técnica del Buttering).

En cuanto a la composición química, el contenido de cromo aumenta la resistencia al desgaste hasta cierto punto, pues de los resultados del estudio se observa que la pérdida de peso llega a un mínimo para luego subir nuevamente. Sin embargo, investigaciones realizadas por otros autores mencionan que no existe una relación muy estrecha entre el contenido de cromo y la resistencia al desgaste. Por otro lado, el contenido de carbono fue el factor más influyente, pues determinó la microestructura y por tanto la resistencia a la abrasión de estas aleaciones. Para la presente investigación, un contenido de carbono arriba de 3.5% producirá carburos primarios con una matriz eutéctica, y si se tiene un contenido de carbono menor al 0.4% obtendremos una estructura martensítica.

Una microestructura formada por una matriz eutéctica con carburos primarios ofreció una mayor resistencia a la abrasión frente a una matriz compuesta por martensita envuelta en una red de ferrita.

Al aumentar la fracción de volumen de los carburos se aumenta la resistencia a la abrasión de bajo esfuerzo, sin embargo se presenta un límite a partir del cual aparentemente no se aprecia un aumento en su resistencia.

Referencias

- [1] http://alruqee.net/ind_mkt/RIM-CD&WEB/welding_consumable-files/UTP
- [2] LOUPPE, C., Recargues duros con hilos tubulares. *Tercer Congreso Ibérico de Soldadura*, pag. 341-351 (1994).
- [3] KOTECKI D.J. & OGBORN J.S. Abrasion Resistance of Iron – Based Hardfacing Alloys. *AWS 74th Annual Meeting. Houston (1993)*
- [4] CHATTERJEE S. & PAL T.K. Wear Behaviour of hardfacing deposits on cast iron, *Wear*, Vol. 255 Issue 1-6, p417, 9p (2003)

Madera plástica: un material de reciclado para el desarrollo sostenible

Ing. Alejandro Silva Vela

Ing. Metalurgista, PG. Ciencia de Materiales
Profesor Principal D.E.

Universidad Nacional de San Agustín
asilva_vela@yahoo.com

Los plásticos como parte del problema ambiental

El desarrollo de la ciencia y tecnología de los materiales plásticos del siglo XX, se ha caracterizado por la búsqueda de propiedades y aplicaciones intensivas de polímeros derivados de la síntesis del petróleo. La clasificación de estos materiales en termoplásticos y termorígidos se basa en su estabilidad física y química frente al calor. Sin embargo, el agotamiento de las reservas de petróleo y el alto riesgo ambiental que implica el gran volumen de desechos que resultan luego de su consumo principalmente en los envases que forman parte del residuo sólido urbano, son los problemas que enfrentan estos materiales.

Los plásticos no dependientes de las reservas de petróleo que sean biodegradables es uno de los principales objetivos de la investigación y desarrollo de los ingenieros especialistas en materiales. Las principales líneas de interés se orientan a la plastificación del almidón o su transformación a Poliláctico (PLA), a la quitosana, alginatos y colágenos o los que pueden obtenerse por procesos de fermentación bacteriana como el polihidroxialcanoato (PHA) y el Polihidroxibutirato

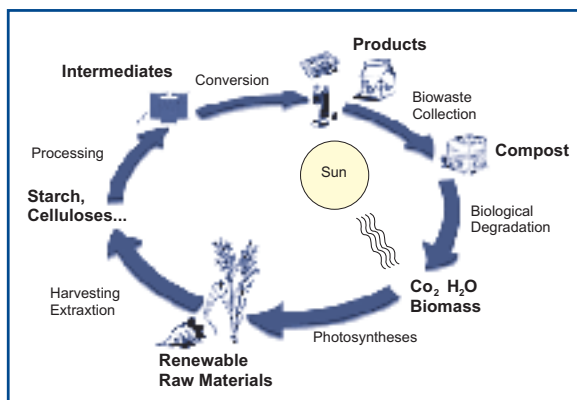


Fig. 1: Ciclo de transformación de plásticos biodegradables en el medio ambiente

(PHB), a los que se denominan biopolímeros. Su importancia puede ser visualizada en el gráfico de la fig. 1.

Sin embargo, en la actualidad el consumo de polímeros sintéticos es muy alto y dentro de ellos, los denominados termoplásticos reciclables son los que ofrecen mayor posibilidad de reutilización, ya que se caracterizan por exhibir reversibilidad de propiedades cuando son calentados o enfriados a través de la fusión correspondiente. Esto se debe a que sus cadenas moleculares son lineales y se organizan en arreglos semicristalinos o de distribución aleatoria constituyendo estructuras amorfas. En ambos casos los termoplásticos pueden ser:

— Comerciales de mayor consumo, «commodities», como el Polietileno (PE) Polyethylene terephtalato (PET), Polipropileno (PP), Poliestireno (PS), Polivinil cloruro (PVC), acrilonitrilo-butadieno-estireno (ABS).

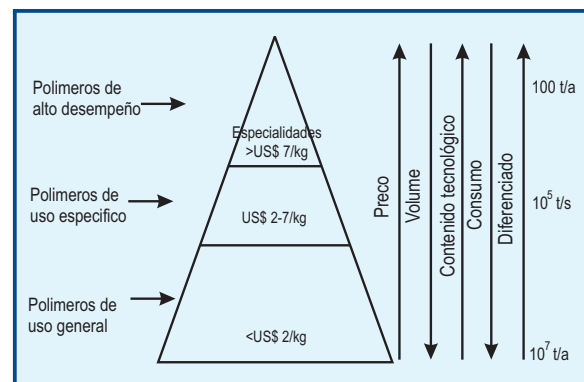


Fig 2: Grafica explicativa del comportamiento de propiedades de los termoplásticos

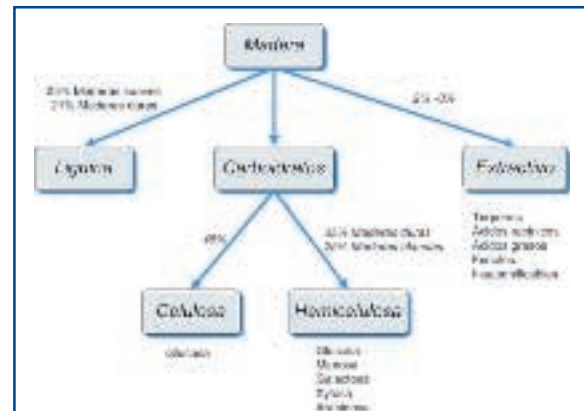


Fig. 3: Distribución de la composición micro estructural de la madera

— De ingeniería y alta performance, Policarbonato (PC), Poliuretano (PU), Poliamidas (Nylon), Polieter-eter-ketona (PEEK), poliamida-imida,(PAI)

El gráfico de la fig. 2 muestra la importancia de los tipos de termoplásticos descritos.

La madera natural

La madera natural es un material compuesto de lignina que ensambla las fibras hechas de celulosa y sustancias extractivas como se muestra en el gráfico de la fig 3.

La gráfica de la fig. 4 muestra de modo integral la organización microestructural de la madera que es el patrón de otras fibras naturales vegetales.

La fibra de madera empleada en estos compuestos es la que resulta del mecanizado de la madera y se encuentra en un tamaño de 0.2 a 2.0 mm.

La madera plástica: una vía ambiental para el reciclado

Los polímeros de mayor consumo doméstico que forman parte de los envases y que se desechan a diario son el PE,

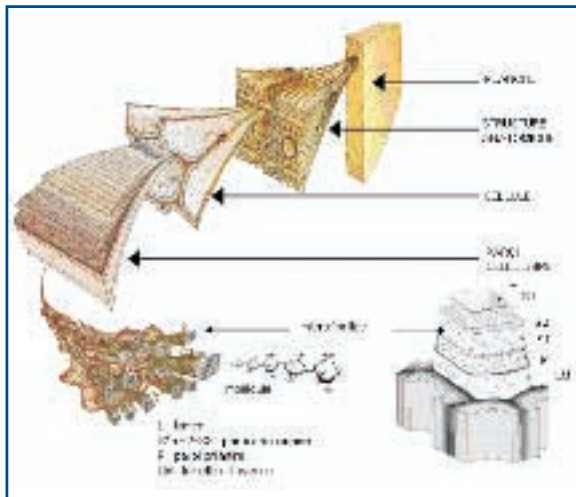


Fig. 4: Esquema de la organización estructural de las fibras de madera

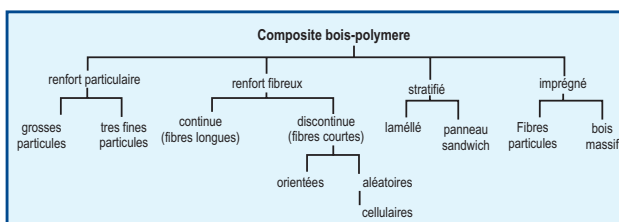


Fig. 5: Esquema de clasificación de los compuestos madera - polímero.

PP, PET, PVC. Entre las alternativas de reciclabilidad para estos materiales se encuentran el desarrollo de compuestos reforzados con fibras naturales y más recientemente con partículas de tamaño nanométrico para el mejoramiento de sus propiedades físicas y mecánicas. Las fibras naturales de mayor interés como reforzante son de naturaleza celulósica que se obtienen durante el mecanizado de la madera y las que se extraen de plantas fibrosas como el yute, cáñamo, sisal, entre otros.

El uso de fibras naturales como elemento de reforzamiento ofrecen las siguientes ventajas:

- Menor peso específico que las fibras reforzantes tradicionales como la de vidrio
- Su manipulación no implica riesgos ambientales
- Tienen carácter biodegradable
- Alta resistencia específica a la tracción
- Bajo costo
- Menor complejidad tecnológica para su obtención.

Los plásticos que son reforzados con fibra natural celulósica proveniente de la madera y de fibras vegetales son denominados compuesto plástico-madera o más comúnmente «madera plástica» por su apariencia visual y contenido de fibra celulósica. Estos plásticos se caracterizan por:

- Bajo peso específico
- Rigidez regulable
- Buena resistencia química
- Buena absorción de vibraciones
- Buena estabilidad dimensional
- Buena resistencia a la fatiga

Los compuestos plástico-madera se clasifican según la morfología del reforzante y ello da lugar a gran variedad de productos comerciales que van desde la madera impregnada hasta los aglomerados de plástico con partículas de madera como se puede apreciar en el esquema de la fig. 5.

Debido al carácter hidrofílico de la madera e hidrofóbico del

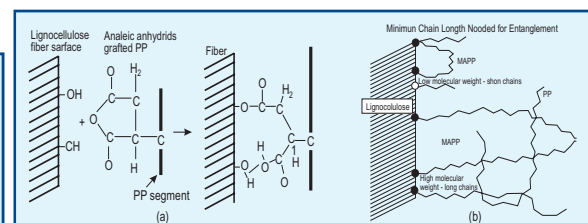


Fig. 6: Mecanismo de compatibilización en la madera plástica. a) Reacción de esterificación sobre la fibra celulósica, b) Entrelazamiento de PP sobre MAPP adherido a la fibra celulósica.

termoplástico se requiere frecuentemente el uso adicional de un agente compatibilizante como el polipropileno injertado con anhídrido maleico (MAPP) lo cual se une a la pared celular de la madera formando un enlace tipo ester y luego al PP con el cual se entrelaza durante la fusión como se muestra en la fig. 6.

