

REVISTA



# CONTACTO

DEPARTAMENTO METALURGIA  
UNIVERSIDAD TECNICA DEL ESTADO  
FACULTAD DE INGENIERIA



ASOCIACION  
DE INDUSTRIALES  
METALURGICOS

## MADERAS VALDES S.A.C.

- Masisa • Cholguán • Durolac • Masisa
- Enchapada • Terciados • Puertas Terciadas
- Formalita • Placa Carpintero • Enchapadura
- Adhesivo...

### MADERAS DIMENSIONADAS

SANTIAGO

Franklin 502  
Fono 566051

Sta Rosa 1998  
Fono 50265



## INSTITUTO **PASCAL**

EL CENTRO  
PRE-UNIVERSITARIO  
MAS GRANDE  
DEL PAIS

RANCAGUA 0365  
FONO 227762  
SANTIAGO

FCA. DE TAMBORES PARA FRENOS

## **FAMIC**

FRANCISCO DREISIGER Y CIA. LTDA.

**FUNDICION:** Aleaciones en gris corriente y calidad controlada.

**MAESTRANZA:** Trabajos en Torno, Cepillo, y Mecánica de Banco.

Mapocho 2672 - Fones: 733779-736373  
SANTIAGO

## INDUSTRIAS METALURGICAS



## **BASHI**

S.A.I.C.

- Cajas de seguridad
- Puertas de Bóvedas
- Ficheros para bibliotecas
- Ficheros para archivos de Planos, tipo vertical y horizontal
- Escritorios diversos tipos y tamaños
- Sillas fijas y giratorias
- Estantes con puertas de correderas, retráctiles y de batir
- Roperos de 2 lockers
- Pupitres y tableros de control eléctrico
- Carpintería metálica en general

### VENTAS:

Bandera 176 — Fones: 378083/4/5  
Casilla 4056 — SANTIAGO — CHILE

## MONTERO HARNISCHFEGER LTDA.

### SOLDADURAS DE ALTA CALIDAD

#### PARA:

- ACEROS DULCES, DE BAJA Y ALTA ALEACION, AL CARBONO, AL MANGANESO, INOXIDABLES; T-1, DE ALTA RESISTENCIA, ACEROS FUNDIDOS...
- HIERRO FUNDIDO • BRONCE • BRONCE ALUMINIO • BRONCE SILICIO • BRONCE FOSFOROSO • BRONCE MANGANESO • BRONCE NAVAL G • LATON ROJO • LATON AMARINO NAVAL • COBRE • CUPRO-NIQUEL • ALUMINIO

DOLORES 658 — FONO 90572

CASILLA 742

SANTIAGO — CHILE

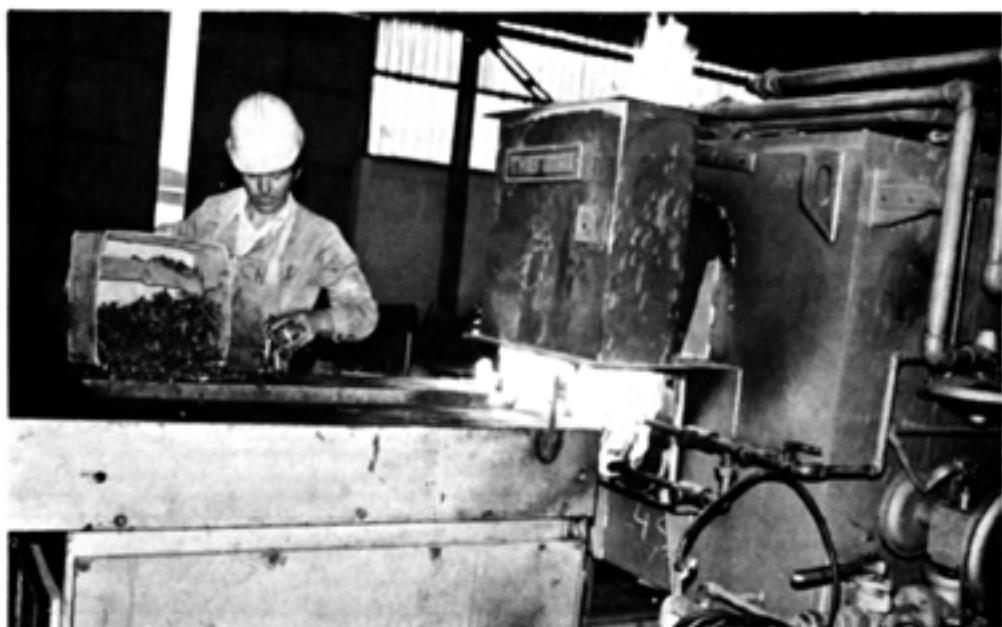
## *Editorial*

*A través del tiempo se ha mantenido el slogan  
creado por ASIMET: "Chile es un país metalúrgico"*

*Las riquezas minerales y las empresas de todo  
tamaño que procesan y elaboran estas riquezas,  
conservan y mantienen viva tal aseveración. Estas  
empresas se han mantenido unidas y representadas  
por una Institución que en octubre de este año,  
cumplirá su 40º aniversario: Asociación de Industria-  
les Metalúrgicos, ASIMET.*

*Nuestra Universidad, por intermedio de este medio  
de difusión, quiere hacer presente tal acontecimiento  
y, más allá de lo conmemorativo, dar muestras de  
reconocimiento porque ASIMET siempre ha prestado  
apoyo a todo lo relacionado con la formación e  
investigación técnica en todos sus niveles y en  
carácter tan prioritario como el apoyo a sus  
asociados.*

*En 1978, AÑO DE LA INGENIERIA CHILENA,  
creemos que entre una Universidad con más de 31  
años de existencia y ASIMET, debemos disponer de  
todo el máximo entusiasmo y esfuerzo en remover  
toda iniciativa orientada a crear el enlace UNIVERSI-  
DAD-EMPRESA y en forma conjunta, compromete-  
rmos a enfrentar el exigido nivel tecnológico a que  
están siendo sometidas las empresas, porque la Uni-  
versidad tiene la responsabilidad de entregar los  
recursos humanos necesarios para que "Chile siga  
siendo un país metalúrgico"*





Revista Contacto

Departamento de Metalurgia

Nº 5 NOVIEMBRE 1978

Director: Ing. Raúl Ramírez Salas.

Comité de Redacción:

Ing. Jaime Rauld F.

Dr. Marco Solar

Ing. Raúl Ramírez S.

Colaboran en esta edición:

Ing. Fernando Díaz J.

Sr. Jorge Cheyre

Dr. Nelson Santander

Prof. Kai Grjotheim

Sr. Juan Valencia

Ing. Luciano Cabala P.

Dr. Bernd Schulz E.

Dr. Jorge Garín C.

Ing. Jaime Torreblanca

Secretarías:

Sra. Blanca Morris

Sra. Elena Miretti

Fotógrafo:

Adrián Orrego.

Representante Legal y Director  
del Depto. de Metalurgia. Dr.  
Jorge Garín Córdova.El contenido de los artículos es  
de exclusiva responsabilidad de  
los señores colaboradores.

Nuestra Portada:

Editorial: Representaciones  
Tecnológicas Ltda.

# CONTACTO

**UNIVERSIDAD TECNICA DEL ESTADO  
FACULTAD DE INGENIERIA**

## S U M A R I O

¿Qué es ASIMET? _____	Pág. 5
Refractarios modernos para una Metalurgia moderna. _____	8
El proceso clásico de obtención de aluminio comparado con los métodos alternativos modernos. _____	9
Así somos. _____	13
Los caminos de cooperación que el país necesita _____	15
Metalurgia Física de los aceros estructurales de alta resistencia y baja aleación. _____	19
Intercambio tecnológico. _____	32
Notas breves. _____	34
Metalograma. _____	41

# ¿QUE ES ASIMET?



Jorge Cheyre  
Presidente de la  
Asociación de Industriales  
Metalúrgicos, ASIMET.

