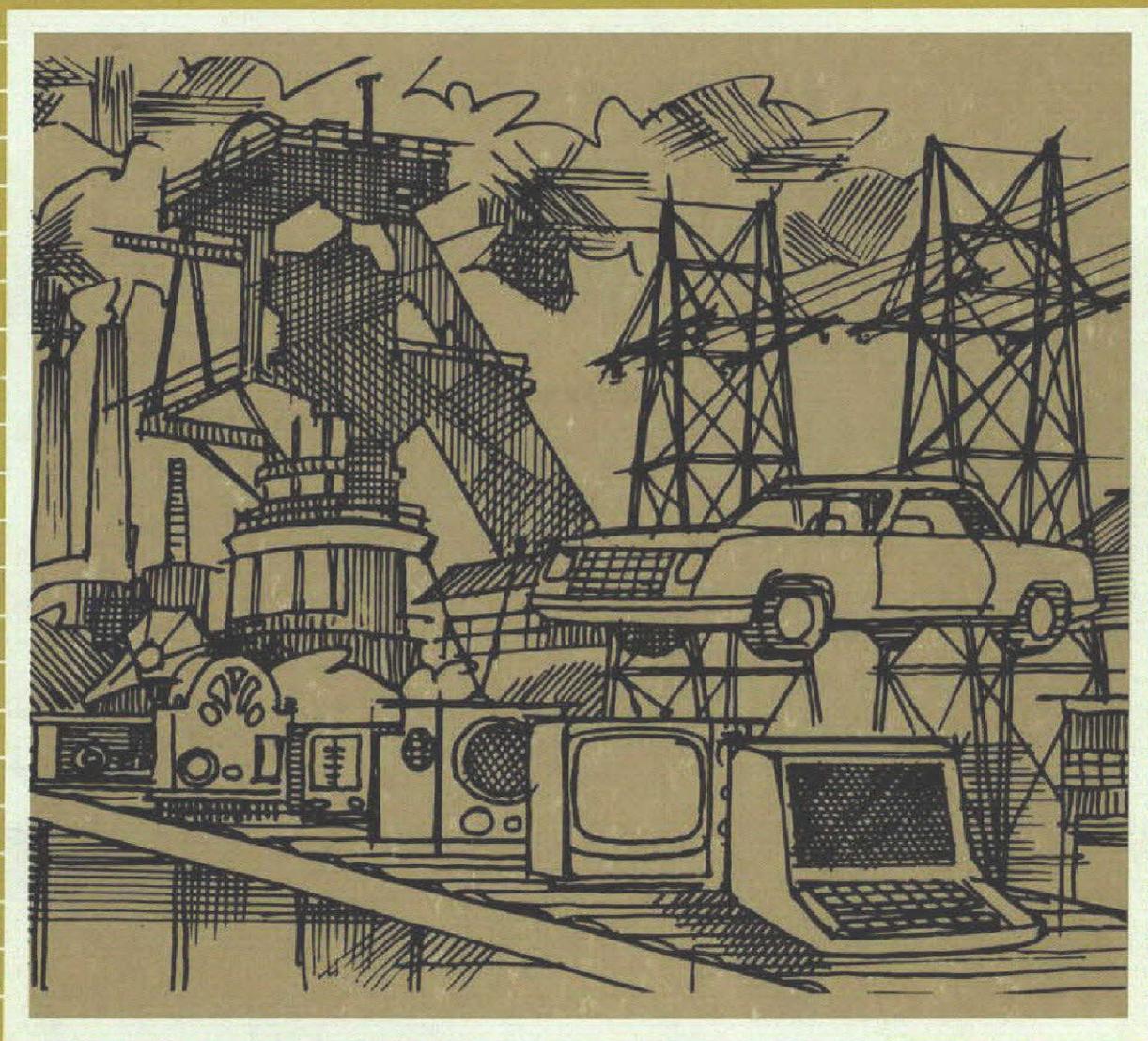




BOLETIN

MINERO

Organo Oficial de la Sociedad Nacional de Minería Agosto-Septiembre 1987.



SUPERCONDUCTORES ¿Amenaza Real Para El Cobre?

**Somos la solución más cerca y económica
para un abastecimiento ágil y dinámico de todo
lo que su faena minera requiere.**

**17 sucursales y 15 polvorines a su disposición
con STOCK PERMANENTE**

ARICA
IQUIQUE
TOCOPILLA
ZONA FRANCA IQUIQUE
ANTOFAGASTA
TALTAL
EL SALADO
TIERRA AMARILLA

COPIAPO
VALLENAR
COQUIMBO
OVALLE
ANDACOLLO
ILLAPEL 1941
CABILDO
SANTIAGO



1987

**SOCIEDAD ABASTECEDORA
DE LA MINERIA, SALUDA A TODA
LA ACTIVIDAD MINERA NACIONAL,
EN EL DIA CONMEMORATIVO
DEL MINERO CHILENO
10 - AGOSTO - 1987**

- Reactivos químicos DOW - CYNAMID - SHELL
- Distribuidor Good-Year en todas sus líneas
- Cianuro - Carbón activado - Zinc en polvo
- Distribuidor "SOQUIMICH"
- Bolas de Molienda ARMCO
- Lubricantes Shell automotrices e industriales
- Carburo de Calcio - Materiales y Herramientas en general
- Distribuidor "FAMAE"

ASESORIA TECNICA PERMANENTE "SOLICITELA"

SOC. ABASTECEDORA DE LA MINERIA LTDA.

OFICINAS PRINCIPALES EN SANTIAGO

Alameda Libertador Bernardo O'Higgins 969, Conjunto Santiago Centro Torre A, 5° Piso
Teléfonos: 6966727 - 6966619 - 6966478 - 6984422
Bodegas en Santiago Cueto 1095 esq. Mapocho F. 734323

BOLETIN MINERO
 Organo Oficial de la
 Sociedad Nacional de Minería
 Fundado el 15-XII-1883

Directorio SONAMI

Presidente

Guillermo Valenzuela Figari

Primer Vicepresidente

Jorge Muxi Ballsels

Segundo Vicepresidente

Oscar Rojas Garín

Secretario General

Julio Ascuí Latorre

Representante Legal

Guillermo Valenzuela Figari

Director

Alfredo Araya Muñoz

Editores

Sociedad Nacional de Minería

Diseño

Fernando Landauro Lizana

Fotografía

Archivos SONAMI

Coordinador de Publicidad

Orazio Andriola Williams

Agentes de Ventas

Jorge H. Rodríguez Quiroz

Soledad A. Lagos Herrera

SONAMI

Teatinos 20 - Of. 33,

Tels. 6981696 - 6981652

Todos los derechos de la propiedad intelectual quedan reservados. Las informaciones de la revista podrán reproducirse siempre que se cite su origen.

ISSN-0378-0961

AÑO CII - Nº 18

Impresión
 OGRAMA

Composición IBM

Juan Meza Ortega
 A. Prat 252, Of. 208
 Teléfono 380851

Costos y Política Sectorial

El comportamiento de los precios y del mercado de metales es una variable que resulta inmanejable y, por tanto, no parece apropiado sustentar una estrategia de desarrollo de la minería nacional sobre la base de eventuales mejoras de tales precios, porque ello supondría una aventura para el sector y para el país.

¿Qué estrategia es aconsejable frente a esta situación? Trabajar sobre la base de supuestos optimistas, pero conservadores. Hay que suponer que lo más probable es que los precios se mantengan, en el mediano plazo, dentro de los rangos actuales, lo que no es malo, porque los valores de hoy pueden ser aceptables para la minería chilena. Pueden ser aceptables porque todo dependerá de lo que el país y el sector sean capaces de hacer para mantener la competitividad de la minería chilena. Hay que trabajar, en pocas palabras, en lo que resulta controlable y perfectible, que son los costos. Aquí radica la clave del futuro desarrollo del sector.

Los empresarios mineros no deben sentirse satisfechos, ni menos tranquilos con la presente situación de precios, ni dejar que esta aparente bonanza detenga la batalla contra los costos. Los esfuerzos y la tarea por disminuirlos deben continuar ininterrumpidamente; hay que trabajar sin desmayo por ser cada vez más eficiente. Hay que seguir asumiendo este desafío como un compromiso invariable, en cada empresa, en cada faena, indagando, preocupándose de todo lo que parezca atendible en materia de reducción de costos y de renovación tecnológica, dentro y fuera del país.

Pero el esfuerzo del empresario minero no es suficiente. Las reglas del juego o las políticas sectoriales vigentes —que es otro aspecto eventualmente controlable en lo interno— deben adecuarse también a las necesidades que impone este desafío. En este sentido, por ejemplo, preocupan al empresariado, el problema del endeudamiento, los aranceles, las maquilas de ENAMI, la política de producción y venta de ácido sulfúrico y las tarifas de energía eléctrica. Como se puede apreciar, en todos los casos se trata de materias que afectan directamente los costos del sector. Porque, si bien este es un problema medianamente controlado al interior de las empresas, no ocurre lo mismo respecto de las externalidades, como las citadas, que hoy tienden a gravar dichos costos.

SUMARIO

SUPERCONDUCTORES	2
MINERALES NO METALICOS	11
LA PRECONCENTRACION	16
ESCUELA DE MINAS DE LA SERENA	21
PERFIL TECNICO ECONOMICO	27
ENFOQUE PARA TASACION DE YACIMIENTOS	32
EL TUNGSTENO	42
SAN LORENZO Y CUZ-CUZ	45

SUPERCONDUCTORES

¿Amenaza Real Para El Cobre?

*Por Gustavo Lagos Cruz—Coke
Facultad de Cs. Físicas
y Matemáticas
Universidad de Chile*

Si bien representan una amenaza potencial, nadie puede asegurar hoy, categóricamente, hasta qué punto y cuando los superconductores podrán desplazar masivamente al cobre en el campo de transmisión de energía.

Es preciso reconocer, sin embargo, que los recientes avances en el perfeccionamiento tecnológico de este material, conocido desde principios de siglo, introduce un nuevo y poderoso elemento de incertidumbre para el futuro del metal rojo.

Lo que se sabe hoy acerca de los posibles usos de los superconductores —señalan los científicos— equivale sólo a la punta del iceberg. Pero, lo que ya se sabe de ellos y los notables progresos que día a día experimenta su investigación, sugiere una alta probabilidad de que se conviertan en la "supertecnología" del futuro para el almacenamiento y la transmisión de energía.

Curiosamente, el propio superconductor, que en este caso reemplazaría los actuales cables de transmisión eléctrica, también incluye cobre entre sus componentes. Lo que ocurre es que la cantidad de este metal que se usaría en ellos es comparativa y sustancialmente menor a la del cable convencional. No obstante, como sostiene nuestro articulista, nadie puede asegurar si las desventajas de una menor intensidad de uso serán compensadas por el mayor empleo de cobre en las nuevas aplicaciones eléctricas que deberían surgir de los superconductores.

Por otra parte, cabe considerar que la introducción masiva de su-

perconductores supondría el recambio de toda la infraestructura de transmisión eléctrica instalada en el mundo, a un costo que hoy, y por muchos años, la mayoría de los países no podrían asumir. Entonces, también existe un problema de costo, además de que la tecnología está en una etapa incipiente de su desarrollo. Por ello se estima que la superconducción sólo comenzaría a incorporarse a nivel industrial, eventualmente a partir de la segunda mitad o a fines de la década del 90, sin que se sepa, en todo caso, a qué ritmo ello será posible.

De cualquier manera, es preciso reconocer ahora que los superconductores son un problema en ciernes y que es urgente que el país empiece a trabajar y a prepararse hoy frente a su inminente llegada.

El descubrimiento, en marzo de 1987, de materiales superconductores a temperaturas de hasta 98 grados Kelvin (175 grados Celsius bajo cero), ha revolucionado el mundo de la ciencia y de la tecnología. Debe recordarse que un superconductor consiste en un material que no presenta resistencia a la corriente eléctrica y que, por tanto, no disipa calor con la transmisión de energía. Estos materiales se conocen desde principios de siglo, pero habían permanecido "incógnitos" en el mundo de la investigación y de la ciencia, debido a las bajas temperaturas (4 grados Kelvin o menos 269 grados centígrados) a que presentaban dicha propiedad y a los costos de operar en estas condiciones. Sin embargo, con el descubrimiento de materiales super-



conductores denominados de alta temperatura (menos 175° centígrados), se hacen comercialmente posibles muchos productos y procesos, ya que obtener estas temperaturas está resultando comparativamente barato (aunque todavía no lo suficiente).

Se estima que varias decenas de miles de científicos, profesionales y técnicos en todo el mundo se han volcado a estudiar diversos aspectos de dichos materiales. Se estudian sus propiedades básicas y la teoría sobre la cual opera la superconductividad. Se investiga la tecnología para lograr materiales que tengan (o resistan) temperaturas, densidades de corriente y campos magnéticos críticos cada vez mayores. Desde luego, también se estudian los procesos para fabricar cables, películas delgadas, fibras y cristales.

En este artículo se analiza la información más reciente publicada en revistas especializadas del tema y los antecedentes entregados en el seminario internacional "Superconductores y el futuro del cobre", rea-

Físicas y Matemáticas, Universidad de Chile, en el que participaron científicos e ingenieros de la comunidad nacional, de los Estados Unidos y de Argentina.

El esfuerzo en investigación y desarrollo se ha centrado en Japón y los Estados Unidos, seguidos por Francia y la Unión Soviética. Otros países europeos han otorgado menor importancia al descubrimiento. Entre los países en desarrollo destacan como investigadores del tema la India, Brasil y Argentina.

Esta reacción del mundo científico y tecnológico no es exagerada. En efecto, lo que está envuelto en primer lugar son los futuros métodos, procesos, instrumentos y máquinas para generar, transmitir y almacenar la energía eléctrica. Sólo estas aplicaciones significarán en el futuro que el costo de la energía será reducido considerablemente. Se estima que la transmisión de electricidad podría ser un 20% más eficiente que actualmente, ya que unos pocos cables superconductores podrían alimentar los requerimien-

alguna de energía. Por otro lado, las plantas generadoras (sean éstas hidroeléctricas, térmicas, atómicas u otras) podrán funcionar en base a máquinas superconductoras, generadores, motores, alternadores, turbinas magneto-hidrodinámicas, etc., que permitirán ahorrar una cantidad no calculada de energía, que hoy se disipa o se pierde en la forma de calor o que no puede ser aprovechada. En un alternador superconductor por ejemplo, el ahorro de energía con respecto a tecnologías no superconductoras puede ser de un 50% o más.

Las plantas generadoras podrán almacenar la energía producida en horas de bajo consumo, en circuitos superconductores. Esta energía podrá ser empleada en horas de alto consumo. Basta cerrar un circuito superconductor para almacenar la energía, ya que al no haber resistencia eléctrica en el circuito, se almacena el campo magnético por un tiempo indefinido sin que haya pérdidas.

PRECIO, GASTO Y COSTO

NO SON SINONIMOS

La reposición de un "O" Ring que vale \$ 50.- puede significar una reparación de muy alto costo.

Puede paralizar un equipo e influir en su producción.

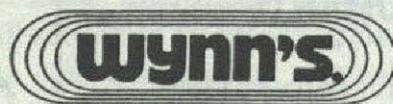
Wynn's HYDRAULIC SYSTEMS CONCENTRATE

Evita y/o soluciona problemas de :

- Deterioro de "O" Ring
- Fugas de fluido
- Altas temperaturas
- Espumamiento del Aceite
- Desgaste acelerado
- Oxidación del aceite

GERENCIA GENERAL
H. Salas 673 - Fono 225338 - Casilla 1177
Concepción - Chile
Telex: 360119 VIHERC CK

VICTORIANO HERMOSILLA PIÑERO



GERENCIA VENTAS SANTIAGO
Santa Elena 1569 - Fono: 5567303
Santiago - Chile
Telex: 340148 VIHERS CK

La reducción del costo de la energía trae consigo una serie de consecuencias imponderables en este momento. De hecho, menor costo de los combustibles (ya que habrá más energía disponible) y de aquellos bienes cuya producción es intensiva en el uso de la energía. Entre éstos están casi todos los recursos naturales no renovables.

Cabe agregar que, a medida que disminuye la importancia relativa de la energía en el costo de producción de bienes, aumenta relativamente el valor agregado debido a know-how y a tecnología; muchos procesos se tornan económicos y otros deben desaparecer. El reprocesamiento de materiales en general, en desmedro del uso de productos provenientes de fuentes primarias, es uno de los casos que se hace posible con energía más barata.

Otro efecto global de esta superenergización es la tendencia a la electrificación de los sistemas energéticos. Esto favorece al cobre como metal en un primer análisis, ya que prácticamente todos los usos eléctricos de hoy emplean cobre. Conversamente, cerca del 50% de los usos actuales del cobre corresponden a aplicaciones eléctricas. En otras palabras, hoy es cierto que la industria eléctrica necesita tanto al cobre como éste requiera de aquélla.

Energía eléctrica más barata y disponible en todas partes insinúa claramente una nueva posibilidad para el transporte eléctrico. Un motor eléctrico construido en base a superconductores podrá pesar cerca de 10 veces menos que los actuales motores y, además, será más eficiente que éstos. Si el motor de un vehículo eléctrico pesa menos, la fuente de almacenamiento de energía de dicho vehículo puede pesar

más, de lo cual se concluye que con las cifras citadas, el alcance o autonomía del vehículo puede ser de al menos un 50% superior a lo que es actualmente. Esto significa que la autonomía podrá ser de unos 400 kilómetros o más (sin necesidad de recarga de la fuente de energía) en la década de 1990, cuando los motores superconductores entren en operación, lo que los hará competidores del motor de combustión. Hoy, la limitación principal de los automóviles u otros medios de transportes eléctricos es su autonomía (entre 200 y 300 km con sistemas que aún no son comerciales y entre 40 y 80 km para sistemas comerciales).

Respecto al cobre, el balance pareciera ser positivo, en un primer análisis, en un vehículo eléctrico. Un motor superconductor emplea menos cobre que un motor eléctrico convencional pero más cobre que un vehículo actual que funciona en base a un motor de combustión.

Los sistemas eléctricos que emplean superconductores, usarán mucho menos material que el actual, pero habrá muchos más sistemas eléctricos que hoy. Debe tenerse en cuenta que todas las máquinas eléctricas convencionales de hoy funcionan en base a la excitación producida por un electromagneto, el que a su vez emplea un embobinado de cobre.

Una de las aplicaciones más importantes de los superconductores será en microelectrónica, en particular en computadores. Una unión Josephson (que consiste en la unión de dos superconductores separados mediante una película delgada aislante produce un efecto similar al de rectificación de corriente de un

transistor) puede reemplazar al semiconductor, empleado actualmente en la industria electrónica. Esto permitirá computadores mucho más rápidos y eficientes.

Cabe agregar que para las temperaturas en que se ha logrado superconductividad (menos de 98°K), las aplicaciones tecnológicas que aparecen como económicamente viables serán aquellas de un tamaño importante, debido a la necesidad de tener un sistema de refrigeración y aislación de la temperatura. Parece estar claro hoy que a estas temperaturas deberían seguir empleando tecnología convencional los cables de conducción eléctrica de casas, edificios y calles, así como todos aquellos aparatos eléctricos menores, televisores, microcomputadores, equipos de audio, electrodomésticos, etc.

IMPACTO SOBRE EL COBRE

El material superconductor de 98°K tiene la fórmula $\text{MBa}_2\text{Cu}_3\text{O}_{7-x}$. El elemento M es cualquiera de los denominados tierras raras o lantanidos. Estos son el itrio, lantano, cerio, praseodimio, prometio, samario, europio, gadolinio, terbio, disprosio, holmio, erbio, tulio, iterbio y lutecio. Muchos de estos elementos son relativamente abundantes (comparables al cobre) en la corteza terrestre, a pesar de su nombre. No se tiene antecedentes de prospecciones de dichos elementos en Chile.

El bario y el oxígeno pueden ser reemplazados, en este compuesto, por otros elementos que poseen similares estructuras y propiedades respectivamente, pero hasta el momento el cobre no ha podido ser reemplazado exitosamente por otros metales. Sin embargo, como las posibilidades de reemplazo son muchas dentro de la tabla periódica de los elementos, no se puede descartar que en el futuro el cobre no sea sustituido dentro del compuesto superconductor óptimo.

En términos de peso, en la fórmula indicada anteriormente y suponiendo que M es el itrio, se tiene que el 28.7% es cobre, el 41.4% bario, el 13.53% itrio y el 16.4% oxí-

Reactivos de Flotación S.A.

Empresa filial de Shell Chile S.A.C. e I.



**PRODUCTOS QUIMICOS MINEROS
COLECTORES - ESPUMANTE**

AV. PROVIDENCIA 1979 3° PISO - FONOS: 2317085

geno. Sin embargo el problema es un tanto más complejo, ya que estos materiales superconductores deben estar protegidos del medio ambiente, en especial del oxígeno y del agua. El cambio de composición de oxígeno del material le hace perder sus propiedades superconductoras.

El concepto empleado actualmente es que dichos materiales deben tener una doble capa, la primera como estabilizador químico, constituida por plata u otros elementos o compuestos, y la segunda, como protector-estabilizador y conductor de emergencia, por cobre puro y denso. El grosor de la segunda capa depende de la aplicación misma. Por ejemplo, en un superconductor de potencia, el cobre de la segunda capa debe servir para transportar la corriente en caso que falle el material superconductor y en consecuencia el material de la primera capa (estabilizadora) debe ser también un conductor electrónico, lo que excluye, a primera vista, al óxido de cobre.

En una máquina eléctrica, sin embargo, el cobre de la segunda capa debe estar presente, pero seguramente no cumplirá funciones de reemplazo para el transporte de corriente ya que adicionalmente debería reemplazar las propiedades magnéticas del superconductor, cuestión que no puede hacer.

Lo anterior significa que en cables de potencia, con la actual tecnología de materiales superconductores, se usará más cobre que ahora, en comparación con el aluminio, ya que reemplazará a este último. Pero el uso total será más restringido ya que el total de material empleado será pequeño en relación a las cantidades que se emplean hoy para transmisión eléctrica.

En cuanto al advenimiento de máquinas superconductoras, esto traerá consigo una notable disminución del uso del cobre en cada máquina o instrumento, lo que puede ser denominado como "*intensidad específica de uso*". En un motor eléctrico, por ejemplo, se puede pensar en términos de 10 veces menos, incluso considerando las ca-

pas externas de estabilización y protección.

También los electromagnetos superconductores usarán muchas veces menos cobre que el empleado actualmente en electromagnetos convencionales.

Se puede concluir entonces que los efectos directos serán desfavorables para el cobre.

LA TEMPERATURA CRITICA DE LOS SUPERCONDUCTORES

La desaparición de la resistividad de un material es sólo la comprobación parcial de superconductividad. Es la medición del efecto Meissner lo que demuestra la existencia de superconductividad. Dicho efecto consiste en que el campo magnético del material superconductor es expulsado de él. En términos concretos, esto significa que si se coloca un imán liviano sobre una plancha de material superconductor, el imán debería permanecer flotando en el aire.

Ha habido indicaciones de superconductividad (desaparición de la resistividad) en experimentos realizados recientemente a 225°K en la Universidad de Houston, en los Laboratorios de Investigación de Palo Alto y en el Laboratorio Nacional de Magnetos de los Estados Unidos. En la Universidad de Berkeley, se ha visto el mismo efecto de disminución de la resistividad de una muestra hasta límites no detectables, a 230°K, mientras que se ha reportado que al elevar la temperatura de dicha muestra hasta 292°K (19° Celcius) ésta ha permanecido superconductor. Sin embargo, no se ha podido detectar efecto Meissner en dichos materiales, lo que se atribuye a la formación de microfases superconductoras dentro de la masa del material, que serían suficientes para transportar la corriente eléctrica sin oponer resistencia a dichas temperaturas, pero que no serían lo necesariamente masivas como para producir el efecto Meissner. Estas microfases, que son el resultado de la transformación química del compuesto original, no han sido identificadas aún y tampoco se ha dado a conocer pública-

mente la composición de los materiales de los cuales se ha partido para llegar a estos resultados, pero se ha informado que esta no sería muy distinta a la fórmula indicada anteriormente. Debe agregarse que existen dudas en la comunidad científica de que las mediciones realizadas en estos materiales indique superconductividad a muy altas temperaturas.

En otros lugares como Energy Conversion Devices de Michigan, Estados Unidos, se ha reportado también que sustituyendo una parte del oxígeno por flúor se obtiene desaparición de la resistividad a 150°K e indicios magnéticos de superconductividad a 280°K (70° Celsius).

A juzgar por la rapidez con que se ha producido toda esta avalancha de resultados, es posible que se detecte cuál es el compuesto o la familia de compuestos que son superconductores a temperaturas de entre 225 y 292°K.

De identificarse y desarrollarse estos materiales en los próximos años, el cuadro sería muy distinto a lo descrito anteriormente, ya que todas las aplicaciones eléctricas, incluso las más triviales y pequeñas estarían al alcance de los superconductores. Es muy difícil predecir lo que podría pasar en esta eventualidad, pero, a primera vista, el balance para el cobre no sería bueno debido a la intensividad específica de uso tan pequeña de las tecnologías superconductoras.

EL AVANCE TECNOLÓGICO Y EL CONOCIMIENTO CIENTÍFICO BÁSICO

El artículo que reportó por primera vez materiales superconductores de 93°K fue publicado en marzo de este año. Tres meses después, ya la IBM había anunciado la fabricación de películas delgadas de óxidos superconductores que sostenían densidades de corrientes críticas, del orden de un millón de ampere por centímetro cuadrado a 4°K, y de cien mil ampere por centímetro cuadrado a 90°K. Es decir, se había logrado superar en tres meses uno de los problemas claves en

el desarrollo tecnológico de los superconductores; problema que había tomado cuarenta y cinco años resolver para los superconductores de baja temperatura. En efecto fue recién en 1961 que se descubrió que un compuesto de neobio y estaño podía transportar densidades de corriente de cien mil ampere por centímetro cuadrado a 4°K, esto es 10 veces menos densidad de corriente que los óxidos superconductores.