Durante el proceso de fabricación de la madera plástica se hacen evidentes algunas dificultades como son:

- Lograr la distribución homogénea de la fibra de madera cuya densidad masiva es más pequeña que la del plástico fundido.
- Evitar la degradación térmica de la fibra de madera a la temperatura de fusión del termoplástico.
- Evitar la degradación y riesgos de operación del plástico fundido por incorporación de humedad contenida en la fibra de madera.

En consideración a estos probables eventos, las resinas más empleadas por su bajo punto de fusión en la fabricación de la «madera plástica» son el PVC, PE y el PP las cuales son previamente mezcladas con aditivos y con la fibra de madera previamente secada para formar pellets (fig. 7).

Estos pellets luego son procesados por extrusión, inyección o procesos típicos de los termoplásticos como se muestra en la fig. 8, para obtener perfiles continuos (fig. 9) o formas sólidas diversas, que luego son aplicadas con fines arquitectónicos, mobiliario y de embalaje y con gran potencial en la industria automovilística como parte de la carrocería de los denominados «carros verdes»

La madera plástica: una propuesta para el desarrollo solidario y ambiental

La «madera plástica» es una de las alternativas para el reciclado de materiales de gran consumo doméstico como el PE, PP y PVC que en nuestro país forman parte de la fracción de plásticos contenido en los residuos sólidos recolectados por los municipios.

En Arequipa, el grupo ECOCENTRO de la Universidad Nacional de San Agustín se ha propuesto llevar a cabo un ambicioso plan de incursión social consistente en promover la participación de Comedores Populares para realizar el acopio y clasificación de Plástico reciclable, habiéndose identificado que el PET representa el 65% del desecho de plásticos, y que el 35% restante está constituido por otras resinas (PE, PP) que son más apropiadas para la obtención de



Fig. 7: Composición fotográfica de resina termoplástica, harina de madera y pellets de madera plástica

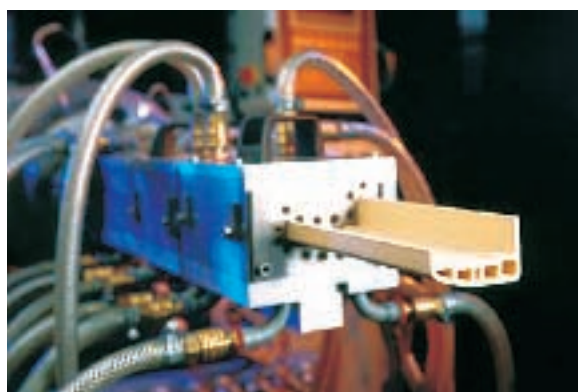


Fig. 8: Extrusión de Madera Plástica



Fig. 9: Perfiles extruidos de Madera plástica

la madera plástica. Se ha propuesto utilizar como reforzante la harina de madera obtenida en los talleres de corte y mecanizado con especial énfasis en la madera tornillo de gran disponibilidad nacional.

El beneficio económico resultado de la introducción comercial de la madera plástica deberá servir como contribución de la población para el aseguramiento alimentario y otras necesidades de ella misma. El proyecto ha merecido la simpatía y el auspicio del Organismo de Interés Colectivo «Horizons» de la Universidad de Liege, Bélgica, y de la ONG Autre Terre debido a su alto impacto social y ambiental, acorde con las demandas del Protocolo de Kyoto.

La construcción del Hospital Diospi Suyana el 15 de octubre del 2006. Es un edificio de 7 mil m².



Con mucha fe esposos alemanes hacen realidad hospital para familias de bajos recursos en Apurímac

El Diospi Suyana: testimonio de una «Sopa de Piedra»

La construcción del moderno hospital «Diospi Suyana», donde pocos imaginaron que podría hacerse, es casi una realidad por la cooperación y unión de personas y entidades -tal cual la historia de la «sopa de piedra». Los «gourmet» fueron los médicos alemanes Martina y Klaus Dieter John, una pareja de esposos que esperan con fe los aportes que permitan su inauguración prevista en julio del 2007, con la presencia de la primera dama, Pilar Nores de García, madrina de la obra.

El Diospi Suyana emerge para salvar vidas sobre el suelo apurimeño de Curahuasi, un lugar que enlaza a una serie de comunidades andinas y que se ubica entre dos capitales de provincia, Abancay y Cusco.

El hospital es un imponente complejo de 7 mil metros cuadrados de área techada en pleno proceso de construcción. La obra está valorizada en tres millones de dólares y podrá brindar atención a más de 100.000 personas de toda la región sur.

La historia

Transcurrieron más de quince años, desde la primera vez

que pisaron llegaron a la tierra del «Dios que habla» -como se le llama a Apurímac- para que los médicos y esposos alemanes Martina y Klaus Dieter John hicieran realidad a base de fe y mucha fuerza, un hermoso sueño, la construcción de un moderno centro hospitalario para la atención de la salud de las familias pobres de Apurímac.

Para hacer realidad este esfuerzo, los médicos alemanes no dudaron en recurrir a sus amigos que conocieron durante su labor médica misionera en países como Sudáfrica, Inglaterra, Estados Unidos, Alemania y el Ecuador. Sin distinguir iglesias (evangélicas y católicas), instituciones privadas y organismos gubernamentales Martina y John lograron reunir los fondos necesarios para empezar la construcción, la cual presenta un avance del 75 por ciento.

Se inicia el reto

El pasado 24 de mayo del 2005, con la presencia del embajador alemán en Perú, Roland Kliesow, autoridades locales y un numeroso público congregado se procedió a la colocación de la primera piedra.

Luego, en abril del 2006, casi un año después, se inauguró el anfiteatro del hospital con una capacidad para 4000 personas, donde se realizan a la fecha actividades y ferias organizadas por los voluntarios extranjeros (entre católicos y evangélicos).

Desde esa fecha las obras no se han detenido. El hospital Diospi Suyana contará con 55 camas, cuatro salas de operaciones, rayos X, laboratorio clínico, sala dental, un pabellón de emergencias (con siete camas) y doce consultorios para atención externa.

Asimismo, tendrá áreas para atención especializada en endoscopia de video, cirugía laparoscópica, fisioterapia y contará con un sistema solar para el calentamiento de agua. En total el equipamiento médico y mobiliario demandará una inversión de 750 mil dólares americanos.

Empresas presentes

El aporte de la empresa privada ha sido clave para hacer realidad el sueño de los esposos alemanes, aunque hay que reconocer que el 90 por ciento de las aportaciones y donaciones recibidas y que han sido destinadas para la obra provienen de personas naturales de diversos países del mundo.

Entre las empresas que apoyaron a esta iniciativa benéfica tenemos a las mineras Aruntani que aportó cemento y varas de acero por valor de 70.000 dólares y Southern Peru donó planchas de eternit por un valor de 50.000 dólares.

Para que el hospital cuente con telefonía, la empresa IMPSAT donó una antena satelital y el financiamiento para el uso ininterrumpido del sistema por un año a un costo de 20 mil dólares americanos; mientras que la empresa Neptunia, donó el transporte y almacenaje de contenedores -para transportar las donaciones y equipos traídos del exterior- por un monto superior a los 60 mil dólares.

Por último, el Estado también puso su cuota de ayuda en la simplificación de gestiones para reducir los costos en los trámites administrativos de desaduanaje de los equipos médicos importados y donaciones realizadas.



25 de julio del 2006. Dra. Pilar Mazzetti firma un convenio con Diospi Suyana



Dra. Sybille Storz, dueña de la empresa Kart Store, donó US\$ 120,000 en equipos para los quirófanos y el departamento de endoscopia



La empresa alemana Schmitz&Sohne regaló 4 mesas de operaciones y muebles en valor de US\$ 100 mil



Sr. Guido del Castillo, jefe de la empresa CEDEC Alto Andino, revisando documentos de Diospi Suyana

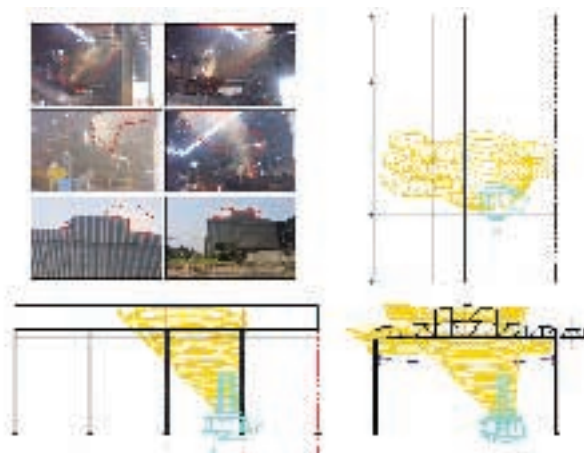
Innovación tecnológica peruana en medio ambiente para el desarrollo del control de emisiones (2ª parte)

Proyecto CEF (Confinar-Extraer-Filtrar) de Metalúrgica Peruana S.A.

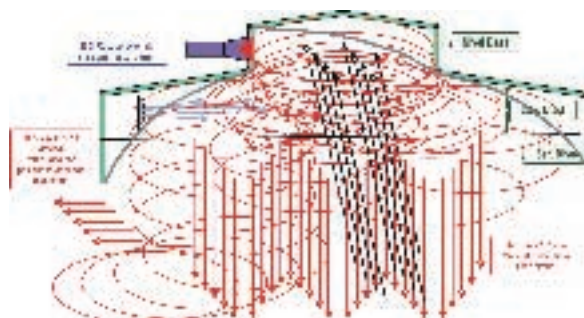
MSc. Ing. Manuel Beltroy S.
Gerente General
 MEPSA Ingeniería Ambiental S.A.C.

La evaluación de las emisiones primarias y secundarias en los hornos EAF N° 5, 2 y 1

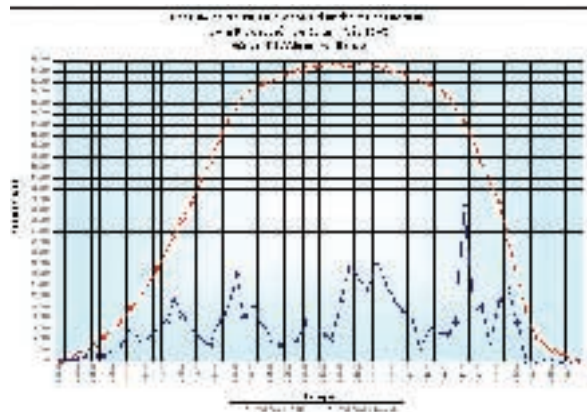
Los primeros análisis llevados a cabo para entender el comportamiento de las emisiones secundarias, se realizaron mediante observaciones continuas de diferentes coladas en cada uno de los hornos, guardando registros fotográficos, con el propósito de entender la formación y dispersión de las mismas. El cuadro muestra en resumen el comportamiento y la disipación de las emisiones del horno EAF N° 5:



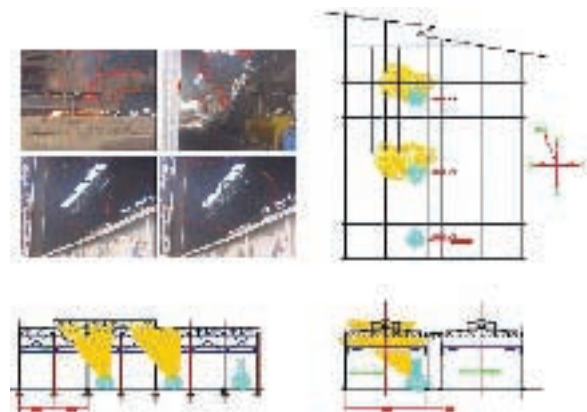
La conclusión a la que arribamos es que la forma de disiparse los humos de las emisiones dentro de la nave de hornos, sería la siguiente donde el comportamiento si este era confinado de una manera segura se comportaría así:



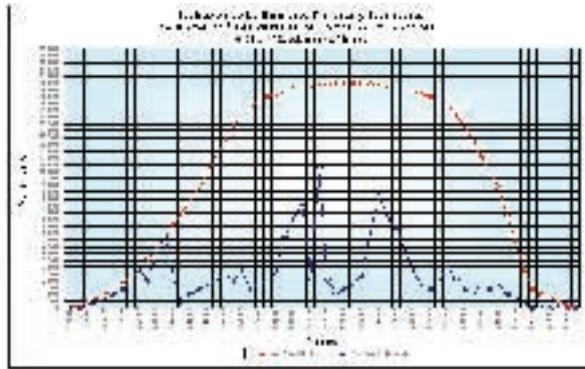
Y con los resultados que se tuvieron permitieron hacer los cálculos que demostrando, que el comportamiento de las emisiones sigue un patrón de curva de campana de Gauss. La siguiente vista permite apreciar el total de las emisiones producidas en el horno EAF N° 5 la cual corresponde a la línea roja y línea azul sólo corresponden a las emisiones secundarias:



De igual forma se trabajó con los hornos EAF N° 1 y 2, donde el comportamiento si bien es similar al horno EAF N° 5 se hacía necesario establecer un nuevo sistema de extracción de las emisiones primarias, el cual debería incluir un sistema de refrigeración, con el propósito de tener humos de baja temperatura con lo cual se evitaría dañar a las mangas de los filtros del colector actual y mantener un flujo uniforme de extracción a velocidad constante. La vista que mostramos a continuación permite apreciar los resultados de las tomas fotográficas realizadas a cada horno EAF N° 1 y 2:



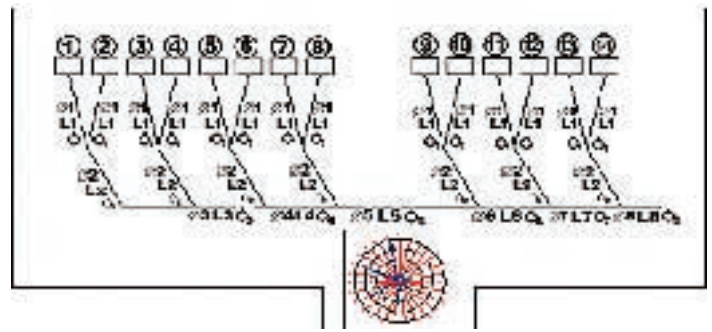
Y al igual que en el horno EAF N° 5, los resultados que se tuvieron de los hornos EAF N° 1 y 2, permitieron hacer los cálculos que demostrara, que el comportamiento de las emisiones sigue un patrón de curva de campana de Gauss. La siguiente vista permite apreciar el total de las emisiones producidas en los hornos EAF N° 1 y 2 los cuales corresponden a la línea roja y línea azul sólo corresponde a las emisiones secundarias:



Evaluación de los caudales de humos dentro del ducto de extracción luego de la confinación por la parte superior de la nave de hornos

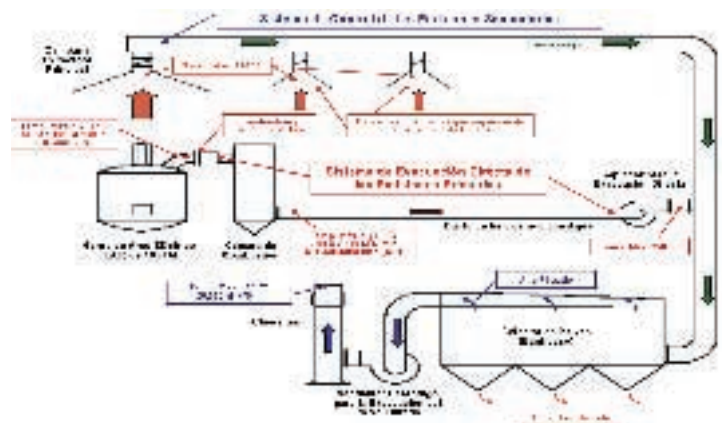
Toda metodología para evaluar la extracción, debe guardar relación con la cantidad de aire que se debe extraer, producto de un valor asociado a un determinado número de cambio de aire por hora, el cual fluctúa dependiendo del tipo de nave que se está evaluando (altura, ancho y largo) desde 14 hasta 20 cambios por hora del volumen total a extraer, para el caso MEPSA, donde se incluyó las emisiones producidas (secundarias), lo cual nos permitió definir el tipo de ventilador a utilizar y la presión de trabajo necesaria para cumplir con lo estimado. Cuando se trata de fundiciones más pequeñas y con naves más abiertas, estos valores pueden ir hasta los 30 cambios por hora, como es natural la densidad de los humos es también un factor importante a considerar, por ello, es necesario considerar mediciones de flujos isocinéticos y caracterizar las partículas.

El diagrama de caudales que mostramos a continuación es el resultado que se tomó en cuenta para evaluar y desarrollar el proceso de extracción, pudiéndose notar las 14 campanas que hicieramos mención anteriormente, el flujo de velocidad es constante a lo largo de todo el ducto de extracción:



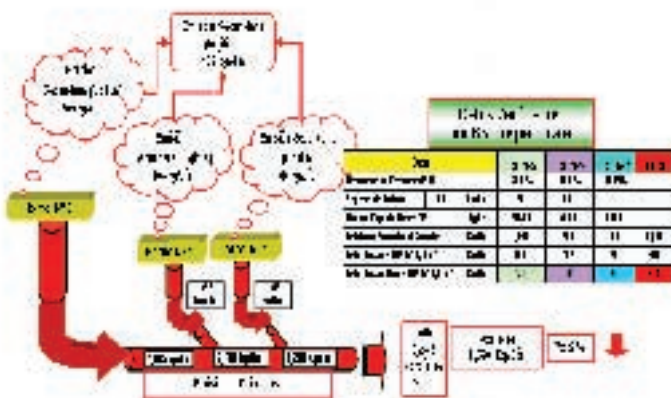
Evaluación de los sistemas de control de las emisiones primarias y secundarias en los hornos EAF

El sistema convencional que se utilizan en todo el mundo, considera más conveniente incorporar en un solo colector de polvos las emisiones primarias con las secundarias, teniendo en el 4to. agujero como la extracción principal (emisiones primarias) del proceso de fundición, el cual requiere de una cámara de combustión a fin de evitar que la liberación de CO, se exponga dentro del ducto con la consecuente reacción exotérmica que se produce cuando se convierte en CO₂, debiendo tenerse presente que se requiere siempre un sistema de enfriamiento, a fin de que los humos lleguen a una temperatura por debajo de los 135°C al colector de filtros y evitar el daño de las mangas de los filtros. En el siguiente cuadro se describe el comportamiento de las emisiones primarias y secundarias bajo el proceso convencional:



Para nuestro caso tuvimos que desarrollar un proceso que independizara las emisiones, pero sin perder el control de las mismas, ya que el colector actual de 45,000 CFM no tenía capacidad para extraer los volúmenes de humos que se tenía, además de tener una baja presión de trabajo que no alcanzaba para el propósito que se buscaba. Muchas de la empresas consultadas proponían el cambio del colector actual y un cerramiento total de la nave de hornos con potencias que

triplicaban la capacidad disponible y sus cálculos básicos expresaban que la extracción de los humos debería estar casi 4 veces más de lo considerado por nosotros, más aún algunos nos decían que si se separaba el confinamiento (emisiones primarias de secundarias) uno trabajaría y el otro no lo haría de la manera correcta con nuestros cálculos. Nos da mucha satisfacción que pudimos demostrar todo lo contrario, en razón a los análisis que se llevaron a cabo de los flujos isocinéticos tomados al igual que la caracterización de las partículas, lo cual nos permitió tomar con un criterio diferente a lo convencional, donde pudimos definir cual sería la extracción de humos en base a un determinado número de coladas por día y por horno. Este resultado nos permitió establecer una condición de mejora en la extracción en la extracción de las emisiones primarias, automatizando el sistema de control del colector antiguo, a fin de lograr alcanzar el 91.5% de extracción de polvo (vale decir pasamos de 72.2% de eficiencia de extracción real a un rango operativo actual que va de 91 a 93% de eficiencia real:



La evaluación llevada a cabo para entender el comportamiento de las emisiones, nos ha permitido a la fecha iniciar el desarrollo de un Software que hemos denominando Sistema de Control de Emisiones o "Soft-SCE", el cual permitirá ahorrar mucho del tiempo que se necesita para realizar las evaluaciones de cualquier emisión que se produce en diversas industrias. Este software que es parte del desarrollo de nuestra nueva empresa MEPSA Ingeniería Ambiental S.A.C., contempla los siguientes aspectos:

- Captura de imágenes con intervalos de tiempo programables,
- Filtrado de imágenes para enfocar zonas de interés y mejorar contraste,
- Delineamiento de la nube de emisión y establecimiento del nivel de fondo, fuera del área de análisis,
- Cuadrículado de la nube de emisión delineada en una matriz "n x n",

- Aplicación de peso relativo a cada una de las cuadrículas de la matriz en relación al nivel de opacidad o contraste sobre el nivel de fondo,
- Escalamiento de las dimensiones de las imágenes en unidades reales de longitud,
- Generación de gráficos de tendencia que incluirá:
 - * Volumen vs. Tiempo, asumiendo la simetría de la nube de humo o emisión en base a la delineación de la misma en dos dimensiones,
 - * Volumen vs. tiempo por densidad, en base a la delineación de campos que tengan la misma opacidad, ingresando rangos de densidad u opacidad,
 - * Peso total en suspensión vs. Tiempo, ingresando una densidad real,
 - * Vector de dirección vs. Tiempo, para observar posibles efectos externos que afecten la dirección de la nube
 - * Dispersión vs. Tiempo, medición de apertura de la columna de humo,
 - * Caída de la Emisión o Humo vs. Tiempo, mediante un valor relativo se indica la detección y el número de reflejos causados por la caída de los humos.

A manera de ejemplo podemos ver en las siguientes vistas parte de lo descrito, y que fue el trabajo realizado para entender y comprender como se debía manejar la Confinación de los humos dentro de la nave de hornos de MEPSA:

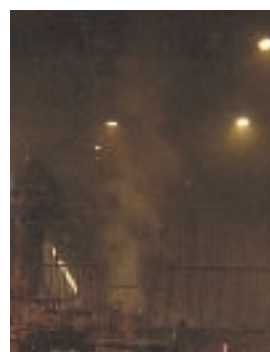


Foto Base
Imagen de una región con emisiones EAF N° 5

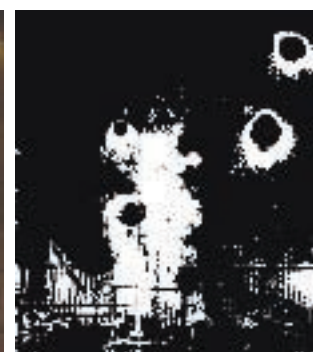


Foto Base Procesada 1
Imagen de contraste para delinear la forma de la emisión



Foto Base Procesada 2
Imagen de contraste para evaluar en forma ponderada la saturación de la emisión

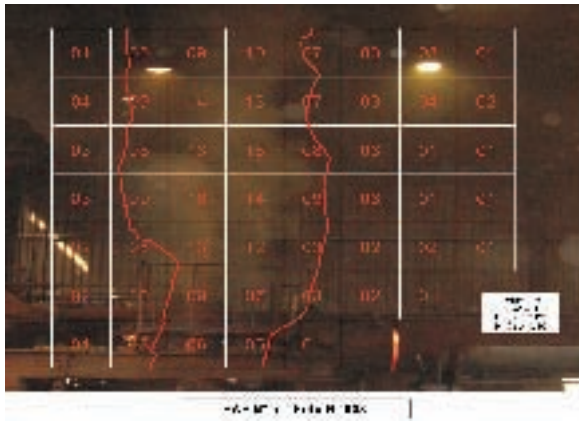


Foto analizada con línea de contraste y nivel de saturación. El Software Soft-SCE, nos permitirá analizar mediante imágenes, los resultados del comportamiento de las emisiones cualesquiera que estas sean, dentro de una determinada área la cual debe ser dividida por zonas (7 o más), constituyendo 52 o más bloques básicos, permitiéndonos con ello determinar mediante una secuencia progresiva de fotos en tiempos fijos de escalamiento, la condición de las emisiones de un sector específico dentro de la nave de hornos, con el propósito de estudiar su comportamiento, volumen, velocidad y densidad, con lo cual podemos establecer la forma de confinar estas emisiones para luego realizar la evaluación y análisis de la extracción que llevará las emisiones a un sistema de filtrado. Existen algunas características propias del desarrollo que se encuentran protegidas, razón por la cual no es posible dar más detalles.