ASIMET es la sigla de la Asociación de Industriales Metalúrgicos. ¿Qué representa esta Asociación? Es una corporación civil de derecho privado y que está formada por industriales del ramo y por personas naturales o jurídicas relacionadas con la industria metalúrgica.

—¿Qué fines persigue? Son varios y muy extensos de detallar, pero podemos resumirlos de la siguiente manera:

- A) Agrupar las empresas industriales de productos metalúrgicos y metal-mecánicos.
- B) Estudiar, impulsar y realizar todo aquello en el aspecto social, técnico y jurídico que pueda ser profesionalmente útil a sus miembros, o pueda contribuir a la expansión y prosperidad de la industria metalúrgica y metal-mecánica, elementos fundamentales de la economía nacional.
- C) Fomentar la preparación técnica del personal que se ocupa en las faenas de la industria del metal.

—¿Cuándo fue fundada y por quién?

—Asimet nació un 21 de octubre de 1938 y su primer presidente fue don Américo Simonetti F., quien hasta el día de hoy sigue como uno de sus Directores.

—¿Cuántos asociados tiene en la actualidad y qué actividades cubren estos asociados?

—Actualmente cuenta con aproximadamente 420 empresas asociadas que cubren las más diversas actividades que va desde la construcción de barcos, vagones de FF.CC., equipos industriales, calderas, electrodomésticos, armaduría fina de automóviles, fabricantes de partes y piezas para los mismos, muebles metálicos, fabricantes de carrocerías, tolvas y remolques, hasta clavos, pernos, golillas, tuercas, etc. para nombrar los productos más pequeños.

## SECTOR TRABAJO EN CHILE

Para poder tener una idea clara y de ahí poder sacar las conclusiones que uno estime conveniente, es bueno dimensionar el sector trabajo en Chile. Este está compuesto por ACTIVIDADES PRODUCTIVAS y ACTIVIDADES DE SERVICIOS. Con respecto a la cantidad de gente que ocupa cada una de estas actividades se ha elaborado el cuadro que a continuación se indica:

**ACTIVIDADES PRODUCTIVAS:**

Agricultura y Pesca	572.000 personas	18,39%
Minería	117.700 personas	3,79%
Industria Manufact. Total	637.400 personas	20,49%
Construcción	253.400 personas	8,14%
	1.580.500 personas	50,81%

**ACTIVIDADES DE SERVICIOS:**

Elect.-Gas-Agua	18.700 personas	0,60%
Transporte	217.400 personas	6,99%
Comercio y Finanzas	462.800 personas	14,86%
Servicios Públicos	832.000 personas	26,74%
	1.530.900 personas	49,19%

De lo anterior se puede ver que en términos generales la mitad de la fuerza de trabajo en Chile está en actividades de la PRODUCCION y la otra mitad en SERVICIOS.

Según datos de ODEPLAN, el 29,4% de la INDUSTRIA MANUFACTURERA TOTAL está en las actividades METALURGICAS y METAL-MECANICAS, o sea, 187.000 personas en cifras redondas.

Como el GRUPO FAMILIAR está formado por 3.5 personas promedio quiere decir que  $187.000 \times 3,5 = 654.500$  personas viven, se alimenta, se visten, estudian con el trabajo proporcionado por esta actividad.

Con respecto al PRODUCTO GEOGRAFICO BRUTO (PGB), la industria Manufacturera Total representa un 21,2%\* y de este 21,2% un 35% lo aporta la actividad del metal, lo que viene a ser,  $21,2 \times 35\% = 7,42\%$  del PGB \*

**Como resumen tenemos:**

Población de Chile en 1977	11.000.000 personas	
Viven de la Metal-Mecánica	654.000 "	5,95%
Fuerza de Trabajo Efectiva	3.111.000 "	
Personas Empleadas en la Metal-Mecánica	187.000 "	6,01%
Participación en el PGB		7,42%
	MILL. U.S\$	
Exportaciones Totales Chile 1977	2.180	
Exportaciones Metal-Mecánicas 1977	142	6,52%
Exportaciones Industriales 1977	439	
Exportaciones Metalmeccánicas con respecto a las Exp. Industriales	142	32,34%

Estas son algunas cifras que conviene tener muy presente, pues nos dan una idea de lo que representa el Sector Metalúrgico y Metal-Mecánico dentro de la economía del país, y qué representa dentro del sector laboral..

**POR QUE ESTIMAMOS EN ASIMET QUE CHILE ES Y DEBE SEGUIR SIENDO UN PAÍS INDUSTRIAL**

Si observamos la historia del mundo en los

apreciar con mucha claridad, que ese PROGRESO, ese PRESTIGIO, ese PODER, esa RIQUEZA y esa INDEPENDENCIA, han sido la consecuencia de todo el gran proceso de INDUSTRIALIZACIÓN basado en el ingenio humano y orientado a transformar materias primas de origen propio y ajeno y habilidades nacionales, en productos más complejos y delicados mediante un desarrollo importante de la INDUSTRIA METALMECANICA.

El proceso ha exigido a la gente de aquellos

trabajo calificado; y a sus líderes y dirigentes, estímulo permanente a la iniciativa personal, al trabajo creador, a las ciencias y a la investigación.

Nos asiste el convencimiento que nuestro país posee además de muchas riquezas y recursos naturales, una de las ventajas comparativas más importantes, ventaja que está representada por ese enorme potencial humano que representa una raza homogénea, esforzada, endurecida en la adversidad, inteligente, dispuesta al riesgo y al desafío, capacitable sin dificultad para realizar toda clase de operaciones industriales y manipulaciones técnicas complejas y provistas de una educación básica, media y superior que en conjunto y como término medio es relativamente más amplia y mejor que la de otros países.

#### AVANCE TECNOLOGICO EN EL MUNDO

Si revisamos detenidamente la historia de las manufacturas desde los comienzos de la revolución industrial hasta nuestros días, vemos la fabricación de vehículos automotrices como actividad dinámicamente impulsora del siglo en que vivimos. Fue ella la primera industria de la producción en serie; su sistema de la línea de ensamblaje fue rápidamente imponiéndose y ha terminado por ser adoptado por toda la industria manufacturera.

Gracias a este sistema y a la necesidad de fabricar partes, piezas y componentes iguales que puedan ser intercambiables para poder ser usados indistintamente en líneas de montaje o para ser reemplazados posteriormente a causa del natural desgaste producido por el uso, ya sea en el ramo automotriz, de electrodomésticos, maquinaria en general, etc., el ingenio humano ha debido superarse para idear sistemas de fabricación y tecnologías de gran productividad para obtener productos de CALIDAD ASCENDENTE y COSTOS DESCENDENTES.

Para lograr lo anterior es que el empresario metalúrgico y metalmecánico se ha visto forzado a preocuparse preferentemente de los siguientes aspectos:

- Mejor diseño mecánico de las partes y piezas.
- Construcción de matrizerías y utilajes que permitan fabricar piezas sin variación de formas y dimensiones.
- Empleo de máquinas herramientas de gran precisión y producción.
- Perfeccionamiento y uniformidad de operación en procesos térmicos, electroquímicos, etc.
- Empleo de instrumentos de precisión y medición.
- Planificación y organización racional de la producción de la empresa.
- Uso de normas y controles de calidad.