Por cierto, los problemas tecnológicos de estos materiales no se han resuelto, pero el avance es asombroso. Resultados obtenidos en laboratorios de la IBM, publicados en mayo, fueron logrados en condiciones controladas muy particulares, en que el sustrato sobre el cual se formó el óxido superconductor tenía la misma estructura cristalina que el superconductor (titanato de estroncio), de tal forma que los cristales del superconductor podían lograr una orientación preferencial, reduciendo de esta forma el desorden producido por las interfases entre granos de material. Debe recordarse que estos óxidos son sintetizados como polvos. Se están investigando los métodos para fabricar películas delgadas para alta densidad de corriente sobre otros sustratos, cables flexibles con las mismas propiedades, etcétera.

En la actualidad es difícil cuantificar el aporte de compañías privadas a la investigación en este campo, pero se estima que este es mucho mayor que el aporte estatal, tanto en Estados Unidos como en Japón. Una discusión realizada recientemente en la comunidad científica en los Estados Unidos llegó a la conclusión que la industria dará impulso propio a las investigaciones en el campo, y que las mismas estarían dirigidas a lograr aplicaciones tecnológicas para los superconductores. Las Universidades e institutos de investigación deberían en cambio realizar investigación en aspectos fundamentales de superconducción, sin que se adjudiquen áreas preferenciales de desarrollo en el tema.

Existe un gran número de teo-

rías que no tienen demostración actualmente, y que han surgido en los últimos 6 meses como alternativas a la teoría de BCS (Bardeen-Cooper y Schrieffer), aceptada para superconductores de la vieja generación. Si bien una teoría para los nuevos materiales no conduciría necesariamente a diseñar la estructura de superconductores de muy alta temperatura, podrá servir para fabricar materiales apropiados para aplicaciones tecnológicas, con altas densidades de corriente y campo crítico.

Las más recientes informaciones (Reunión sobre nuevos mecanismos para la superconductividad - 26 junio, Berkeley, California) cuestionan incluso la estructura que hasta hace un mes se pensaba correcta para el $YBa_2Cu_3O_{7-x}$, argumentando que los átomos de cobre y oxígeno no están ordenados en planos y cadenas lineales. Esta aseveración conduce a invalidar las teorías que se han propuesto hasta el momento y que están basadas en la conducción de electrones en dichas cadenas lineales.

En este mismo sentido, el Dr. Iván Schuller señaló en el Seminario "Superconductores y el futuro del cobre", que ahora es preciso profundizar el conocimiento fundamental sobre los superconductores de 90 a 98 Kelvin, ya que gran parte de las presunciones realizadas sobre dichos materiales superconductores no han sido comprobados aún.

EN CHILE

En nuestro país se ha constituido un grupo de estudio de los problemas de la superconductividad. Este grupo está integrado en la actualidad por físicos, químicos, científicos de los materiales, ingenieros y economistas de varias universidades e instituciones, tales como CODELCO Chile, Comisión Chilena del Cobre, Comisión Chilena de Energía Nuclear y Centro de Investigaciones Minero Metalúrgico, CIMM. Dicho grupo se ha reunido en varias oportunidades para discutir los avances más recientes, sus implicaciones, los problemas básicos, y los

posibles proyectos que pueden realizarse en Chile. Debe agregarse que este grupo funciona ad-hoc y está abierto a cualquier científico y profesional interesado en el tema.

Entre los proyectos que ya se están realizando en Chile pueden destacarse la fabricación de materiales superconductores de 90° Kelvin (Facultad de Ciencias, Universidad de Chile en colaboración con la Comisión Chilena de Energía Nuclear) y la explicación teórica del fenómeno (Facultad de Física, Universidad Católica). También en forma muy reciente, un investigador del CIMM ha sintetizado varios materiales monofásicos de composición nueva, los cuales están siendo probados para superconductividad.

Además hay varias memorias de ingeniería que se han iniciado (Fac. de Cs. Fis. y Mat., Universidad de Chile) con objeto de estudiar las implicaciones económicas para el cobre del advenimiento de tecnologías superconductoras. Sin embargo, parece difícil en esta etapa, tan temprana, hacer cálculos que implican el conocimiento de tecnologías que aún están en desarrollo.

Algunos de los proyectos posibles de realizar en Chile y que se han discutido son: 1 - estudio de las propiedades interfaciales de estabilidad química y termodinámica de los compuestos superconductores con óxidos de cobre y cobre. Este proyecto es de interés chileno, ya que con él se estaría desarrollando tecnologías que son esenciales para el uso del cobre y que posiblemente tienen una menor motivación desde el punto de vista internacional. Debe agregarse sin embargo que dicho proyecto es de mayor envergadura y que no se cuenta en la actualidad con equipos y laboratorios para efectuarlo en el país. 2 - Fabricación de películas delgadas superconductoras, lo que hace de fácil acceso la fabricación y estudio de una serie de dispositivos e instrumentos tecnológicos, así como el estudio de las propiedades básicas de los materiales. Se ha dado inicio a dicho proyecto (Fac. de Cs. Fis. y Mat., Universi-

dad de Chile), pero las primeras experiencias podrán ser realizadas recién a partir del último trimestre de este año. Es preciso decir que el equipamiento disponible en la actualidad en Chile, no permite competir en el campo de la fabricación de películas delgadas, con el trabajo que se está realizando en el mundo desarrollado. Sin embargo, se pueden hacer algunos estudios fundamentales que resultan de interés. 3 —Fabricación de sales y compuestos de cobre que pueden servir de punto de partida para la posterior sintetización de superconductores.

Este campo está abierto para aquellos que diseñen procesos para lograr dichos compuestos a partir de cobre electrolítico o de soluciones de compuestos de cobre.

Entre las iniciativas importantes que se han adoptado está la constitución de un banco de información de bibliografías sobre superconductores que contiene ya, más de 2.000 páginas y que está abierto a todos aquellos que deseen tener acceso. En la formación de dicho banco, en la Universidad de Chile, están colaborando todos los miembros del grupo y, particularmente, se ha contado con el apoyo del centro de documentación técnica de CODELCO y de la dirección de investigación de la Facultad de Ciencias Físicas y Matemáticas de la Universidad de Chile.

LO QUE SE PUEDE HACER EN CHILE

Tecnologías superconductoras entrarán posiblemente a los mercados a partir de la década de los 90, pero no será sino hasta la segunda mitad de dicha década en que se comiencen a observar cambios masivos de la tecnología.

En Chile, sin embargo, ya se ha sentido el primer efecto y éste no es otro que la demostración de cuán indefenso está el país ante este tipo de acontecimientos. Es seguro que prácticamente todos los chilenos quisieran que el cobre aumentara o al menos mantuviera su importancia en los mercados mundiales, que su precio se elevara con los años.

Se ha demostrado en páginas anteriores, sin embargo, que el futuro

es incierto, (la palabra futuro se refiere aquí a una década o más), que la demanda del cobre podría seguir su crecimiento actual (alrededor de 1% anual), o incluso mayor, pero que podría también sufrir una importante caída a partir de la próxima década a raíz de este nuevo descubrimiento. Nadie está en condiciones hoy de demostrar ni lo uno ni lo otro. Nadie puede asegurar hoy si las desventajas de una menor intensidad específica de uso serán contrapesadas por un mayor uso debido a nuevas aplicaciones eléctricas superconductoras y convencionales en general. Más aún, se ha dicho insistentemente que lo que se conoce hoy sobre los posibles usos de superconductores es sólo la punta del iceberg. ¿Qué hacer entonces?

Ciertamente la decisión de Chile como país no puede ser cerrar los ojos y esperar el futuro sin tomar acciones.

Dos medidas son claramente recomendables en la actualidad:

Primero: estudiar el problema de la superconductividad y sus efectos, a todos los niveles, con objeto de determinar las acciones que deben emprenderse para defender los usos del cobre en los niveles científicos, técnicos y económicos. Esto ya se ha comenzado a realizar, pero se requiere ahora de una decisión del estado para apoyar un proyecto específico sobre "defensa de los usos actuales del cobre e investigación de nuevas aplicaciones", temas en los que la superconductividad jugará un rol fundamental.

Segundo: independientemente de las conclusiones obtenidas del punto anterior, optar por otros caminos de sustentación del país, no basados en la explotación de recursos naturales sino que basados en algo que con el tiempo aumenta sistemáticamente de valor en comparación con aquéllos: El desarrollo del conocimiento científico y tecnológico. Países de menor población que Chile y con escasos recursos naturales han logrado esto en la sociedad moderna. Por otro lado, Chile posee el principal componente para lograr este objetivo: la capacidad de sus recursos humanos.

¿Por qué no hacerlo entonces?

La decisión de realizar lo anterior, es una decisión político-estratégica del país, de largo plazo, que trasciende a éste y a otros gobiernos y que, de adoptarse, debe ser mantenida y su financiamiento garantizado por ley. No se trata de crear instituciones nuevas sino que de aprovechar las actuales, reforzándolas, eligiendo los temas tecnológicos y científicos a los que se dará prioridad y orientando a la comunidad científica y técnica nacional, a través del financiamiento de proyectos, a trabajar en dichos temas. Esto no significa necesariamente eliminar los temas que no sean seleccionados, ya que puede existir un programa especial para tratarlos.

Lo que se sugiere aquí es invertir sumas mucho mayores de las que actualmente se destinan a investigación en el país (Chile sólo invierte cerca del 0.5% del PGB en investigación, comparado con el 2.5% de los países desarrollados) y que más bien puede ser comparado con la magnitud de iniciativas de otras naciones y tratar de imitar a otros países latinoamericanos, en desarrollar áreas específicas del conocimiento, como Argentina, Brasil y Méjico.

Las grandes temáticas dentro de las cuales se circunscriben la mayor parte de los avances tecnológicos de hoy en el mundo son tres: informática, biología y materiales. Estos temas deben ser el punto de partida para elegir cuáles serán los grandes proyectos de desarrollo científico y tecnológico chileno. Dentro del área de materiales, por ejemplo, se encuentran los superconductores y todos los otros materiales que contienen cobre, lo que se relaciona con el aspecto tecnológico de la defensa de los usos actuales del cobre y el desarrollo de nuevos usos. Apoyar este proyecto permitiría, además de realizar ahora una función útil para Chile con la promoción de los usos del cobre, adquirir velocidad para el despegue posterior al espacio de otros materiales. Cómo limitar este espacio y cómo definir lo que se puede hacer en el tema de los materiales está fuera de los objetivos de este trabajo y puede ser tratado en un artículo posterior.



PROVEEDORES INDUSTRIALES

K KUPFER^{MR}

OFICINAS PRINCIPALES

SANTIAGO:

Libertad 58 ☎ 98821 [TLX] 240497 KUFER CL

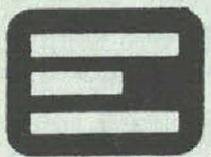
CONCEPCION:

Lincoyán 601 ☎ 233002 [TLX] 260067 KUFER CL

SUCURSALES:

- IQUIQUE • ANTOFAGASTA
- COPIAPO • LA SERENA • VALPARAISO
- PUNTA ARENAS

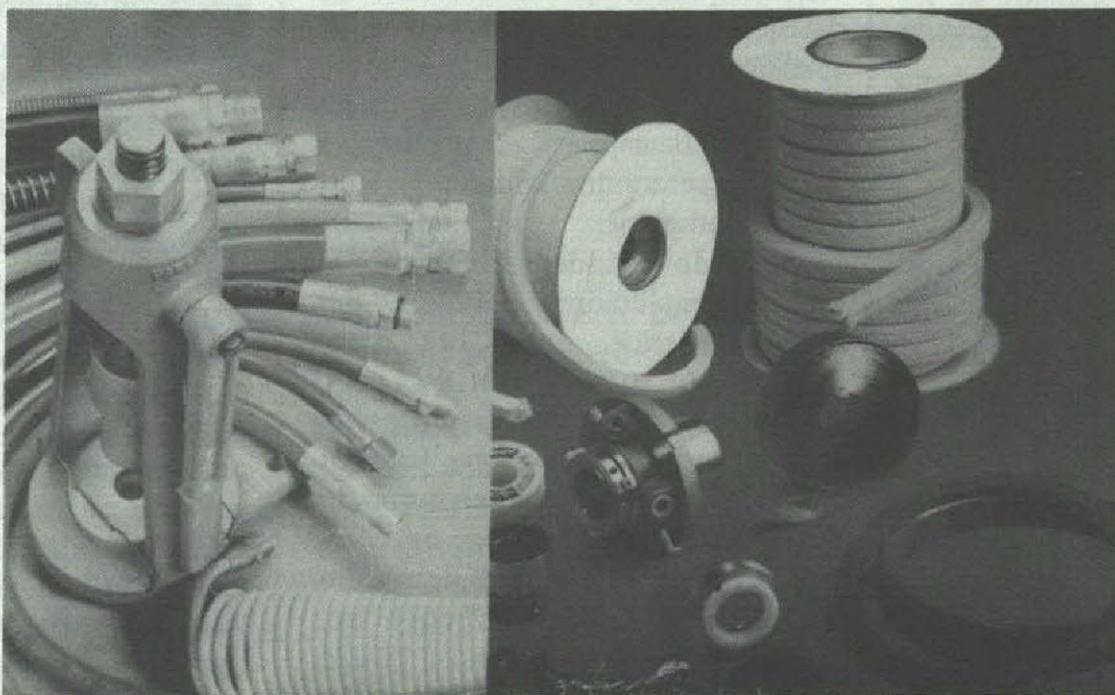
ASESORIA TECNICA EN FAENAS



MR

IQUIQUE: Oficina Mapocho Sitio 48-A Barrio Industrial ZOFRI F: 26613 TLX - 223177 KUFER CL - ANTOFAGASTA: Aconcagua 923 F: 225532 TLX: 225073 KUFER CL - COPIAPO: Chañarillo 950-C F: 3347 TLX: 227377 KUFER CL LA SERENA: Infante 899 F: 213103 TLX: 220068 KUFER CL - VALPARAISO: Salvador Donoso

1477 F: 255286 - 252891 - 212951 - TLX 230319 KUFER CL SANTIAGO: Libertad 46 F: 90074 - Casilla 10416 Correo Central TLX 241324 EMSE CL - CONCEPCION: El Roble 72 F: 24948 TLX 260132 EMSE CL - PUNTA ARENAS: Mardones 192 F: 22315 TLX 380076 KUFER CL



- Mangueras Hidráulicas • Acoples • Adaptadores
 - Instrumentación • Bombas Hidráulicas • Cilindros
 - O'Rings • Filtros • Reguladores • Lubricadores
-
- Sellos Hidráulicos • Sellos Mecánicos
 - Empaquetaduras



PRESENTE EN LA MINERIA

Sociedad Minera Punta del Cobre incorporó cuatro equipos Volvo BM a su explotación minera (2 Cargadores Mod. 4500; 2 Camiones Articulados, Modelo 5350 B), que sumados a los dos ya operando, constituyen la base de la producción requerida por la empresa.

¿Y por qué Volvo?

Porque la versatilidad, rendimiento, facilidad de operación, bajos costos de operación y excelente productividad de los equipos, hicieron a esta importante empresa decidirse por ellos.

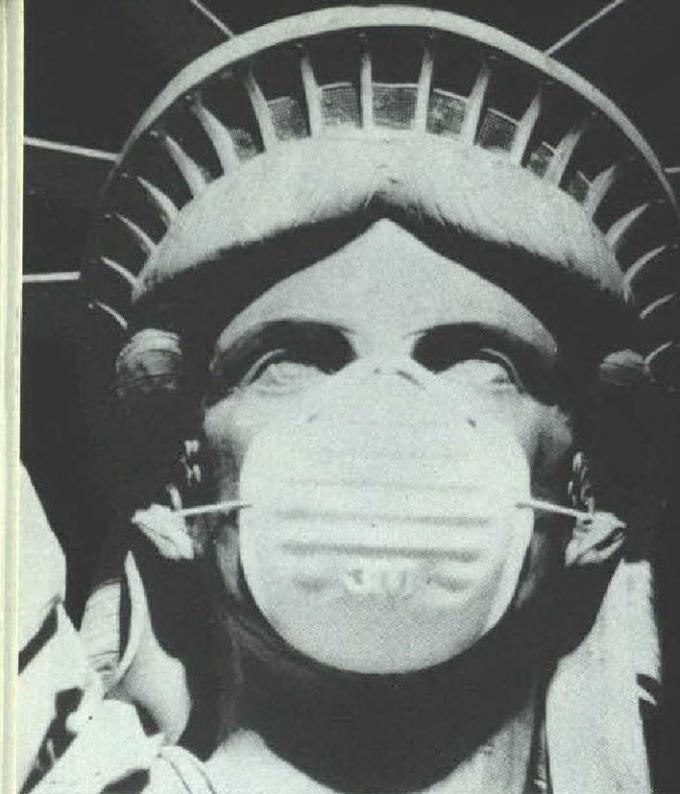
Volvo BM, fabricante que se preocupa de crear equipos para el futuro, y S.K.C., empresa que dispone de una amplia y bien entrenada organización para respaldar sus productos, se enorgullecen de poner a trabajar estas unidades en tan prestigiosa empresa.



VOLVO BM

S.K. COMERCIAL S.A. Panamericana Norte 5151. Teléfonos: 363583 - 365311.

CONCEPCION: Paicaví 1979. Teléfono: 33973. **TEMUCO:** A. Prat 398. Teléfono: 232021. **IQUIQUE:** Zona Franca
Manzana 3, Galpón 13. **ANTOFAGASTA:** Condell 3033. Teléfono: 222757. **CALAMA:** O'Higgins 857. Teléfono: 211609.



Para respirar con entera libertad...

Máscaras de protección 3M

Dondequiera que la gente trabaje, siempre hay un producto 3M protegiéndola y permitiéndole respirar libremente en ambientes contaminados por toda clase de agentes tóxicos:

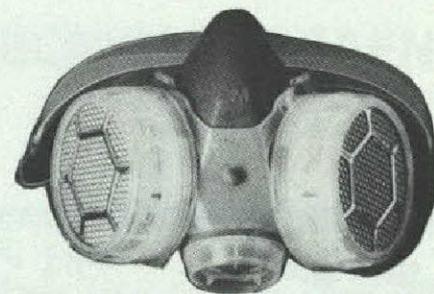
Protección contra Partículas

3M dispone de una variedad de respiradores para protección de partículas molestas, no tóxicas, polvo y neblinas tóxicas, polvos que producen pneumoconiosis y fibrosis, humos tóxicos, etc.

Respiradores especiales

3 tipos diferentes para gases fluorhídricos, vapor de mercurio y olores molestos.

Respiradores para la Minería "Easi - Air"



Permiten respirar a plena capacidad, sin el menor daño para los pulmones, mediante su sistema de doble cartridge.

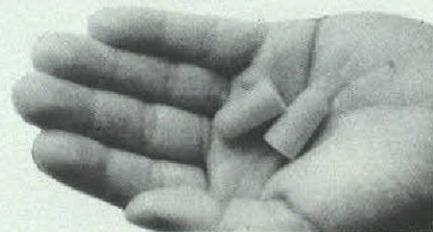
Respiradores para pintar con pistola Respiradores contra Gases y Vapores

Protegen contra gases ácidos, vapores orgánicos, amoníaco y metilaminas.

Pre-filtros y retenedores para polvos y neblinas

Protectores Acústicos 3M (Ear Plug)

- Diseño anatómico y protección profunda
- Fáciles de poner y quitar
- Se mantienen limpios por más tiempo
- Son suaves y no producen alergia
- NRR = 29 dB



División de Productos de Higiene y Seguridad Ocupacional

Las Hortensias 650, Cerrillos, Fono 576876, Casilla 3068, Santiago-Chile

Sucursales:

Antofagasta:
Sucre 220 Of. 406
F.: 226598

Viña del Mar:
1 Norte 783
F.: 976943

Concepción:
Salas 452
F.: 228701

Temuco:
Avda. Alemania 0505
F.: 238229

3M

Nueva frontera económica

Minerales no metálicos

*Por Jorge Bellet Ph. D.
Carlos Theune Dipl. Geol.
EPROM Ltda.*

La importancia económica que han adquirido para el país las industrias pesquera y forestal es muy reciente. Treinta años atrás los recursos pesqueros o forestales de Chile constituían, en un sentido literal, una frontera económica por conquistar. Poco se sabía lo que el nuevo territorio podría ofrecer, no existían o eran muy escasos los recursos humanos para enfrentar el desafío y, aparte de argumentos generales y obvios ("Chile tiene una extensísima costa, para algo debe servir"), el panorama estaba dominado por la falta de decisión para emprender en esta área, lo que felizmente, con el tiempo, fue superado.

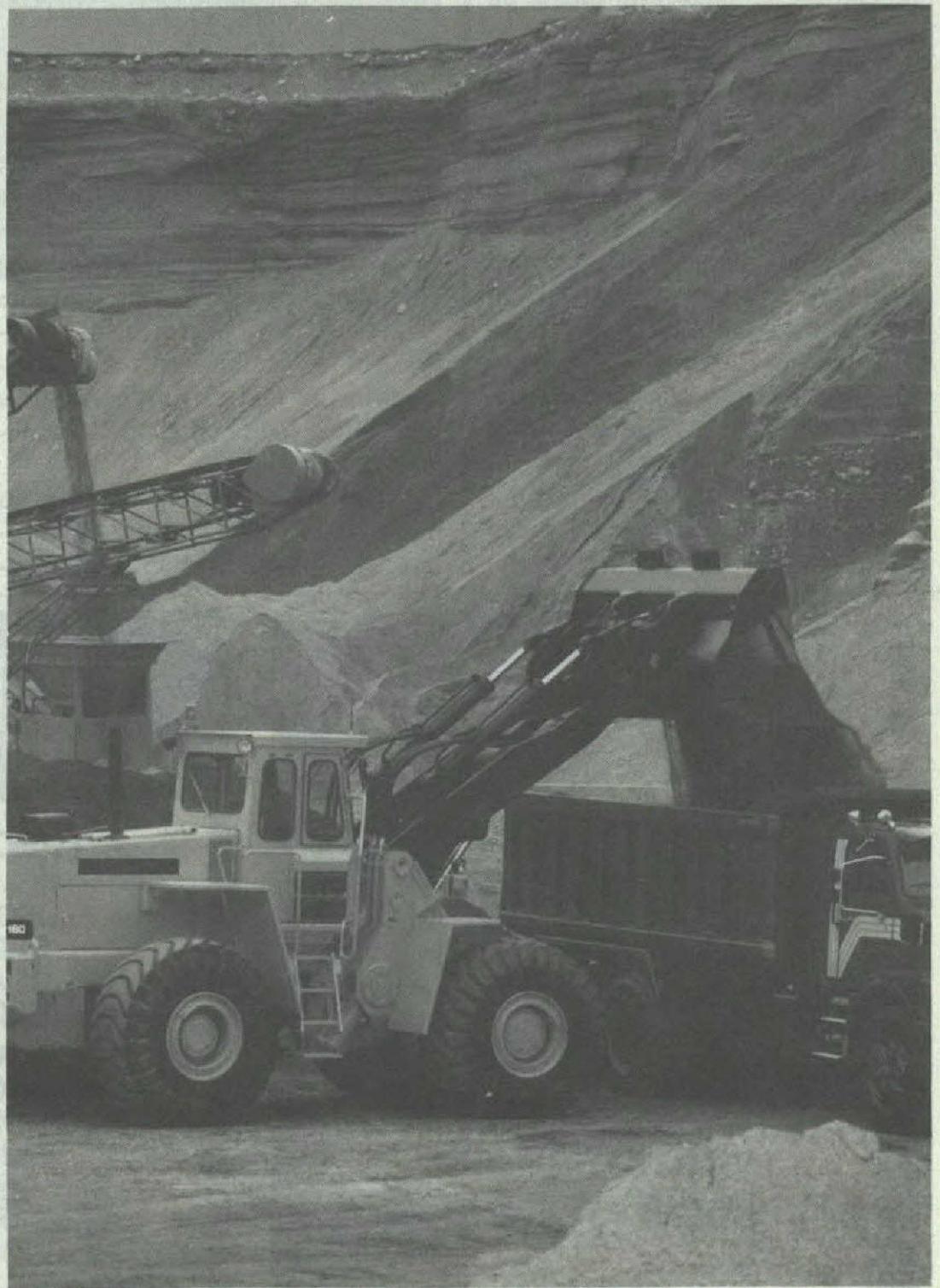
El espacio económico abierto en las actividades pesqueras y forestales tiene la marca de una actitud pionera que comprometió tanto al sector público como al privado. El resultado evidentemente positivo, no sólo se mide en mayor ingreso de divisas, sino también en la diversificación del espectro productivo del país y en el incremento de su acervo tecnológico.

En este artículo se examina la pregunta: ¿representa la minería no-metálica una nueva frontera económica para el país, en el mismo sentido que hace 30 años lo fueron los rubros pesqueros y forestales?

¿Por qué una nueva frontera económica en minería?

MERCADO

En los últimos diez años, Chile se ha visto afligido por los bajos precios a que se cotiza el cobre internacionalmente. El cobre no es



sólo el principal producto minero de exportación, sino también la principal fuente de divisas del país. El bajo precio de este metal parece corresponder, más que a una cuestión circunstancial, a una tendencia de largo plazo en el comportamiento de los mercados. Innovaciones tecnológicas recientes han reducido

la demanda por metales en general a una tasa mucho menor al incremento vegetativo ligado al desarrollo de las economías.

Un buen ejemplo es el consumo de metales asociados al transporte de pasajeros. De los años treinta al presente, los requerimientos de me-

tales ferrosos para transportar pasajeros a través del Atlántico han disminuido mil veces. Una tendencia similar afecta al transporte terrestre, sector de la economía cuyo desarrollo ha contribuido en un 50% al crecimiento del PGB mundial desde 1940. Ya sea por sustitución de metales por plásticos, que ha alcanzado hasta un 20% en la industria automovilística, o por el imperativo de hacer este medio de transporte más eficiente y, por lo tanto, más liviano, el requerimiento de metales para el transporte por carreteras es hoy día menos de 1/4 de lo que fue en 1940.

