

MAPLA2008

V Encuentro Internacional de
Mantenedores de Plantas Mineras

3-5 de Septiembre, 2008. Santiago, Chile

Editores:

Eduardo NILO
División El Teniente, Codelco Chile

Raúl STEGMAIER
Universidad Técnica Federico Santa María, Chile

Patricio GUZMÁN
GECAMIN Ltda.

Derechos de Impresión

© Copyright 2007. GECAMIN Ltda.

Registro de Propiedad Intelectual N° XXXXXXX

Todos los derechos reservados. Ninguna parte de este libro, incluido el diseño de la portada, puede ser reproducida, transmitida o almacenada, sea por procedimientos mecánicos, ópticos, químicos o electrónicos, incluidas las fotocopias, sin permiso escrito de Gecamin Ltda.

Portada diseñada por Gecamin Ltda.

Impreso en Santiago, Chile.

Descargos de Responsabilidad

A pesar de que se han tomado medidas para asegurar la integridad y la calidad de esta publicación y la información que ella contiene, el Editor no se responsabiliza por ningún daño a la propiedad o personas como resultado de la operación o uso de esta publicación y/o información aquí contenida.

ISBN xxxxxxxxxxxx

GECAMIN Ltda.

Paseo Bulnes, Piso 6

Santiago, Chile

Teléfono: (+56-2) 652 1500

Fax: (+56-2) 652 1570

E-mail: info@gecamin.cl

Web: www.gecamin.cl

La PRIMERA EDICIÓN de XXX copias, se terminó de imprimir en Quebecor World Chile S.A. Av. Gladys Marín Millie 6920, Santiago, Chile. Agosto 2008.

TABLA DE CONTENIDOS

	VII	Palabras del Presidente
	IX	Prefacio
	XI	Comité Organizador
	XI	Comité Asesor
	XI	Comité Técnico
	XI	Comité Editorial
CONFERENCIA PLENARIA	3	El Negocio y Evolución de Mantenimiento en la Industria Minera <i>Eduardo NILO y Raúl STEGMAIER</i>
MÓDULO 01 GESTIÓN DE MANTENIMIENTO	15	La Confiabilidad en la Minería Chilena <i>Luis BENOIT</i>
	27	Inser Transfield Enfocado al Asset Management (Gestión de Activos) <i>Italo ZAFFIRI, Rubén SANTA CRUZ y Stuart GIBSON</i>
	37	Los Sistemas de Control como Herramienta para la Detección de Fallas <i>Nelson BRAVO y Fernando SAAVEDRA</i>
	45	Localizador Inteligente de Metales para Optimizar Disponibilidad en el Área de Chancado Primario <i>Luis DANTAGNAN</i>
	51	SUSY: Sistema de Monitoreo para Convertidores de Potencia Críticos de Minería, una Herramienta para Mantenimiento Predictivo y Análisis de Fallas <i>Jaime REBOLLEDO, Ricardo ARAYA y Esteban CID</i>
	61	The Airbus Integrated Approach to e-Maintenance <i>Franck SCHREIDER y Ignacio DI PROSPERO</i>
	67	Opportunistic Maintenance on SAG Mill Liners <i>Guillermo DEL CASTILLO y Rodrigo PASCUAL</i>
MÓDULO 02 MEJORES PRÁCTICAS DE MANTENIMIENTO	75	Approaches to Maintenance of Hyperbaric Filtration Plants in High-Abrasion Applications <i>Rainer RABERGER</i>
	85	Inspection and Evaluation of Refractory Lining for Slag Cleaning Furnace and Teniente Reactor at Fundición Hernán Videla Lira, Empresa Nacional de Minería (ENAMI) <i>Afshin SADRI, Pawel GEBSKI, Patricio ROJAS, Wilson DÍAZ y Renzo IBAÑEZ</i>