La industria metalúrgica y metalmecánica será en Chile, como lo ha sido en otras partes del mundo, una generosa fuente de bienestar y un poderoso motor del avance tecnológico y de la investigación nacional. Su influencia nos ayudará a mejorar y a ampliar el horizonte profesional-científico-técnico que podemos ofrecer a las futuras generaciones, para prestar el trabajo y el estudio serio y estimular el espíritu de empresa dentro de los jóvenes que serán los empresarios del mañana.

#### EMPRESA CONSTRUCTORA ELECTRICA

### Jaime de la Sotta L.

- ESTUDIOS • PROYECTOS • LINEAS Y REDES EN ALTA Y BAJA TENSION • MONTAJE DE TRANSFORMADORES • ILUMINACION URBANISTICA • INSTALACIONES INTERIORES.

Villasana 1790 (Mapocho altura 3800)  
Fono 734255 – Casilla 12072 – SANTIAGO



DESDE 1923

### MAX HUBER REPROTECNICA LTDA

COPIAS DE PLANOS - FOTOCOPIAS - XEROX - AMPLIACIONES FOTOSTAT  
REDUCCIONES A ESCALA FOTOSTAT - REPRODUCCIONES TRANSPARENTES  
COPIAS E IMPRESIONES "OFFSET" - MIMEOGRADO - MATRICES PARA  
SISTEMA OFFSET "MULTILITH" - ENCUADERNACION CON LOMOS PLASTICOS  
MAQUINAS HELIOGRAFICAS MARCA "GAF".

miraflores 250 - fones: 30814 - 383925  
callao 3015 fono 285089  
mac iver 142 fono 393535



### GEOEXPLORACIONES LTDA.

Galvarino Jorquera 1841 - Fono 256099  
Telex - SGO 260 - Santiago-Chile



### GEOEXPLORACIONES

GEOFISICA APLICADA A PROSPECCIONES MINERAS:  
COBRE DRENAMINADOR EN VETAS MINERAS DE RODOR RADONACALICO NO METALICO.  
GEOFISICA APLICADA A PROSPECCION DE AGUAS SUBTERRANEAS.  
PROFUNDIDAD DE LA CUENCA Y PROFUNDIDAD DE LA CAPACITACION DEL AGUA.  
GEOFISICA APLICADA A OBRAS DE INGENIERIA CIVIL Y MINERIA.  
TUNEL ESTANCIEROS CONSTRUCCIONES.  
SEISMICA + RESISTIVIDAD + POLARIZACION INDUCIDA + POLARIZACION ESPONTANEA.  
MAGNETOMETRIA + GRAVIMETRIA + ELECTROMAGNETISMO + RADIONETRICA.  
REPRESENTACIONES + SERVICIOS + REPARACION DE INSTRUMENTOS.  
ASESORIAS + TOPOGRAFIA + TRANSPORTE + ANTERPROYECTOS + ENTRENAMIENTOS.



ARMCO CHILE S.A.M.I.

### FABRICA DE BOLAS PARA MOLIENDA

CAMINO INDUSTRIAS ANEXAS A CAP  
CASILLA 1157 – CONCEPCION  
CABLES "ARMCO"  
TELEFONO 41657 – TALCAHUANO

### OFICINAS GENERALES

MONEDA 1040 – OFICINA 1202  
CASILLA 13475 – FONO 86265  
CABLES "ARMCO"  
SANTIAGO

## INDUSTRIAS GENERALES Y COMPLEMENTARIAS DEL GAS S.A.



**INDUGAS**

ES UNA INDUSTRIA CHILENA DEDICADA ESPECIALMENTE A FABRICAR  
LO MEJOR EN TODA EL AREA QUE TENGA RELACION CON LA  
INDUSTRIA DEL GAS

- \* CALIFONT JUNKERS
- \* REGULADORES RACKOW
- \* MEDIDORES ELSTER
- \* VALVULAS RACKOW
- \* CILINDROS DE GAS
- \* CALEFACTORES AMBIENTALES

TODO EN VARIADOS TIPOS

Consulte directamente a:

Compañia 1555 – Teléfono 83041 – Casilla 4834 – Correo 2  
Fábrica: Logroño 3871 – Teléfono 795261  
SANTIAGO

# REFRACTARIOS MODERNOS PARA UNA METALURGIA MODERNA



**Dr. Ing. Nelson Santander**  
Profesor Jornada Completa  
del Depto. de Metalurgia.

Para que el hombre lograra el dominio del arte de los metales fue necesario descubrir previamente dos técnicas muy importantes: el fuego, necesario para poder llegar a fundir los metales o sus aleaciones, y la cerámica, necesaria para poder construir hornos o equipos que permitieran retener el calor usado en la reducción o en el afino de los metales.

El transcurso del tiempo sin embargo ha dado un impulso tal a la metalurgia, que ésta es en su continuo avance y progreso ha debido forzar la marcha de muchas tecnologías que le son afines. Tal es el caso concreto de la tecnología refractaria que se ha visto fuertemente presionada para investigar intensamente nuevos y mejores productos.

Si se piensa que en 1900 una fundición típica de cobre empleaba reverberos y convertidores de sílice, y una acería Siemens Martin convencional disponía de hornos también revestidos de sílice, podemos concluir que el cambio más radical que ha habido en este siglo ha sido el cambio de tecnología refractaria ácida a básica.

Los refractarios básicos, junto con desplazar paulatinamente a los materiales ácidos debieron mejorar su calidad e introducir cambios tecnológico en su fabricación.

A las magnesitas, por ejemplo, se les exigió leyes muy superiores al 90%, y a las cromitas se debió comenzar a practicarles métodos de concentración para enriquecerlas.

A su vez han ido en aumento las temperaturas a que se someten los refractarios durante su fabricación. Las temperaturas de las calcinaciones convencionales fueron superadas para lograr la llamada liga directa entre granos de cromita y de magnesita. Desde fines de la 2.a Guerra Mundial se ha venido introduciendo el material previamente ligado, conocido industrialmente como "cosinter" o bien simultansinter. Se ha llegado incluso a sobrepasar la temperatura de fusión del material refractario para fabricar lo que se conoce como electrofundido.

La siderurgia moderna obligó a desarrollar refractarios que frenaran la impregnación de metal a través de la porosidad de los ladrillos. La respuesta tecnológica de los refractaristas fue el refractario alquitranado, que presenta dos variantes: el refractario cocido y luego impregnado con alquitrán caliente (carboimpregnado), o bien el refractario que contiene ya en la mezcla previa al prensado, el alquitrán (carboligado).

Hoy ya no bastan los controles de calidad convencionales, en la producción de refractarios modernos. Han debido diseñarse nuevos y más sofisticados ensayos a los cuales someter a los refractarios industriales. Las solicitudes químicas se visualizan mediante modernos ensayos dinámicos de escorias. Las solicitudes mecánicas se evalúan a niveles de microcargas en caliente, y las microestructuras se controlan rigurosamente tanto con ceramo-

grafía como con fractografía.

La normalización en refractarios está en dinámico cambio. Un test normalizado hace 20 ó 30 años puede hoy ya no ser suficientemente exigente. Como ilustración digamos que aún no se oficializa la nueva norma DIN sobre medición de conductividades térmicas.

En cuanto a materiales nuevos, se ha invadido el mercado con productos novedosos: placas cerámicas para cierres deslizantes de cucharas de gran volumen o sistemas de colada continua, refractarios de carburo de silicio con liga de oxinitruro para aplicaciones más exigentes, fibras aislantes silicoaluminosas para modernos hornos de tratamientos térmicos, novedosos sistemas de sujeción para ladrillos de bóvedas suspendidas, especialidades refractarias de más fácil aplicación, etc.