La Foto Base, ha sido recortada a la región de interés que se desea evaluar, por otro lado, la Foto Base Procesada 1, es el resultado mediante la aplicación de tomas de contraste, para obtener la forma de la emanación que será delineada más adelante y la Foto Base Procesada 2, se ha obtenido a partir de la Procesada 1 de manera tal que una vez que se ha definido la forma de la emisión, podemos hallar el comportamiento de las partículas por tonalidad, y obtener así una ponderación de valores, los cuales se pueden asociar en zonas y cada zona en cuadrículas, a partir de la saturación de la imagen; esto se puede apreciar en la última foto donde se ven 7 zonas y 52 cuadrículas, la cual muestra el plano de saturación. Los valores obtenidos en la foto analizada corresponden al resultado de cada bloque evaluado, sobre la base de un determinado factor de tiempo y nos permite entender como se comportan las partículas que conforman

la emanación o humos dentro de un determinado ambiente. Y luego de cumplir con nuestra meta a mediados de junio del 2005 pudimos completar con nuestro sistema de control de emisiones, el cual se puede apreciar en el diagrama anterior.

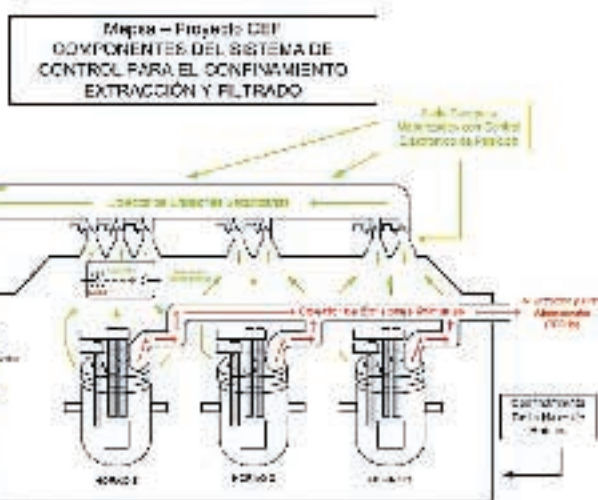
En consecuencia se definió como un factor importante para el control permanente de las emisiones primarias, y su captura dentro de un ciclo constante de operación, que se debe tener presente lo siguiente:

- A menor nivel de emisiones primarias mayor emisión de secundarias,
- Operar cualquiera de los EAF N° 5, 2 y 1, sin que este operativo el colector, genera mayor cantidad de emisiones secundarias,
- Cualquier parte del proceso de fundición donde se inyecte oxígeno genera emisiones si las controlamos son primarias de lo contrario son secundarias,
- El mantenimiento de los sistemas de extracción dependen del uso de los mismos, ductos mal alineados, descentrados, compuertas abiertas a la hora de la oxigenación, no limpieza del filtro de mangas, adquisiciones indebidas, falta de regulación, etc.

Sistema de extracción mejorado (codos del 4° agujero y remificaciones)

Como parte de las actividades contenidas dentro de la Parte "C" del Proyecto CEF, incluyó un nuevo diseño para la modificación de los codos de extracción del 4to. agujero de los hornos EAF N° 5, 1 y 2. Los cambios realizados incluyeron mayor diámetro y ductos para las ramificaciones con boca difusora y un mejorado sistema de refrigeración mediante la utilización de tubos tubulares en lugar del sistema típico de encamisado o chaquetas de plancha

Las modificaciones desarrolladas en los hornos EAF N° 1 y 2, así como la instalación de los nuevos componentes se concluyeron a fines de noviembre del 2005, como se puede observar en las siguientes fotos.



Horno EAF N° 1



Nuevo Sistema de Extracción de Emisiones Primarias donde se incluye la Refrigeración

Sistema de extracción mejorado del horno EAF N°1

La mejora en el nivel de extracción de las emisiones primarias, se puede notar en la operación de uno de los hornos que hoy en día opera en MEPSA (EAF N° 1). Estas mejoras se centraron en la evaluación sobre la cantidad de emisiones primarias que se extraían normalmente de los hornos EAF N° 1 y 2, para lo cual fue necesario primero rediseñar el dimensionamiento de los ductos ramificados y hacer de estos un sistema integrado de refrigeración continua, reemplazando los ductos anteriores por unos de mayor diámetro (14.5 pulg. Día. a 19 pulg. Día).

Implementación y desarrollo del proyecto CEF

Las 3 partes que conformaron el Proyecto CEF, tuvieron en su fase inicial la verificación mediante un análisis estructural del comportamiento de la nave de hornos, así por ejemplo la estructura superior de la nave con más de 40 años de construida, requería una investigación a nivel de desgaste y corrosión, con el propósito de reemplazar todo aquello que no estuviera en condiciones normales, de igual forma se hizo con la zona donde se instalarían las columnas de fijación para el nuevo ducto principal, que permitiría la extracción de las emisiones secundarias. Un detalle importante, fue el cálculo que se hizo para definir el tipo de diseño a considerar, a sabiendas que el peso total que debía soportar la nave de hornos superaría los 28,000 kilos, razón por la cual se consideró que la carga tendría que estar aplicada de manera externa y no sobre el techo de la propia nave. Se utilizó para los cálculos el software SAP-2000, el cual nos permitió establecer donde debíamos reforzar la estructura del techo de la nave de hornos, y como darle un mayor carga sin alterar la estructura. Es por ello, que se diseñó y construyó un refuerzo de columna estructural que nos permitiera el máximo de momento

de inercia, a la hora de entrar en operación el sistema de extracción.

La ingeniería para el sistema de Filtrado y Separación, estuvo a cargo de la empresa Bernauer con base en São Paulo - Brasil, y se trabajó mancomunadamente tanto en el concepto del diseño como el diseño propio (en Brasil), para luego iniciar la fabricación y montaje de cada uno de los componentes en Lima.

La parte «A» del Proyecto CEF

En la fotografía inferior se muestra alguna de las actividades relacionadas con la Parte "A" del Proyecto CEF.



La parte «B» del Proyecto CEF

El Proyecto CEF en la Parte "B", tenía como condición prioritaria que había que trabajar con la planta operando, motivo por el cual las exigencias de seguridad fueron extremadamente controladas, pudiendo afirmar que luego de más de 56,000 horas-hombre que requirió el proyecto, no hubo ningún tipo de accidente por parte de los 4 contratistas, que participaron forma directa con la fabricación y montaje de los equipos y componentes.

La parte «C» del Proyecto CEF

La parte "C" del Proyecto CEF, así como las actividades relacionadas con la Ingeniería de Automatización y Control, se desarrolló con el aporte al 100% de la ingeniería peruana, ya que apostamos a ello con un excelente resultado que nos permitió tener a tiempo Sistema de Control de Mando para las emisiones primarias como secundarias justo en la fecha de arranque de las pruebas de carga.

Todas las mejoras que se obtuvieron luego de los análisis y evaluaciones, acompañadas de los nuevos diseños propuestos para cada sistema de extracción de los hornos (EAF N° 5, 1 y 2), fueron desarrollados e implementados como parte de las actividades de la Parte "C" del Proyecto CEF, los cuales consideraban de manera simultánea, la extracción en condiciones específicas de las emisiones tanto primarias como secundarias, incluyendo operaciones fuera de la nave de hornos, como fue la Zona de Moldeo.

Los sistemas de control de mando y la automatización del Proyecto CEF

La ingeniería para el desarrollo de proyectos de instrumentación y control, se inicio desde la fase de planeamiento hasta la implementación final, seguimiento y optimización en base a nuevos requerimientos operativos, que se presentaban de acuerdo a una lógica de interacción pre-establecida. Se partió de una concepción base, donde el entendimiento general de los nuevos sistemas, debían determinarse sobre los estándares a ser usados, tanto en el diseño como en documentación y seguridad.

Las necesidades de esta fase de la ingeniería fueron cubiertas en todas las fases para la correcta operación antes de iniciar las pruebas de carga, mediante continuas pruebas en vacío, lo que nos permitió minimizar tiempos muertos en el control del proyecto. Los aspectos más importantes fueron:

- Ingeniería Preliminar o Básica: para el entendimiento de las necesidades del Proyecto CEF, las cuales fueron claramente descritas en métodos y posibles alternativas.
- Ingeniería de Detalle: con un diseño y planeamiento detallado, con respeto a cronogramas y presupuestos.

La integración del Proyecto CEF, se realizó de acuerdo a parámetros previamente establecidos, los cuales requerían coordinados con bastante detalle, para asegurar el correcto funcionamiento en conjunto, incluyendo los siguientes servicios:

- Adecuación de los nuevos sistemas a instalaciones pre-existentes,
- Desarrollo de relaciones con proveedores preferidos o locales según sean requeridos para las diversas fases del proyecto,
- Análisis de propuestas y asesoría en la compra de equipos y servicios,
- Monitoreo de progreso de los contratistas.

La documentación referente a instrumentación y control fue variada tanto en contenido como presentación. Algunos produ-

cidos para propósitos de ingeniería detallada y otros generados únicamente para ser circulados por otros grupos de trabajo, los cuales nos permitieron proveer un registro del trabajo realizado. Finalmente algunos han sido producidos como guías operativas y de mantenimiento:

- Diagramas de Proceso e Instrumentación (P&ID),
- Descripción Operativa,
- Data Sheets,
- Listas de Instrumentos,
- Layout de Paneles,
- Diagramas de Alambrado,
- Diagramas de Lazo,
- Manuales de Operación.

En las aplicaciones específicas de acuerdo a las necesidades de instrumentación o interfaces especializadas, que el Proyecto CEF requería que fueran cubiertas, se establecieron diseños en:

- Instrumentación Analítica,
- Sensores y Acondicionamiento de Señales.
- Adquisición y Registro de Información.
- Circuitos Analógicos y Digitales.
- Producción de Prototipos y Puesta en Marcha,
- Optimización del Diseño para Fabricación (DFM),
- Manejo de Proveedores de Fabricación por Contrato.