- 97 **Mantenibilidad de Reductores en Plantas Mineras**
Marcelo CELIS
- 109 **Disminución del Costo de Mantenimiento de Tolvas Basado en Estrategias de Cambio y Stock Empleando el Análisis Estadístico**
Gabriel PISTONE
- 117 **Búsqueda de Causa Raíz de Problemas Mineros a través de Análisis de Falla de Rodamientos Norma ISO 15243**
Guillermo RIOS, Raúl VERNAL y Raúl MARÍN
- 125 **Reparación de Fisura de Shell y Giro de Tapa de Descarga del Molino SAG 36' X 15' de Minera Candelaria**
Guillermo YÁÑEZ y Héctor TAPIA
- 137 **Experiencia de una Distribuidora en Mantención Planta: Caso de Inicio en Collahuasi**
Alejandro AVARIA y Luis GAJARDO
- 147 **Gearless Motor Failures - A Mill Designer's Viewpoint**
Vytas SVALBONAS
- 157 **Aplicación de Herramientas Básicas de Resolución y Análisis de Fallas (Máquina Lavadora Despegadora De Cátodos Permanentes, Planta EW)**
Juan ARAYA, Elmer MUÑOZ y Edson ROJAS
- 171 **Optimization of SAG Mill Liner Maintenance Intervals**
Francisco FELIS, Carlos FLORES y Rodrigo PASCUAL
- 183 **Optimización de Inventarios de Repuestos Críticos: Estudio de Caso en Plantas de Molienda**
Alejandro MARTÍNEZ, Rodrigo PASCUAL y Darko LOUIT
- MÓDULO 03**
- TÉCNICAS AVANZADAS Y
DESARROLLOS TECNOLÓGICOS
- 199 **Cost Saving through Employing Kumera Steam Dryer in Copper Smelters**
Shaolong CHEN, Hannu MANSIKKAVIITA, Ilpo KYLMÄKORPI y Ari KUUSISALO
- 205 **The Use of Composite Materials to improve the Wear Life in SAG Mill Feed End Liners**
Craig FAULKNER
- 215 **Análisis de Riesgo para Reemplazo Económico de Equipos: Aplicación de Simulación Montecarlo**
Adolfo ARATA y Fredy KRISTJANPOLLER
- 223 **RUSSELL TWIN – 8 Twin Eight (8) Axis Machine Mill Relining System**
John RUSSELL y Wiston ROCHER
- 233 **Auxiliary Drive System for Gearless Drive Grinding Mills (Patent Pending)**
William THOME

- 239 New Applications of SONAR-Based Technology in the Minerals Processing Industry: Velocity Profile Measurement and Pipe Wall Wear Monitoring in Hydrotransport Lines
Robert MARON, Mark FERNALD, Christian O'KEEFE, John VIEGA y Tim BAILEY
- 251 Axial Piston Pumps in Hydraulic Power Stations and how to Maintain on Condition Base
Gerald HANDKE
- 263 Inspection Techniques Non-Destructive Testing – Gear Inspection Gear Inspection Using Multi-Plexed Array Eddy Current
Tom SHUMKA y JC ALLAIN
- 267 CO₂ Blasting for Electric Machines Cleaning
Juan Pablo RUIZ y Marcio GENNARI
- 275 Simulador de Entrenamiento con Dinámica en Tiempo Real de un Manipulador para la Minería
Luciano CHIANG, Cristián GÓMEZ y Juan Pablo OYARZÚN
- MÓDULO 04** 287 Soporte para Sistemas de Sellado en Fluidos Peligrosos e
SEGURIDAD Y MEDIO AMBIENTE Inflamables. (Ácidos-Cáusticos, Tóxicos y Cancerígenos,
EN MANTENIMIENTO Explosivos e Inflamables)
Christian LUCHSINGER y Adrián MONTEALEGRE
- 295 La Seguridad: Una Competencia en Proceso de Cambio
Manuel CARRASCO, Karol RODRÍGUEZ, Marcelo RIVERA, Marcelo NÚÑEZ y Valeria VARGAS

PALABRAS DEL PRESIDENTE

Desde los inicios de la era industrial, los avances tecnológicos han posicionado a los países a la vanguardia del desarrollo. Todos habremos escuchado historias que han impactado al mundo como por ejemplo cuando Henry Ford instaló la primera línea de ensamble de vehículos. Esta idea, este sueño de este hombre visionario, revolucionó el concepto de manufactura y fabricación de productos que se utilizaba en esos años...pero ¿quienes los implementaron?, ¿Quienes hicieron que las ideas innovadoras de Henry Ford se hiciesen una realidad?, ¿Quienes tomaron los retos de hacer aterrizar esos sueños?, ¿Como hacerlo?, ¡No había modelos previos que sirvieran de ejemplo!, ¿Como superar los potenciales problemas que surgirían en la implementación del proyecto?

Lo mismo sucede con cada nueva tecnología que se desarrolla. Los invito a realizar un nuevo proyecto. Vamos a desarrollar un sistema que permita transmitir información utilizando señales de luz en vez de señales electromagnéticas...y así nació la Fibra Óptica!!!. Ahora bien, después de mucha investigación ya tenemos todo el diseño operativo del producto y la base teórica que lo respalda, pero...¿Como hacemos la primera fibra óptica?, ¿Como desarrollamos el proceso industrial que permitirá hacer comercialmente disponible el uso de esta tecnología?, ¿Cuales serán los mayores retos que se tendrán, desde un punto de vista de implementación?, ¿Diseños?, ¿Especificaciones?, ¿Normativas?, ¿Interfases?, ¿Protocolos?