El metalurgista moderno que trabaja con hornos industriales puede eso si tener una gran confianza: siempre encontrará un buen refractario para su proceso, y eso ha sido fruto de muchos años de experiencias compartidas entre metalurgistas y refractaristas.

# EL PROCESO CLASICO DE OBTENCION DE ALUMINIO COMPARADO CON LOS METODOS ALTERNATIVOS MODERNOS

Prof. Kai Grøtheim.

El presente artículo es una versión resumida de la charla dictada por el distinguido académico noruego Prof. K. Grøtheim, el día 17 de abril de 1978, en el Salón de Honor de nuestra Universidad, con ocasión de una breve estadía que hizo este especialista en nuestro país. El trabajo de traducción y resumen ha sido hecho por el profesor de nuestro Depto. Dr. Nelson Santander.

## INTRODUCCION

Noruega es actualmente el tercer productor de aluminio en el mundo y como este producto tiene un gran significado en la economía de ese país, el Gobierno noruego y sus especialistas metalúrgicos tienen un especial interés en mantenerse a la vanguardia en cuanto a la tecnología de la producción de este liviano metal.

En el presente prácticamente todo el aluminio primario producido en el mundo se obtiene en el método clásico patentado en 1886 y conocido como proceso Hall-Heroult. Sin embargo, la búsqueda de métodos alternativos no es nueva, intensificándose eso sí, durante la 1.a y 2.a Guerra Mundial, y recientemente con la crisis energética de 1973.

La bauxita es hoy en día la materia prima predominante para la obtención del aluminio. La purificación de esta materia prima se lleva a cabo por el método de lixiviación caustica (proceso Bayer) quedando finalmente alumina de 99,6% que se lleva a electrolisis en salas fundidas.

## EL PROCESO CLASICO

El método metalúrgico clásico de producción de aluminio es el Hall-Heroult, que es un electroquímico a alta temperatura.



La celda consiste esencialmente en un recipiente de acero revestido interiormente por carbón y conteniendo aluminio líquido en el fondo (cátodo), que decanta por ser ligeramente más pesado que el electrolito de  $\text{Na}_3\text{AlF}_6 - \text{AlF}_3 - \text{Al}_2\text{O}_3$  que flota encima del aluminio. El ánodo es un electrodo consumible de carbón y se sujetó desde arriba en el centro de la celda.

El aluminio se obtiene a  $970^\circ\text{C}$  de acuerdo a la siguiente reacción simplificada:



Esta es una reacción endotérmica que exige un consumo teórico de 5,64 kWh por kilogramo de aluminio.

La energía de Gibbs de esta reacción da un voltaje teórico igual a 1,17 V, referido a un ánodo de carbón, lo que es aproximadamente 1 V menos que en el caso de hacer el cálculo referido a un ánodo inerte (voltaje de descomposición de la alumina). Si se considera además la energía necesaria para calentar los reactantes desde la temperatura ambiente hasta la temperatura de reacción, resulta que la energía teórica mínima es 6,34 kWh por kilo de aluminio.

En la práctica se emplean entre 12 y 17 kWh por kilo de Al, debido principalmente a sobre voltajes, pérdidas resistivas, y reacciones secundarias.

desventajas:

- i) Eficiencia energética relativamente baja (< 50%).
- ii) Deben usarse materias primas puras y caras, en particular alumina y carbón puros.

- iii) El costo de una planta de reducción de alúmina es elevado porque requiere de un gran número de unidades de producción que son relativamente pequeñas.
- iv) Las frecuentes y necesarias discontinuidades en la operación de la celda originan costosas pérdidas de corriente e involucran pérdida de trabajo y tiempo.
- v) La vida de la celda electrolítica es extremadamente sensible a fallas operacionales, inclusive con celdas nuevas.
- vi) Los vapores y gases producidos en las celdas dan origen a problemas de contaminación ambiental.
- vii) La tecnología actual implica en muchas de sus etapas, un intenso trabajo.

Desde el punto de vista técnico y económico el proceso no es perfecto. La eficiencia de corriente comúnmente es de 85-92% y la eficiencia energética siempre es menor de 50%.

Si bien los aspectos principales del proceso son bien conocidos, existen aún muchos vacíos en la teoría. Esto se debe principalmente a las dificultades experimentales encontradas al usar fluoruros líquidos. Aún no se ha encontrado un material que sea resistente al aluminio líquido y a la criolita líquida durante largos períodos de tiempo.

Las celdas modernas "precocidas" absorben 150.000A, tienen protección de muros mediante electrolito solidificado en ellos, tienen una coraza superior para el polvo y gases, y en general un diseño electricamente mejorado.

Desde que se inventó el proceso Hall-Heroult se han hecho muchas mejoras pero sin embargo aún existe mucho que mejorar. En diversos laboratorios de investigación se estudia intensamente en la actualidad en torno a:

- i) Mejorar las propiedades del electrolito mediante nuevos aditivos.
- ii) Disminución del sobrevoltaje usando nuevas composiciones de ánodos.
- iii) Aumento de la vida de las celdas usando materiales nuevos y mejores, y mediante una mejor aislación térmica.
- iv) Obtención de mayores eficiencias térmicas y menores costos laborales mediante un mejor control y construcción de las celdas (más automatización).
- v) Control completo del balance máscico del flúor en la celda sin contaminar, y con una recuperación total del flúor arrastrado).

## LOS PROCESOS ALTERNATIVOS

Aunque el proceso Hall-Heroult aún es el proceso casi exclusivo de producción de aluminio, en las últimas décadas otros métodos posibles han provocado un interés creciente, así por ejemplo durante los tiempos de guerra por la escasez de bauxita en algunos países. Como los abastecimientos mundiales de bauxita no serán eternos, se requerirán nuevos procesos que utilicen minerales de alúmina, como los silicatos de aluminio que son mucho más abundantes en la naturaleza, no que son mucho más abundantes en la naturaleza.

Los métodos alternativos que se han estudiado en los últimos años pueden agruparse en dos categorías principales: procesos de reducción térmica y procesos electrolíticos no clásicos.

Al hacer una revisión a la literatura de patentes de invención, se encuentran cientos de métodos nuevos propuestos, por ello nos limitaremos aquí sólo a discutir los más promisorios, los más interesantes desde el punto de vista químico, o bien los publicados más recientemente.

### 1.— Carbotermia

Es muy deseable producir aluminio a escala industrial en un horno eléctrico mediante reducción directa con carbón.

Sin embargo, se producen oxicarburos, carburo de aluminio y compuestos monovalentes volátiles de aluminio. También es necesario controlar el proceso de modo que no se inviertan las reacciones en algunas partes del horno.

Cuando la alúmina reacciona con el carbón, el primer producto que se genera es  $\text{Al}_4\text{O}_4\text{C}$  y no  $\text{Al}$  ni  $\text{Al}_4\text{C}_3$ :



hay además reacciones secundarias que generan gases de  $\text{Al}$  y  $\text{Al}_2\text{O}$ .

Como además el aluminio puede producirse reduciendo la alúmina con el carburo según:



entonces hay en principio dos maneras de reducir la alúmina a aluminio: con carbón o con carburo.

El proceso carbotérmico puede usar alúmina pura, o bien, un mineral de alúmina como materia prima. Si se usa alúmina pura el producto será carburo de aluminio o bien una mezcla de carburo y metal. Posteriormente es necesario descomponer el carburo a bajas presiones y alta temperatura. Si la materia prima es un mineral aluminoso que contiene apreciables cantidades de silicio, fierro y titanio, el proceso se complica ya que es necesario reducir previamente los otros óxidos en condiciones tales que la alúmina no reaccione.