No sólo por la vía de la mayor eficiencia, las innovaciones tecnológicas han ido reduciendo la demanda por metales, sino también por el desarrollo de procesos de recuperación por reciclaje. En EE.UU. el 70% del aluminio que se utiliza en envase de bebidas se aprovecha y aunque esta tendencia afecta también a los plásticos y a algunos minerales no metálicos, el caso de los metales es particularmente severo.

En los próximos años, la cantidad de metales disponibles por la vía del reciclaje igualará la demanda total por éstos.

En el caso del cobre, los plásticos PVC, el aluminio, la fibra óptica, pero por sobre todo, la transmisión por microondas, han dado la pauta en la disminución de su demanda, reemplazándolo por insumos en los que, en general, el volumen pierde importancia frente al valor tecnológico agregado.

ADAPTACION

La motivación por abrir nuevas fronteras en minería tiene, por lo tanto, una doble finalidad. Por un lado se trata de salvar los ingresos que el país percibe de este sector de la economía y, por otro, de adaptarse a los cambios en los requerimientos de materias primas básicas que está experimentando la economía mundial.

La idea de que la minería no metálica se presenta como promisoría para conseguir esta finalidad, es-

tá avalada por las tendencias del mercado como se ilustra en la figura 1. en la pág. sig.

NO METALICOS TRADICIONALES

Aparte de los minerales energéticos (carbón, petróleo, gas natural), Chile tiene una larga e ilustre tradición en al menos un no-metálico: el salitre, que durante décadas constituyó la principal fuente de divisas del país. Con una superficie calicheira de setecientos kilómetros de largo y varias decenas de kilómetros de ancho, el salitre así como el cobre andino, constituye un recurso natural cuya importancia es obvia por el simple tamaño de sus reservas.

Junto con los nitratos y asociados a su explotación, Chile produce y exporta Sulfato de Sodio, Boratos y Yodo. De este último posee las mayores reservas minerales probadas del mundo.

Nuestro país también es un exportador relativamente importante de sal común y más recientemente, aunque en mucho menor escala, de



**Seguridad y servicio
con la más alta
tecnología en explosivos**



Monseñor Sótero Sanz 182 fono 2319764
Télex 341004 IRECO CK Santiago, Chile



FORMAC
FORMACION DE ACEROS S.A.

TUBOS DE ACERO PARA:

- USO INDUSTRIAL
 - REDONDOS
 - CUADRADOS
 - RECTANGULARES
- PERFILES ABIERTOS
 - ANGULOS - CANALES
 - COSTANERAS
- FLETES
- BOBINAS

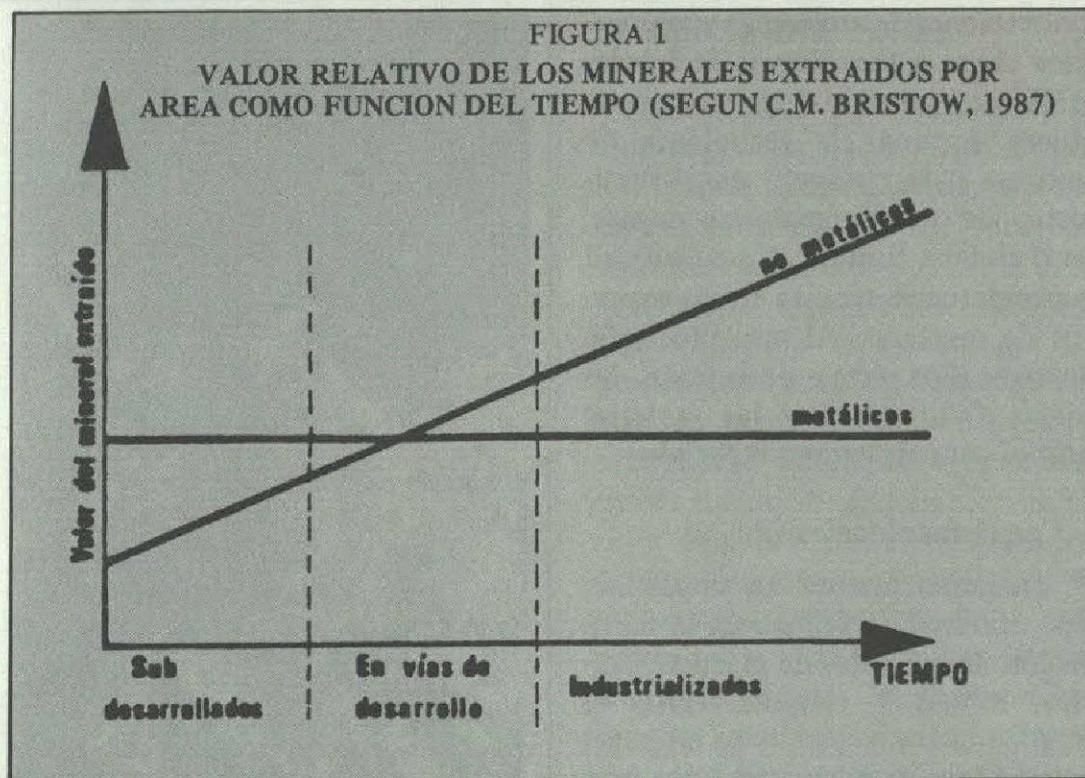
VENTAS
AUGUSTO MATTE 1675
F: 733705 - 752201
QTA. NORMAL



DUCASSE
INDUSTRIAL

FIGURA 1

VALOR RELATIVO DE LOS MINERALES EXTRAIDOS POR AREA COMO FUNCION DEL TIEMPO (SEGUN C.M. BRISTOW, 1987)



baritina y diatomita. Estos recursos exportables constituyen, por así decirlo, la minería no metálica tradicional del país.

NUEVAS FRONTERAS

— Los Salares:

Sin duda, los minerales que están comenzando a ser explotados en los salares del norte del país, constituyen la nueva frontera, en no-metálicos, más importante que actualmente se incorpora al territorio económico de Chile. Con más de cien salares y una superficie total de 8.000 km², los recursos minerales asociados a estas fuentes debieron haber parecido obvios por su simple magnitud.

No fue, sin embargo, hasta fines de la década del 60, que geólogos chilenos trabajando en instituciones del Estado y universidades, detectaron presencia importante de sales de potasio, boro y litio en algunos salares del norte. El estudio sistemático del potencial económico de los salares fue posteriormente acometido por el Comité de Sales Mixtas de Corfo —otra institución del Estado— con resultados que están a la vista. Chile es hoy día importante productor de carbonato de litio. Proyectos en vías de materializarse incrementarán aún más la producción de este no metálico, incorporando además las sales de potasio

como producto principal y los boratos y el magnesio como secundarios.

Después de un esfuerzo privado pionero en el Salar de Surire, los boratos asociados a los salares de la alta cordillera son motivo de un creciente interés por parte de agentes económicos internacionales. Las perspectivas de que este no metálico se convierta a corto plazo en un producto importante en las exportaciones no tradicionales del país, son altas.

El caso de los salares, como nueva frontera económica, es digno de destacar por el rol pionero que les correspondió jugar a profesionales chilenos trabajando en instituciones del Estado. Si bien es cierto que la explotación de los recursos se ha efectuado con capitales mixtos, predominando los privados, el poner de manifiesto las perspectivas de esta nueva frontera surgió de un esfuerzo público. (N. de la R.: Como corresponde de acuerdo al rol subsidiario que debe desempeñar el Estado).

— El Azufre:

Otro recurso no metálico chileno, obvio por su magnitud, es el azufre de origen volcánico.

Relegado a un segundo plano por décadas de bajos precios, el azufre chileno, de difícil explotación por la altura a que se encuentran los yacimientos (rara vez bajo los

4.000 metros) y por dificultades crónicas en la tecnología de beneficio, está siendo objeto de creciente atención. Corfo ha decidido hacer un catastro de este recurso con el objeto de poner de manifiesto su potencial, adelantándose a un creciente interés internacional, por fuentes alternativas de este mineral no asociadas a la refinación de combustibles fósiles.

El destino del azufre chileno como producto de exportación es, sin embargo, incierto. Un 80% de este no metálico se utiliza para la obtención de ácido sulfúrico, el que, crecientemente y debido en gran medida a legislaciones de control del medio ambiente, se está obteniendo por recuperación de gases sulfurosos en fundiciones y refinерías. Para 1995, por ejemplo, Chile producirá sobre 1.500.000 toneladas anuales de ácido sulfúrico, luego de la puesta en marcha de plantas recuperadoras en la gran minería del cobre y en la refinерía Ventanas de ENAMI. Para esta enorme producción no se requerirá ni de un gramo de azufre elemental. En la medida en que el caso chileno representa una tendencia mundial, la demanda por azufre para su uso principal se verá efectivamente atenuada.

Por otro lado se espera que Rusia se convierta en un importante productor —con cuantiosos excedentes exportables— como consecuencia de la puesta en marcha de plantas para recuperar azufre de gases ácidos en Astrakhan y Tengiz.

Aunque a nivel mundial las perspectivas del azufre son inciertas, a nivel regional el azufre chileno tiene buenas posibilidades. Argentina y Brasil son importantes compradores de este no metálico, teniendo Chile obvias ventajas en costos de flete con respecto a los principales proveedores ubicados en el hemisferio norte.

— Otros No Metálicos:

Todos los minerales que se transan internacionalmente provienen de menos de 1.000 minas. Descontando los recursos mineros que por lo reducido de sus reservas o dificultad de explotación tienen sólo relevancia en la economía interna, el

poseer una riqueza minera con potencial de exportación es más bien la excepción que la regla para un país.

En el caso de Chile, se conocen reservas importantes de sulfato de calcio anhidro y pomecita. Sin embargo, se trata de minerales abundantes a escala mundial y los países del Mediterráneo poseen ventajas comparativas considerables en costos de flete a los principales centros de consumo. Pero el espectro de no-metálicos es muy amplio. La perlita, la bentonita cálcica, la roca fosfórica e incluso las rocas ornamentales son áreas de gran interés ya sea para el desarrollo de la industria sustitutiva o de exportación dentro del mercado regional. No es coincidencia que el significado económico de estos últimos minerales proviene del alto valor agregado que obtienen al ser cometidos a procesos industriales. Perú se ha transformado recientemente en exportador de bentonita cálcica, procesada como agentes decolorantes para la industria del aceite y se autoabastece de abonos fosfatados. Argentina, por otra parte, es exportador de perlita térmicamente expandida y posee larga tradición industrial en procesos de arcillas bentoníticas.

Estos recursos minerales, a diferencia del nitrato o del cobre, no son obvios por el simple volumen de las reservas pero no por ello dejan de ser relevantes como posibles fronteras económicas. Su importancia deriva del alto valor agregado que es posible imprimirles, más que por los volúmenes en que se transan comercialmente. Paradójicamente este hecho es, en cierta forma, una desventaja: a una tradición nacional pobre en la minería de los no-metálicos, se suma un desconocimiento casi completo de los aspectos tecnológicos involucrados en los procesos industriales asociados a estas materias primas.

MINERALES NO-METALICOS Y ALTA TECNOLOGIA

La declinación en la demanda por metales y el mayor crecimiento relativo en la demanda por no-metálicos está íntimamente asociada a

innovaciones tecnológicas y, en muchos casos, a tecnologías de frontera. Afortunadamente un país no requiere dominar la tecnología de frontera para competir en el suministro de nuevas materias primas, pero si debe contar con sensibilidad y competencia técnica en sus expertos de mercado. Al respecto, cabe destacar dos áreas de interés: las cargas funcionales y las materias primas para aleaciones especiales.

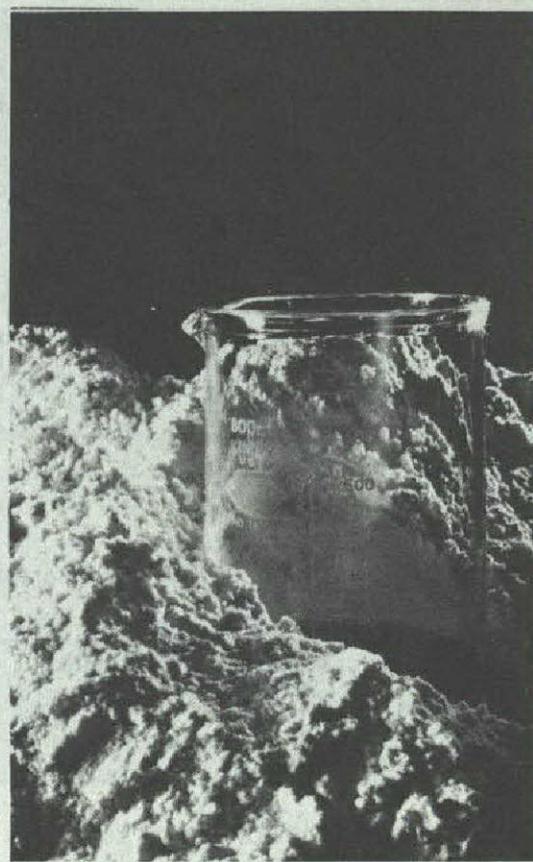
— Cargas funcionales:

Tradicionalmente, las cargas han sido material de relleno en la fabricación de artículos de plástico, caucho, resinas y celulosa. Hasta el 50% de la composición de un papel couché (papel de las tapas de esta revista) es un producto de origen mineral, el caolín. Del mismo modo, las suelas de los zapatos, los neumáticos de los vehículos y los artículos plásticos en general, contienen entre un 10% y un 70% de "cargas" minerales.

Ultimamente se ha puesto énfasis en aprovechar las propiedades de las cargas para mejorar las características del producto terminado, por lo que el concepto de "carga" como material de relleno ha sido sustituido por el de aditivo funcional. Valores excepcionales de dureza, resistencia a la abrasión, a la ruptura por tensión, así como mejoras en las propiedades dieléctricas y ópticas de productos sintéticos terminados, se consiguen mediante la utilización de cargas adecuadas.

A diferencia de la mayoría de los minerales, las cargas funcionales guardan poca memoria de su origen. La materia prima puede ser una arcilla, un residuo de la combustión del carbón, una caliza submicronizada o la wollastonina. El producto final se especifica por tamaño medio de gramos, densidad de agregados de partículas, superficie específica, color y niveles de ciertos contaminantes.

En este caso, el polo minero de las cargas funcionales pierde relevancia con respecto a los procesos de tratamiento y las tecnologías asociadas que son capaces de multiplicar por mil o un millón el valor



BOLETIN MINERO

Organo Oficial de la
Sociedad Nacional
de Minería
Fundado en 1883

PUBLICIDAD
TELS.
6981652
6981696

de la materia prima. Pero esta es una realidad muy característica de la minería no metálica. Tecnología y conocimiento de las exigencias del mercado actúan como la piedra filosofal, transformando yacimientos exiguos, de minerales innobles, en ingredientes imprescindibles para la industria moderna.

— Aleaciones especiales:

Por sus extraordinarias propiedades mecánicas y térmicas, las cerámicas son consideradas como los elementos estructurales de una nueva generación de motores y turbinas. Aparte del Zirconio, el Ytrio y algunas tierras raras, relativamente escasas, las materias primas cerámicas —sílice, nitrógeno, carbono y aluminio— son muy abundantes en la naturaleza en forma elemental o como óxidos simples. Por esta razón tienen poco valor desde el punto de vista de riquezas mineras. No así las trazas de minerales escasos, como los mencionados, y que intervienen críticamente en imprimir las propiedades deseadas a las materias primas cerámicas. Estas, probablemente, adquieran gran importancia como recursos mineros. De su disponibilidad depende la viabilidad económica de toda una generación de nuevos materiales, tan importante como en su época fueron los plásticos. La figura 2 muestra el crecimiento proyectado en la demanda de materias primas cerámicas a nivel mundial.

SUPERCONDUCTORES

Pero donde las cerámicas y las tecnologías asociadas a ellas adquieren mayor gravitación económica, es en conexión con los superconductores. Muy recientemente se ha establecido que ciertas cerámicas —normalmente conocidas por sus propiedades aislantes— se transforman en superconductores a temperaturas muy superiores a la de aleaciones metálicas: Los óxidos de bario y de cobre son, en este momento, los componentes estrellas de estos nuevos productos. Pero cualquiera sea la formulación comercialmente factible de un superconductor, los minerales que lo compongan tendrán asegurado su precio por las próximas generaciones.

El conocimiento que se tiene en Chile de los “minerales escasos” que usualmente se mencionan en relación a las tecnologías cerámicas y de superconductores, es prácticamente nulo. Aparte de un estudio preliminar sobre tierras raras de la Comisión Chilena de Energía Nuclear y algunos estudios del Comité de Sales Mixtas de CORFO nada se sabe sobre el potencial minero del país en esta área. Del mismo modo, el conocimiento sobre materias primas para cargas funcionales es pobre y está siempre asociado a estudios efectuados por universidades o instituciones públicas.

¿COMO ABRIR LA NUEVA FRONTERA?

No hay una respuesta universal a esta pregunta. Históricamente, los nuevos territorios económicos son el fruto tanto de la iniciativa privada como del esfuerzo público. La condición básica en todos los casos, es que las perspectivas que ofrece el nuevo territorio, sino su mera existencia, hayan sido puestas de manifiesto.

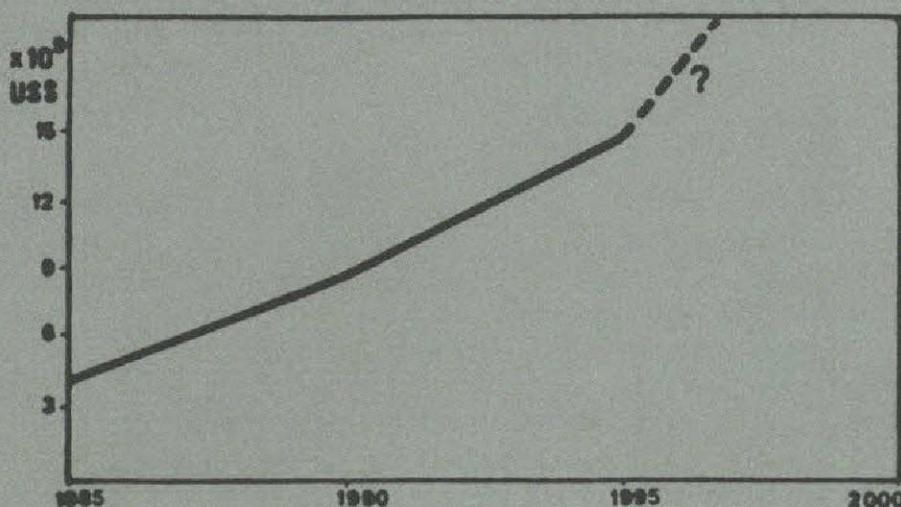
El Comité de Sales Mixtas de CORFO, en la medida que mantenía una alta sensibilidad por recursos minerales no tradicionales, cumplía la importante función de poner de manifiesto nuevas riquezas mineras. Su reciente disolución por tanto gravitará negativamente en el desarrollo de la minería no tradicional del país.

Aparte del rol prospectivo y de evaluación geoeconómica que desarrollaba el Comité de Sales Mixtas de CORFO, poner de manifiesto implica, cada vez más, ser capaz de evaluar a mediano y largo plazo las variaciones en los requerimientos

mundiales de materias primas. El señalar áreas de interés en función de las tendencias del mercado, adquiere relevancia en la medida que orienta recursos prospectivos y de investigación tecnológica que de otro modo se diluyen en proyectos diversos o simplemente no se emplean.

En la concertación de esfuerzos provenientes de especialidades diversas para esta labor, al Estado le cabe un rol protagónico. Lo anterior no sólo recoge un legado histórico evidente. Un Estado activo en orientar recursos tendientes a exhibir el potencial económico del país, va a conseguir ganar tiempo. Y tiempo, en el sentido de empezar antes, suele ser la más importante ventaja comparativa en consolidar una nueva fuente de riquezas. El caso de la industria forestal en Chile es un buen ejemplo.

FIGURA 2
CERAMICAS TECNICAS. ESTIMACION DEL
CRECIMIENTO DEL MERCADO (SEGUN
T. CAMPBELL, 1967)



**Alternativa para recuperar minerales de baja ley
y disminuir costos de energía**

La Preconcentración

*Por Jorge Rojas Páez
Ingeniero Civil Metalúrgico
INTEC-Chile*

La crisis actual de energía y el tratamiento de minerales de muy baja ley, ha hecho necesario considerar conceptos de evaluación económica, basados en el costo energético total que significa el procesamiento de minerales.

Los trabajos realizados por Chapman, y posteriormente por Cohen, muestran que toda disminución de la ley de un mineral, induce a un aumento en el costo energético requerido para la producción de metal.

Es así, como para el caso de un mineral de cobre porfídico, el costo energético de una tonelada de metal obtenido a partir de un mineral sulfurado con 1% de Cu, es de aproximadamente 22.500 KWh. (chancado y molienda, flotación, fusión y refinado).

Para un mineral con 0,5% Cu la producción de una tonelada de cobre exige 43.000 KWh., llegando este consumo a 90.000 KWh. para el caso de un mineral con 0,3% Cu.

Pareciera evidente que los costos energéticos serán un freno absoluto para el procesamiento de minerales de baja ley, excepto si nuevos conceptos sobre el procesamiento de minerales, menos costosos en energía, son desarrollados.

En efecto, el costo energético de producción de un metal, dado como un porcentaje del precio de venta, es el siguiente:



TABLA 1:

**COSTO ENERGETICO EXPRESADO
COMO UN PORCENTAJE DEL
PRECIO DE VENTA**

Metal	Costo energético como porcentaje del Valor de Venta
Zinc	27,4
Cobre	35,7
Manganeso	37,1
Níquel	13,4
Aluminio	61,7
U ₃ O ₈	80,0

La variación del índice de precio (a nivel mundial) en el período 1970-1983 ha sido la siguiente:

TABLA 2:
**INCREMENTO PORCENTUAL EN LOS INDICES
DE PRECIOS ENTRE 1970 - 1983(1)**

		Porcentaje (%)
Mano de Obra:	Construcción	227
	Minería y Procesamiento	293
Equipos:		300
Transporte Terrestre:		360
Energía		
	- Carbón	354
	- Electricidad	453
	- Petróleo Diesel	720
	- Gas natural	1.337

De acuerdo a la Tabla 2, los costos energéticos han aumentado en forma mucho más acelerada que los otros costos de operación.

Si consideramos un mineral con 0,55% Cu sulfurado, una razón de

extracción de 1,25 (ley de corte 0,29), una recuperación de 87,5% mediante flotación y una recuperación del 98,7% en la fusión, se obtienen los siguientes consumos energéticos (Tabla 3 y Tabla 4):

TABLA 3:
CONSUMO PROMEDIO DE ENERGIA. 0.55% Cu

	Porcentaje (%)
Minería	19,3
Concentración (Flotación)	40,9
Fusión y refinación	39,8
TOTAL	100,0

TABLA 4:
**CONSUMO ENERGETICO DEL PROCESO
DE FLOTACION**

	Porcentaje (%)
Chancado, Molienda y Remolienda	71,8
Flotación	13,6
Filtración	1,3
Tratamiento de agua	13,3
TOTAL	100,0

De acuerdo a estos antecedentes, resulta evidente que la cominución del mineral a un tamaño de partícula dado es, lejos, el factor de mayor incidencia en el consumo energético, dentro del procesamiento de minerales.

La repartición del consumo energético, de la etapa de chancado y molienda es la siguiente (Tabla 5).

TABLA 5:
**CONSUMO ENERGETICO
EN LAS OPERACIONES
DE CHANCADO Y
MOLIENDA**

	Porcentaje (Valor medio)
Chancado	9,10
Molienda	90,90
TOTAL	100

De acuerdo a la Tabla 5, la incidencia de la etapa de chancado es de sólo un 9,1% del consumo global de energía requerido para la reducción de tamaño.

Estudios recientes sobre este aspecto han indicado que el consumo energético de la cominución crece en forma exponencial a medida que la granulometría del material disminuye.

En consecuencia, resulta de interés poder eliminar una parte del material estéril, antes de comenzar los procesos de concentración propiamente tal.

En este sentido, se define un proceso de preconcentración como un procedimiento físico, de bajo costo, que permite eliminar una parte de la ganga contenida en un mineral dado, antes de que éste sufra una reducción de tamaño, a fin de alcanzar la malla de liberación económica del mineral a valorizar.

Entre las principales ventajas de la preconcentración se pueden citar las siguientes:

A) Un proceso previo de preconcentración, permite limitar las operaciones de molienda y concentración propiamente tal, a sólo una fracción del material alimen-

tado en la planta de beneficio.

Este hecho induce las siguientes consecuencias:

— Permite bajar la ley crítica de corte, haciendo posible explotar yacimientos de menor ley o en forma no selectiva.

— Para una razón de concentración dada, permite disminuir los costos de inversión correspondientes a la reducción granulométrica y a la concentración. Para una instalación ya existente, permite aumentar la capacidad de producción de concentrado, disminuyendo los costos de operación.

— La producción de un estéril de granulometría gruesa permite disminuir los costos de depositación del estéril.

La utilización de estos estériles como material de relleno, no ofrece dificultad y la recuperación del agua de proceso se ve facilitada por las gruesas granulometrías.

— La obtención de un preconcentrado permite una homogenización de la composición mineralógica de los productos que van a sufrir el proceso de concentración propiamente tal.

B) La preconcentración permite, gracias a la reducción del tonelaje de productos transportable, aumentar la distancia entre la mina y la planta de beneficio, cuando la preconcentración se efectúa en la mina misma. De esta manera, es posible incorporar a la explotación pequeños yacimientos que, por encontrarse demasiado alejados de las plantas de beneficio, no han sido explotados, aumentando de esta forma el radio de acción de las actuales plantas de beneficio.

REQUISITOS

Desgraciadamente, la preconcentración no es aplicable a todos los minerales. Algunos requisitos básicos son requeridos a fin de poder aplicar tal técnica.