La ubicación del proyecto CEF

Las diversas evaluaciones realizadas a los diferentes lugares dentro de la planta de MEPSA, nos permitieron considerar un sitio apropiado para ubicar el área donde debería estar el nuevo colector de polvos, tomando como factores importantes las distancias a recorrer por los humos con un mínimo de pérdidas de presión, y teniendo las facilidades que la construcción del proyecto requería. La vista fotográfica muestra el lugar escogido antes de la instalación del Proyecto CEF:

Y esta ubicación se define mejor en la siguiente vista donde se muestra el plano de MEPSA y la ubicación exacta donde se encuentra hoy en día el Colector de Nuevo que forma parte del Proyecto CEF:



El avance tecnológico en el sistema de filtrado aplicado en el Proyecto CEF

La utilización de la tecnología Pulse Jet, permitió elevar la eficiencia la cual estaba anexada a la capacidad de la empresa



Bernauer (más de 70 años en aplicaciones tecnológicas en Medio Ambiente). Pulse Jet es una tecnología mediante la cual las mangas se inflan con aire seco, para permitir el desprendimiento de las partículas que se han adherido a las mangas, y puedan caer para ser recogidas por un gusano transportador en la parte inferior del Filtro (Baghouse), para luego poder transportarlas disponiendo del polvo en una zona segura.

Las Mangas Filtrantes que utilizamos de los distintos proveedores fueron evaluadas y analizadas y se seleccionó las McFIL debido a la experiencia a la referencia de sus clientes y al aspecto económico propuesto. Estas mangas son fabricadas en fieltro y tejidos técnicos para atender las especificaciones de cada cliente y obtener la máxima eficacia en la filtración.

El equipo técnico de McFIL se encuentra altamente calificado, habiéndose destacado por la diversidad de materiales y sus correctas aplicaciones logradas en los diferentes mercados que abastecen.

La eficacia y vida útil de la manga está directamente unida a los factores del proceso tales como: temperatura, composición química de los gases, condiciones operativas del sistema (velocidad de filtración, relación aire/paño, etc.). Basándonos en estos datos y trabajando conjuntamente con BERNAUER, se estableció que la manga debería ser seleccionada por la relación entre la materia prima y la resistencia a las condiciones del proceso que se estableció en el Proyecto CEF.

La Membrana Expansiva de PTFE es un producto fabricado con resina fluoropolimérica (politetrafluoretileno), la cual es

químicamente inerte y térmicamente estable hasta una temperatura de 287 °C en operación continua. Termofijada en alta temperatura y presión, sobre una variedad de fieltros, actúa como precava primaria y no necesita pre-revestimiento antes o durante la operación. Las características de la Membrana PTFE son: fibra de estructura fina, microporosa, químicamente inerte, termofijada, excelente propiedad de remoción, hidrófoba, límite de temperatura: picos de 287 °C, aplicables a diversos tipos de fieltros y tejidos.

La superficie de la membrana de PTFE es lisa y microporosa, proporcionando una eficacia de filtración superior al 99.99%, permitiendo mayor desprendimiento de polvo (con diversidad de particulados hasta PM-10) y flujo de aire, con menor consumo de energía. Las mangas fabricadas con Membrana PTFE tienen por otro lado una vida útil más larga, una vez que alcanzan la fatiga del fieltro sin que haya atascos.

Los beneficios proporcionados por la Membrana PTFE son:

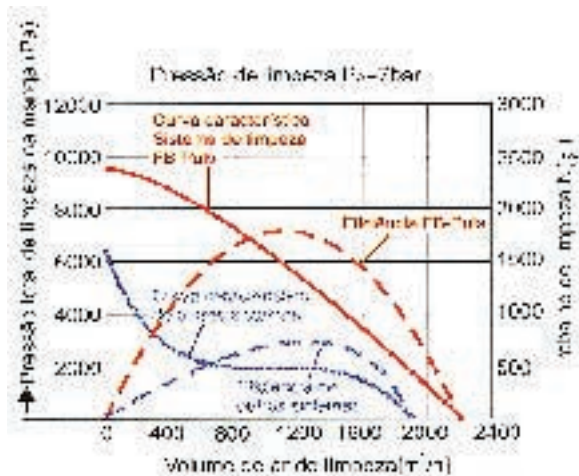
- Bajo costo de operación: mayor productividad y bajo DP de operación.
- Bajo costo de mantenimiento: cambios menos frecuentes.
- Mayor eficacia de retención: superior al 99.99%

Nuestro colector de polvos antiguo Whellabrator opera mediante el proceso denominado "Vibración" (Shaker), vale decir agitación de los compartimentos donde se sujetan las mangas que forman el sistema de filtrado. Este sistema no tenía un control automático en función a la necesidad de los compartimentos (dependiendo si se habían llenado o no de polvo), y trabajaban en frecuencia fija, es decir trabajaban hubiera o no polvo, esto se automatizó, permitiendo incrementar la eficiencia de extracción de las emisiones primarias en adición a la modificación que se hizo a los codos de extracción del 4to. agujero de cada horno (EAF N° 5, 2 y 1).

La gráfica de la página siguiente muestra la mejora que se puede lograr cuando se utiliza el sistema Pulse Jet.

La primera operación automática que se llevó a cabo fue con las emisiones primarias de los hornos EAF N° 5, 2 y 1, las cuales se extraen por el 4to. agujero de cada horno y son transportadas mediante un ducto principal hasta el Colector Wheelabrator (Baghouse). Esta mejora realizada nos permitió tener una mejor dosificación y utilización de los compartimentos de filtrado del Baghouse.

Para llevar a cabo esta operación, se tuvo que desarrollar toda una ingeniería de automatización y control, la cual se inicio



desde el cambio de tableros de arranque hasta los sistemas de medición de presión, temperatura, flujo, etc.

El esquema operativo propuesto para este Colector Polvos Wheelabrator, permitió tener una operación controlada y a la vez reportar anomalías que se pudieran presentar en la operación misma de los hornos, como por ejemplo perforaciones en los paneles de refrigeración, y la introducción de vapor de agua en las emisiones que altera la densidad del polvo, retardando los tiempos de precipitación durante la vibración y con un incremento fuera de rango de la presión interior, entre otros aspectos:

Es importante establecer que todo el sistema de control para el Colector Wheelabrator se hizo bajo pantallas en Windows, de manera que fuera más fácil su interacción con el equipo de técnicos que operaría la sala de mando.

Las demás máscaras que refieren a las mediciones de temperatura, presión, flujo, etc. se trabajaron en Windows. Es importante resaltar que toda la tecnología llevada a cabo, fue desarrollada por ingenieros peruanos, incluyendo el sistema de programación, que nos ha permitido realizar la optimización adecuada.

El sistema de control de mando opera bajo dos modalidades, directamente desde la sala de mando o bien a través de los Faceplates al lado del equipo.

La vista siguiente muestra el comportamiento del polvo una vez filtrado por cada uno de los compartimentos del colector Wheelabrator.

Se consideró también la aplicación de un programa de mantenimiento preventivo a fin de ir evaluando el comportamiento de las mangas, y disponer su reemplazo cuando sea necesario.

Colector de emisiones secundarias-Bernauer

Para el desarrollo del Sistema de Control del nuevo Colector de Emisiones Secundarias-Bernauer, en relación a las etapas de Extracción y Filtrado, el Control Automático y Mandos Eléctricos, se evaluó primero la mecánica de trabajo que se debía tener, el procedimiento que se debería seguir, tanto para el diseño como para la fabricación de las partes y ensamble de los componentes. Todo ello de manera resumida, lo hemos descrito de la siguiente manera:

Antecedentes

Para el proceso de diseño de los sistemas de control y mando del colector de emisiones secundarias Bernauer. Se basa en la propuesta 45584TA de Bernauer, que lista una serie de componentes, además de la descripción de funcionamiento del panel eléctrico Of. N° 45584. Los actuadores, accionadores y motores están descritos en los referidos informes, por lo que el sistema de control se limita a las funciones de mando e intertrabamientos, pre-establecidos.

Concepto básico del nuevo sistema de control-controlador lógico programable (PLC)

Siguiendo los mismos lineamientos del sistema de control actualmente operando con el colector de emisiones primarias Wheelabrator, el nuevo sistema se basó en un control con PLC, el cual se encarga de realizar todos los intertrabamientos y accionamiento de mandos, en base a los estados, tanto analógicos como discretos (pulsadores, switches, etc.). Todos los mandos, arranques y paradas, tienen 3 modos: auto-apagado-encendido, pero en todos los casos estos estados solo podrán ser comandados por los paneles locales, vale decir al lado del equipo. Los aspectos más saltantes son los siguientes:

Panel local de texto

Se usó un display de texto en el panel de campo para mostrar los estados de alarma u otras condiciones que sirvan para el diagnóstico rápido de fallas o para mantenimiento. Esto nos permite tener información más clara y detallada que con pilotos de resumen de fallas. El display está conectado con la red de supervisión Profibus al PLC.

Estación de Supervisión

Una estación de supervisión remota, basada en una interfaz gráfica, lleva el registro de todas las operaciones realizadas por los paneles eléctricos (registro de estados discretos), así como el manejo de setpoints y tendencias de las variables analógicas.

La función de la estación de supervisión es mayormente de recolección de datos y generación de alarmas, excepto para el caso del manejo de las 7 compuertas (dampers) que controlan la extracción de gases en la parte superior de la nave, para los hornos EAF N° 5, 2 y 1.

El operador de la estación de supervisión tiene el control de la apertura y cierre proporcional (0-100% de apertura) de las 7 compuertas de extracción en base a la observación de la nube de emisiones secundarias presente en la nave. El operador ingresará en la estación de supervisión la operación en curso en el caso de cada horno: carga de chatarra, adición de antracita, afino, etc. En el mes de marzo del 2006 se instaló un equipo de medición instantánea de emisiones mediante rayo luz láser que permite optimizar de manera automática esta función. El equipo fue proporcionado por la firma Manh Sick de Alemania.

Todas las demás operaciones están predefinidas en la pantalla por 'pulsadores' gráficos con los nombres correspondientes. La información recolectada sobre el manejo de las compuertas, en relación a las diferentes etapas del proceso de fundición es la base de datos que se ha utilizado en el diseño de los mecanismos de control automático de las compuertas.

Cámaras de Video y Grabación de las Coladas

Dos cámaras de circuito cerrado de video muestran, permanentemente en pantallas independientes, la parte frontal de los hornos y la parte superior de la nave. Esto sirve para que el operador de la estación de supervisión pueda ver la operación en curso, así como la nube de emisiones secundarias para cada horno. Este sistema cuenta con grabación continua de 1,200 horas.

Ventilador principal del colector de emisiones secundarias (Barnauer)

Accionado por un motor de 400 HP (MVP-1) (hoja de datos adjunta), es operado por un arrancador estático o soft-starter electrónico, con contactor de bypass. Además de permitir un arranque gradual con limitación de la corriente de arranque, el contactor de bypass que normalmente opera una vez que el motor ha alcanzado su régimen nominal, debe tener la capacidad necesaria para poder realizar un arranque directo en caso que el módulo electrónico fallara. Para poder arrancar el ventilador, la compuerta (veneciana), comandada por una válvula solenoide, tiene que estar cerrada, para limitar el régimen de trabajo.

Filtro de mangas del colector de emisiones secundarias (Bernauer)

El compartimiento de filtros de manga es limpiado por un sistema de pulsos de aire comprimido cuando la presión diferencial ha excedido un límite pre-establecido en la estación de supervisión. Para realiza la limpieza, el PLC da la alimentación necesaria al programador electrónico Bernauer PEB-16, que acciona secuencialmente las válvulas de pulsos de aire, durante un ciclo que dura aproximadamente 160 seg. El secuenciador PEB-16 está instalado dentro del panel del PLC.