El mundo actual está caracterizado por un proceso generalizado de apertura de fronteras, para productos no para personas, que se ha llamado globalización. Este fenómeno, para bien o para mal, ha puesto a competir empresas cuyas economías de escala no tienen comparación. Empresas muy grandes, transnacionales, que suministran sus productos a mercados de cientos de millones de habitantes, compitiendo de tu a tu. Para poder sobrevivir, estas empresas deben optimizar su proceso productivo y disminuir el impacto de los costos indirectos en el costo total del producto, ya sea aumentando producción o disminuyendo administración o ambos. De la misma manera, las empresas proveedoras de equipos y maquinaria han optimizado sus diseños para que sus máquinas sean de alta producción y de alta confiabilidad las diseñan para poder proveer sus productos a esos mercados de cientos de millones

de habitantes, son grandes, con motores grandes, poderosas, de alta productividad y eficiencia y además controladas. Esto implica tecnología de punta que permite administrar todas las operaciones del equipo desde una consola computarizada, que esta midiendo permanentemente las diversas variables del proceso, que le ayuda a controlar la producción y la calidad del producto y lo que tal vez sea mas importante, que le permite reproducir las condiciones de tal manera que la próxima vez que se haga ese mismo producto se realice con la misma calidad y bajo los mismos parámetros de la producción anterior.

Entonces, ¿Como sobrevivir?, ¿Como ser competitivo?. Las palabras claves son INGENIERÍA DE MANTENIMIENTO, INNOVACIÓN y AUTOMATIZACIÓN. INGENIERÍA para analizar de una manera técnica como plantear la posible solución; INNOVACIÓN para enfrentar los desafíos del cambio y AUTOMATIZACIÓN para poder desarrollar la solución planteada con la tecnología apropiada.

Las últimas tecnologías de Molinos, Sistemas de Transporte de Mineral, Camiones, Palas traen continuamente mejoras en los sistemas de engranajes, lubricación, aleaciones especiales, acoplamientos, PLC's, inversores de frecuencia, transductores, servomotores, pantallas de interfase hombre-máquina, control remoto por internet, simuladores de procesos y equipos, etc.

La innovación y automatización debe tocar a cada puerta de cada empresa minera y continuar con los procesos de mejora en la productividad con equipos y sistemas que mejoraran la misma en un 30% de un día para otro y que disminuyen los desperdicios o los productos fuera de especificaciones en un 75%, que mediante una buena interfaz Hombre-Máquina (HMI) el nuevo operador y mantenedor aprende a manejar los equipos a máquina en un período 10 veces menor que con los sistemas anteriores, etc., etc., etc.,...

Hoy estamos en la inauguración del MAPLA 2008 y aprovecho la oportunidad para felicitar al Comité Organizador por el empeño, la dedicación, el tiempo y el esfuerzo en su realización, que como entidad gremial tiene como pilares fundamentales el crecimiento profesional de sus miembros y la difusión y promulgación de temas relacionados con el mantenimiento tal y como aparece en su sitio de Internet www.mapla.cl. Las charlas del Encuentro han sido preparadas para ustedes, aprovéchenlas participando.

Los retos existen, las CRISIS existen, ambos llenan nuestro diario quehacer y en cada uno de nosotros está la oportunidad para tomarlos, vencerlos y salir adelante, pero para ello... Hay que estar PREPARADO.

Muchas gracias

Eduardo Ku Cuadra

Presidente

V Encuentro Internacional de
Mantenedores de Plantas Mineras

MAPLA 2008

PREFACIO

La minería es una industria dinámica en donde continuamente se genera y aplica gran cantidad de nuevas tecnologías, prácticas y modelos de gestión. Mantenimiento no está ajeno a esa dinámica, en particular dada la creciente importancia que cobra ante el mayor reconocimiento de su impacto en el negocio, y a que cada vez es más visto como una función que genera valor para la empresa.

Si bien en la actualidad disponemos de una gran cantidad de nuevas tecnologías, métodos y conocimientos, existe el gran paso de poder utilizar y adecuar estas herramientas a nuestra realidad y necesidades de manera de obtener de ellas la máxima rentabilidad en el menor tiempo posible.

La importancia de encuentros profesionales como MAPLA, está en el intercambio de experiencias, conocimientos y la creación de redes que den continuidad a esta dinámica, lo que en definitiva genera una excelente oportunidad para crear sinergia entre los colegas, que como resultado acelere la utilización exitosa de las innovaciones, se descubran oportunidades y se creen nuevas soluciones a los desafíos de la industria.

Este año los autores han presentado una diversidad de trabajos los que han podido conformar estos proceedings, y cuya distribución por área es la siguiente:

- Gestión de Mantenimiento (8)
- Mejores Prácticas de Mantenimiento (11)
- Técnicas Avanzadas y Desarrollos Tecnológicos (10)
- Seguridad y Medio Ambiente en Mantenimiento (2)

El contenido de los proceedings de MAPLA se ha convertido en una excelente revisión del estado del arte de mantenimiento en plantas mineras y una conexión más de la industria productora con las universidades, empresas de suministro, servicio y desarrollo.