Estos requisitos básicos, deben responder a los siguientes criterios esenciales:

— Existencia de una malla de reducción relativamente gruesa con

relación a la malla de liberación de los minerales valorizables, para lo cual una parte importante de la ganga ya se encuentra liberada.

— Existencia de una diferencia suficiente entre las propiedades físicas de los minerales valorizados y de la ganga (por ejemplo distribución granulométrica, forma, fragilidad, masa específica, susceptibilidad magnética, absorción o emisión de radiaciones, propiedades físico-químicas de superficie, etc.).

En términos generales se considera que una operación de preconcentración presenta interés cuando ella permite obtener una cantidad suficiente de material estéril (mínimo un 30% de la alimentación al proceso), con una ley en el elemento a valorizar, equivalente a la ley de los relaves o colas obtenidas en el proceso de concentración propiamente tal.

PRINCIPALES PROCESOS DE PRECONCENTRACION

— Comminución selectiva y clasificación

El proceso está basado en la diferente fragilidad —o forma— que presentan los diferentes constituyentes del mineral.

Después de la comminución, la distribución granulométrica es tal que, sean los estériles, sean los minerales a valorizar, se encuentran en las fracciones más finas. Un proceso posterior de clasificación, permite obtener el preconcentrado y un estéril final.

En este sentido, los equipos de comminución de impacto, son los más convenientes, para un proceso en seco, dado que ellos explotan muy bien las diferencias de fragilidad de los minerales.

— Concentración Gravitacional

La concentración gravitacional es, sin duda, el proceso más importante de preconcentración actualmente aplicado en la práctica industrial.

Los numerosos procesos aplicables dependerán de las distribuciones granulométricas y de las características de cada material, exis-

tiendo actualmente equipos que permiten tratar materiales con granulometrías de varias pulgadas (medios densos) hasta materiales de extremada pureza (hidrociclones y concentradores centrífugos para minerales auríferos aluviales de extrema fineza).

El proceso consiste en una separación de los minerales de diferente densidad, por inmersión en un baño constituido por una suspensión de densidad intermedia.

Para granulometrías entre 2 mm y 400# Ty, los conos y espirales han tenido un éxito indudable.

— Separación Magnética

La separación magnética está basada en la atracción que sufren los minerales en un campo magnético. En un separador, funcionando de acuerdo a este principio, las partículas de naturaleza diferentes y de dimensiones semejantes están sometidas a un conjunto de fuerzas mecánicas y magnéticas. Ellas describen trayectorias diferentes que varían en función de sus susceptibilidades magnéticas.

El campo de aplicación de la separación va, para minerales, entre 200 mm y 0,050 mm, pudiendo llegar hasta 0,005 mm en vía húmeda.

— Ejemplos de Aplicación

— Comparación entre un proceso tradicional y un proceso con preconcentración en el caso de un mineral hipotético de cobre.

Si se considera un proceso que conste de chancado, molienda gruesa, molienda secundaria y flotación, se puede establecer el siguiente balance energético:

100% Alimentación

↓

Chancado

0,7—1,4 KWh/t

↓

Molienda gruesa

2,5—3,0 KWh/t

↓

Molienda fina

7,5 KWh/t

↓

Flotación

1,5—2,5 KWh/t

Consumo Total: 12,2—14,4 KWh/t

Cabe señalar que un proceso de preconcentración puede inducir una pérdida metalúrgica del orden del 5%, esto significa que para obtener la misma cantidad de fino final se requerirá tratar 5% más de mineral, con lo que el consumo global aumenta a 9,1–11,6 KWh/t de alimentación, contra los 12,2–14,4 KWh/t de alimentación del proceso tradicional.

Los costos de capital complementarios que inducen las etapas de preconcentración, pueden ser balanceados por una reducción en el tamaño de la planta, la cual necesitaría tratar sólo el 50% de la alimentación original.

En forma alternativa, manteniendo el tamaño original de la planta, la productividad podría verse aumentada en un 50%.

– Preconcentración en Jig y Mesa: Mineral de Sheelita (Tungsteno)

Se considera un mineral tratado con 0,90% WO_3 , que fue previamente chancado y molido a 100%–4 mm. La fracción –4 mm + 1 mm fue preconcentrada en jig, en tanto que la fracción –16# Ty fue concentrada en mesa Wilfley.

Resultados Metalúrgicos:

Preconcentración en Jig

Producto	% Peso	WO_3 %	Recuperación %
Concentrado	17,02	4,27	94,98
Relave	82,98	0,09	5,02
Cabeza	100	0,90	100

Preconcentración en Mesa

Producto	% Peso	WO_3 %	Recuperación %
Concentrado	5,16	19,1	90,81
Mixto	18,40	0,21	3,56
Relave	76,44	0,08	5,63
Cabeza	100,00	1,09	100,00

El preconcentrado de jig es molido 100%–28# Ty y concentrado en mesa, obteniéndose los siguientes resultados:

Producto	% Peso	WO_3 %	Recuperación %
Concentrado	17,34	21,77	93,82
Mixto	17,24	0,57	2,44
Relave	65,42	0,23	3,74
Cabeza	100,00	4,02	100,00

El rendimiento de concentración (E_c), para el caso de la concentración en jig es el siguiente:

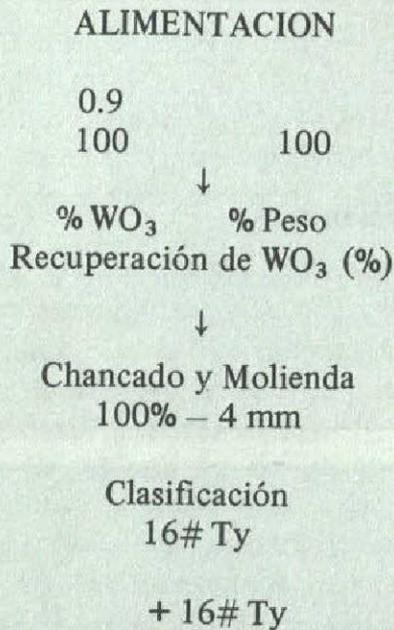
$$E_c = \frac{c-a}{c_{\text{máx}}-a} \cdot R = \frac{4,27-0,90}{80,6-0,91} \cdot 94,98 = 4,02$$

donde "c" = ley del concentrado, "a" = ley de cabeza, "c_{máx}" = ley de WO₃ en la Sheelita, "R" = recuperación metalúrgica.

Para la concentración en mesa, el rendimiento de concentración vale:

$$E_c = \frac{21,77 - 4,02}{80,6 - 4,02} \cdot 93,82 = 21,75$$

El Flow-Sheet de preconcentración sería en consecuencia el siguiente:



- 16# Ty

Concentración en Jig	
Concentración en Mesa o Espirales	
Concentrado	
Relave	
0,09	49,38
5,00	
Molienda	
100%-28# Ty	
Preconcentrado	
21,77	3,38
82,76	
Relave	
0,23	47,25
12,64	

El proceso de preconcentrado recupera el 83% del WO₃ en un preconcentrado con 21,8% WO₃ y que representa el 3,4% de la alimentación.

El rendimiento de concentración global es de 21,67%.

CONCLUSION

Los procesos de preconcentración abran nuevas alternativas eco-

nómicas para el procesamiento de minerales marginales, permitiendo disminuir en forma significativa los costos energéticos que requieren los procesos tradicionales de concentración.

Entre las principales ventajas, se pueden citar los siguientes aspectos:

- Limita las operaciones de molienda fina y las operaciones de concentración propiamente tal, a una fracción de la alimentación.
- Permite realizar la explotación minera con leyes de corte menores.
- Produce un estéril de granulometría gruesa, disminuyendo los costos inherentes a la disposición de éstos.
- Permite una homogenización de la composición mineralógica de los productos que van a sufrir un proceso de concentración posterior.
- Aumenta el radio de influencia de los centros de beneficio.

REFERENCIAS

- 1) Impact of changing energy economics on mineral processing.
D.A. Dahlstrom.
Mining Engineering, enero 1986.

INDUSTRIA METALMECANICA **RIVET** S.A.

MALLAS PARA HARNEROS

- TEJIDAS
- ELECTROSOLDADAS
- VULCANIZADAS
- EN ACEROS CORRIENTES, INOXIDABLES Y DE ALTA RESISTENCIA A LA ABRASION

CINTAS TRANSPORTADORAS

- POLINES • POLEAS, TENSORES Y DESCANSOS PARA TRASPORTADORAS DE CORREAS
- TRANSPORTADORAS DE CORREAS FIJAS Y MOVILES
- LIMPIADORES

AV. RAMON FREIRE 5293

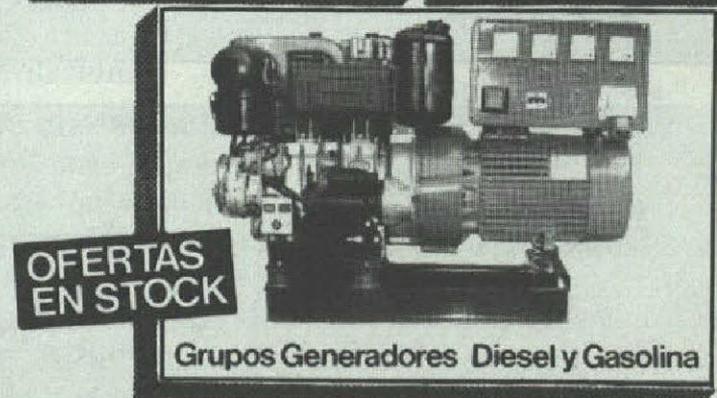
(EX PAJARITOS 6480)

☎ 792429-792275-792230 TL 242118 CL

SANTIAGO

Motores, Grupos Electrógenos

Primeros en ventas, calidad y servicio
El más completo stock



**OFERTAS
EN STOCK**

LUREYE

**CONFIABILIDAD
ABSOLUTA**

Escuela de Minas de La Serena 1887-1987

*Por Claudio Canut de Bon U.
Académico
Universidad de La Serena*

En la Universidad de La Serena se celebraron 100 años de la enseñanza minera de la ex Escuela de Minas de esa ciudad, la que fue fundada el 26 de agosto de 1887.

La Serena tiene el privilegio histórico de ser la sede inicial de la enseñanza de la minería en Chile. Previo al período 1887-1987, se habían desarrollado, además, 50 años de educación minera en el Liceo de Hombres de La Serena, conocido en esa época como Liceo de Coquimbo. Ese período no ha sido resaltado suficientemente y se inició en 1837 con la llegada de Ignacio Domeyko a Chile, a La Serena, por encargo del Gobierno y gestiones del industrial minero Carlos Lambert, el que había marcado un hito en la historia minera del país.

Domeyko era polaco y había estudiado ingeniería de minas en la Escuela de Minas de París. Enseñó ramos de minería durante seis años en La Serena, prosiguiendo después sus alumnos, cuando él ejerció en Santiago, en la Universidad de Chile, donde fue rector por tres quinquenios.

El nacimiento de las Escuelas de Minerías se debe a una ley publicada en 1881, bajo el Gobierno de Aníbal Pinto, al finalizar la Guerra del Pacífico, que beneficiaba a los hijos de mineros que habían participado en la campaña. La aplicación de la ley, por decretos, demoró y recién en 1885 el Colegio de Minería de Copiapó pasa a la Escuela Práctica de Minería y en La Serena, el 26 de agosto de 1887 se funda la Escuela Práctica de Minería, conti-

nuando en esta ciudad, bajo este nuevo alero, la enseñanza minera.

Durante unos pocos meses funcionó en el Liceo de Hombres de La Serena, y en 1888 se independizó en un nuevo local adquirido para este propósito y que es el mismo que ocupa actualmente la Facultad de Ingeniería de la Universidad de La Serena.

El primer director de la Escuela Práctica de Minería, ya independiente, fue el antiguo profesor e ingeniero de minas don Buenaventura Osorio A., quien ejerció durante 20 años, falleciendo en el cargo a poco de salir de una de sus clases. Le correspondió cimentar, acrecentar y mantener la Escuela que se había iniciado con 40 alumnos. Su preocupación principal era el énfasis práctico que insistió en dar a las clases, para lo que consiguió dotar de instrumentos los laboratorios, además de instalar un horno de fundición de minerales.

Es necesario hacer notar el permanente interés que tuvo la Sociedad Nacional de Minería (SONAMI), desde su fundación en 1883, por el inicio y desarrollo de la enseñanza minera del país, en las escuelas prácticas. A gestiones de ella se debe la dictación de los decretos que crearon las Escuelas y posteriormente participó de cerca en sus Juntas de Vigilancia, en donaciones de libros, instrumentos, colecciones de minerales, modificaciones de planes de estudio, etc.

La Escuela Práctica de Minería desarrolló su enseñanza con profesores con grados de ingenieros civiles de minas, muchos de ellos con estudios en el extranjero, desde principios de siglo. Se efectuaban viajes a las minas de la zona a caballo y así conocieron y trabajaron en

La Higuera, Condoriaco, Vacas Heladas, Marquesa, Panulcillo, haciendo prácticas de explotación de minas, topografía, fundición de minerales y administración de faenas. Con el nacimiento de los grandes yacimientos de cobre de "Chuquicamata" y "El Teniente", su interés fue inmediato y ampliaron sus giras de estudios en tren a estos lugares. También llegaron viajando en barco hasta las minas de carbón de Lota.

El nombre del establecimiento cambió a Escuela de Minería, y en la década de los años 30, cuando ya se estaba ampliando con Talleres de Fundición, Mecánica, Carpintería y Herrería, ya se denominaba Escuela de Minas.

Al cumplir sus cincuenta años, en 1937, inauguró su planta piloto de flotación, de 20 ton/día, y sus laboratorios químicos modernos, que daban servicio a los mineros desde sus comienzos.

En 1951, durante el Gobierno de Gabriel González Videla, se creó en Chile la Universidad Técnica del Estado, con todas las antiguas escuelas industriales del país, quedando integrada la Escuela de Minas de La Serena. Recibió así su primera categoría universitaria pasando a ser sede La Serena de la ex UTE. De esta manera se reconoció la calidad profesional de la enseñanza industrial y se posibilitó que los egresados con el grado de técnicos pudieran seguir Ingeniería en Santiago.

Con la dependencia de la administración central de las sedes, se crearon en éstas los departamentos, siendo uno de ellos el Departamento de Minas, lo que mantenía la continuidad de la enseñanza minera.

La ex Escuela, ahora Departamento, complementaba su enseñan-

za práctica con la Mina-Escuela "Brillador", histórico yacimiento que había trabajado Lambert el siglo pasado. A esta coincidencia histórica se agregaba que González Videla había adquirido, para la Escuela de Minas, la colección de minerales de Ignacio Domeyko, a sus descendientes, todo lo cual hace que la actual institución tenga un rico patrimonio histórico relacionado con sus orígenes.

En 1981, en virtud de la nueva legislación sobre enseñanza superior, se fusionaron el 20 de marzo de 1981, las sedes en La Serena de

la Universidad Técnica del Estado y de la Universidad de Chile, para dar origen a la Universidad de La Serena. Esta casa de estudios superiores cuenta con tres facultades, una de las cuales, la de Ingeniería, es continuadora de la tradición de la enseñanza minera en La Serena, a través del Departamento de Ingeniería de Minas, en el cual actualmente 370 alumnos regulares estudian Ingeniería de Ejecución o Ingeniería Civil en Minas.

Es de interés destacar también que si se considera el año 1837 como inicio de la enseñanza minera en

Chile, con Domeyko en La Serena, esta fecha es más antigua que la creación de la Royal School of Mines, en Inglaterra, en 1851, o la Universidad de Chile, en 1853, o la Ballarat School of Mines, en 1855, en Australia, o la Colorado School of Mines en 1874, en U.S.A.

Si se considera el año 1887 con la fundación de la Escuela de Minas de La Serena, después de 50 años de enseñanza, tenemos que la Escuela era más antigua que la Universidad de Witwatersrand en 1896, en Sudáfrica, o la Akita University de Japón, en 1910.

CARTAS AL DIRECTOR

COPIAPO, agosto 19 de 1987

Señor
Presidente
Sociedad Nacional de Minería
Presente

Estimado Sr.:

Soy Ingeniero Civil Metalúrgico graduado el año 1986 en la Universidad de Atacama, Copiapó; y actualmente me desempeño como Académico Jornada Completa del Departamento de Metalurgia de esta misma Universidad.

Me permito llamar vuestra atención para comunicarles lo grato y complacido que me he sentido al tener en mis manos algunos ejemplares de la revista "Boletín Minero". Realmente sus contenidos me han parecido de extrema importancia, por lo que he decidido dirigirme a ustedes con la intención de solicitar el envío de esta revista informativa con la periodicidad en que se edita.

Es evidente que el contar con vuestra publicación, sería un gran apoyo para mis actividades universitarias y profesionales en general.

Esperando una favorable acogida a esta solicitud, les saluda muy atentamente,

JUAN AGUILERA CISTERNAS
Profesor del Depto. Metalurgia
Universidad de Atacama
Fono 2005 - Anexo 341
Casilla 240 - Copiapó

Santiago, 5 de agosto de 1987

Señor
Presidente
Sociedad Nacional de Minería
Presente

Respetado Sr. Valenzuela:

Me permito remitirle la presente nota con el fin de felicitarle por el excelente nivel técnico y la calidad de impresión que ha adquirido la revista "Boletín Minero". Esta revista ha alcanzado el más alto nivel en su categoría y por lo tanto contribuye de modo muy importante a la difusión y extensión en la minería nacional.

Consecuente con lo anterior me permito proponer a usted el nombramiento de un Comité Editor, que vele por el nivel y aporte de cada contribución científico-técnica que aparezca publicado en Boletín Minero.

Lo indicado no significa el desvío de recursos extras, pues existen contratados profesionales en las áreas de minería, geología y metalurgia, que estarían encantados de contribuir a tan noble labor.

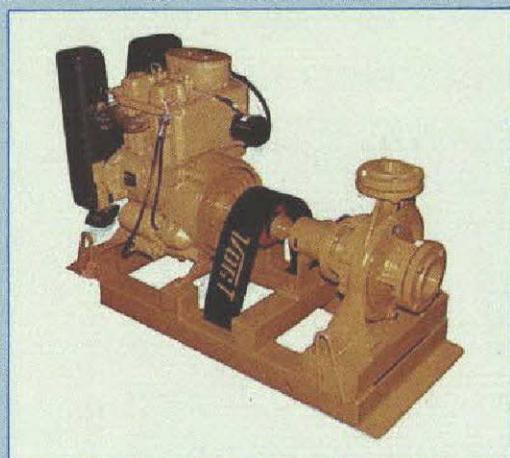
Saluda atentamente a Ud.,

Prof. Dr. CARLO PALACIOS M.
Director Depto. Ing. Minas
Univ. de Atacama
Casilla 240
Copiapó.

BOMBAS

VOGT

**Más de 30 años fabricando
Equipos de Bombeo en Chile**



APLICACIONES

- Redes contra incendio
- Recirculación de líquidos
- Sistemas de enfriamiento
- Alimentación de calderas
- Agotamiento de aguas sucias



**Representante de bombas
sumergibles ATURIA**

INDUSTRIA MECANICA VOGT S.A.

**FABRICA: Alvarez de Toledo 669 • Fono 516536 • Casilla 1916 - Santiago.
LOCAL DE VENTAS: San Martín 284 • Fono 6966098 • Santiago
Télex: 340260 PB VTR CK VOGT • Santiago - Chile**

Bayer Diagnostic + Electronic



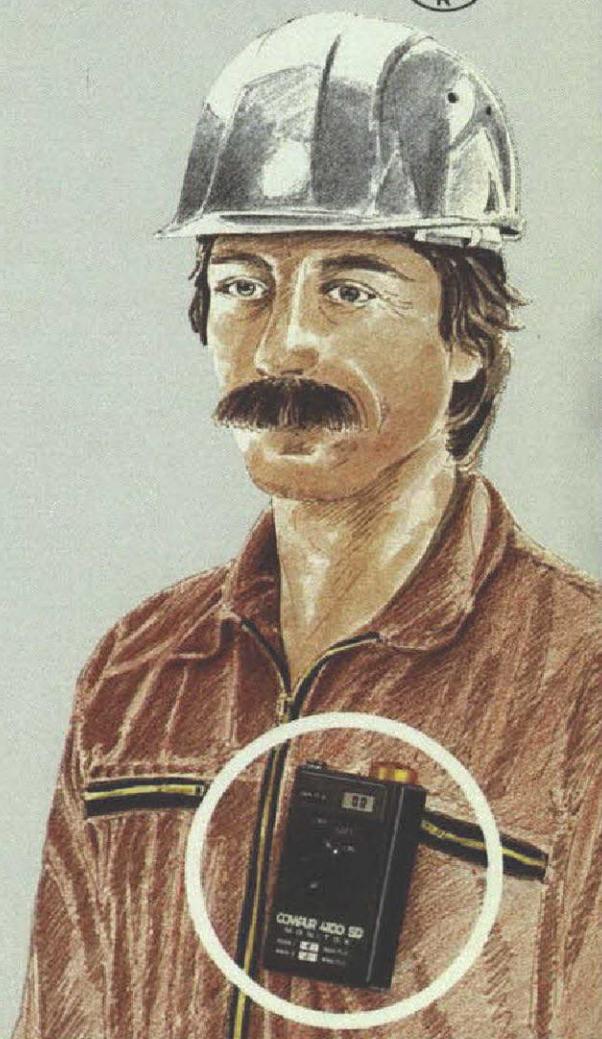
COMPUR

**INSTRUMENTO PERSONAL PARA
DETECTAR GASES TOXICOS
(H₂S - HCN - COCL₂ - NO₂ - CO-N₂H₄
CL₂ - SO₂ - DEFICIENCIA O₂) GRISU**

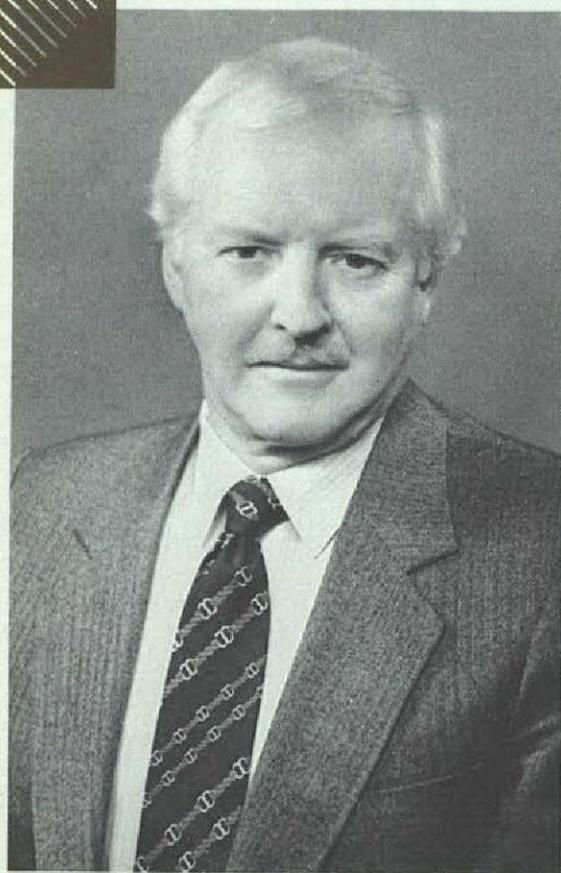
- Monitoreo constante
- Apto para todo tipo de faenas
- Fácil de transportar
- Liviano
- Lectura digital
- Alarma sonora

H HANSA

**FAX: 231-5144 TEL.: 231-7843 — 231-9149
TELEX: 441516 - 340180 CASILLA: 27-
SANTIAGO 1**

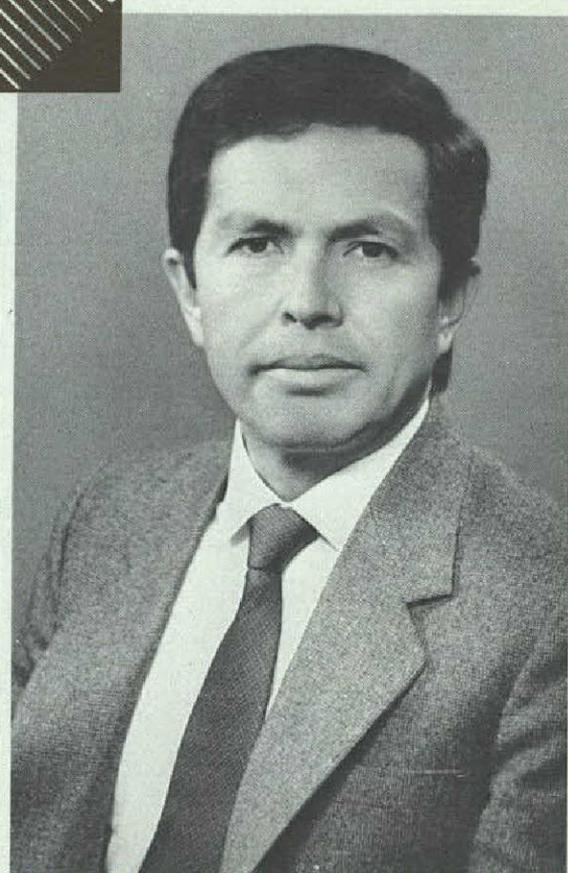


Minera Lac S.A.



DOUG MACDONALD

El Sr. Doug MacDonald es un ingeniero graduado en metalurgia y en minas en la Universidad de Alberta y tiene estudios de postgrado en economía en la Universidad de Toronto. Tiene más de 27 años de experiencia en varios países latinoamericanos, Europa, Medio Oriente y América del Norte. Ha asesorado inversionistas internacionales y ha organizado proyectos claves para variadas empresas en diferentes países en desarrollo, en diversos rubros de minería y otros recursos naturales. Antes de ingresar a Minera LAC Chile S.A., como Director-Gerente General, ha actuado como un asesor de LAC Minerals Ltd.