Compuertas de entrada de los gases hacia el colector de emisiones secundarias (Bernauer)

Siete compuertas (dampers) distribuyen la succión en la parte superior de la nave. La operación manual o automática de estos dampers se realizará desde la estación de la PC supervisión remota. El control proporcional de los actuadores permite controlar la apertura entre 0 y 100%. El PLC aplica el nuevo valor de apertura mediante una rampa de tiempo programable, para evitar posibles golpes por cambios abruptos en las condiciones de succión. Cada damper transmitirá la posición 'real' en base a una señal analógica que será llevada como indicación al PLC.

En consecuencia cada compuerta tiene en el panel de campo, un selector de remoto-cerrado-abierto, en la posición 'abierto' el PLC transmite al actuador un valor de posición máximo configurable en la estación de supervisión, e independiente para cada compuerta.

Ciclones para la separación de los humos antes de ingresar al filtro del colector de emsiiones secundarias (Bernauer)

Los dos ciclones interactúan en forma simultánea, contando cada uno con válvulas rotatorias, a fin de mantener la presión en forma constante dentro del ciclón y cuentan con gusano transportador de carga simultánea y opuesta, para permitir unir la recolección del polvo, que luego será transportado a través de un segundo transportador hacia el carro receptor con las bolsas de almacenamiento de polvo el cual se une con el que viene del Baghouse.

Compresor de aire

Tiene un motor de 50 HP, razón por la cual se sugirió la instalación de un medidor multifunción de parámetros eléctricos.

Por lo demás, se ha considerado un número de entradas al PLC, lo suficiente como para monitorear el estado operativo. Una medición de presión de salida fue instalada para llevar registro continuo de la presión disponible.

Secador químico de aire

Conformado por dos 'pulmones' que se encargan de extraer humedad del aire comprimido, un pulmón opera mientras el otro es automáticamente sacado de servicio para limpieza.

Instrumentos y equipos adicionales

Exceptuando el sistema de cámaras de video/grabación y los instrumentos parte del suministro de Bernauer, la siguiente es la lista de componentes adicionales que deberán ser adquiridos:

- 1) 2 Equipos Multifunciones de parámetros eléctricos, con accesorios (motores 440V, 50HP y 400HP), interface Profibus,
- 2) 1 Arrancador Estático (Soft-Starter) para ventilador centrífugo con motor de 400HP, 440V (hoja de datos adjunta), con contactor de bypass capaz de realizar un arranque directo si fallara el módulo electrónico,
- 3) 1 Panel de texto para montaje el panel eléctrico principal, interface Profibus,
- 4) 5 Convertidores 0-5A a 4-20ma para medición de corriente de motores,
- 5) 1 Transmisor de presión absoluta 0-15bar a 4-20ma,
- 6) 3 Transformadores de corriente 10/5^a,
- 7) 2 Transformadores de corriente 50/5^a.

Consideraciones adicionales

- 1) La tensión de los mando auxiliares es 220V.
- 2) Los selectores de modo deberán tener llave para bloqueo en posición en caso de mantenimiento.
- 3) Esta instalación deberá tener una pantalla (monitor) adicional en el CPU de la PC de supervisión para poder tener vigilar simultáneamente ambos filtros.

La utilización de máscaras en formato Windows, ayudó sobremanera para el sistema de control, ya que toda la información se puede observar muy fácilmente y se opera de igual forma. Debemos resaltar que este Proyecto ha permitido que se incorporen a MEPSA 2 profesionales de la rama Ingeniería Mecánica y 4 técnicos egresados del SENATI en la especialidad de instrumentación y control.

Los monitoreos llevados a cabo y que obran en el Ministerio de la Producción, nos permiten afirmar que los resultados se ajustaron a lo previsto, sobre un número determinado de coladas en cada uno de los hornos EAF N° 5, 2 y 1. Los incrementos de producción que se tienen planeado, incorporan a su vez ampliaciones tanto en el control de las emisiones primarias como secundarias, habiendo a la fecha ya iniciado el desarrollo de anteproyectos que están en la etapa de evaluación y búsqueda de financiamiento.

Las vistas que se muestran a continuación, corresponden al sistema de control del Colector de Emisiones Secundarias - Bernauer, los diagramas unificares y a la Sala de Control de Mando desde donde se opera el Proyecto CEF:

El planeamiento y programación del Proyecto CEF

Debemos reconocer que no siempre resulta fácil controlar la ejecución de un proyecto, cuyo final es delimitante para la continuación de las operaciones, ya que de por medio existen una serie de variables, que pueden derivar a que no se cumplan los objetivos trazados. Consideramos que la disponibilidad económica y la comunicación y compenetración de las diferentes áreas de la empresa, fueron un factor preponderante.





te para el éxito. Desde el primer momento 11 de enero del 2005 hasta el 18 de enero del 2006, transcurrieron 373 días cuando se decidió poner en marcha las pruebas de carga, nuestra idea original era terminar el 10 de enero del 2006, pero se tuvo que ajustar por un tema logístico.

El manejo del Proyecto CEF, se desarrolló mediante el Sistema Microsoft Project, en el cual se cargaron las actividades y se realizó un análisis permanente de los costos estimados propuestos, los cuales se actualizaron quincenalmente a fin de llevar el control de las valorizaciones y los recursos requeridos. Inicialmente se planteó como un proyecto llave en mano (Engineering, Procurement, Construction & Management - EPCM), pero debido a un esquema de reducir gastos, se optó por un esquema EC (Ingeniería y Construcción externa), de manera tal que MEPSA pueda usar al máximo sus recursos y tomara el control del gerenciamiento del proyecto total.

Las partes del proyecto estuvieron compuestas de las siguientes actividades: La parte "A" con 91 actividades, la parte "B" con 84 actividades, y la parte "C" tuvo 83 actividades.

Siempre existió un control externo por parte del sector competente, razón por la cual se optó, por presentar reportes mensuales de cómo se avanzaba en el PAMA y de manera separada el desarrollo del Proyecto CEF. A fin de poder facilitar la evaluación por parte del Ministerio de la Producción, se produjo un gráfico que permitía actualizar las inversiones que se iban realizando periódicamente, sobre la base de un presupuesto establecido.

Por el lado de las importaciones, se manejó de igual forma, ya que el equipo de Bernauer estaba interconectado con MEPSA y contaban con el mismo cronograma de actividades pero a mayor detalle, y orientado específicamente al Diseño, Fabri-

cación, Pruebas y Logística de los equipos y componentes que se harían en Brasil.

Las vistas que mostramos a continuación, son un ejemplo del cambio logrado en MEPSA.

Consideramos que la confianza que fuera depositada por la Alta Dirección de la Empresa, hacia el equipo del Proyecto CEF, frente a un tema tan delicado como es el manejo del Medio Ambiente, nos llena de orgullo, y es un motivo más para seguir aportando hacia un crecimiento seguro y confiable, que con esfuerzo y dedicación, nuestra ingeniería puede estar a la vanguardia, afirmando que los retos no son infranqueables, sino posibles de desarrollar.



MEPSA, diciembre 2005



MEPSA, enero 2006

Valga las felicitaciones en particular para los Ingenieros: Gianfranco Arce, Pedro Papuico, Abel Díaz, entre otros, a las empresas especialistas en mediciones ambientales y al equipo técnico de MEPSA, ya que sin su ayuda este proyecto no se hubiera podido realizar.



VIENTOS DE CAMBIO. Entrevista al ingeniero Augusto Mellado Méndez, presidente de CONCYTEC

Tecnologías de la Información serán primera prioridad

Un cambio en las prioridades de la promoción de la ciencia, tecnología e innovación, dándole énfasis a las tecnologías de la información, dio a conocer Augusto Mellado Méndez, presidente del Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología-CONCYTEC, institución rectora del Sistema Nacional de Ciencia y Tecnología e Innovación Tecnológica-SINACYT. METALURGIA, MATERIALES & SOLDADURA estuvo con él para conocer las novedades de su reciente gestión.

Dr. Mellado, usted propone hacer un cambio en las prioridades del Plan Nacional de Estrategias de Ciencia, Tecnología e Innovación ¿de qué se trata ese cambio?

Creemos conveniente para el país el desarrollo de tecnologías de información y comunicaciones, en particular la Industria del Software como complemento a nuestro desarrollo basado en la exportación recursos naturales. Por lo tanto queremos dar la primera prioridad al desarrollo de las tecnologías de información como un programa transversal, sin dejar de lado los programas basados en la explotación de recursos naturales, que prioriza el Plan Nacional de Tecnologías de Información.

¿Que impacto va tener en el desarrollo del país al cambiar la prioridad?

Somos un país muy rico en recursos naturales. Desde hace años vivimos con ese orgullo. Hemos exportado nuestra materia prima sin mayor valor agregado, El país ha ganado un porcentaje mínimo de lo que otros han ganado. Sin embargo observamos que países de escasos recursos naturales, han desarrollado una cultura creativa. El caso de Japón es muy conocido, apostó por la ciencia, la tecnología y la transferencia tecnológica, su estrategia : primero copiar, luego igualar y finalmente superar, le ha dado excelentes resultados. No necesitó recursos naturales para convertirse en una potencia mundial. Es más, ningún país ha logrado un desarrollo sustancial sólo con la explotación de sus materias primas. Nosotros apostamos por impulsar las tecnologías de la información, hasta donde sea posible. Si se impulsa la industria del software, el impacto entre otros, en nuestro en el sistema educativo, exigirá ser más creativo y este tipo de educación servirá para todo otro tipo de industrias.

¿Qué ha hecho el CONCYTEC para contribuir al desarrollo de nuestro país?

CONCYTEC ha tenido muchas limitaciones económicas desde sus inicios en el año 1968. Las universidades nacionales han tenido y aun tienen problemas similares. En la actualidad CONCYTEC tiene dos programas con los que impulsa por un lado la investigación científica y tecnológica, PROCYT y por otro lado la competitividad de las empresas, PROCOM. La productividad de los investigadores se ha venido midiendo por el número de publicaciones en revistas indexadas. Aún más, muchos profesionales competentes se encuentran fuera del país, publicando para otras entidades. La investigación básica es importante pero sus beneficios son generalmente vistos a largo plazo. Es necesario impulsar la

investigación aplicada orientada a mercado y medir la productividad de la investigación en lo posible en número de patentes. La transferencia tecnológica es de corto plazo El 90% de países desarrollados basa su desarrollo en transferencia tecnológica.

En ese contexto, ¿cuál será el principal proyecto del cambio?

Se desarrollará un proceso de articulación entre universidad y empresa. Se promoverá la vinculación de cada Universidad con varias empresas con las que desarrolle proyectos de investigación aplicada. Por otra parte se promoverá la articulación entre Universidades e Institutos de Investigación sectorial. Se formarán triadas, Universidad-Institutos de investigación del Estado-Empresas. Se tomará como piloto cuatro regiones: Arequipa, Cajamarca, Loreto y Ayacucho, con el fin de desarrollar un Plan de Integración del Sistema Regional de Ciencia y Tecnología.

Entonces, ¿CONCYTEC será descentralizado?

CONCYTEC es una entidad promotora. Si bien no estará físicamente en cada región, convocará a los organismos y recursos disponibles que apuesten por la ciencia y tecnología. Si eso sucede se logrará promover proyectos que beneficien a la región. Los proyectos podrán ser presentados por los institutos del Estado, las universidades y las empresas.

A parte del presupuesto del sector público o donaciones, ¿con qué otros recursos económicos cuenta CONCYTEC?