Una manera simple de producir aluminio por carbotermia es producir aleaciones de aluminio donde la actividad química del aluminio decrece y así mismo decrece la tendencia a la formación del carburo.

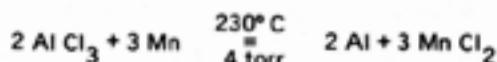
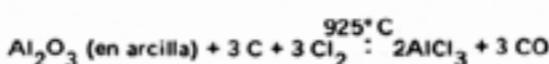
En Alemania hasta el fin de la 2.a Guerra Mundial operaron plantas a nivel comercial para producir aleaciones  $\text{Al}-\text{Si}$  (60% Al) mediante reducción electrotérmica, usando como materias primas arcilla para lozas, alúmina, cuarzo, carbón de madera y coke, todos pulverizados y briqueteados. El aluminio de estas aleaciones puede extraerse de varias maneras, sin embargo, pese al esfuerzo desplegado después de la guerra en las grandes empresas productoras de Al (Alican, Alcoa, Pechiney), aún no se ha encontrado un método económico de refinación.

En Estados Unidos se ha trabajado en la reducción de diversas arcillas tales como caolines, pirofilita, etc., usando como reductor una mezcla de trocitos de madera y coque, que ha mostrado

ser mejor que el coque solo. No obstante, este proceso sólo puede ser significativo en áreas donde exista un abastecimiento abundante de madera barata.

#### 2.- Proceso Toth

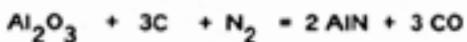
Este es un proceso de reducción indirecta de la alúmina, que sólo existe en el papel. Se basa en la reducción del  $\text{AlCl}_3$  con Mn según los siguientes pasos:



Su autor indica que el consumo de energía eléctrica en este proceso es sólo el 5% del consumido en el proceso Hall-Hercult. Desde el punto de vista físico químico se trata de una bella combinación de reacciones, pero es obvio que la etapa de reducción del manganeso hace el proceso comercialmente imposible ya que el reciclaje del Mn sería muy caro, y la obtención del manganeso puro en un alto horno es termodinámicamente imposible.

#### 3.- Proceso Serpek

Consiste en la formación de nitrógeno de aluminio al nitrurar una mezcla de alúmina y carbón a 1700-1750°C según:



y posteriormente se descompone el nitrógeno a 2.000°C para obtener Al y N<sub>2</sub>. Como además se forma AlCN gaseoso, éste reacciona con el vapor de aluminio para dar carburo y nitrógeno:



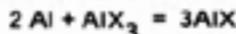
mezcla esta última que origina costras muy duras de carbonitrógeno en el horno.

Aún considerando la producción de  $\text{Al}_2\text{O}_3$  a partir del  $\text{Al(OH)}_3$  el proceso no sería competitivo.

#### 4.- Proceso Alcan

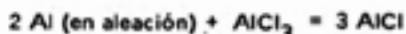
Es muy sabido que el ión  $\text{Al}^+$  monovalente es favorable energéticamente y aparece en reacciones

entre el aluminio metálico y carburos trivalentes de aluminio a altas temperaturas:



Los haluros monovalentes son gases, y el equilibrio se desplaza a la izquierda cuando decrece la temperatura. Este hecho puede aprovecharse para purificar o extraer el aluminio a partir de aleaciones o de chatarra. Durante la 2.a Guerra se probaron procesos de este tipo en Alemania, y posteriormente por Alcoa y Alcan.

El proceso Alcan involucra primeramente la reducción de la bauxita (u otro material aluminoso), mediante carbón en un horno eléctrico, produciendo una aleación líquida Fe-Si-Al. Luego esta aleación se somete a reacción en un convertidor a 1.300°C con tricloruro de Al según:



el monohaluro volátil así formado se condensa por enfriamiento con una lluvia de aluminio líquido. El aluminio metálico se precipita invirtiendo la reacción, y reciclando luego el  $\text{AlCl}_3$  formado.

Alcan esperaba que el proceso tuviera un 50% de reducción de costos de capital (principalmente por eliminar la planta de alúmina) y un menor costo operacional debido a menores necesidades de mano de obra y de materiales (soda caustica, criolita y electrodos de carbón).

Sin embargo, el proceso implica fundir una gran masa de material a elevada temperatura con la inevitable pérdida de calor. Además la manipulación de cloruros tan corrosivos implica usar refractarios muy caros. Alcan no prosiguió con este proceso.

#### 5.- Proceso de Sulfuros de Aluminio

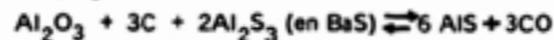
Este proceso se basa en la desproporción:



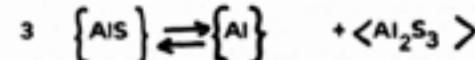
El estudio de los diagramas de fase  $\text{Al}-\text{Al}_2\text{S}_3$  y  $\text{Al}-\text{Al}_2\text{S}_3-\text{BaS}$  permitió obtener un conocimiento básico esencial para diseñar un proceso que emplearía la química de los sulfuros de Aluminio.

El proceso resultante es el siguiente:

a) Reducción del mineral de alúmina con carbón en un baño de  $\text{Al}_2\text{S}_3$  con 10% molar de BaS, según:



b) Descomposición del subsulfuro a temperaturas entre 1.058-960°C:



Se obtiene así aluminio líquido puro y un residuo de  $\text{Al}_2\text{S}_3$  que se recicla.

Este proceso no ha sido probado en experimentos a gran escala.

## (Procesos Electrolíticos no Clásicos)

## 6.— Electrolisis no-acuosa

Como el hidrógeno es más noble que el aluminio en agua, la producción electrolítica de aluminio a temperatura ambiente requiere el uso de un solvente no acuoso.

El baño puede contener haluros de aluminio (usualmente el bromuro, aunque también se sugiere el cloruro) disueltos en soluciones de bromuro de etilo + benceno, o xileno. Deben añadirse haluros alcalinos para aumentar la conductividad que es generalmente baja. La eficiencia de corriente es alta (70-80%) pero se trabaja con bajas densidades de corriente, los baños son caros y sensibles a la humedad, y al parecer hay un límite al espesor de la capa de aluminio que puede depositarse.

Otros baños no tienen importancia práctica, pero hay una interesante patente que describe la electrodeposición de aluminio o una aleación a partir de una solución de cloruro de aluminio en glicerol sobre 100°C con un pH de 5,8 a 6,0.

## 7.— Electrolisis del Sulfuro Fundido

Se ha propuesto emplear sulfuro líquido en lugar de alúmina disuelta en criolita líquida. Este proceso es energéticamente muy atractivo, permite trabajar a menores temperaturas y permite eliminar la corrosión del ánodo de carbón, no obstante, las dificultades técnicas al operar a nivel comercial son considerables.

## 8.— Electrolisis del Cloruro Fundido

Se han sugerido procesos industriales basados en la electrolisis de soluciones líquidas de cloruros siendo el  $\text{AlCl}_3$  el componente activo. Esta idea parece ser atractiva tanto desde el punto de vista económico como técnico ya que este proceso puede llevarse a cabo a una temperatura sustancialmente menor, y puede generar al mismo tiempo cloro que se puede usar para clorurar materias primas.