LUIS OLCAY

El señor Luis Olcay es un geólogo graduado en la Universidad de Chile donde después trabajó por varios años como profesor de geología económica. Durante 20 años de carrera profesional, y antes de pasar a formar parte de LAC Minerals, el señor Olcay tenía a su cargo programas de exploración y desarrollo de nuevas minas. Antes participó en varios proyectos de exploración nacional e internacional como socio principal de una firma de consultores. Ingresó al Grupo LAC Minerals Ltd. como Geólogo Jefe para Minera LAC Chile S.A.

LAC Minerals Ltd. es una firma internacional con sede en Toronto, Canadá, con más de 30 años de operaciones mayores en la minería aurífera, realizada en el norte de Canadá.

LAC tiene operaciones mineras y/o actividades de exploración en Canadá, Estados Unidos, Australia, y desde este año, en Chile.

LAC MINERALS LTD. / LAC MINERALS (USA) INC.

Las siguientes compañías se juntaron en 1985 y formaron LAC Minerals Ltd.

Algunas de ellas han estado operando por más de medio siglo.

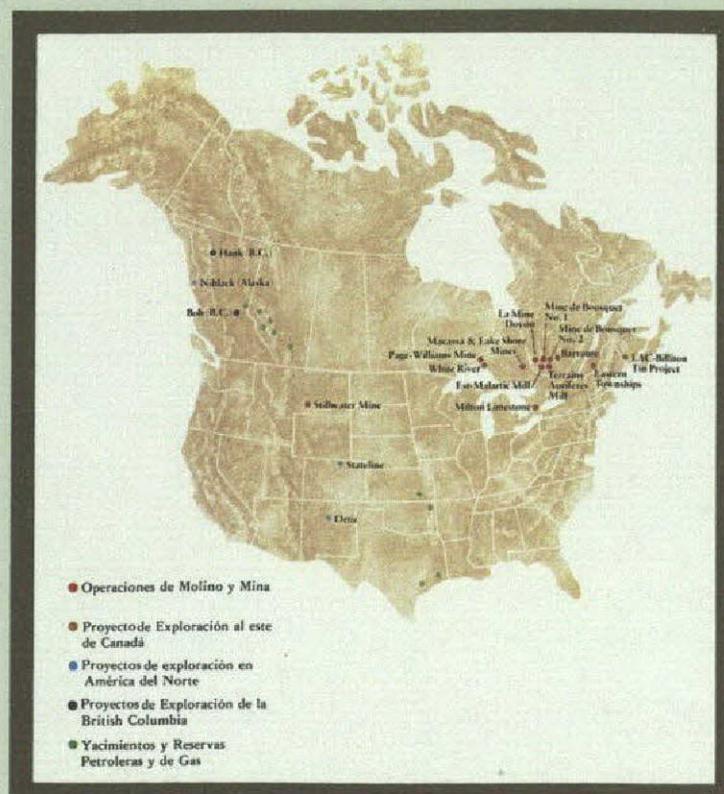
- *Macassa Gold Mines Ltd.*
- *Malartic Gold Fields*
- *Long LAC Minerals Ltd.*
- *Est. Malardic Mines Lté.*
- *Lake Shore Gold Mines Ltd. (fundada en 1918)*
- *Wright Hargraves Mines Ltd. (fundada en 1931)*
- *Little Long LAC Gold Mines Ltd. (fundada en 1932)*
- *Mac Leod Cockshutt Gold Mines Ltd. (1942) ...y otras*

LAC Minerals ha descubierto y ha desarrollado minas en todo el mundo, a un alto nivel, y esto se debe a que su proceso de accesibilidad y minería funciona.

Durante los últimos 15 años, LAC ha descubierto y ha puesto en operación cuatro de las propiedades más grandes productoras de oro en América del Norte.

LAC es socio del primer yacimiento de platino y paladio en América del Norte.

Oro, plata, platino, paladio, minerales industriales, metales base, aceite y gasolina entre otros, e intereses en estaño y diamantes.



AHORA: Minera LAC Chile S.A. Ahumada 179, piso 5º - Santiago
Fono: 711479 Llámenos o visítenos



Hoechst ayuda a extraer más minerales y carbón.

Para la preparación del carbón, de sales y de otros minerales, cada vez importan más los medios auxiliares químicos. Hoechst ofrece a la minería un amplio programa de eficaces reactivos: para todos los tipos de flotación, el filtrado y la extracción. Nuestros productos y el know-how de su aplicación técnica permiten aumentar el rendimiento y simplificar los métodos, con

el consiguiente ahorro.
Infórmese con detalle de esta cuestión.

Hoechst Chile Ltda.
Teatinos 449 - Fono 722160 - Santiago
Distribuidor III y IV Regiones: ABIMINER LTDA.
La Serena: M. Aguirre Perry 1801 - Fono 215031
Copiapó: Atacama 46

Para explotar yacimientos de oro

Perfil Técnico Económico

*Por Celso Arias Mora
Miguel González Toro
Académicos Universidad
de Atacama*

En este artículo se analiza la explotación de un yacimiento de oro, típico de la Pequeña Minería artesanal (pirquén).

Se simula la explotación mecanizada del yacimiento y sus resultados son evaluados en términos monetarios, para mostrar la conveniencia de explotarlo siguiendo la metodología propuesta.

El lenguaje se ha simplificado con el objeto de hacerlo llegar a los

usuarios en la forma más simple posible.

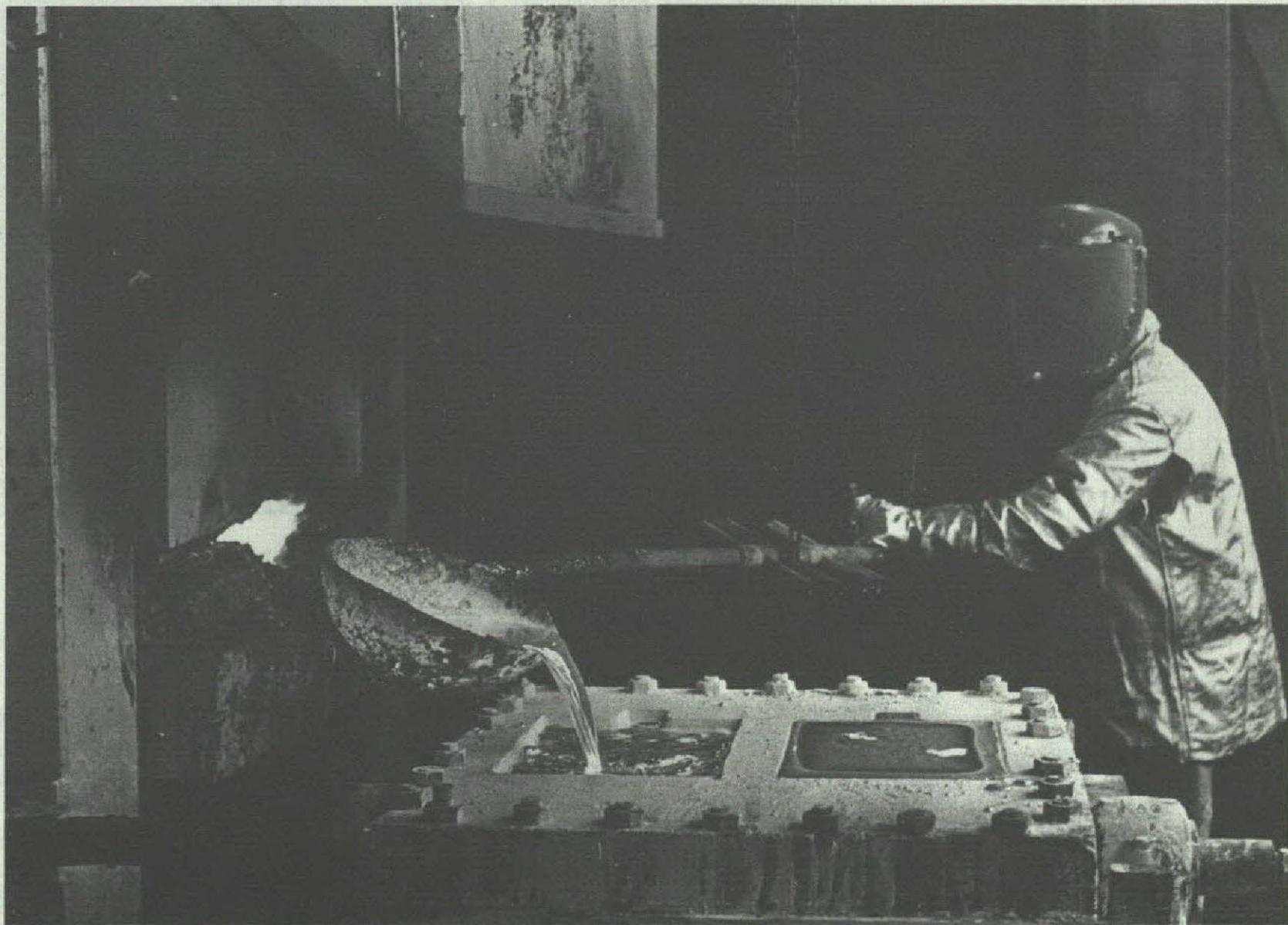
Dado que existe un sinnúmero de depósitos cuyas reservas son bajas y altas en leyes, y que son explotadas en forma muy artesanal por los pirquineros, quienes en su mayoría obtienen beneficios bajos debido a los pocos recursos de carácter técnico y económico que utilizan en sus actividades mineras, es conveniente plantear un modelo generalizado para efectuar la explotación de estos yacimientos con un mayor nivel de mecanización. Con parámetros variables tanto en potencia de veta, ancho de labor y ley de oro grueso en el mineral.

I. METODO DE EXPLOTACION

En todo método a desarrollar se deben considerar, principalmente, aspectos tales como la productividad y selectividad.

Dadas las características del modelo se ha determinado que el método realce sobre relleno es el que mayor conveniencia entrega, debido a que su aplicación significa un porcentaje de dilución muy bajo con respecto a las otras aplicaciones.

Presenta, como único inconveniente, la obtención del relleno, lo que se soluciona arrancando estéril del techo del caserón y sacando sólo el volumen esponjado de éste, el



que sería igual al volumen in-situ extraído por levante.

donde:
$$X = \frac{P}{\% E} \times 100$$

P = Potencia de la veta

% E = Porcentaje de esponjamiento.

X = Ancho de estéril a arrancar que constituirá el relleno del caserón.

Para nuestro caso,

si
$$P = 0,35$$

$$\% E = 40$$

significa

Ancho de estéril = 0,88 mts.

Implica un ancho de la labor = 1,23 mts.

II. DIAGRAMA DE DISPARO Y TRONADURA

En cualquier diagrama de disparo lo básico es la creación de la "Cara Libre", la cual cumple con la función de facilitar la botada de los demás tiros.

Existe una infinidad de maneras

de realizar esta operación, pero en la perforación en levante, una de las que da mayor resultado son las ranuras en "V".

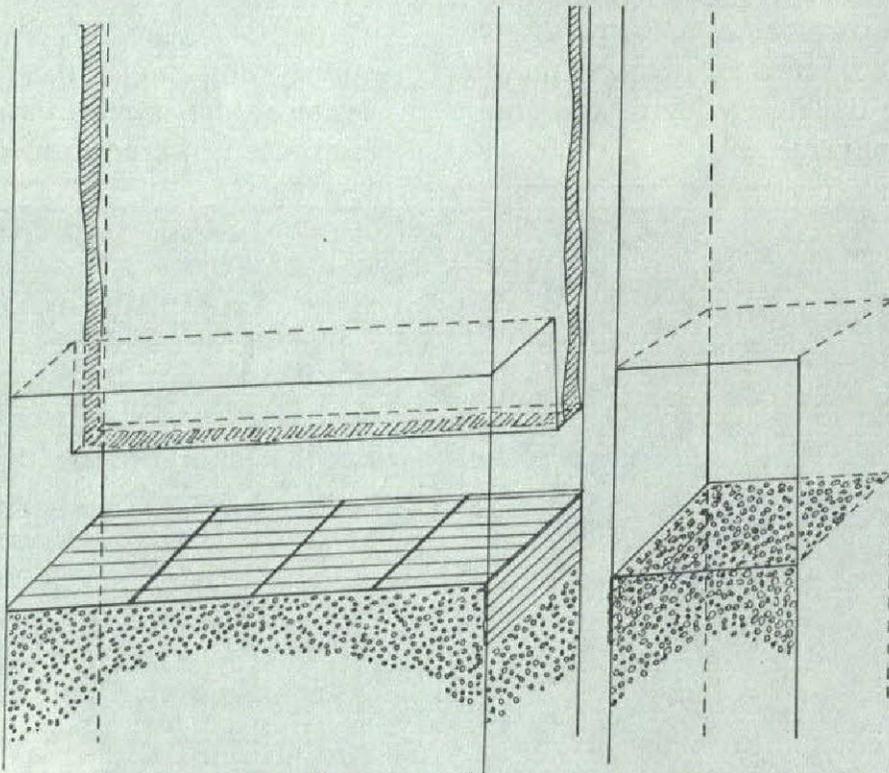
Para realizar la perforación en levante se utiliza una máquina denominada "Stoper".

La altura de corte óptima se ha considerado de 1,5 mts. con la cual aún se puede controlar la inclinación de la perforación; además, de disminuir los aceros de mayor longitud.

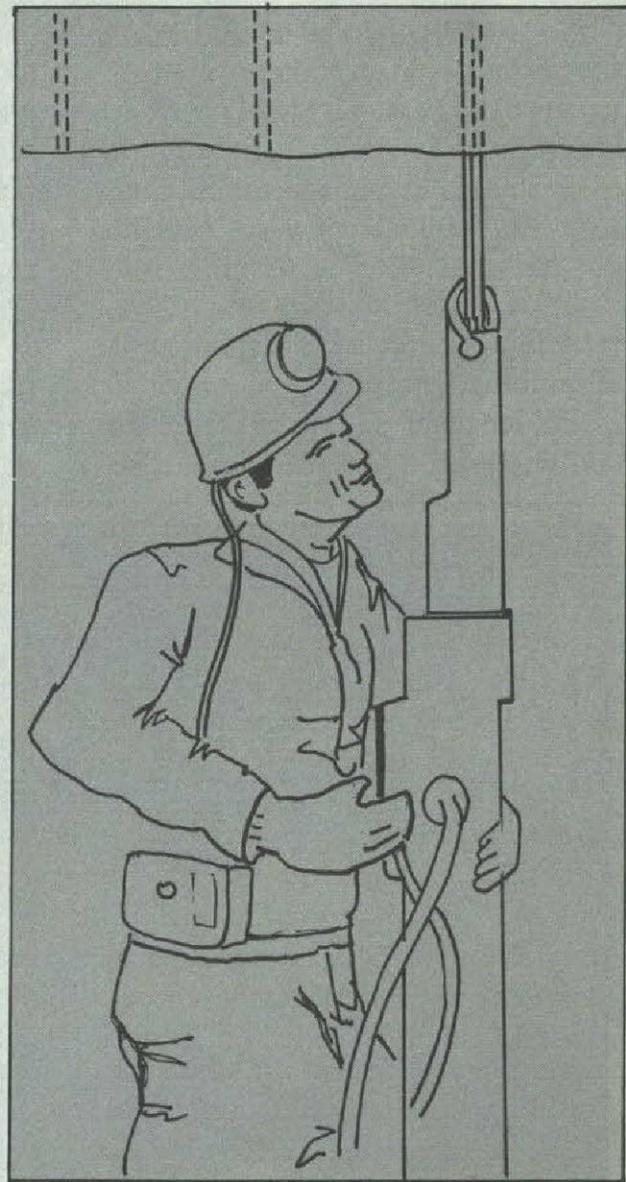
**FIGURA Nº 1
VISTA ISOMETRICA DEL CASERON**

De la figura 1 tenemos:

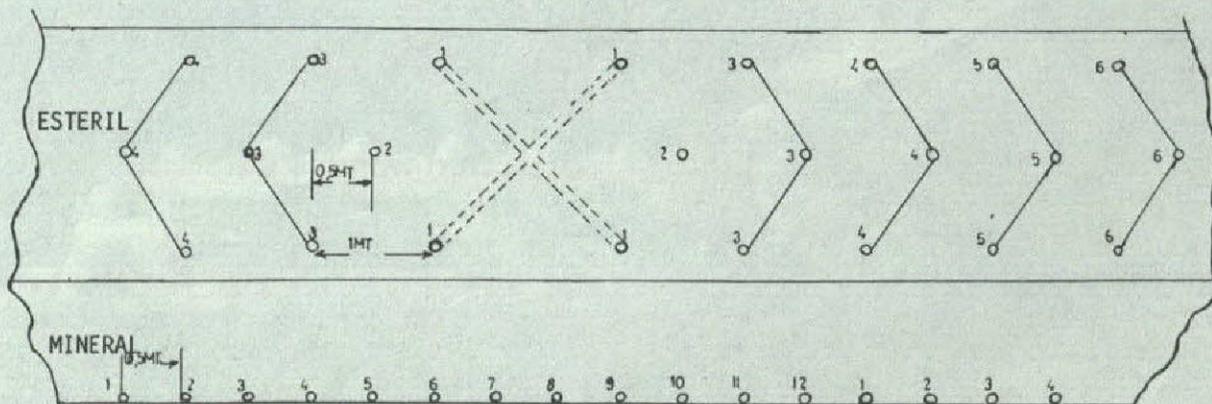
- Potencia de la veta = hasta 35 cm.
- Altura de labor = 2,3 mts.
- Ancho labor = mayor o igual a 1,2 mts.
- Altura de corte = 1,5 mts.



**FIGURA Nº 2
MINERO PERFORANDO CON STOPER**



**FIGURA Nº 3
DIAGRAMA DE DISPARO**



De acuerdo al diagrama de disparo de la figura 3, la tronada se hará en 2 etapas:

- 1º Quemando el estéril
- 2º Quemando el mineral

Cabe hacer notar que entre ambas etapas, se procede a emparejar el relleno y poner piso falso cuyas funciones se apreciarán más adelante.

Si se considera un largo de cámara de 20 mts. y el espaciamiento entre tiros de 0,5 mts., se llega a que el número de tiros a efectuar es 124, de los cuales 84 están en estéril y 40 están en mineral.

Se estima un consumo de aceros de perforación igual a 2 barras (patero de 0,8 mts. y acabadora 1,6 mts.) por levante.

El tonelaje a remover por levante en estéril y mineral es de 71,28 ton. y 28,00 ton., respectivamente.

CONSUMO DE EXPLOSIVO

ANFO = 125 kgs. - 2,5 sacos.

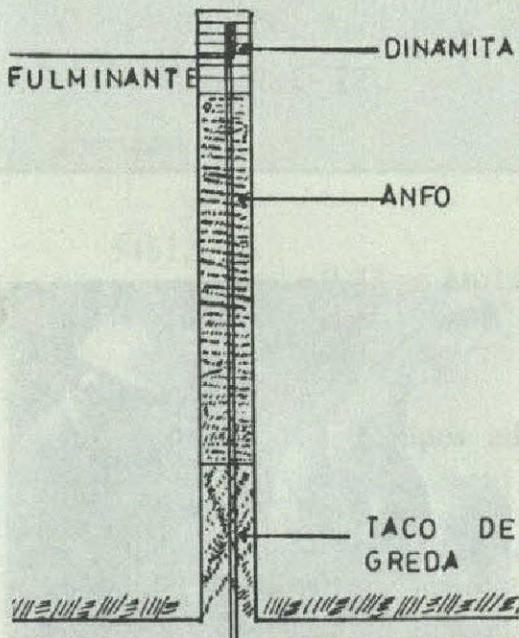
Dinamita 60% = 1 caja de 200 unidades.

Fulminantes eléctricos = 124 unidades. Numeración 1 al 12 en M/S.

Alambre del 22 = 100 mts.

Factor de carga = 0,57 kgrs/ton.

FIGURA Nº 4



La carga mencionada está en base a criterios prácticos, los cuales pueden variar de acuerdo a las características del cerro.

Para cargar el anfo en los tiros se utiliza un cargador "pistola" especial confeccionado en base al "Principio Venturi".

III. EXTRACCION DEL MINERAL

a) Arrastre o Transporte Horizontal en el Caserón.

Se hará mediante un scraper, el cual cumplirá dos funciones:

1º Emparejar relleno. Esta operación consiste en emparejar el estéril quebrado producto de la tronada, el cual constituirá el relleno de la cámara, que es el encargado de dar la altura de perforación (2,30 mts.).

2º Arrastrar el mineral hasta el pique donde será extraído a la superficie. (Ver figura 1).

Datos más interesantes para la selección de un Scraper son:

1. Ancho cuchara	Capacidad	Peso cuchara
0,75 mts.	200 lts.	300 kgs.
1,05 mts.	300 lts.	500 kgs.

2. Huinches para interior mina.

1. Eléctricos
 2. Neumáticos (aire comprimido) para instalaciones pequeñas.
- Velocidad del scraper.

Aproximadamente 1 mt/seg. cuchara llena.

Aproximadamente 1,2 mt/seg. cuchara vacía.

3. Potencia del motor (aire comprimido)

Potencia (HP)	R.P.M.	Carga (kgs.)
5 - 10	1.500	250 - 375
5 - 10	1.000	375 - 750

4. Selección del cable.

Es muy importante para la conservación del cable guardar una relación adecuada entre su diámetro, el diámetro del tambor y la polea, de modo de no producir curvaturas (cocas) y presiones exageradas. Se recomienda que la relación del diámetro del tambor y el diámetro del cable sea del orden de 40 : 1. Además, como máximo 2 o 3 cargas de cable enrollado en el tambor.

FIGURA Nº 5
OPERACION CON SCRAPER

FIGURA Nº 6
PATA DE CABRA
en la pág. sig.

b) Extracción Vertical.

Se realiza mediante un huinche y un peinecillo instalados en superficie.

- Tiempo estimado de extracción: 1 ton. en 10 min.

- Capacidad del balde considerada 500 lts. aprox. 1 ton.

Ambos datos son variables de acuerdo a las condiciones específicas de cada yacimiento.

En el caso del modelo planteado, el tiempo estimado en extraer las 28 ton. de mineral es de 4,6 horas efectivas.

IV. PISO FALSO SOBRE RELLENO

Esta operación se hace con el objeto de evitar la contaminación del mineral con el relleno, en el momento de la tronada y además de la contaminación que se produciría con el arrastre del scraper.

Este piso puede ser confeccionado mediante tablonos o cualquier material resistente y rígido.

El modelo considera tablonos de 3 mts. de largo por 25 cms. de ancho y 2,5 cms. de espesor.

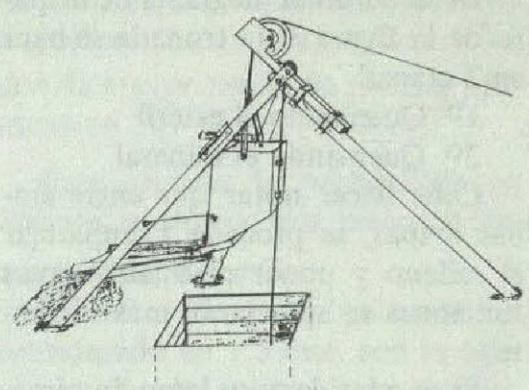
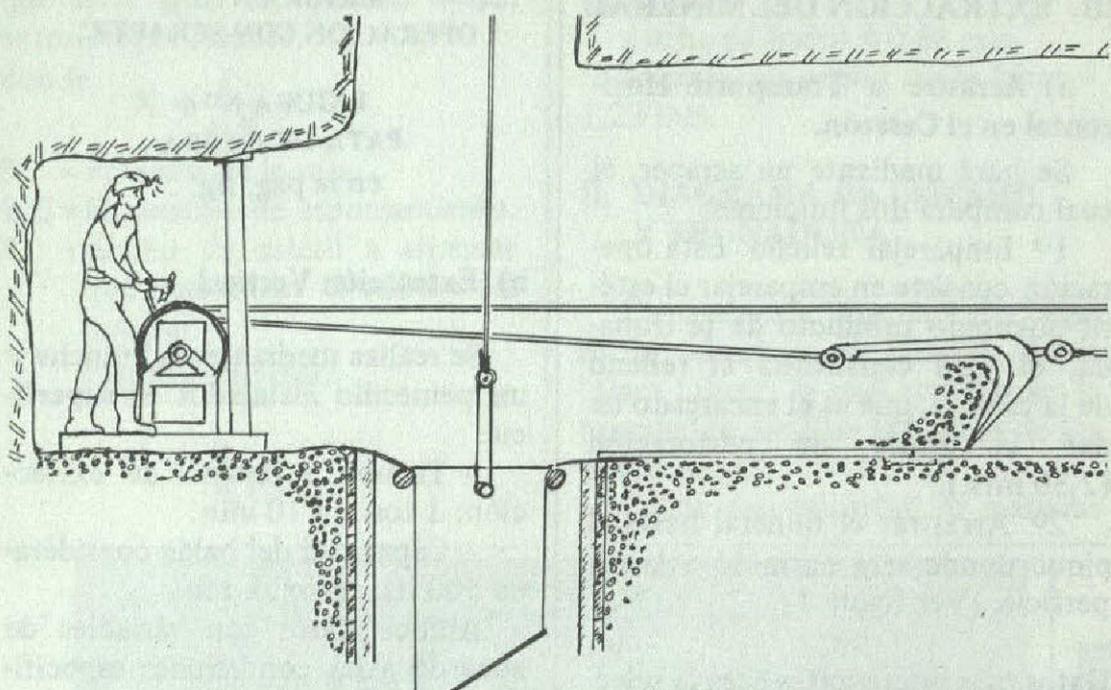
REQUERIMIENTOS:

- 5 tablonos a lo ancho de la labor
- 7 tablonos a lo largo de la labor
- 10 tablonos de empalme ("muertos").

Total: 45 tablonos.

V. TRATAMIENTO DEL MINERAL

Se considera que el mineral trabajado por el pirquinero está constituido principalmente por oro grueso, por lo cual el tratamiento recomendable para el mineral es un proceso de amalgamación en trapiche. Se estima una recuperación de un 60%.



De acuerdo al porcentaje de oro fino contenido en la mena, las colas del trapiche pueden ser tratadas mediante flotación.