Uno de los fondos para proyectos de investigación en Ciencia y Tecnología lo constituye el Préstamo del Banco Interamericano de Desarrollo, BID, por 25 millones de dólares a los que el Gobierno Peruano ha agregado 11 millones que hace un total de 36 millones de dólares. Además se ha

aprobado el Fondo de Competitividad por 200 millones de soles.

¿Cómo miden la capacidad de investigación en las organizaciones de educación superior?

Uno de los indicadores con los que se mide la productividad de la investigación, generalmente la básica, son las publicaciones en revistas indexadas. En el caso de la investigación aplicada un buen indicador son las patentes que se generen. Ambas son importantes, los beneficios de la investigación básica son generalmente a largo plazo, en tanto que la investigación aplicada es a mediano o corto plazo.

En el fondo, ¿cuál es el objetivo?

Nuestro objetivo principal es promover la competitividad de las empresas en el mercado internacional. Si las empresas son competitivas, van a ser exitosas y para ser competitivas tienen que ser innovadoras. Los estudios de postgrado en ciencia y tecnología pueden ser orientados a investigación aplicada.

¿Cuál es el mecanismo para lograr esa meta?

Estudiamos la creación de las cátedras CONCYTEC en tecnologías de la información y biotecnología a nivel Doctoral.. Se formarán equipos con científicos de alto nivel internacional en estos campos, se dictarán cursos con el concurso de profesores extranjeros para reforzar los postgrados. Se proveerán fondos para apoyar los proyectos de investigación.

En todo esto, ¿qué papel cumplirán los colegios profesionales?

Los Colegios Profesionales son los referentes obligados sobre lo que el país requiere. Sus profesionales tienen la experiencia del pasado y la visión del futuro. La interacción entre CONCYTEC y los Colegios Profesionales deberá ser intensificada.

El Proyecto Metalurgia en la Pontificia Universidad Católica del Perú

Ing. Edmundo Alfaro Delgado, Ph. D.

Docente PUCP

La Pontificia Universidad Católica del Perú (PUCP) tiene establecido un convenio de cooperación con el Consejo Interuniversitario de la Comunidad Francófona de Bélgica (CIUF) en diversas áreas de la actividad universitaria. Como parte de este convenio, se estableció otorgar apoyo para desarrollar el área de Ingeniería Metalúrgica, en el seno de la Sección Ingeniería de Minas en la PUCP. A consecuencia de ello, se instituyó el denominado Proyecto Metalurgia que tiene comprometido realizar actividades de formación profesional de ingenieros peruanos en universidades francófonas belgas, la implementación de nuevos laboratorios en Metalurgia, la organización de cursos nacionales e internacionales de especialización, desarrollo de investigación en Metalurgia y actividades de formación académica en la especialidad.

En el marco del convenio para el Proyecto Metalurgia, se otorgaron becas integrales para realizar estudios de post-gradado en Ingeniería Metalúrgica en universidades francófonas de Bélgica. Con ello se ha logrado que tres profesores obtuvieran el grado de doctor; y actualmente, dos profesionales se encuentran en pleno desarrollo de sus estudios de doctorado y de maestría, respectivamente.

Como parte de sus actividades de capacitación se han organizado dos programas de Formación en Ingeniería Metalúrgica en la Universidad Técnica de Oruro, Bolivia. En los años 1998 y 2000 se otorgaron un total de trece becas de seis meses cuyos beneficiarios retornaron a cumplir labor docente o a desarrollar la industria local.

Se han organizado diversos eventos de difusión científico-tecnológica en el área de la Ingeniería Metalúrgica, entre los cuales destacan: Curso Internacional de Metalurgia del Oro; Curso de actualización para docentes universitarios en temas de Flotación e Hidrometalurgia; Conferencia Biolixiviación y Bioremediación Aplicada a la Minería, Curso sobre Tratamiento de Efluentes Líquidos Minero-Metalúrgicos; Curso sobre Recuperación de Oro a partir de Minerales Refractarios Polisulfurados; III Seminario Internacional Desarrollo, Explotación y Transformación de recursos naturales; Seminario sobre Extracción por Solventes; etc. En ellos se contó con la participación de destacados profesionales nacionales, de Bélgica, España, Canadá, Chile, Ecuador, Bolivia y Argentina.

En aspectos de investigación se han desarrollado diversos estudios a nivel de laboratorio y planta piloto en las diversas áreas de la Ingeniería Metalurgia. La lista y resultados de esas investigaciones se pueden consultar en la página web del Proyecto.*

En el área de formación académica, está pronto a iniciarse un programa de estudios con la denominación de Diplomado en Geometalurgia. La Geometalurgia es una disciplina de reciente insurgencia que integra a la geología, y a las disciplinas extractivas de minerales, con el objetivo de dirigir de mejor manera la complejidad

asociada a la determinación del valor de un recurso mineral y su eficiencia de explotación económica. El Diplomado está plantificado para un año de estudios. El programa está diseñado de manera que el diplomado será el primer año de estudios de un futuro programa de Maestría de la misma materia. El Diplomado en si, incluye instrucción en geología, metalurgia y herramientas complementarias, tales como: a) Mineralogía, con especial énfasis en las interacciones de las características mineralógicas con los procesos metalúrgicos; b) Estadística, altamente útil para la interpretación de datos y optimización de procesos; c) Conceptos modernos de gestión y administración en operaciones; y d) Medio Ambiente, con sus implicancias legales, sociales, técnicas y económicas.

Todas estas actividades se ven enormemente favorecidas por la implementación de los laboratorios, lo que se ha logrado por intermedio del convenio de cooperación. Los laboratorios de análisis químico, mineralurgia, hydro, electro y piro metalurgia cuentan con modernos equipos y son utilizados en labores académicas, de investigación, cursos de extensión y prestación de servicios.

Es así que el Proyecto Metalurgia vislumbra a constituirse como una actividad que será de gran beneficio del ambiente académico y productivo del sector minero de nuestro país.

<http://www.pucp.edu.pe/acad/ciuf/metalurgia/>

CETEMIN ofrece carrera técnica en procesamiento de minerales

El Centro Tecnológico Minero más conocido como «Cetemin» abrió sus puertas el año 2003 con la carrera técnica de explotación de minas. Año a año ha ido añadiendo especialidades contando en la actualidad con cuatro carreras técnicas (explotación de minas, mantenimiento de equipo pesado, medio ambiente y procesamiento de minerales) y una quinta la de prospección y exploración minera en vías de desarrollo.

La carrera de procesamiento de minerales cuenta ya con dos promociones de técnicos formados en esta prestigiosa institución. La instrucción se lleva a cabo en las instalaciones de Cetemin en Corcona, km 49 de la carretera central, en donde en colaboración con el laboratorio metalúrgico Chapi que opera en las instalaciones de Cetemin, se lleva a cabo la enseñanza teórica y experimental permitiéndoles a los alumnos contar con un aprendizaje vivencial similar al que encontrarán en la industria de acuerdo al modelo educativo que propugna Cetemin basado en el Saber, Saber Hacer y Saber Ser. También se cuenta con la colaboración de la Sección Ingeniería de Minas de la Pontificia Universidad Católica del Perú que pone a disposición de los alumnos de Cetemin su planta piloto, laboratorio de mineralurgia, laboratorio de hidrometalurgia y laboratorio de análisis químico de minerales el cual cuenta con un recientemente adquirido espectrofotómetro de absorción atómica de última generación.

La carrera tiene una duración de ocho meses y la metodología es la de in-

mersión y desarrollo de competencias. Así los alumnos se internan en Cetemin de Lunes a Viernes, son evaluados diariamente para comprobar su avance en el aprendizaje y se requiere para aprobar cada curso que aprueben la evaluación de competencias que se les toma individualmente. No se deja de lado la formación para la vida que distingue a Cetemin y en la que se pone especial énfasis en convertir los valores en hábitos de conducta lo que hace de un egresado de Cetemin una persona de bien dispuesta a servir a Dios, al Perú y a la sociedad.

Además de las carreras técnicas, Cetemin tiene otros productos educativos en la forma de cursos cortos en

temas técnicos mineros que se imparten sea en su local central, en la mina escuela que operan en Cupiche (km. 43 de la carretera central la cual es única en Latinoamérica, o bien en los asentamientos mineros tanto del Perú como en el extranjero (Argentina y Bolivia son dos ejemplos recientes). También está en proyecto el incursionar en la enseñanza del inglés técnico minero y en capacitación para ofrecer servicios a la industria minera como administración de campamentos y comedores. No se puede dejar de mencionar la próxima apertura de una sucursal en Cerro de Pasco, específicamente en la localidad de la Quinua en colaboración con la Cegep de Rouyn Noranda del Canadá enfocada principalmente a la capacitación de gente de las comunidades vecinas a los asentamientos mineros.

Capítulo de Ingeniería Metalúrgica organiza evento de minería no-metálica

En un contexto donde las exportaciones de minerales no-metálicos se han triplicado en los últimos cinco años, el Capítulo de Ingeniería Metalúrgica del CIP-CD Lima viene preparando el seminario «Perspectivas de los Minerales No Metálicos». Se busca llamar la atención sobre el enorme potencial que tiene el sector para una mayor contribución al desarrollo económico-tecnológico del país.

El objetivo es identificar los minerales llamados «no metálicos», caracterizarlos visualizando la diferencia existente de sus cristalografías e identificando sus posibles ocurrencias en el territorio nacional. El evento permitirá intercambiar alternativas sobre sus posibles usos, mercados potenciales y oportunidades de negocios creando en el participante un conocimiento de ellos y sus posibles oportunidades de desarrollar negocios.

El evento reunirá a especialistas en no-metálicos, representantes del Estado, empresas exportadoras, inversionistas y pequeños industriales, además de todas las personas deseosas de conocer las perspectivas de este sector.

Congreso de Metalurgia de Transformación emite conclusiones

Bajo el lema «Metales peruanos para mejorar la calidad de vida en una economía global», se realizó el III Congreso Internacional de Metalurgia de Transformación del 1 al 4 de noviembre pasado.

Durante el evento organizado por el Capítulo de Ingeniería Metalúrgica del CIP-CD Lima, se desarrollaron cuatro mesas redondas en las cuales se destacaron las siguientes conclusiones:



1. Establecer precio local de metales exonerado de fletes y seguros de exportación.
2. Priorizar la satisfacción del mercado nacional de metalurgia de transformación con un porcentaje de la producción que se fije anualmente.
3. Fomentar establecimiento de laboratorios de certificación de materiales.
4. Incrementar la inversión en ciencia y tecnología a través de CONCYTEC (priorizar el fomento a la investigación en metalurgia de transformación), dada la naturaleza minera de la economía peruana.
5. Incluir en Ley General de Minería la obligatoriedad de instalar refinерías para extracciones mayores a 50 TM de concentrados por día.
6. Incluir esquemas promocionales, como exonerar del pago de regalías a las compañías mineras en el monto de concentrados que son transformados.
7. Promover la instalación de plantas metalúrgicas de fundición, refinación y lixiviación de concentrados con el aval del Estado.
8. En US por cada puesto directo en minería, existen 14 puestos indirectos. En el Perú, sin embargo, sólo hay 4 puestos indirectos debido a la falta de metalurgia de transformación e integración vertical.
9. Se debe promover la intervención de los ingenieros metalúrgicos peruanos en el diseño, reparación y fabricación de materiales para las fuerzas armadas.
10. El gas natural a utilizar en la industria metalúrgica deberá ser suministrado al mismo precio que las empresas eléctricas.
11. El canon minero se debe articular con proyectos de producción de bienes con el valor agregado.