La idea no es nueva por cuanto ya en 1854 Bunsen y Deville obtuvieron Al al electrolizar  $\text{NaAlCl}_4$  fundido. Hasta 1973 el mejor proceso conocido de este tipo era el de Slatin (1959). La electrolisis se efectúa entre 700 y 800°C usando ánodo de carbón, cátodo de aluminio líquido y una mezcla eutéctica  $\text{NaCl}+\text{KCl}$  con 10%  $\text{CaF}_2$  como electrolito. El aluminio líquido producido se vacía desde el fondo de la celda, y el cloro gaseoso generado en el ánodo se recicla para producir  $\text{AlCl}_3$ .

Hay autores que opinan que por el momento este proceso no es competitivo, pese a sus ventajas.

**Proceso ALCOA:** la firma norteamericana Alcoa dio a conocer en 1973 que había desarrollado un proceso electrolítico de producción de aluminio usando  $\text{AlCl}_3$  disuelto en cloruros alcalinos y alcalinotérreos fundidos. Tan prometedor se vislumbró el proceso, que la compañía decidió construir una planta con una producción inicial de

15.000 tn. de Al al año, que se incrementó posteriormente al doble. Si la producción preliminar es exitosa se piensa llegar a las 300.000 t/año.

El proceso cloruro de Alcoa puede dividirse en tres etapas. Tal como en el proceso Hall-Heroult se obtiene primeramente alúmina pura mediante el proceso Bayer. Luego se hace reaccionar el óxido con carbón y cloro gaseoso para formar cloruro de aluminio. En la celda electrolítica se forma aluminio líquido y cloro. Este cloro se recicla para producir cloruro de aluminio. Es muy importante evitar impurezas en el electrolito, por lo cual Alcoa ha desarrollado su propio proceso de purificación de los cloruros alcalinos presentes en el electrolito.

Si bien el proceso Alcoa se puede considerar teóricamente promisorio, el método parece incluir varios problemas técnicos que serán costosos de resolver en forma satisfactoria.

## CONCLUSIONES

Uno de los mayores problemas del actual proceso Hall-Heroult es su gran consumo de energía cerca del 60% de la energía total usada por la industria del aluminio es energía eléctrica para el proceso de fusión, de modo que no es de sorprender que las mayores reducciones hechas en las últimas décadas se hayan hecho en esta área antes de la 2.a Guerra, se requerían 25 kWh para producir 1 Kg. de aluminio. Hoy en día las fundiciones comunes usan menos de 16 kWh.

Pero no sólo se han logrado reducciones energé-

## INGELCO LTDA.

## PROYECTOS:

- Eléctricos
- Sanitarios
- Gas
- Estructurales
- Estudios de Mecánica de suelo

## OBRAS:

- Eléctricos/Tableros
- Sanitarios
- Gas
- Instrumentaciones
- Montajes Mecánicos

ELIODORO YAÑEZ 1687

FONO 749024

SANTIAGO

ticas en la fusión sino también en las otras etapas minero-metalúrgicas. En el simposio del AIME celebrado en New York, en febrero de 1975, se estableció que en base al nivel de 1972, el consumo energético se reducirá en un 10% en 1980; y en un total de 30% en el año 2000.

Algunos de los procesos nuevos pueden tener relevancia en el futuro, pero difícilmente estarán en condiciones de competir con el Hall-Heroult en los próximos 15 o 20 años.

Pese a las numerosas patentes propuestas y los numerosos éxitos a nivel piloto, ninguno de estos procesos han realmente desafiado en la actualidad al proceso Hall-Heroult. Aún cuando Alcoa tiene mucha confianza en su nuevo proceso, también se sabe que Alcoa hará expansiones y nuevas plantas basadas en el proceso clásico.

## INDUSTRIA PROCESADORA DE ACERO S.A.

CORTE DE BOBINAS DE ACERO  
EN FLEJES Y PLANCHAS  
A MEDIDA

ALMIRANTE RIVEROS 1876  
FONOS 591738 - 591926 - CAS. 12 D  
SAN BERNARDO

# CUEROS NACIONALES S.A.

**TALCA:** 4 SUR 1259 - FONO 34580 - CASILLA 4-D

**SANTIAGO:** CARMEN 1961 - FONO 50237

**CONCEPCION:** BULNES 43 - FONO 29970

**VALPARAISO:** VICTORIA 2922

# ASI SOMOS

Por Juan A. Valencia V.

Rocio, Juana o Bernardo son expresiones antiguas, macho, choro o capo, más modernas y revelan las características del hombre imponiéndose a toda clase de dolores físicos o sentimentales.

Las películas y la Tele lo presentan como víctima de indios, bandidos o soldados enemigos, afrontando toda clase de suplicios para arrancarle un secreto, y él los acepta con una sonrisa o a lo más, un gesto de firmeza, los labios apretados y mirada de fiera, nada más.

Esta imagen la conocemos desde niños y nos entrega un errado concepto de nuestra propia capacidad de resistencia a los dolores físicos; crecemos sintiéndonos, según el caso, el Príncipe Valiente, Superman o Batman.

Todo esto se derrumba a la primera operación quirúrgica que nos presenta el destino. Esta experiencia nos obliga a revisar y cambiar el concepto de nuestra calidad de héroes.

Una de verdad es que nosotros los hombres, cuando por ejemplo tenemos que colocarnos una simple vacuna o una inyección intravenosa (ya sé que algunos al leer esta parte, les corrió un escalofrío) se nos pone la carne de gallina. ¡Qué tendrán que ver las gallinas! Y cuando de transfusiones se trata inventamos cualquier enfermedad imaginaria para eludir el compromiso.

Sié ámido de ofender a los dentistas, siempre pensé que un hombre que se respete no debe tener amigos dentistas.

Todos sabemos los sufrimientos que nos hacen pasar en el famoso sillón. Nos sentamos con las piernas temblorosas y una sonrisa de cordero, apretamos firmemente las manos en el brazo del sillón hasta que se acalambran los dedos, al dírnos cuenta colocamos las manos en las rodillas y tratamos de relajarnos e iniciamos la conversación.

—¿Y? . Doctor Verdugo, ¿cómo le ha ido?

—Abra la boca, un poco más, así.

Y quedamos con el buzón destapado, mientras el profesional prueba cuanto herramienta o máquina se le ocurre en nuestro pobre diente. El pobre se defiende como puede empujándonos hacia abajo o arriba, según sea su ubicación.

A todo esto, al amigo dentista le vienen todas las ganas de charlar y se larga como por un tubo. Nos cuenta su vida, aspiraciones o aventuras y nos pide nuestro parecer, pero estamos con tanto agujero y con orden estricta de cerrarlo, las respuestas se transforman en guíños de ojos o sonidos guturales como, *ihommi! ihem! iahji!*

Yo sé que todos tememos al dentista y nos duele más cuando tiene una linda ayudante que revolotea como mariposa a nuestro alrededor preparándonos toda clase de instrumentos de tortura, mientras su sonriente mirada parece decir: *la ver si usted es tan hombre como se las da!*

Recuerdo una vez, en la pega, un colega se me acerca y me cuenta que tiene un dolor de cabeza que se lo llevan los diablos. Le pregunté si le dolía por dentro o por fuera, pero no le hizo gracia y me miró con ganas de aforarme. Para apaciguarlo le ofrecí dos pastillas de un remedio rebucho que tenía en el cajón. Se las tragó, agradeció y partió.

Yo olvidé el caso, pero a la semana siguiente, justo el mismo día, se acerca el amigo del dolor de cabeza pidiéndome por favor otras dos pastillas del mismo remedio anterior.

—¿Y te quitó el dolor la otra vez? —. Le pregunté.

—¡Sí! , muy bueno tu remedio, me tienes que dar la receta, pero ahora, por favor, dame otras dos pastillas.