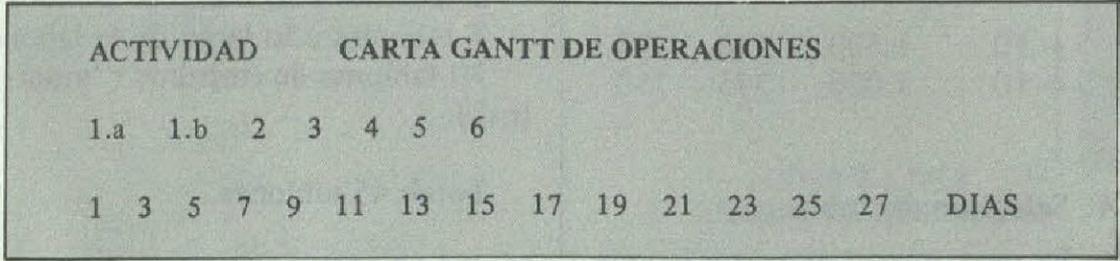
VI. PROGRAMACION DE OPERACIONES

Actividad	Tiempo (días)
1. Perforación (mineral estéril)	3 (1 + 2)
2. Carguío y tronadura estéril	2
3. Emparejar relleno	1
4. Colocación de piso falso	2
5. Carguío y tronadura mineral	1
6. Extracción mineral	1
TOTAL	10

VII. ESTIMACION COSTOS DE OPERACION

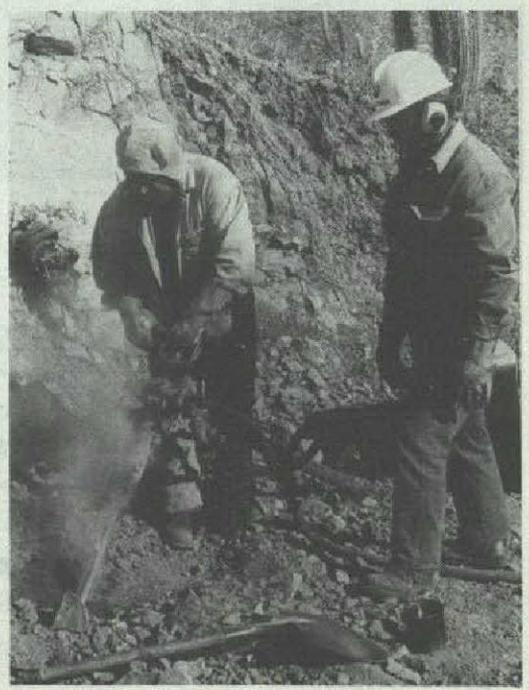
Previo análisis de cada uno de los ítemes desarrollados y considerando precios y salarios actualmente vigentes se obtiene el siguiente costo de operación por ítem:

Item	US\$ Costo (mes)
Alimentación	
Mano de obra	355,56
Combustible y lubricantes	888,89
Explosivos y aceros de perforación	280,00
Materiales	564,44
Fletes	120,00
Tratamiento Planta U.D.A.	488,80
	844,40
Subtotal	
10% Imprevistos	3542,09
Total	354,2
	US\$ 3896,3



Considerando 25 días hábiles al mes y 6 horas efectivas de operación al día, se tiene que al mes se efectúan 2,5 ciclos, equivalentes a 70 ton/mes.
Para el cumplimiento de este programa es necesaria la siguiente dotación de personal:

- 1 Jefe de Mina
- 1 Minero
- 1 Ayudante
- 1 Huincho
- 2 Jornaleros
- 1 Cocinero



VIII. DETERMINACION DE LA LEY CRITICA

a) Operaciones con arriendo de equipos.

Se estima que el arriendo de un compresor, máquina perforadora, scraper, huinche, etc., alcanza a un monto mensual de US\$ 1555,6, luego:

$$\text{COSTOS} = \text{COSTO DE OPERACION} + \text{COSTO DE ARRIENDO EQUIPOS}$$

La ley crítica se determina igualando las utilidades a cero

$$U = I - C$$

$$I - C = 0$$

U = Utilidades
I = Ingreso
C = Costo

donde $I = T \times L_c \times R \times P_v$

T = Tonelaje de mineral (70 ton.)
L_c = Ley crítica
R = Recuperación en Planta (60%)
P_v = Precio de venta (US\$ 13,33 el gr. de Au).

Luego

$$C = 3896,3 + 1555,6 = 5451,9 \text{ US\$}$$

Entonces

$$L_c = \frac{5451,9}{70 \times 0,6 \times 13,3} = 9,73 \text{ gr. Au/ton}$$

b) Operación con equipos adquiridos

Se estima una inversión inicial de US\$ 35.555,5 amortizable mensualmente en 2 años, considerando una tasa de interés de 3% mensual.

La cuota que se debe calcular mensualmente a la institución financiera, por concepto del préstamo, será aproximadamente de US\$ 2097,77. Para esta situación la ley crítica calculada es de 10,73 gr. de Au/ton.

IX. EJEMPLO HIPOTETICO

Si se supone el caso típico del pirquinero que explota una veta aurífera, de la cual extrae mensualmente una remesa de 1 ton. (12 sacos metaleros de mineral). Con una ley recuperable de 3 gr/saco. Esto implica que la ley real del saco es aproximadamente 5 gr. de Au grueso (60 gr. Au/ton).

Además, hay que considerar que la potencia es variable y oscila entre 5 - 15 (cm.) y que, debido a la tronadura ésta se diluye a 35 (cm.).

Si se tiene como potencia media de la veta 10 (cm.) la ley diluida a 35 (cm.) será:

$$LX = \frac{0,1}{0,35} \times 0,60 = 17,14 \text{ gr/ton.}$$

De acuerdo al modelo de explotación propuesto, las utilidades mensuales serán:

$$\begin{aligned} \text{a) Con equipos arrendados:} \\ U &= 70 \times 17,14 \times 0,60 \times \text{US\$} \\ &13,33 - \text{US\$} 5466,66 \\ U &= 9598,4 - 5466,66 = \\ U &= \text{US\$} 4131,73 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{b) Con equipos adquiridos} \\ U &= \text{US\$} 3589,5 \end{aligned}$$

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

— De acuerdo al estudio, se observa que la utilidad es muy superior que la obtenida por el minero mediante una explotación artesanal.

— Si se considera que el mineral se diluirá a menos de 35 (cm.) de potencia, se logra un mejoramiento en la ley media, pero implica una extracción de estéril; no obstante se mantiene el costo de extracción. Se produce una disminución en los ítemes Transporte y Tratamiento en Planta, aumentando con ello las utilidades.

— Se observa que las utilidades para los dos casos analizados (arriendo y compra de equipos) son cercanos, recomendándose la inversión en equipos, pues al cabo de 2 años (o menos) el pequeño empresario contará con equipos propios.

— Se debe contar con reservas que permitan la operación del Proyecto, por lo menos hasta cancelar el crédito obtenido.

— En este estudio no se ha considerado el ingreso marginal producto de la venta de concentrados generados por la flotación de las colas del proceso de amalgamación, por ser muy variable, ya que depende del oro fino contenido en el mineral.

CURSO DE FORMACION DE EXPERTO EN SEGURIDAD MINERA

EL SERVICIO NACIONAL DE GEOLOGIA Y MINERIA "SERNAGEOMIN", REALIZARA ENTRE EL 28 DE SEPTIEMBRE AL 3 DE NOVIEMBRE DE 1987 EL 4º CURSO DE FORMACION DE EXPERTO EN SEGURIDAD MINERA, CONFORME AL REGLAMENTO DE SEGURIDAD MINERA, D.S. Nº 72 DE 1986 Y RESOLUCIONES Nº 1071 DE 1983, Y Nº 811 DE 1984.

ESTE CURSO SE EFECTUARA EN EL CENTRO DE EVENTOS NACIONALES E INTERNACIONALES DE LA UNIVERSIDAD DE SANTIAGO DE CHILE, UBICADO EN CALLE LAS SOPHORAS Nº 175, DE SANTIAGO.

Enfoque para tasación de yacimientos

Por Manuel Viera F.
Oscar Alvarez V.
Gerencia de Fomento de CORFO

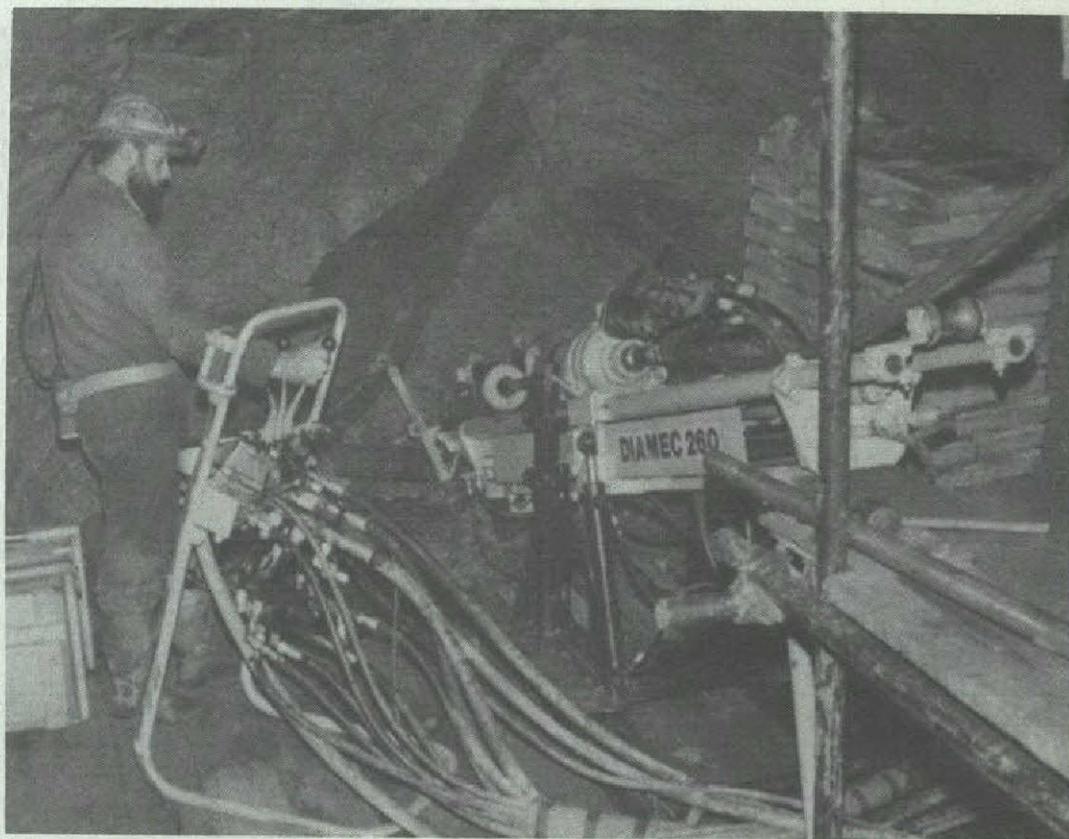
En este artículo se hace un análisis de los diferentes criterios utilizados para determinar el valor actual de la empresa minera, vale decir, el valor que se puede pagar por ella, desde un punto de vista objetivo del negocio minero.

El caso del problema de la valoración económica de yacimientos, se reduce a estimar, de antemano, los resultados posibles de cada ejercicio de la futura explotación, y distinguir sobre los mismos el influjo particular de los factores que contribuyen a su establecimiento, entre ellos, el propio yacimiento.

Se presentan casos reales estudiados por la CORFO, cuyos proyectos requerirían financiamiento para lo cual, los yacimientos eventualmente podrían cederse como garantía a la Corporación.

Una vez conocida la existencia o la presunción de un cuerpo mineralizado, cuya explotación puede ser factible, a menudo se plantean interrogantes tales como: ¿Qué cantidad de reservas minerales existen en el yacimiento? , ¿con qué certeza y riesgo se conocen estas últimas? , ¿cuál es el beneficio económico que se espera lograr, producto de una explotación concebida estratégicamente?

La cantidad de una reserva geológica base puede ser respondida haciendo la evaluación del depósito mediante campañas de exploración, sistema de muestreos, labores de reconocimientos que, con algún margen de error, permiten realizar el "cálculo de reservas del yacimiento", indicando su ley media, cantidad explotable, la curva de distribución tonelaje-ley, etc.



La segunda pregunta que dice relación con el riesgo y certeza, es un verdadero problema y es una característica típica de la industria minera: el riesgo está siempre presente y hay que acostumbrarse a trabajar con él. En relación al beneficio económico esperado, el problema se torna delicado de analizar y puede enfocarse mediante dos criterios: criterio técnico y criterio económico-financiero. Todo ello está plenamente ligado a determinar el "valor económico de un yacimiento".

1.1. ASPECTOS TECNICOS

El principal propósito de un estudio de factibilidad es proveer información que permita llegar a una decisión sobre si vale la pena o no llevar a la práctica el proyecto estudiado. La mayoría de los estudios de factibilidad tratan este problema de la siguiente manera: determinan

cuáles son los parámetros de importancia para el proyecto, estiman el valor de cada uno de ellos y a base de estos datos calculan el valor esperado de la rentabilidad del proyecto. Es decir, realizan el cálculo de rentabilidad como si todos los parámetros del proyecto se conocieran con absoluta certeza. Lamentablemente, en la vida real, no conocemos a ciencia cierta el valor exacto de todos los parámetros que afectan a la rentabilidad del proyecto, sobre todo la aleatoriedad siempre presente.

La industria minera presenta características propias que la hacen diferente de otras industrias y que hay que tener en cuenta en cualquier proyecto de inversión. Ellas son:

- Alto riesgo asociado a las inversiones.
- Incertidumbre siempre presente (esto es igual en todo negocio).

– Existe el problema inherente del reemplazo de la mina.

– El precio de los metales es altamente sensible a las fluctuacio-

Dada la gran gama de variables aleatorias, los principales aspectos a considerar en la evaluación técnica son:

1. **Viabilidad técnica:** Consiste

efectivamente alcanzable, como fracción de la capacidad nominal del proceso.

4. Estimación de los costos de inversión y puesta en marcha de los procesos analizados y la especificación de sus coeficientes de insumo y producción.

1.2. EVALUACION ECONOMICA

Dentro de los aspectos principales que deben tenerse en cuenta en la evaluación económica destacan los siguientes:

1. **Identificación de los flujos del proyecto.** Clasificación de flujos de bienes transables y no transables, de sustitución de producción existente y de generación de nuevo consumo, así como de las transferencias (impuestos, subsidios) y la utilización de mano de obra no calificada.

2. **Asignación de valores.** Análisis de mercado, proyección de precios y selección de precios sombra.

3. **Cuantificación de flujos especiales.** Definición de requisitos y flujos de capital de trabajo, valor residual.

4. **Cálculo de indicadores de rentabilidad.** Cálculo de valor actual neto, tasa interna de retorno, VAN/VAI, etc.

5. **Verificación de solidez.** Análisis de sensibilidad y análisis de riesgo, simulación computacional.

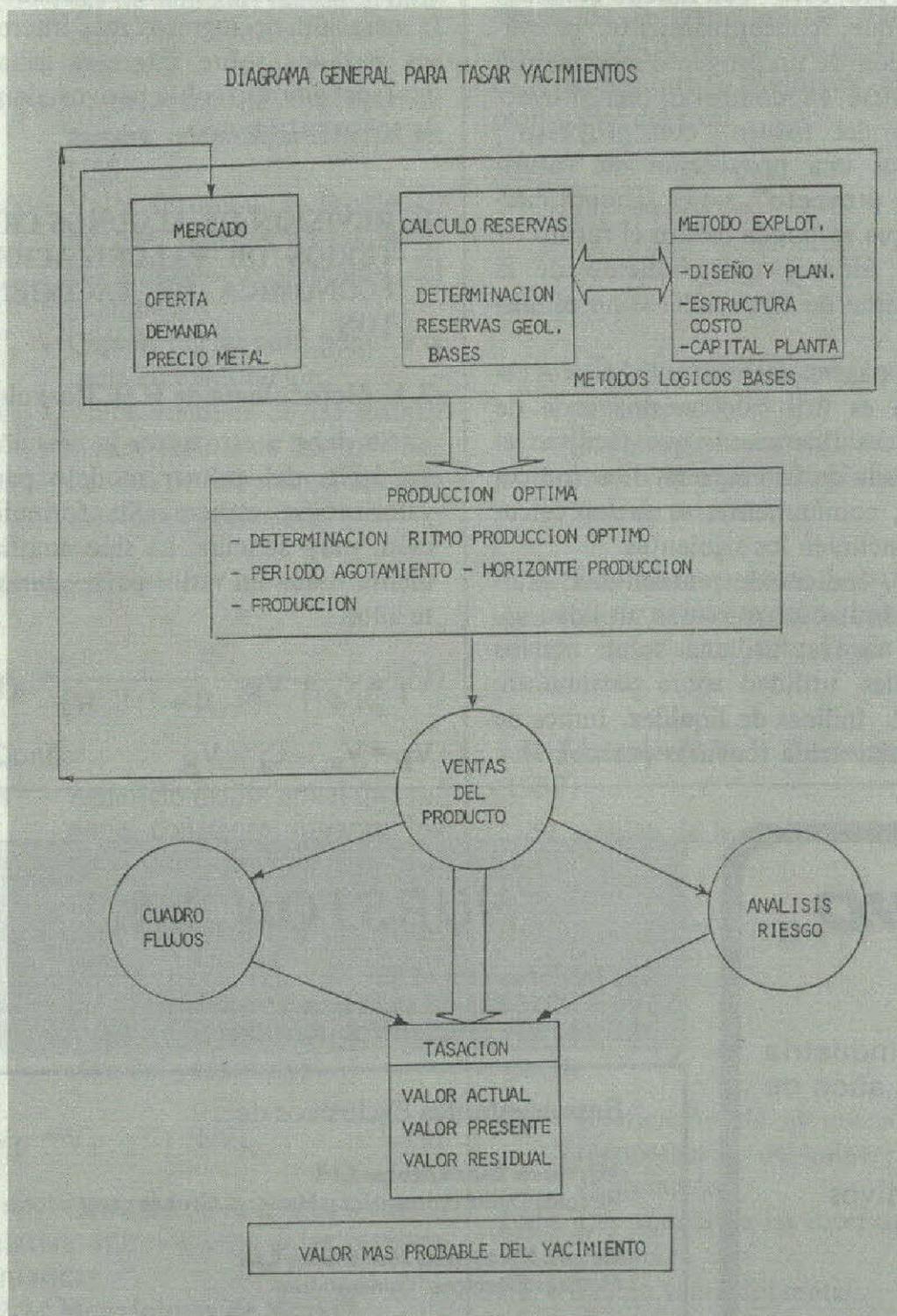
6. **Verificación de optimalidad.** Verificación de la optimalidad de la escala, la tecnología y del tiempo óptimo de emprendimiento del proyecto.

1.3. EVALUACION FINANCIERA

Se distinguirá la evaluación financiera del proyecto incremental y la evaluación financiera de la empresa, incluyendo el proyecto a ser financiado.

La evaluación financiera del proyecto incremental utiliza datos similares a los ocupados en la evaluación económica. Por lo tanto, no se repetirán aquí muchos de los puntos mencionados en la sesión anterior. También para este tipo de evaluación es fundamental contar con pronósticos apropiados de los

DIAGRAMA GENERAL PARA TASAR YACIMIENTOS



nes del mercado (precio cobre, precio oro, etc.).

– Naturaleza indestructible de los metales.

– Fuertes inversiones que conlleva a una fuerte barrera a la entrada del mercado.

La evaluación técnica, en proyectos de valorización, se presta menos a una estandarización metodológica debido a las diferentes tecnologías, aun entre actividades similares dentro de un mismo sector económico.

en verificar que la solución técnica propuesta sea viable y opere dentro de los coeficientes técnicos especificados.

2. **Optimalidad técnica:** Involucra determinar si la tecnología propuesta es óptima (o al menos razonable), dados los costos de insumos y factores y el ritmo de producción propuesta.

3. **Estimación de la curva de aprendizaje:** Si el proceso a ser financiado es nuevo en las operaciones del prestatario deberá estimarse el perfil en el tiempo de la producción

precios y otros valores que afecten la futura rentabilidad del proyecto. Los temas especiales característicos de la evaluación financiera del proyecto incremental incluyen:

1. **Tratamiento de la inflación.** Para obtener una rentabilidad financiera que sea comparable a las tasas de interés de mercado, es necesario pronosticar la inflación.

2. **Depreciación.** A fin de poder estimar apropiadamente los impuestos a ser pagados, debe proyectarse la depreciación de las inversiones realizadas. En caso de que se puedan revalorizar activos, deberá proyectarse el impacto de tal revalorización sobre la depreciación.

3. **Impuestos y subsidios.** Contrario a lo que acontece en la evaluación económica, los impuestos y subsidios son importantes para la evaluación financiera y tienen diferente impacto, dependiendo de la naturaleza del proyecto y las leyes vigentes, por lo cual deberá realizarse una proyección apropiada de estos rubros.

Cuando las evaluaciones financieras se hagan de la empresa como un conjunto con el proyecto, será muy importante realizar la proyección del desempeño de la empresa "sin proyecto" con mucho cuidado. Aunque, conceptualmente, la evaluación de un proyecto incremental consiste en comparar una proyección del futuro "con proyecto", versus una proyección del futuro "sin proyecto", no es siempre cierto que se pueda definir el futuro de este último, independiente de la decisión de emprender o no el mismo.

Una vez realizada dicha proyección es útil calcular una serie de índices financieros que faciliten el análisis de la empresa. Los índices que, comúnmente, se suelen calcular incluyen los siguientes:

1. **Índices de rentabilidad.** Margen bruto sobre ventas, utilidad sobre ventas, utilidad sobre activos totales, utilidad sobre patrimonio.

2. **Índices de liquidez.** Índice de prueba ácida (cuentas por cobrar y

caja sobre pasivos corrientes), activos corrientes sobre pasivos corrientes, capital de trabajo sobre activos fijos.

3. **Índices de riesgo a los acreedores.** Múltiplo de intereses ganados (generación de ingresos más intereses pagados sobre intereses ganados), patrimonio sobre pasivos, deuda sobre patrimonio.

II. REVISION DE ALGUNOS CRITERIOS DE VALORIZACION ECONOMICA DE YACIMIENTOS

2.1. Metodología de H.D. Hoskold:

Se debe a este autor la creación en 1876 del primer modelo para valorización minera. Su formulación, muy sencilla, ha sido ampliamente usada en varios países durante años.

$$V_T = V_p + V_F \quad (1)$$

$$V_P = V_a - C_i - V_R \quad (2)$$



La revolución tecnológica para la industria minera lograda por CYANAMID tras años de investigación y desarrollo.

La más amplia gama de reactivos al servicio de la industria minera:

Colectores
Espumantes
Depresantes
Floculantes
...y

siempre una solución a sus problemas mineros.

CYANAMID
CHILE LTDA.

Ministro Carvajal N° 6
Teléfono: 2252345
Providencia - Santiago

THURSTON S.A.

Las Bellotas 199 of 83
Fono: 2515205-2512319 cas. 9032
TLX 341584 ENRTHUCK Santiago

Representantes Exclusivos de:

Mirrlees Blackstone Ltd
Motores Diesel Industriales y Marinos, Grupos generadores

Brush Electrical Machines Ltd
Motores Eléctricos, Generadores

Lister Petter Ltd
Motores Diesel Industriales y Marinos PETTER

Davy Morris Ltd
Equipos de levante, Grúas Puente

Hawker Siddeley Power Plant Ltd.
Grupos Generadores

Stanton (export) Ltd
Tubería hierro fundido nodular

Metalock International Associaton
Reparación en frío de hierro fundido

Philadelphia Resins Corporation
Resinas Epoxicas para fundaciones
Fijación planchas desgaste chancadores

Donde:

V_T = Valor total de la propiedad minera

V_P = Valor presente de la propiedad minera, basados en reservas de mineral, medidas, indicadas las instalaciones y la empresa.

V_a = Valor actual de la propiedad minera o empresa minera, en US\$.

V_F = Valor futuro de la propiedad minera, basadas en las reservas inferidas o potencial del yacimiento.

C_i = Capital inicial para poner a la mina en explotación.

V_R = Valor residual de las instalaciones al final de los "n" años de vida de las reservas mineras medidas e indicadas

Se tiene:

$$V_a = \frac{A}{[R_1 / (1 + R_1)^n - 1] + R_2} \quad (3)$$

Donde:

A = Beneficio medio anual que supone constante durante los "n" años de vida del proyecto.

R_1 = Tasa de interés o actualización.

R_2 = Interés de riesgo

n = Número de años de explotación del yacimiento.

$$V_F = V'_a - C'_i + V'_R \quad (4)$$

Orientada a la misma nomenclatura anterior pero a las reservas inferidas.

2.2. Metodología de Morkill

En 1918, 42 años más tarde, este autor propuso una modificación para perfeccionar la concepción valorativa de la fórmula de Hoskold; aceptaba todo lo relacionado con beneficio y de amortización del negocio al terminar la explotación, pero rechazó por falta de lógica que estos componentes de capitalización y plusvalía se mantuvieran constantes durante la vida del proyecto.

$$V_a = A \frac{1 - \frac{1}{(1 + R_2)^n}}{R_2} \quad (5)$$

2.3. Metodología de K.L. Pojaritski (1957)

Propone para valorar una mina una fórmula análoga a la de Hoskold, en la que la prima por el riesgo de la inversión se supone nula ($R_2 = 0$) ya que esa rentabilidad parcial queda englobada en el plan social del país.

$$V_a = \frac{P}{(1 + r)^n} \quad (6)$$

Donde:

V_a = Valor actual de la mina o del yacimiento

P = Importe de la renta anual

n = número de años de explotación

r = Tasa de interés.

Esta fórmula permite visualizar que el autor se ha orientado hacia el cálculo del "valor actual" de los yacimientos.

2.4. Fórmula de V. V. Pomeranisev (1957)

El empleo de la siguiente expresión:

$$V_a = \frac{1 - K_r}{100} \times LM \times PV \quad (7)$$

Donde:

K_r = Coeficiente de atenuación o recuperación de mineral en explotación.