Comité Técnico de Normalización de Fundición planteará homogenización de terminología

Para el año 2007, el Comité Técnico de Normalización de Fundición se planteó el objetivo de homogenizar la terminología utilizada en los procesos de fundición, desarrollar la norma para las arenas de moldeo y propiciar el intercambio de información necesario para la consolidación de las buenas prácticas de manufactura.

El Comité Técnico de Normalización de Fundición se conformó por aprobación de la Comisión de Reglamentos Técnicos y Comerciales de INDECOPI en sesión

del 20 de abril de 2006, instalándose oficialmente el 19 de julio de 2006.

La Secretaría del Comité fue asumida por el Capítulo de Ingeniería Metalúrgica del Consejo Departamental de Lima del Colegio de Ingenieros del Perú.

En el año 2006 los miembros del Comité se reunieron en dos sesiones, donde se trató sobre las sesiones del Comité y el Plan de Trabajo propuesto por el Secretario.

Agenda Metalúrgica 2007

2007 TMS Annual Meeting & Exhibition
Febrero 25-Marzo 1; Orlando, FL
<http://www.tms.org/Meetings/Annual-07/AnnMtg07Home.html>

Asian Steel 2007
Marzo 9-10; Bangkok, Thailand
<http://www.steelmetallurgy.com/>

Arab Steel Summit 2007
Marzo 12-14; Muscat, Sultanate of Oman
<http://events.arabsteel.info/Summit2007/asse2007.asp>

5th. International Steel Market and Trade Conference 2007
Marzo 25-28; Guangzhou, China
<http://www.mc-ccpit.com/smt2007/en.htm>

153rd. Iron and Institute of Japan Meeting
Marzo 27-29; Chiba, Japan
http://www.isij.or.jp/E_Katsudo/E_Koen/e_index.htm

Second International Conference on Welding and Joining of Materials ICWJM 2007
Abril 16-18; Cusco, Perú
http://www.pucp.edu.pe/acad/ingesold/icwjn_2007/

SAE 2007 World Congress
Abril 16-19; Detroit, Michigan USA
<http://www.sae.org/congress/>
<http://www.sae.org/events/>

Bio & Hydrometallurgy 2007
Mayo 1-2; Falmouth, UK
<http://www.min-eng.com/biohydromet07/index.html>

Pyrometallurgy 2007
Mayo 3-4; Falmouth, UK
<http://www.min-eng.com/pyromet07/index.html>

AISTech 2007 The Iron and Steel Technology Conference and Exposition
Mayo 7-10; Indianapolis, Ind., USA
http://www.aist.org/newsletter/2007_aistech.htm

11th. Metal Casting Congress
Mayo 15-18; Houston, TX, USA
<http://www.metalcastingcongress.org/>

IV International Copper Hydrometallurgy Workshop
Mayo 16-18; Viña del Mar, Chile
<http://www.hydrocopper.cl/>

6th. Pacific Symposium on Flow Visualization and Image Processing
Mayo 16-19; Hawaii, USA
<http://fox27.hucc.hokudai.ac.jp/indexHAWAII.html>

1st. International Symposium on Steel Science
Mayo 17-18; Kyoto, Japan
<http://www.steelscience.org/>

XXXVIII Steelmaking Seminar - International
Mayo 20-23; Belo Horizonte-Minas Gerais, Brasil
<http://www.abnibrasil.com.br/seminarios/aciaria/2007/default-i.asp>

AWS Conference: Joining Dissimilar Metals
Mayo 22-23; Orlando, Florida
<http://www.aws.org/conferences/>

11th. World Conference on Titanium
Junio 3-7; Kyoto, Japan
<http://apollon.nta.co.jp/Ti-2007/>

7th. International Conference on Clean Steel
Junio 4-6; Balatonfured, Hungary
<http://www.mvae.hu/cleansteel/>

Steel Mill Optimisation & Maintenance Asia 2007
Junio 4-7; Bangkok, Thailand
<http://www.terrapinn.com/2007/steel/>

Third International Conference on Recrystallization and Grain Growth (Rex&GG111)
Junio 10-15; Jeju Island, Korea
<http://www.rex-gg-2007.org/>

Archaeometallurgy in Europe
Junio 10-14; Grado and Aquileia, Italia
<http://www.aimet.it/archaeometallurgy2.htm>

European Metallurgical Conference 2007
Junio 11-14; Dusseldorf, Germany
<http://www.emc.gdmb.de/>

3rd. International Steel Conference on New Developments in Metallurgical Process Technologies
Junio 11-15; Dusseldorf, Germany
<http://insteelcon.com>

11th. International Foundry Trade Fair with WFO Technical Forum
7th International Metallurgical Technology Trade Fair with In Steel Con & EMC 2007
Junio 12-16; Dusseldorf, Alemania
<http://www.gifa.de>

2nd. International Conference Archaeometallurgy in Europe 2007
Junio 17-21; Grado and Aquileia, Italy
<http://www.aimet.it/archaeometallurgy2.htm>

Duplex 2007 International Conference & Expo
Junio 18-20; Grado and Aquileia, Italy
<http://www.aimet.it/duplex2007.htm>

Eighth International Conference on Brazing, High Temperature Brazing and Diffusion Bonding
Junio 19-21; Aachen, Germany
<http://www.dvs-ev.de/loet2007/>

V Congreso Internacional de Medio Ambiente en Minería y Metalurgia
Julio 18- 21; Lima, Perú
www.ciplina.org.pe/congreso.htm

AWS Conference: Explosion of New Processes
Agosto 14-15; San Diego, California
<http://www.aws.org/conferences/>

Copper 2007
Agosto 25-30; Toronto, Ontario, Canadá
<http://www.metsoc.org/com2007/index-cu.asp>

Precious Metals 2007
Agosto 30-31; Brisbane, Australia
<http://www.min-eng.com/preciousmetals07/index.html>

European Congress and Exhibition on Advanced Materials and Processes (EUROMAT2007)
Setiembre 10-13; Nurnberg, Germany
<http://www.euromat2007.fems.org/>

Materials Science & Technology 2007 Conference and Exhibition (MS&T'07)
Setiembre 16-20; Detroit, Michigan, USA
<http://www.tms.org/meetings/meetings.asp>

MS&T 2007 Material Science & Technology Conference & Exhibition
Setiembre 16-20; Detroit, Michigan, USA
<http://www.matscitech.org/2007/home.html>

154th. ISIJ Meeting
Setiembre 19-21; Gifu, Japan
<http://www.isij.or.jp>

13^o Congresso Nacional de Fundação- CONAF; Feira Sudamericana de Fundação- FENAF
Setiembre 25-28; Sao Paulo, Brasil
<http://www.abifa.org.br/>

2007 Precious Metals Symposium
Octubre 3-6; Tucson, Arizona
<http://www.smenet.org/>

AWS Conference Weld Cracking VI
Octubre 16-17; Las Vegas, Nevada
<http://www.aws.org/conferences/>

International Symposium on Ultrafine Grained Steels (ISUGS-2007)
Octubre 24-26; Kitakyushu, Japan
<http://www.ics-inc.co.jp/isugs2007/index.html>

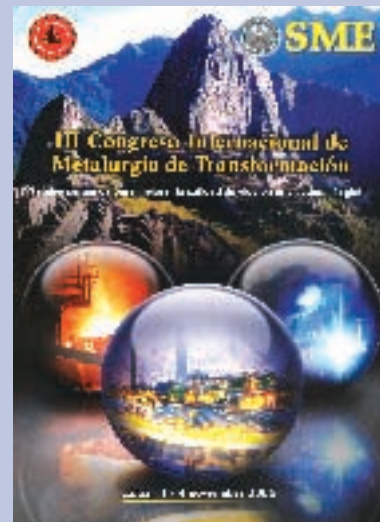
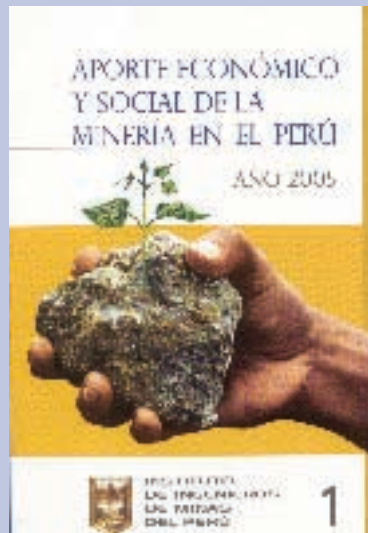


VIGILANCIA DE LAS INDUSTRIAS EXTRACTIVAS
Reporte Nacional N° 4, Perú 2006
Editores:
Grupo Propuesta Ciudadana
Lima, setiembre 2006

De acuerdo a sus editores, el Reporte Nacional N°4 de Vigilancia de la Renta de las Industrias Extractivas en el Perú es parte de *Vigila Perú*, Sistema de Vigilancia Ciudadana del proceso de descentralización y tiene por finalidad hacer seguimiento a los diferentes eslabones que existe desde la formación de la renta que pagan las empresas extractivas, su distribución y uso de las regiones que reciben estos recursos. Los datos estadísticos y fuentes de información son oficiales y han sido cuidadosamente incorporados y en algunos casos se precisa expresamente sus alcances y objetivos.

APORTE ECONOMICO Y SOCIAL DE LA MINERIA EN EL PERU:
AÑO 2005
Instituto de Ingenieros de Minas del Perú
Lima, diciembre 2006

Como resultado de una investigación elaborada por el IIMP, se obtuvieron un conjunto de indicadores proporcionados por las empresas mineras. Los datos del documento están agrupados en tres áreas: Aporte social, aporte económico y propiedad minera. El documento busca compartir información acerca de los beneficios económicos y sociales generados por las actividades mineras en el país, a fin de facilitar un dialogo transparente con las autoridades y lideres sociales y nacionales.



III CONGRESO INTERNACIONAL DE METALURGIA DE TRANSFORMACION
Capítulo de Ingeniería Metalúrgica CDL-CIP
Lima, noviembre 2006

La publicación contiene un compendio de las exposiciones que se orientan al estado del arte de la transformación de metales, con énfasis en las aplicaciones tecnológicas de los metales que el país produce. Con esta publicación, los colegas ingenieros pueden acceder a información de alto valor, lo que les permitirá actualizarse y profundizar en temas desarrollados por expertos nacionales y del extranjero.

Otorgan Premio Internacional Soldadura a profesional peruano



Dr. Ernesto Indacochea (University of Illinois at Chicago), MSc. Jorge Merzthal (Perú), Dr. David Olson (Colorado School of Mines).

El pasado 31 de octubre 2006 se llevó a cabo la 87th Annual Meeting American Welding Society Convention, en la ciudad de Atlanta, Georgia-EEUU, con la asistencia de los miembros provenientes de diversos países del mundo. En dicho evento, the American Welding Society – AWS, otorgó la máxima distinción internacional en soldadura, The Adams Memorial Membership Award a nuestro compatriota el Ing. Jorge Merzthal Toranzo en reconocimiento a su contribución para el avance de la ciencia, tecnología y por sus destacadas actividades en la industria, educación en la difusión y enseñanza de la soldadura y sus procesos.

Cabe mencionar que el Ing. Merzthal Toranzo es un reconocido profesional egresado de facultad de Ingeniería Metalúrgica de la Universidad Mayor de San Marcos con estudios de post grado MBA de la Universidad Pacífico y grado MATI del Instituto Tecnológico de Monterrey – México, es International Welding Engineer certificado por el International Institute of Welding y actualmente es Gerente de la División Soldaduras de EXSA S.A.