—Así que *otra vez andas con dolor de cabeza?*

—No, *¿pero sabes?* , la otra vez me tocaba ir al dentista y te diré que no sentí el trabajo de la maquinita, *ime porté como un capo!* y, *¿bueno?* , ahora tengo que volver a la consulta y deseo continuar como capo...

La vista de la sangre nos da vuelta la vianda y cuando perdemos la porquería de apéndice o la desgraciada vesícula, queda a descubierta nuestra "reciedumbre". Para comenzar le sacamos el cuerpo a la operación hasta donde nos permite nuestra cara mitad, solamente cuando ya estamos perdidos nos arrancan el sí y nos llevan medios muertos, pero de susto, al hospital.

Allá aprovechamos de hacer un teatro caballo despidiéndonos de todos los parientes y amigos que nos vienen a ver y a desearnos éxito en la intervención. En esas

circunstancias, representamos el papel de víctimas de un destino implacable, como cristianos que van a la arena del circo. Nuestra sonrisa tiene un rictus de vanidad ante el gran honor que nos ha deparado la vida.

Cuando se van todos, nuestra soledad comprensiva trata de mantener una pequeña lámpara de esperanza ante el temor que nos invade la proximidad de la operación, que vemos llena de los más oscuros presagios ya que la memoria nos trae a la mente todos aquellos casos similares en que el enfermo sonó como arpa vieja.

La llegada del día nefasto se ve más oscurecido por un "rito" que nadie nos había indicado y es la "Preparación" para la operación. Sin que nos avisen se presenta primero una enfermera con una máquina de afeitar adquirida para la fundación del hospital; cuando a regañadientes y avergonzados hemos aceptado que usen esa antigua máquina oxidada en nuestra piel, nos dan un golpe de gracia a nuestra integridad machista, otra enfermera se presenta sonriente, *¡todevía sonriente!* portando un depósito blanco de cinco litros y una amenazadora cánula negra...

Cuando volvemos de la anestesia y nos damos cuenta que ya pasó todo, bueno, casi todo, nos vuelve algo del sentimiento de choros o capos, impresión que se va borrando rápidamente ante el cúmulo de nuevas experiencias que en vez de elevarnos a los planos de una odisea heroica, nos hunde en la realidad de contrafrente simples mortales.

En el período que transcurre en la sala de recuperación nos quejamos a grito pelado hasta que traen a otro flato que le han sacado hasta el esqueleto y como el desgraciado no se queja nos obliga a guardar un decoroso silencio, producto de la última migaja de nuestra hombría.

Al tercer día, en la mañana, aparece una enfermera con un lavatorio y elementos de aseo. Nos afeitamos como podemos, lavamos las manos y peinamos. Frente al espejo que ella sostiene, el optimismo retorna y una sonrisa invade nuestro rostro. *¡Somos encachados!* pese al inmenso corte que tenemos en la guatita. *¡Machotes!* El corazón late de alegría, el mundo es nuestro.

Pero, *¿qué raro?* La enfermera vuelve otra vez con su lavatorio. *¡Y se acerca a nuestra camal!* Seguramente olvidó algo.

—Ya señor terminemos.

—Terminar qué?

—El aseo.

Una sonrisa marchita exprimimos, un presentimiento horrible destruye nuestra vanidad.

—Pero si ya estoy limpio y hasta peinado, usted misma fue!

—Sí, pero tengo que hacerle el aseo abajo.

El terror y la vergüenza nos invade. *¡Cada hombre tiene su amor propio!*

—¿Qué se cree, yo me lavo solo!

—Lo siento señor, tengo orden de asear totalmente. *¡Por favor!*

Y comenzamos a ponernos de todos colores, mientras una mueca de justificación nos estira el rostro hacia todos los lados.

Después, en la sala recibimos las visitas de nuestros familiares con un elevado aire de haber afrontado el más grave peligro de nuestra vida, con la indiferencia de un actor de cine. Lástima que nos derrumbamos como merengues a la menor frase afectiva y terminamos llorando como si estuviéramos en la edad de la papa.

Este es más o menos el rey de la creación frente al sufrimiento físico. Todo lo demás es ficción. Por eso cuando nuestras esposas se farsatean de su resistencia para tener un chiquillo tras otro y nos dicen con mucha razón: *¡Nosotras quisieramos verlos a ustedes, teniendo hijos, gallinas!* , yo me sonrío a lo Bernabéa, pues estoy seguro que si el hombre hubiera tenido que dar a luz a los críos, habría inventado la píldora en la Prehistoria.





Sergio Prenafeta Jenkin, periodista de la Vicerrectoría de Extensión y Comunicaciones de la U.T.E.



Sr. Luciano Cabalá Pavesi.

Universidad-Sector Productivo:

## LOS CAMINOS DE COOPERACION QUE EL PAIS NECESITA

Del contacto entre "amigos" a la institucionalización del proceso.

La Ley 11.575 y su truncada mecánica de apoyo universitario.

Las mutuas desconfianzas y recelos parecen quedar atrás.

La distancia que tradicionalmente separó a universidades y sector productivo, tienden a amigararse en beneficio de una colaboración recíproca con el mayor beneficio para la formación profesional, la economía del país y el incremento de la investigación científica y tecnológica.

La celebración en mayo pasado de las "Jornadas Universidad-Sector Productivo", al aero de la Universidad de Concepción e inscritas dentro del Programa del mismo nombre del PNUD/Unesco y CINDA, significan el intento más serio habido en

Entrevista al Ing. LUCIANO CABALA PAVESI  
Gerente General de ASIMET  
Ex Decano de la Escuela de Ingeniería  
U. de Concepción.  
por Sergio Prenafeta Jenkin

Chile con el propósito de racionalizar los servicios que recíprocamente pueden ofrecer las casas de estudios a las industrias.

Veinte o tal vez treinta años antes que este diálogo tuviera lugar en la pencópolis, un inquieto ingeniero, alumno y luego académico y ejecutivo de la Escuela de Ingeniería de ese plantel, discurría fórmulas y catalizadores que hicieran viable la unidad universidad-sector productivo. Luciano Cabalá Pavesi viajó al extranjero y conoció diversas modalidades de enfrentar el problema, experiencia que aportó con empuje cuando fue llamado por el Consejo de Rectores de las Universidades Chilenas,

para asumir la coordinación técnica de sus decisiones más importantes.

El ingeniero Cabalá sabe y ha vivido la eclosión universitaria. Conoció de cerca la metamorfosis de la universidad asilada en las humanidades, a los claustros donde la investigación científica impregnó la impronta de los tiempos actuales. Hoy ocupa la Gerencia General de ASIMET, y hasta allí fue CONTACTO a dialogar en torno al tema "Relaciones Universidad-Empresa".

P.— ¿Cómo se fue formalizando la relación universidad-empresa en los últimos decenios en Chile?

R.— A partir de las postrimerías de los años cuarenta, se advirtió un interés por el tema, pero sin llegar a institucionalizar la relación y sin que el vínculo significara una retribución pecunaria maciza que permitiera alentar el auge de la ciencia básica.

Sin lugar a dudas que 1954 marca un hito importante en el incremento, ordenación y proyección de la función investigadora de la ciencia y tecnología de nuestros planteles. El Presidente Ibáñez promulgó la Ley 11.575 que creó el Fondo Nacional de Construcción e Investigación Universitaria, con el 0,5% de todos los impuestos directos e indirectos de carácter fiscal y de los derechos de aduana y de exportación. La ley dispuso que a partir del 1º de enero de 1956 y por 20 años se generara el fondo mencionado. Dicho fondo se distribuyó en diez y ocho avos, correspondiéndole 10/18 a la Universidad de Chile, 2/18 a las Universidades Católicas y de Concepción, y 1/18 para el resto, con excepción de la Universidad del Norte, aún no oficializada como tal. Las universidades debían orientar las actividades así financiadas —laboratorios, estaciones experimentales, mejora agrícola, etc.— a la colaboración con CORFO, organismos técnicos del Estado y entidades privadas.