LM = Ley media de las reservas explotables

PV = Precio venta del metal

V_a = Valor actual del yacimiento o propiedad minera según el valor de una tonelada.

Claramente se observa que el autor no toma en consideración la acción del factor tiempo, con la incertidumbre que asocia este último. Aplica precios que no están acordes con las condiciones del mercado.

2.5. Metodología de N.V. Volodavov (1959)

Basa su evaluación al definir el

valor de los yacimientos mineros como una renta minera acumulada, cosa que ha sido duramente criticada en la URSS como inadecuada e inaplicable en la práctica.

$$V = (Q - q) \cdot R.p.i.f. \quad (8)$$

Donde:

V = Importe renta minera acumulada

Q = Costo límite del producto (precio)

q = Costo interno

R = Reservas geológicas bases (medidas - indicadas)

p,i,f = Recuperaciones en la explotación, concentración y fundición, respectivamente.

2.6. Criterio valor actual neto (NPV)

Sugerida en la actualidad por el código de minería chileno. Su explicación es obvia (ver caso de estudio N° 3).

2.7. Criterio de la tasa interna de retorno (TIR)

Al aplicar este criterio, se toman decisiones más adecuadas en todo el mundo orientado al libre mercado. En la actualidad es el mejor criterio para tasar yacimientos y es ampliamente usado en compañías nacionales e internacionales líderes. Su determinación es apoyada por las técnicas modernas de simulación, análisis de riesgo y el computador.

El enfoque objetivo de este artículo sugiere la aplicación de estos dos criterios: NVP y TIR pues reflejan la estabilidad de los resultados. Presenta la ventaja práctica de que el NVP puede estudiarse mediante función objetiva al optimizarse programas de inversión o producción y la TIR, mediante técnicas de simulación.

III. APLICACIONES PRACTICAS A CASOS DE ESTUDIOS
CASO DE ESTUDIO Nº 1
**TASACION DE LAS RESERVAS MINERAS
DEL YACIMIENTO CASO ESTUDIO Nº 1
CRITERIO HOSKOLD**
1. RESUMEN DE LAS RESERVAS GEOLOGICAS (Base)

	TM		Leyes (%)	
	Oxidos	Mixtos	Cu Total	Insolubles
Medidas	688.564	495.205	3.69	0.56
Indicadas	8.027.208	59.566	2.90	0.19
TOTAL	8.715.772	554.771	2.91	0,52
TOTAL de Reservas Base = 9.270.543 TM				
Ley de Oxidos = 2.91% Cu				
Ley de Mixtos = 0.52% Cu				

2. RESERVAS RECUPERABLES

Las reservas recuperables forman parte de las reservas **demostradas económicas** y corresponden a aquellas que son calculadas por los factores de certidumbre y pérdidas propias del método de explotación.

	TONELADAS	LEY		LEYES	
		Cu Sol.	Cu Insol.	pptado.	concent.
Medidas Oxidos	619.708	2.80%	—		
Mixtos	445.685	2.85%	1%		
TOTAL	1.065.393			82%	48%
Indicadas Oxidos	4.816.325	2.80%			
Mixtos	35.739	4.00%	1%		
TOTAL	4.852.064				
TOTAL Reservas recuperables = 5.917.457 TM					
Ley en Oxidos = 2,80% Cu Soluble					
Ley en Mixtos = 2,93% Cu Soluble					
= 1,00% Cu Insoluble					

3. VIDA DEL PROYECTO AMPLIACION

$$\frac{\text{TOTAL Reservas Recuperables}}{\text{Ritmo Producción/mes}} = \frac{5.917.457}{65.000} = 91 \text{ meses}$$

$$91/12 = 7,58 \text{ años}$$

4. PRODUCCION DE PRECIPITADO Y CONCENTRADO

Categoría Reserva	Operación Unitaria	TM	Ley (%)	TM Cu Fino
Medidas	Lix. en Pilas	6.556	82	5.376
	Lix. Agitación	23.954	82	19.643
	Concentrados	7.892	48	3.788
Indicadas	Lix. Pilas	30.732	82	25.200
	Lix. Agitación	108.594	82	89.047
	Concentrados	633	48	304
TOTAL				143.358

4.1. Total Precipitado 82% Cu = 169.837 Ton.

4.2. Total de Concentrado (48% Cu) =
(250 gr. Ag.) 8.525 Ton.

4.3. Fino Cu en reservas medidas = 28.807 TM

4.4. Fino Cu en reservas indicadas = 114.552 TM

5. VALORES DE COMPRA DE METALES

5.1. Valor de una tonelada precipitado 82% = US\$ 882,94

5.2. Valor de una tonelada concentrado 48% Cu, 250 gr. Ag. = US\$ 507,66

6. INGRESOS POR VENTAS

– Precipitado Cu : 169.837 TM x 882,94 US\$/TM = US\$ 149.955.881

– Concentrado Cu : 8.525 TM x 507,66 US\$/TM = US\$ 4.328.569
(con plata)**VENTAS TOTAL = US\$ 153.822.672**

7. GASTOS OPERACIONALES

Medidas 28.807 TM x 2.204,6 x US\$ 0.4234 = US\$ 26.889.250

Indicadas 14.552 TM x 2.204,6 x US\$ 0.4522 = 114.199.194

TOTAL = US\$ 141.088.444

8. IMPUESTO UNICO POR CONCEPTO DE VENTAS (1%)

Ventas Totales = US\$ 153.822.672

Menos 1% = 1.538.226

TOTAL US\$ 152.284.446

9. BENEFICIO DESPUES DE IMPUESTO

US\$ 152.284.446 – US\$ 141.088.444 = US\$ 11.196.002

Beneficio Medio Anual = US\$ 11.196.002/7.58 años = US\$ 1.477.045

10. DISMINUCION DE GASTOS (Suprimido gastos Santiago)

28.379 TM x 2.204.6 x US\$ 0.4076 = US\$ 25.501.226

114.552 TM x 2.204.6 x US\$ 0.4364 = US\$ 110.209.040

TOTAL US\$ 135.710.267

11. NUEVOS BENEFICIOS

US\$ 152.284.446 – US\$ 135.710.267 = US\$ 16.574.179
 Beneficio Medio Anual = US\$ 2.192.352

12. VALORIZACION RESERVAS MEDIANTE CRITERIO HOSKOLD

$$V_P = V_a - C_i - V_R \quad (1)$$

Donde:

V_p = Valor presente
 V_a = Valor Actual de las reservas
 C_i = Valor de la Inversión
 V_R = Valor Residual

$$V_a = \frac{A}{[R_1 / (1 + R_1)^n - 1] + R_2} \quad (2)$$

Donde:

A = Beneficio Medio Anual
 R_1 = 6.5% interés de actualización
 R_2 = 13% interés de riesgo
 n = número de años del proyecto
 = 7,58

Reemplazando valores en (2) se tiene:

$$V_a = A / 0.236244$$

Tomando los siguientes beneficios:

- a) US\$ 1.477.045 (con gasto Santiago)
- b) US\$ 2.192.352 (sin gasto Santiago).

Se tiene:

- a) $V_a = \text{US\$ } 6.252.201$
- b) $V_a = \text{US\$ } 9.230.032$

Tomando como base US\$ 9.000.000 de inversión y, un valor residual = US\$ 4.000.000, finalmente se tiene:

- a) $V_p = \text{US\$ } 6.252.201 - \text{US\$ } 9.000.000 + \text{US\$ } 4.000.000 = \text{US\$ } 1.252.201$
- b) $V_p = \text{US\$ } 9.267.739 - \text{US\$ } 9.000.000 + \text{US\$ } 4.000.000 = \text{US\$ } 4.267.739.$

13. CONCLUSIONES ADICIONALES

a) En consecuencia la valorización de las reservas geológicas bases de la Compañía Minera tiene los siguientes valores:

- Situación actual: US\$ 1.252.201.
- Política disminuir gastos Santiago: US\$ 4.267.739.

b) Es imperativo indicarle a la empresa la necesidad de una política de disminución de costos como son los mostrados en la última alternativa: US\$ 4.267.739.

**LEY DE CORTE
 CASO DE ESTUDIO Nº 2**

1. BASES DEL CALCULO

Los datos aquí empleados son los proporcionados por la propia empresa en su proyecto de ampliación de la capacidad de tratamiento de 50.000 T/M a 65.000 T/M.

– Precio Promedio Cobre (PV)	=	0.63%	US/lb
– Recuperación en Planta de Beneficios (R)	=	0.80	
– Ley Media (LM)	=	2.80	Cu total
– Ritmo Expansión	=	15.000 TON/MES	
– Interés corriente	=	11.93%	
– Costo Mina	=	6.73	US\$/TON
– Costo Beneficio	=	7.178	US\$/TON
– Costo Precipitación	=	2.78	US\$/TON
– Costo Mov. Productos	=	1.0	US\$/TON
– Gastos Generales	=	0.42	US\$/TON
– Maquila	=	5.3	US\$/TON

2. TOTAL GASTOS/MES = US\$ 351.474

continúa en la pág. 4 1



JUAN ESTAY ALAMOS

Río Baker N° 6094
Teléfono: 733086
Qta. Normal
Santiago - Chile

TRANSPORTADORES
MAQUINARIAS Y EQUIPOS



FABRICAMOS: • TRANSPORTADORES ACIN-
TA • PORTATILES - FIJOS • ELEVADORES Y
MONTACARGAS • CARROS PARA BODEGAS •
ESTRUCTURAS METALICAS • TOLVAS •



HARSEIM
S.a.I.C.

M.R.

ACCESORIOS
PARA
TRONADURA



Avanzada tecnología y
calidad internacional

FABRICA Y OFICINAS GENERALES



TEC-HARSEIM S.A.I.C.
Casilla 168-D
Santiago-1
Chile-Sudamérica



02-73 2666



241398

TECHA-CL

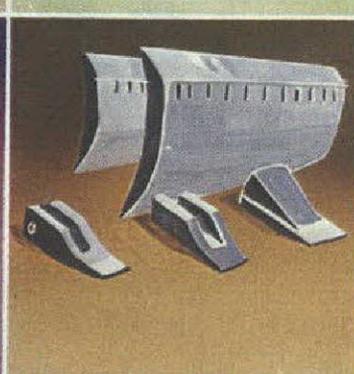
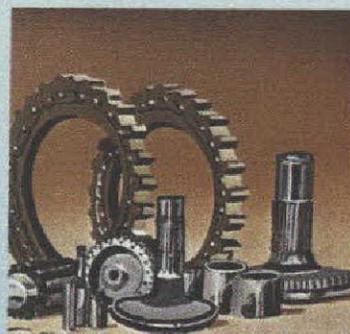


Caupolicán 2301
Renca-Santiago

Una sólida inversión en calidad.

En repuestos para maquinaria de movimiento de tierra,
las mejores marcas del mundo a su disposición.

REPUESTOS DE MOTOR, RODADO, TRANSMISION,
ELEMENTOS DE DESGASTE, FILTROS, etc.



IMPORTADORA

JANSSEN

Y CIA. LTDA.

Agustinas 2356 Fono: 6998021 Télex: 340489 SANTIAGO
Sucursales ANTOFAGASTA Fono: 221099
CONCEPCION Fono: 223330

REVISTA

TECNOLOGIA INDUSTRIAL

PARA EL DESARROLLO EMPRESARIAL

En mercados competitivos la información tecnológica oportuna a disposición de altos ejecutivos y profesionales especializados, le permitirá crecer y progresar junto con su empresa y ser un factor relevante en el ámbito industrial.

No olvide que la mayoría de las veces no hay segundas oportunidades.

¡IMPORTANTE!

SUSCRIBASE
A TECNOLOGIA INDUSTRIAL FONDO: 2239020

ADQUIERALA EN:

- Librerías Técnicas en todo el país
- Feria Chilena del Libro
- Librería Universitaria
- ConIn Universidad de Chile, y en todo el país.

SUSCRIPCIÓN Tecnología Industrial

Nombre: _____

Cargo: _____

Empresa: _____

Dirección: _____

IRARRAZABAL 3881 - ÑUÑO A

3. INGRESOS

3.1. Considerando un escenario más probable: $PV = 0.63 \text{ US\$/Lb.}$

– Recuperación total en proceso: $0.80 \times 0.98 = 0.784$
 $(15.000 \times 0.784 \times LC) \times 2204,6 \times 0.63 = \text{US\$ } 16.33344,48 \text{ LC}$

– La Ley Crítica (suponiendo función lineal) queda al igualar:

Ingresos = gastos

$\text{US\$ } 16.33344,48 \text{ LC} = \text{US\$ } 351.474$

$LC = 2.15\%$

– En consecuencia la Ley Crítica para es de 2.15% Cu Total.

3.2. Considerando un escenario pesimista: $PV = 0.60 \text{ US\$/Lb.}$

Los ingresos quedan:

$15.555.657,6 \times LC \times \text{US\$}$

La Ley Crítica da $LC = 2.259\% \text{ Cu Total.}$

3.3. Para un escenario optimista: $PV = 0.65 \text{ US\$/lb}$

Ley Crítica = 2.08% Cu Total

4. DETERMINACION DE LA LEY DE CORTE

– La Ley de Corte es una variable de decisión técnico–económico–financiero que intenta salvaguardar la rentabilidad de la empresa.

– Comúnmente es usual emplearlo como criterio en minería para discriminar entre mineral y estéril y es uno de los parámetros más críticos que afectan la rentabilidad de un proyecto.

– El criterio técnico–económico–financiero de decisión es el siguiente:

$LM > LC (1 + i)$

Si se cumple esta relación, el proyecto es factible y la empresa financieramente puede pagar sus deudas contraídas.

Donde:

$LM = \text{Ley media de las reservas explotables} = 2,8\% \text{ Cu.}$

$LC = \text{Ley crítica} = 2.15\% \text{ Cu (considerando escenario más probable).}$

$i = \text{Interés que refleja el servicio de los pagos a préstamos contraídos.}$

$i = 11,93\% \text{ interés corriente según deuda CORFO.}$

Se tiene:

$LM > 2.15 (1 + 0.1193)$

$LM > 2.15 \times 1.1193$

$LM > 2.4 \text{ Cu como } LM = 2.8\% \text{ Cu; por lo tanto, se cumplen las restricciones técnico–económicas y financieras, y el proyecto en consecuencia es factible.}$

5. CONCLUSIONES

1. Resulta claro que la empresa perfectamente puede efectuar sus pagos en forma holgada, ya que en la actualidad posee un 28.57% de utilidad libre de gastos (US\$ 148.075 mensuales a un ritmo de 15.000 tons/mes).

2. De acuerdo al punto 1, la empresa está en condiciones de financiar con capital propio el proyecto presentado a la Corporación de "Lixiviación en Pilas".

3. En resumen, la empresa posee los recursos económicos necesarios para amortizar la deuda que tiene con la Corporación en montos mayores a los actuales y además financiar completamente el proyecto antes mencionado.

4. A mayor ley de corte es indudable que las reservas geológicas bases disminuyen notablemente por cuanto zonas mineralizadas por debajo de la ley 2.4% se dejarían de explotar al ser antieconómico (existe una menor vida útil del yacimiento).

REACTIVOS DE FLOTACION

PARA LA MINERIA

COLECTORES

- SF - 113 XANTATO ISOPROPILICO DE SODIO
- SF - 114 XANTATO ISOBUTILICO DE SODIO
- SF - 203 DIALQUIL XANTOFORMIATO
- SF - 323 ISOPROPIL ETIL TIONOCARBAMATO

ESPUMANTE

- MIBC - METIL ISOBUTIL CARBINOL

Reactivos de Flotación S.A.

Empresa filial de Shell Chile S.A.C. e I.



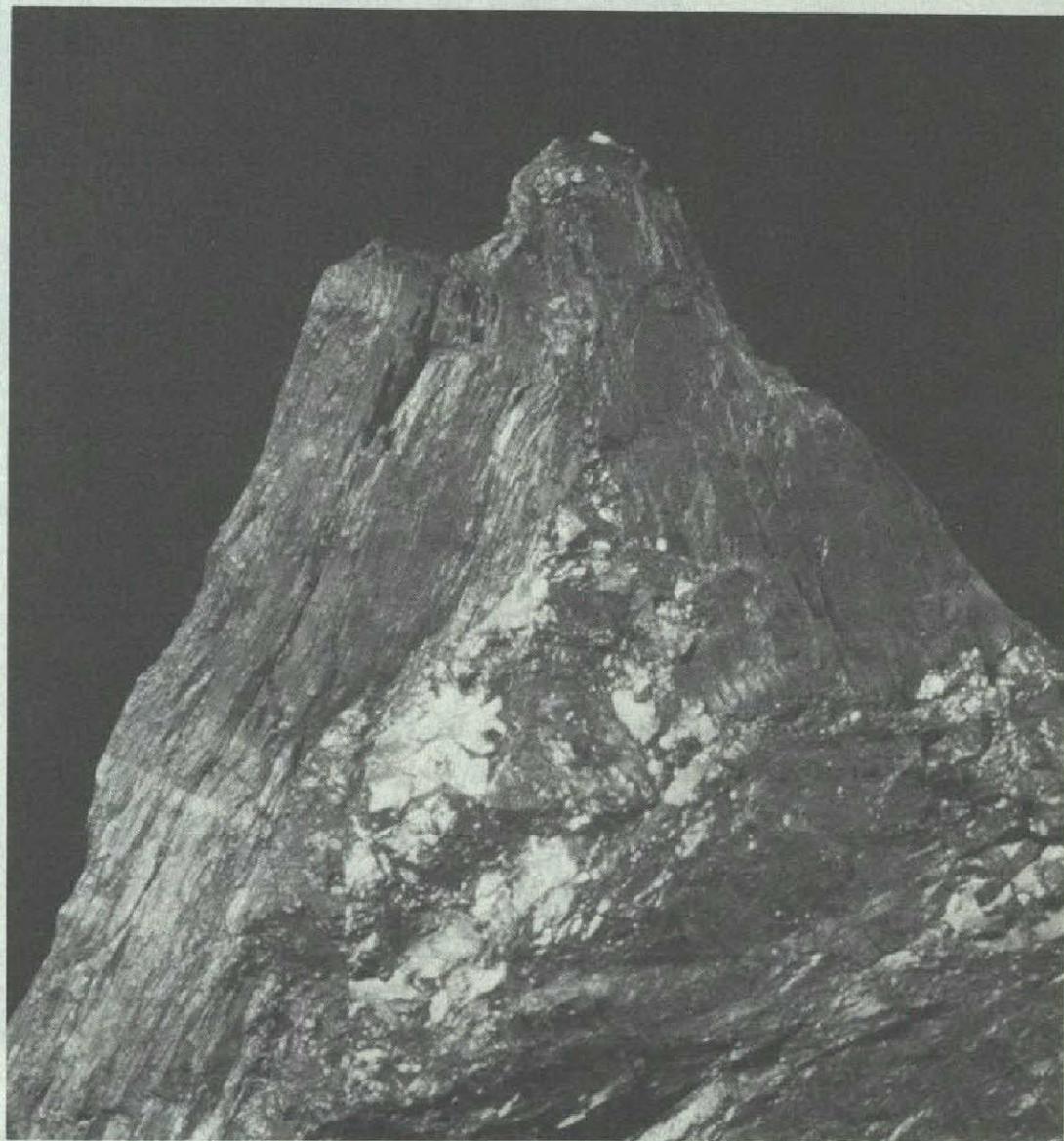
OFICINA MATRIZ: AV. PROVIDENCIA 1979 TEL: 2317085 - SANTIAGO
 PLANTA SHELLFLOT - CALLE IQUIQUE 5830 TEL.: 224171 - ANTOFAGASTA

EL TUNGSTENO

El tungsteno es uno de los metales de explotación no tradicional (o inexplorado) que puede tener perspectivas de aprovechamiento en Chile. Se requiere, para ello, de un estudio serio y actualizado de las áreas de interés que dé a los productores o al inversionista minero una aproximación sobre las posibilidades de explotarlo comercialmente.

Aunque breve, posiblemente el informe más completo disponible hoy sobre las áreas o yacimientos de interés con respecto al tungsteno es el que aparece en el libro "Geología y Yacimientos Metalíferos de Chile" (1965), de Carlos Ruiz Fuller.

En estas páginas se transcribe dicho informe. Si bien hay que situarlo en 1965, su contenido se considera plenamente vigente.



En el país ha habido en el pasado una producción esporádica y relativamente pequeña de tungsteno, que se ha exportado en forma de concentrados de leyes superiores a 70% de WO_3 y producidos por métodos gravitacionales o escogido a mano. El principal mineral contenido en estos concentrados es schelita ($CaWO_3$); además, pequeñas cantidades de wolframita han acompañado a la schelita. La producción chilena de tungsteno se inició, probablemente, durante la Primera Guerra Mundial, cesando al término de ella, para reiniciarse algunos años antes del comienzo de la Segunda Guerra Mundial y manteniéndose hasta aproximadamente 1944; sin embargo, ya en ese año la producción provenía exclusivamente del escogido de algunos desmontes.

En cuadro aparte se dan las cifras registradas de la producción chilena de tungsteno entre los años 1915 y 1938:

Las minas productoras de tungsteno han sido las de Campanañi (Arica), Zapallo de Chehueque y El Durazno (Atacama), y Llamuco (Coquimbo). En los últimos años se ha determinado la existencia de tungsteno en forma de schelita y wolframita en otras dos áreas del país, que potencialmente podrían llegar a ser de cierta importancia como productoras de tungsteno, si mejoran en el futuro las condiciones del mercado mundial, actualmente deprimido por el dumping de China comunista. Las áreas mencionadas son: la parte central y norte de la provincia de Atacama (entre el sureste de Copiapó e Inca de Oro), donde Varlamoff (1963) determinó la existencia relativamente abundante de estos minerales, en varios

yacimientos, y la región del lago General Carrera en la provincia de Aisén donde, según Héctor Flores (comunicación verbal), en la mina Arroyo Pedregoso, ubicada al sur del lago, se presentan schelita y wolframita junto con molibdenita en granito pegmatítico; además Bowes *et al* (1962) determinaron la presencia de schelita y wolframita en el yacimiento complejo Cerro Castillo, ubicado al norte del lago. Los minerales de tungsteno, principalmente schelita, aparecen también como minerales accesorios en varios yacimientos de cobre; presentan, por otra parte, una definida relación espacial y genética con ciertos tipos de yacimientos de ese metal.

Años	Concentrados (kg)	% WO ₃	Fino WO ₃ (kg)
1915	8.560	?	?
1916	2.232		
1935	5.701	70,06	3.994
1936	3.655	70,36	2.572
1937	1.517	75,08	1.139
1938	3.848	73,48	2.826

GEOLOGIA

La mayor parte de los yacimientos de tungsteno se distribuyen en la faja de la subprovincia que corresponde principalmente a los yacimientos de cobre porfídico, así como también a los de chimeneas de brecha de turmalina; estarían probablemente relacionados genéticamente con los intrusivos terciarios. Otros, en menor número, se presentan fuera de esa faja, al occidente de ella, como es el caso de la presencia de schelita en los distritos cupríferos de Las Animas y Galleguillos y en el distrito aurífero de Minillas, en la provincia de Atacama, y en la mina Carrizo de la provincia de Santiago (donde se presenta junto a molibdenita). Además, como ya se mencionó, se ha

determinado recientemente la presencia de yacimientos de schelita y wolframita en la provincia de Aisén, los que parecen estar genéticamente relacionados con intrusivos terciarios. Dentro de la faja de los yacimientos de cobre porfídico la distribución de tungsteno aparentemente no es continua. Así, se presenta en el extremo norte de ella, en Campanani; luego hacia el sur, hay un tramo de más de 900 km, hasta San Pedro de Cachiyuyo, donde no se ha establecido su presencia; desde San Pedro de Cachiyuyo hasta el distrito El Durazno, en una extensión longitudinal de aproximadamente 300 km, hay mineralización esporádica de tungsteno regularmente espaciada; a unos 260 km al sur vuelve a reaparecer mineraliza-

ción en Llamuco, yacimiento que ha sido hasta ahora el principal productor de tungsteno del país; finalmente, a 250 km más al sur, en El Teniente, se ha determinado la presencia más austral de tungsteno en la subprovincia.

La roca huésped de las mineralizaciones de tungsteno es siempre roca intrusiva abisal, cuya composición varía entre granito y granodiorita, o roca filoniana aplítica o pegmatítica.

La mayor parte del tungsteno aparece como schelita en granos de tamaño medio a grueso y con gran tendencia al idiomorfismo; por reacciones supérgenas con minerales de cobre se forma una mezcla de schelita y cuprotungstita que presenta color verde brillante. Wolframita aparece como acompañante secundario en Llamuco, en varias minas de la región de Copiapó y en el lago General Carrera, en Aisén. Otros minerales metálicos primarios que aparecen junto a los de tungsteno son: pirita, calcopirita, bornita, magnetita, hematita, molibdenita, arsenopirita y galena. Los minerales de ganga más abundantes son cuarzo, turmalina negra, sericita y muscovita, ortoclasa gruesa y calcita; el más característico de ellos es turmalina que se encuentra en gran abundancia en la mayoría de los yacimientos.

Los yacimientos de mayor importancia dentro de la faja de la

**LLEGAMOS AL FONDO
DE SU PROBLEMA
DE PERFORACION**

**Y lo hacemos
con productos
fabricados
en Chile.**



DRILLCO

Llegamos al fondo

TELEX: 440163 DRILC CZ
CASILLA 173 - SANTIAGO
FONOS: 2212079 - 2214642
LAS DALIAS 2950 - (MACUL)

SU MOTOR SIEMPRE FRESCO

 **RADIADORES
PEDRERO
LTDA**

**RADIADORES
Y PANALES**

Automotrices, Industriales,
Haz de tubos, Intercambiadores
de calor, Enfriadores de aceite,
Evaporadores y Condensadores.