COMITÉ ORGANIZADOR
V Encuentro Internacional de
Mantenedores de Plantas Mineras
MAPLA 2008

AGRADECIMIENTOS

El Comité Organizador desea expresar a todos los autores su agradecimiento por el aporte técnico realizado en este V Encuentro Internacional de Mantenedores de Plantas Mineras – MAPLA 2008. Del mismo modo, se agradece la colaboración de los Comités Técnico y Editorial por el tiempo dedicado a la revisión de los trabajos.

Por otra parte, se reconoce y agradece la participación de los auspiciadores de este encuentro que con su apoyo permiten financiar las diversas actividades técnicas y sociales incluidas en su desarrollo. Los auspiciadores de este año, considerados hasta la fecha de impresión de este texto y nombrados en orden alfabético, han sido, en la categoría Gold: BHP BILLITON, COMIN, COVER SYSTEM CHILE, FLSMIDTH MINERALS, METSO MINERALS, RME y WEIR-VULCO; en la categoría Silver: CIDRA, EXIMTEC, MAESTRANZA DIESEL y SKF; en la categoría Social: ABB, FLSMIDTH MINERALS, METSO MINERALS y WEIR-VULCO; en la categoría Anfitrión Estudiantes: BHP BILLITON; en la categoría Medio Oficial: MINERÍA CHILENA; en la categoría Medio Colaborador: MINERGÍA; y en la categoría Aerolínea Preferida: GOL.

Finalmente agradecemos a todos los profesionales participantes en este Encuentro, que con su presencia permiten un enriquecedor intercambio de experiencias, conocimiento e información técnica. Sin ellos este Encuentro no podría existir ni presentar la diversidad de temas que ha cubierto.

COMITÉ ORGANIZADOR

V Encuentro Internacional de
Mantenedores de Plantas Mineras
MAPLA 2008

COMITÉ MAPLA 2008

COMITÉ Presidente

ORGANIZADOR Eduardo KU, *BHP Chile Inc., Chile*

Director Ejecutivo

Carlos BARAHONA, *Gecamin Ltda., Chile*

Miembros Directores

Guillermo CAVALLI, *Codelco Chile*

Eduardo NILO, *Codelco Chile*

Coordinador Técnico

Patricio GUZMÁN, *Gecamin Ltda., Chile*

Coordinadora del Evento

Armelle Merialdo, *Gecamin Ltda., Chile*

COMITÉ ASESOR Rodrigo DÍAZ, *BHP Chile Inc., Chile*

Bernie LOYER, *FLSmidth, USA*

Manuel RODRÍGUEZ, *Goldcorp, México*

COMITÉ TÉCNICO Rubén BARRIENTOS, *Anglo American, Chile*

José BERRIOS, *Codelco Chile*

Álvaro ENDO, *Ingeniería La Cumbre S.A., Chile*

Tadeusz GOLOSINSKI, *Pontificia Universidad Católica de Chile*

Patricio GUZMÁN, *Gecamin Ltda., Chile*

Claudio HERRERA, *Codelco Chile*

Erwin MARY, *Antofagasta Minerals S.A., Chile*

Patricio MEYER, *Reliasset SME, Chile*

Rodrigo PASCUAL, *Universidad de Chile*

Luis SÁNCHEZ, *Universidad de Antofagasta, Chile*

Raúl STEGMAIER, *Universidad Técnica Federico Santa María, Chile*

José VILDOSO, *Minería Michilla, Chile*

COMITÉ EDITORIAL José BERRIOS, *Codelco Chile*

Guillermo CAVALLI, *Codelco Chile*

Carlos BARAHONA, *Gecamin Ltda., Chile*

Álvaro ENDO, *Ingeniería La Cumbre S.A., Chile*

Tadeusz GOLOSINSKI, *Pontificia Universidad Católica de Chile*

Patricio GUZMÁN, *Gecamin Ltda., Chile*

Erwin MARY, *Antofagasta Minerals S.A., Chile*

Patricio MEYER, *Reliasset SME, Chile*

Eduardo NILO, *Codelco Chile*

Rodrigo PASCUAL, *Universidad de Chile*

Luis SÁNCHEZ, *Universidad de Antofagasta, Chile*

Raúl STEGMAIER, *Universidad Técnica Federico Santa María, Chile*

José VILDOSO, *Minería Michilla, Chile*

DISEÑADORAS María Paz MEZA, *Gecamin Ltda., Chile*

GRÁFICAS Carolina SANTANA, *Gecamin Ltda., Chile*

Magdalena SERRANO, *Gecamin Ltda., Chile*

Alicia BONILLA, *Gecamin Ltda., Chile*