AV. LIB. B. O'HIGGINS 4877
☎ 792235 - 794359
CASILLA 4554 - STGO.

subprovincia de cobre porfídico muestran desde cercana a inmediata relación espacial con chimeneas o stocks de brecha de turmalina, como es el caso de Campanani, Cachiuyo de Llampos, Cabeza de Vaca y Llamuco. Los cuerpos mineralizados pueden presentarse en las chimeneas mismas, o en masas de greisen formadas por reemplazo de las rocas graníticas vecinas. Otros yacimientos de menor importancia consisten en vetas cortas correspondientes a la mineralización de diaclasas o fracturas de cizalle, de rumbo aproximadamente este, en las rocas graníticas; los minerales acompañantes son cuarzo, turmalina, ortoclasa, actinolita, molibdenita y sulfuros de cobre.

A continuación se describen en forma resumida los yacimientos más importantes que son los de Llamuco y los de la región de Copiapó.

En Llamuco (McAllister y Ruiz, 1948), los yacimientos se presentan en granito de grano relativamente grueso. Las áreas mineralizadas muestran una alineación aproximada este-oeste que continúa hacia el

oeste a un macizo, elongado en esa dirección, de brecha granítica, turmalinizada y estéril. Al este del cuerpo brechoso hay tres clavos o chimeneas mineralizados también en granito, separados unos 50 m entre sí, de posición aproximadamente vertical y de diámetros comprendidos entre 25 y 35 m. La chimenea más oriental ha sido la única explotada por tungsteno, mientras las otras dos lo han sido exclusivamente por cobre; en ella la mineralización produjo turmalina, cuarzo, sericita y pirita, como reemplazo del granito y en vetas presentes en la chimenea, cuarzo, schelita, arsenopirita, muscovita, calcopirita, galena, pirita y poca wolframita. Un socavón corta esta chimenea a algo más de 70 m bajo su afloramiento y allí se observa un cuerpo de cuarzo macizo con lentes formados por schelita gruesa, muscovita, arsenopirita y calcopirita; la mena proveniente de este cuerpo contenía 7% de WO_3 .

En la región de Copiapó se ha determinado (Varlamoff, 1963) la presencia de mineralización esporádica de tungsteno en una faja de

rumbo nornoreste que se extiende unos 110 km, desde el distrito de Cabeza de Vaca hasta San Pedro de Cachiuyo; esta faja está claramente incluida en la subprovincia de los yacimientos de cobre porfídico y de chimeneas de brechas de turmalina, y también está relacionada con intrusivos terciarios. La schelita aparece principalmente en relación con brechas turmalinizadas y en vetas de cuarzo con sulfuros. Las brechas de turmalina con mineralización de tungsteno más estudiadas son las de Cabeza de Vaca y de Cachiuyo de Llampos. Allí la schelita es el primer mineral en depositarse y sobre ella se presentan cristales de magnetita que pueden rodearla completamente; ambos minerales son claramente anteriores a la mineralización de sulfuros de los cuerpos de brecha. En la mina Japonesa de Cabeza de Vaca se presenta un verdadero greisen que contiene schelita; wolframita se ha identificado en las minas Arco de Oro y Japonesa de Cabeza de Vaca; en Arco de Oro está en relación con una veta de cuarzo y especularita.

YACIMIENTOS DE TUNGSTENO

Número	Nombre	Provincia	Coordenadas	Forma y Orientación	Roca encajadora	Paragénesis		Bibliografía
						Tipos	Sucesión mineralógica	
1	Zapallo, Chehueque	Atacama	28°29.8'/ 70°32.1'	Veta: N80°/ 65°N	Monzonita cuarcífera	5	Anf, Tur, Sch, Pi, Cp	McALLISTER, JAMES y RUIZ, CARLOS, 1948. Geology of Tung- sten Deposits in North Central Chile. U.S. Geo- logical Survey Bulletin 960-C.
2	San Antonio	Atacama	28°30.4'/ 70°31'	Veta: N80°W/ 50°75°N	Granodiorita	5	Anf, Tur, Sch, Cp, Bor, Mo	McALLISTER, JAMES y RUIZ, CARLOS, 1948. Geology of Tung- sten Deposits in North- Central Chile. U.S. Geo- logical Survey Bulletin 960-C.
3	Minillas	Atacama	28°49'/ 70°53.7'	Vetas: N70°E/ 70°N-70°S	Granodiorita	5	Sch, Pi, Cp, Au	McALLISTER, JAMES y RUIZ, CARLOS, 1948. Geology of Tung- sten Deposits in North- Central Chile. U.S. Geo- logical Survey Bulletin 960-C.
4	Boliviana El Durazno	Atacama	29°4.6'/ 70°33.1'	Cuerpos lenticulares	Granodiorita y aplitita	5	Anf, Tur, Sch, Mag, Pi, Cp	McALLISTER, JAMES y RUIZ, CARLOS, 1948: Geology of Tung- sten Deposits in North- Central Chile. U.S. Geo- logical Survey Bulletin 960-C.
5	Llamuco	Coquimbo	31°40.6'/ 70°47.5'	Cuerpos ve- riformes en chimeneas	Granito	5	Tur, Sch, Pi, Arsp, Cp, Ga, Wo	McALLISTER, JAMES y RUIZ, CARLOS, 1948: Geology of Tung- sten Deposits in North- Central Chile. U.S. Geological Survey Bu- lletin 960C.

Minas con tungsteno como mineral accesorio: Campanani, Cachiuyo de Oro, Estrella (Cabeza de Vaca), El Teniente, La Higuera, Carrizo, Cerro Castillo y Arroyo Pedregoso.

San Lorenzo y Cuz Cuz

Debemos a los dominicos el culto que la minería chilena rinde a San Lorenzo, patrono que se conmemora cada 10 de agosto, con reverente detención de faenas.

Fueron los discípulos de Santo Domingo quienes impusieron en esta parte de América la reverencia al repartidor de los tesoros de la Iglesia, asociando su martirio y muerte, asado en una parrilla, con los sucesos míticos del trabajo en la búsqueda de vetas y oquedades nobles de la tierra.

Porque ocurre que en la minería europea, e incluso en algunas zonas españolas, se reverencia como patrona a Santa Bárbara, asociándola a la pólvora, pero los frailes, al fin y al cabo buenos íberos, prefirieron escoger a ese diácono de Huesca que actuó como asistente del Papa Sixto II, y como entre santa y santo... pared de cal y canto, pues hombre, sea el santo, patrono de la minería.

De agregado y casi como un jirón desconocido de nuestra historia regional, anotemos que si bien es cierto a los dominicos en América les cupo la tarea de la educación, su instalación en La Serena no les liberó de la función misionera, tomando capellanías y servicios que les desplazó hacia el sur de Coquimbo. Quizás si un poco por interrelación que devotamente mantenía con ese hábito el Marqués de Huana, quien les entregó tuición sobre sus indias del río Huatulame; o, porque cuando llegaron, mercedarios y franciscanos ya tenían bajo su patronazgo desde Copiapó a Limarí.

En la tarea no se la sacaron pelada, puesto que les tocó enfrentar los naturales más díscolos y bravos de los contornos.

Las tierras de Illapel distaban bastante de las varas corregiles de Santiago o La Serena, de modo que no era fácil ni recomendable aden-

trarse por sus cerrados valles.

Tal actitud se refleja en el simple hecho de que por 1817, cuando todo hacía presumir un norte pacificado los naturales de Chalinga, puestos en pies de guerra, no sólo se alzaron sino pusieron a fuego la aldea, con grande alarma en los contornos.

Pese a ello, y por la nombradía aurífera que el lugar tenía y tiene, no faltaban mineros españoles y otros tantos mestizos o nativos, que cateando o trabajando en marimata dieran nombradía cuprera y aurífera, atrayendo población y comercio, y aparejado, la idea de imponer una conducta de respeto que provenía justamente de los hombres del hábito blanco y la capa negra, cuya huella quedó asentada en la fundación del poblado de San Lorenzo, que alzaron en la medianía de la ruta vieja de Tulahuén o Cogotí, por donde transitó la mayor cantidad de minero del oro que antologan los tiempos viejos de Coquimbo.

Los buenos curas decidieron instalar una capellanía ambulante en el contorno, iniciando el culto a San Rafael, que al quedar entronizado dio origen a la villa de igual nombre, génesis de Illapel, aparte de dejar otro culto minero secular por la virgen de las Candelas, reverencia canaria de la cual todavía se conserva en la capital de Choapa una bella imagen de montura.

En 1786, con ocasión de haberse aplicado en Chile la ordenanza de intendentes, el norte del reino quedó dividido en cuatro partidos, siendo uno de ellos el de Cuz Cuz, quedándole de cabeza la villa de San Rafael, que ya había fundado el Conde de Poblaciones en 1752, y que se reedificó en 1788. Un año más tarde, atendida su gran importancia minera, se le encargó al subdelegado Manuel de Gorostizaga

atender las tareas del sector de Combarbalá, que se le restó al partido minero de Coquimbo.

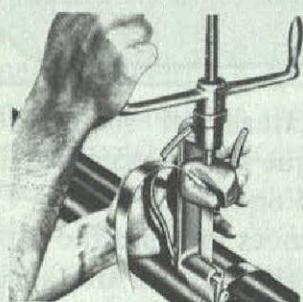
Había entonces una enorme proliferación de tareas que se anotaban en Achupallas, Alcaparrosa, Amolanas, El Arrayán, Las Cañas, Capagatos, Cárcamo, Cocobú, Convento, El Cuyano, Chillamahuida, de donde salía oro de 22 kilates y dos gramos, cercano al riachuelo de Aucó, El Chorrillo, El Divisadero, Gonzalo, Guallatongo, Cuayacanes, Guatalume, La Higuera, Los Hornos, Huilmo, Infiernillo, Lima-huida, Llahuín, Llmpagui, Llaucavé, Maitencillo, Mata Redonda, Mauro, Mincha, Las Minillas, Mala Muerta, Las Mollacas, Pintacura, Quelén, Tilama, Las Totoras, Las Yucas, La Viuda, y otra cincuenta de puntos donde todavía hoy se reparten afanes pirquineros e industriales que a su vez heredan desde aquellas lejanas épocas apellidos y costumbres.

Por allí tuvo faenas don Juan Egaña, quien mantuvo sociedad para explotar un trapiche buitrón.

En 1791 la diputación de Cuz Cuz mantenía registrados un total de 342 mineros, aviadores y trapicheros sin considerar socios.

En democrático quehacer encontramos nativos como Pedro Peinado o Tadeo Pasarín junto a numerosos franceses o europeos cuyos apellidos nos siguen sonando como típicos de Choapa; Serey, Larrondo, Jammatt, Martínez, Latuz, Guerrero, cada quien aventurando por lomajes y quebradas para hacer interminables jornadas de esperanzas que sólo detenían en domingo y en agosto, en que cada 10 el santo godo recordaba que lo material y lo espiritual son dos tesoros posibles de buscar y encontrar cuando se tiene fe y pujanza.

Band-It®



ABRAZADERAS DE ACERO INOXIDABLE DE USO MULTIPLE PARA SER FABRICADAS EN EL LUGAR QUE SE UTILICE, CUALQUIER DIAMETRO EN ANCHOS DE 1/4" A 3/4".



ABRAZADERAS DE TORNILLO SIN FIN TOTALMENTE DE ACERO INOXIDABLE PARA DIAMETROS DESDE 1/4" HASTA 7".



IMPORTADORA COMERCIAL VILLELA, RAMIREZ LTDA.

AGUSTINAS N° 1504 - 1510 Casilla 21117* c/21 SANTIAGO
Telex 340260 ICOVIR = VTR
Teléfonos: 6962307-6990203-6993539

40 AÑOS SIRVIENDO A LA INDUSTRIA CHILENA

- * Trabajos en rieles de ferrocarril, desviadores, cruzamientos y travesías.
- * Elevadores, montacargas, polipastos, grúas, puentes y torres.
- * Máquinas, herramientas, tornos, fresas, taladros, prensas, guillotinas y plegadoras
- * Estructuras, proyectos especiales y servicio técnico.
- * Servicios en cepillos puente hasta 6 mts., tornos, taladros, etc.

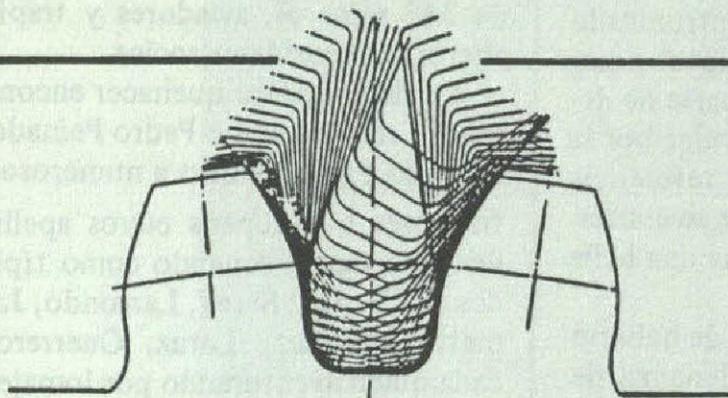
ROYAL

maestranza / fca. de maquinarias
ROSENBERG & CIA. LTDA.

Guérnica 4697 Tel. 792620 Cas. 4749
Télex 94260 ROSENMAQ SANTIAGO

MD

Maestranza Diesel
FABRICACION DE ENGRANAJES ESPECIALES



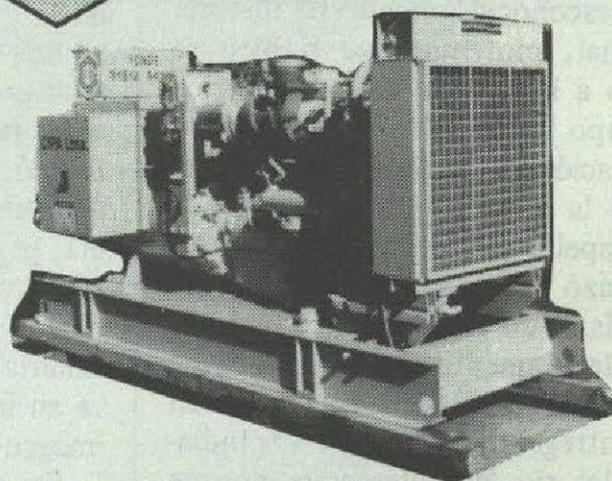
- Stub recortados
- Cónicos
- Coronas sin fines
- Helicoidal doble
- Dentados internos
- Levas excéntricas

Fresados engranajes hasta 2.000 mm. diámetro
Santa Elena 1433 Fonos: 5567439 - 5550938
Casilla 9617 - Santiago



Cia. Constructora Industrial y Comercial Panamericana Ltda.

CIPA Ltda.



GRUPOS ELECTROGENOS PARA ARRIENDOS

CATERPILLAR Y DALE
DESDE 35 KVA - 320 KVA
EQUIPOS NUEVOS
SERVICIO EN TERRENO

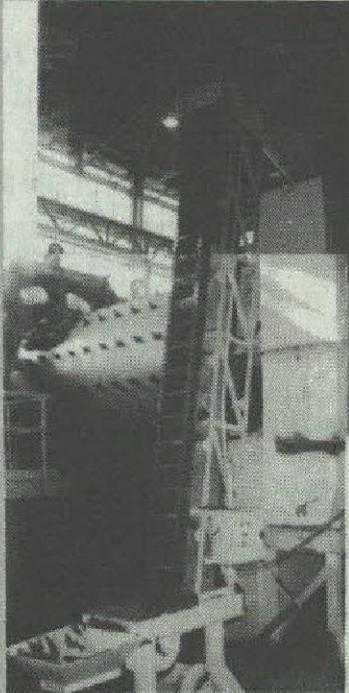
CIPA ES SERVICIO CONFIABLE

Romero 2928 Fonos: 94573 - 91812
Casilla 2651 - Stgo.

Minermat LTDA

MINERIA - INGENIERIA - MATERIALES
ASESORIAS TECNICAS

- Equipos de precipitación por Zinc Merrill-Crowe de 12 TPD a 300 TPD de capacidad.
- Cañerías, fittings y bombas para manejo de soluciones.
- Rociadores tipo "Wobblers", especiales para cianuración en pilas.
- Hornos y crisoles de fundición.
- Equipos para refinación oro-plata.
- Pruebas metalúrgicas (Percolación en columnas)
- Ingeniería en Diseño de plantas.



- Transportadores de alta pendiente (Hasta 85°) para minerales.

José Dgo. Cañas 2937 - Fonos 742369-2238020
Télex: 440476 MINER-CZ Ñuñoa, Santiago-Chile.

Longyear



- | | |
|------------------|---|
| LONGYEAR | (Equipos de Sondaje) |
| SECO | (Perforadoras Neumáticas) |
| BOART | (Aceros y Brocas de Perforación) |
| BOART HWF | (Brocas de Rotación para Carbón) |
| WENDT | (Herramientas de Diamante para Rectificado) |

Representante en Chile
LONGYEAR CO. CHILE LTDA.

LAS DALIAS 2900 (MACUL)
FONOS 2215588 - 2215866

TELEX 340442 LONGYR CK
S A N T I A G O

AMM CONSULTORES

CENTRO DE ASESORIAS ADMINISTRATIVAS, AGRICOLAS, MINERAS Y MECANICAS:

ASESORIAS MINERAS EN:

- Catastros
- Evaluaciones
- Faenas Mineras
- Proyectos Mineros

ASESORIAS ADMINISTRATIVAS EN:

- Administración y Manejo de Personal
- Sistemas Administrativos
- Contabilidad Minera
- Financiamiento de Proyectos Mineros

ASESORIAS MECANICAS EN:

- Diseños Mecánicos
- Mantención Mecánica de Motores Diesel y Bencineros
- Sistemas Mecánicos (Mantención)

ASESORIAS AGRICOLAS EN:

- Suelos
- Agricultura
- Horticultura
- Producción Animal
- Proyectos Agrícolas

FINANCIAMIENTO MINERO - MANTENCION DE MAQUINARIAS - MENSURAS - LEVANTAMIENTO INTERIOR Y EXTERIOR DE MINAS - TOPOGRAFIA EN GENERAL - ASESORIAS MINERAS Y AGRARIAS - ASESORIAS LEGALES

PROYECTOS EN SISTEMAS OPERATIVOS INTEGRADOS ALHUE 3069 SAN MIGUEL FONOS: 5216117
MORANDE 440 OF. 14 CASILLA: 51303 CORREO CENTRAL SANTIAGO

METALURGICA REVESOL S.A.



— ELEMENTOS PARA CORREAS TRANSPORTADORAS

- Polines
- Poleas
- Tensores
- Proyectos

— ELEMENTOS HIDRAULICOS Y NEUMATICOS

- Cilindros
- Bombas
- Válvulas
- Motobombas
- Proyectos

Los 3 Antonios 2170
Fonos: 2250421-746505
Casilla 465-V
Correo 21
Télex 346187 REVSOL CK
SANTIAGO-CHILE.

tideco

SWING JAW

La última palabra en CHANCADOR para la Mediana y Pequeña Minería.



Eficaz chancador para alimentar trapiches

- BAJO COSTO:** — OPERATIVO
— INVERSION
— PIEZAS DE DESGASTE

COINCO LTDA.

CIA. INTERNACIONAL DE COMERCIO

Bucarest 151 Casilla 16891, Correo 9, Providencia Santiago
Fonos 2313562 2321894 Telex 240390 COIN CL

interma

EL COMENDADOR 2340 - PROVIDENCIA - STGO.
TELS: 2324191 - 2324189 - 2324192
TLX: 440347 INTER CZ FAX: 2328173

REPRESENTANTE EXCLUSIVO
PARA CHILE DE:

Garlock

EMPAQUETADURAS - SELLOS Y JUNTAS



- **VALVULAS:** Compuerta, bola, globo, mariposa, diafragma, retención.
- **CAÑERIAS - FITTINGS:** Acero al carbono, Acero inoxidable 304-316
- **BOMBAS ACELERADORAS:** Trampas Termodinámicas - Filtros lubricadores - Reguladores para aire.

ROLANDO HADDAD LIMITADA.

PLASTICOS PANTERA
- HADAPLAST - ZEPHYR M.R.

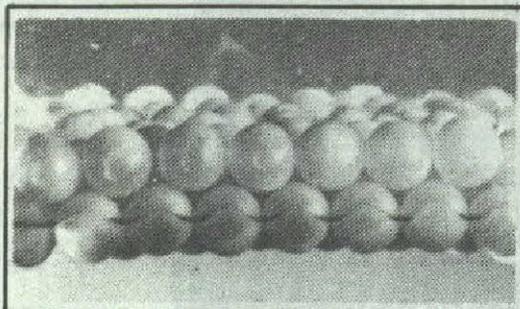
José Ananías 444

Teléfonos: 5554108 - 5554109 - 5568128

Santiago - Chile.



ESFERAS ANTINEBLINA ZEPHYR. M.R.



CON LICENCIA EURO-MATIC DINAMARCA

**USO DE LAS ESFERAS ANTINEBLINA
ZEPHYR. M.R.**

- Reducen el consumo de ácidos y de energía en la refinación de cobre y otros metales.
- Reducen el consumo de energía y disminuye la neblina en los tratamientos de metales, en galvanoplastia, fosfatados, anodizados etc.
- Reducen el ataque a las estructuras metálicas y a los tableros electrónicos de los productos químicos.
- Reducen el riesgo de incendio, de explosión en tanques abiertos de productos inflamables.
- Reducen los accidentes del trabajo al evitar salpicaduras por caída de objetos en líquidos agresivos y ayudan a mantener el aire limpio dentro de la Empresa.

Además somos fabricantes de Cañerías, Mangueras, Bidones, Botelias, Frascos, Bidones con llave para dosificar y Films de Polietileno - Productos.

SOLICITE INFORMACIONES



**Fundición
Inglesa**

**SOC. IND. Y COMERCIAL
FUNDICION INGLESA
GAMERO LTDA.**

- FUNDICION NODULAR
- ALEACIONES ESPECIALES Y NORMALIZADAS
- RESISTENTE A LA CORROSION, ABRASION, Y ALTA TEMPERATURA.
- REPUESTOS PARA EQUIPOS MINEROS.
- REPUESTOS PARA TRAPICHES, TALES COMO: SOLERAS Y LLANTAS EN
- DIFERENTES MEDIDAS, CORONAS, PIÑONES Y VOLANTES.
- PIEZAS A PEDIDO HASTA 2.000 KGS.

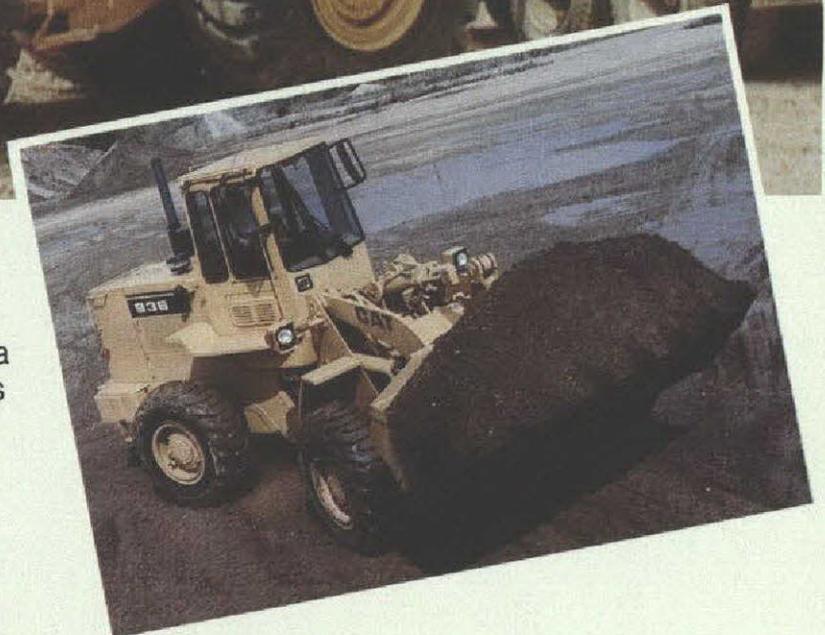
PLANTA N° 1
VICENTE REYES 721 MAIPU
FONOS 575604 - 572682
PLANTA N° 2
BERNAL DEL MERCADO N° 1387
FONO 762430

EL MEJOR NEGOCIO



Los cargadores frontales CATERPILLAR son el mejor negocio, y lo son por su tremenda productividad, confiabilidad, bajo costo de operación y larga vida útil. Pero hay más: conozca estas otras razones que hacen de estas máquinas un buen negocio:

- **RENDIMIENTO EXCEPCIONAL:** Debido a la gran fuerza de desprendimiento, altos factores de llenado del cucharón y rápidos tiempos de ciclo.
- **RESISTENCIA INTEGRAL:** Su avanzado diseño de bastidores, brazos y cucharones permite resistir las fuerzas torsionales y la deformación bajo altas cargas.
- **MANTENCION Y REPARACION FACIL:** La gran facilidad de acceso y el diseño modular de sus componentes hacen muy simples y económicas estas tareas.
- **OPERACION CONFORTABLE:** Máxima comodidad para el operador, disminuye la fatiga e incrementa la eficiencia y productividad.



- **RESPALDO TOTAL DE REPUESTOS Y SERVICIO:** A través de la red nacional de GILDEMEISTER S.A.C., garantía de servicio profesional en todo el país.

Y, al fin de su vida útil, los cargadores frontales CATERPILLAR tienen el mayor precio de reventa del mercado. Otra razón que demuestra que son el mejor negocio.



GILDEMEISTER S.A.C.

VENTAS • SERVICIO • REPUESTOS • A LO LARGO DEL PAIS

CATERPILLAR, CAT y  son Marcas de Caterpillar Inc.

COMENZAMOS UNA NUEVA JORNADA DE TRABAJO.



Para nosotros y para nuestros clientes, en todo el país, comienza una

nueva etapa. Nuevas condiciones y la experiencia de situaciones difíciles enfrentadas y superadas con éxito a lo

largo de una historia de 116 años, nos permiten comenzar esta nueva jornada con optimismo. Y energía.

Una nueva jornada de trabajo. De modernos servicios orientados a las personas. A las empresas. A usted.



BANCO CONCEPCION

Buenos días futuro.