P.— La ley permitió, indirectamente, que se echara a andar un mecanismo de vital apoyo a la investigación...:

R.— Así fue. Se creó el Consejo de Rectores, un Comité Asesor Científico y Tecnológico, los Consejos de Decanos por áreas, un taller de publicaciones de apoyo bibliográfico, y el Centro Nacional de Información y Documentación, CENID, ahora dentro de la estructura de CONICYT. Con esta ley se tendió un puente sólido y objetivo y de grandes beneficios para el país, entre las universidades y las actividades productivas. Allí estaban dadas las mejores condiciones para establecer relaciones entre ambas partes.

P.— Usted habla en condicional. ¿Qué sucedió realmente con todos esos buenos propósitos?

R.— El Comité Asesor tenía en su seno a entidades de gran representación en la economía del país, como CORFO, Sociedad Nacional de

Minería, Cámara Chilena de la Construcción, SNA, SFF, ICARE y otros. Ocurrió que a pesar de los buenos propósitos, la finalidad de la Ley 11.575 no se ejercía por la autonomía que cada universidad quería conservar con celo en todo su quehacer. Por otra parte, la actividad del Consejo de Rectores empezó a disminuir en cuanto a producción de investigaciones, cuando uno de los planteles, luego de 10 años de vigencia de la ley, pidió autorización al Ministerio de Educación para pasar parte de la cuota que le correspondía del Fondo a su presupuesto ordinario, disminuyendo naturalmente su capacidad de investigación. Esa casa de estudios dio dicho paso acosada por la falta de suplemento ministerial a su presupuesto. La idea no tardó en ser imitada por otras universidades con los resultados de esperar.

## EL DIALOGO DIRECTO

P.— La vía dialogal directa, ¿se intentó entre ambas partes?

R.— Se buscaron caminos nuevos a través de jornadas universidad-empresa en el ámbito agrícola, fabril, minero, construcción, comercial y metalmúrgico, y sobre esto hay una experiencia dilatada que produjo algunos resultados, no todos los que era deseable esperar. Hubo que comenzar por



- Válvulas de fierro fundido gris para usos industriales, gas, agua, vapor, etc.
- Diámetros desde 50 mm hasta 1200 mm. para bajas y altas presiones.
- Piezas especiales de conexión para redes.
- Fundición mecanizada de fierro.
- Fierro fundido gris de alta resistencia según normas ASTM 126 clases 8 y otras aleaciones para diferentes usos.

## TALLERES METALURGICOS CHILE S.A.

Alvarez de Toledo 764 – Fono 511403  
SAN MIGUEL – SANTIAGO

definir las intenciones y los intereses de los recursos humanos en uno y en otro sector, a base de encuestas. Esto permitió tener un panorama más o menos claro sobre la participación de la empresa en la universidad, por un lado, y lo que la universidad busca o desea encontrar de parte de la empresa.

P.— ¿Con qué propósitos la empresa debería tener participación en la investigación universitaria?

R.— Creo que es importante subrayar el sentido de su pregunta, porque no siempre está claro el interés bipolar de universidad y de empresa. Digamos, entonces, que la empresa debería tener participación en la vida universitaria, para la creación de una nueva especialidad, ya que no basta que hayan buenos académicos y suficientes alumnos, si no existe una fuente segura de absorción de los futuros profesionales. Segundo, en la revisión de los programas y planes de estudios, a través de las sugerencias de los profesionales que en la empresa están en contacto directo con nuevos equipos, procesos, etc. Tercero, en facilitar ejecutivos para dictar cátedras de los cursos superiores regulares y/o electivos, asesoría práctica de gran importancia para el académico que, por sus tareas, permanece más cerca de la teoría que de la práctica. Cuarto y como consecuencia de lo anterior, en facilitar ejecutivos para la dictación de seminarios y charlas de su especialidad. Quinto, en dar facilidades para que los alumnos realicen prácticas programadas en sus establecimientos, tema viejo pero siempre nuevo para algunas facultades universitarias y para sus futuros egresados. Sexto y del mismo modo, en dar facilidades para que los profesores e investigadores realicen prácticas programadas en sus establecimientos. Séptimo, en dar a conocer a las universidades sus necesidades de investigación y asesoría, punto de gran importancia y en el que se avanza lentamente. Finalmente, en ofrecer sus laboratorios de investigación para que investigadores universitarios puedan hacer uso de ellos en beneficio de la empresa y/o la universidad.

P.— Es listado es grande. Revisemos ahora la otra cara del problema: ¿Por qué la Universidad debe buscar una relación con el sector productivo?

R.— Hay otras razones y tal vez la más antigua y permanente sea la de encontrar una fuente que le permita a las casas de estudio asegurar un autofinanciamiento a sus actividades, a través de la prestación de servicios.

Pero entiendo que el sentido de su consulta es otra. Hasta ahora se ha entendido que el interés de la universidad en la industria se hace en torno a la investigación tecnológica, quedando en un segundo plano la asesoría de estudios de problemas específicos. Creo que la universidad tiene también otras posibilidades,

como ser cursos de actualización de conocimientos, seminarios, mesas redondas, etc., o bien poner directamente uno de sus especialistas o un equipo, al servicio de una empresa para resolver un problema concreto. Ahora en cuanto a las investigaciones, además de las que necesita directamente la empresa, debería la universidad coordinar su acción con las instituciones que están haciendo indagaciones en materias tan importantes como, por ejemplo, agroindustrias, salitre y subproductos, cobre y sus aleaciones, recursos hidrológicos y su uso racional, hierro y acero, petróleo y derivados, maderas, productos del mar, materiales de construcción naturales, elaborados y artificiales, etc.

#### UNA RELACION INSTITUCIONAL

P.— Durante mucho tiempo los proyectos de la industria llegaron hasta la universidad porque el solicitante había estudiado o hecho su memoria en tal o cuál departamento, es decir, más por afinidad amistosa que otra cosa. ¿Cuál debe ser el mecanismo para institucionalizar este contacto?

R.— Lo cierto es que esa forma de trato entre amigos ha primado hasta hoy, pero la experiencia indica que este tipo de cosas hay que institucionalizarlas de manera que sea la universidad, y no un instituto, departamento, laboratorio o profesores de ellos, los que se comprometan a llevar a cabo los trabajos con dedicación y entusiasmo. Advierto que en el último tiempo algunas casas de estudios han comprendido la necesidad de seguir este cauce, y han creado direcciones especializadas para tratar de igual a igual con la industria.

P.— El problema de fondo es saber cómo se informa la universidad de las necesidades del sector productivo, y cómo la industria toma conocimiento de la calidad y cuantía de la oferta de servicios de la universidad. ¿Cómo se realiza esta oferta y demanda mutuas?

R.— Aún no hay un mecanismo flexible y con periodicidad informativa que asegure este flujo y reflujo de informaciones. Una de las formas de ponerlo en marcha es a través de encuestas que

## TOMAS CHICHARRO

Irrazaval 075 — Fono 221945 — Santiago

### ILLO MAXIMO EN PINTURAS!

- CASAS
- INDUSTRIAS
- AUTOMOVILES
- MAQUINARIA
- PISCINAS
- TRAFICO
- GENEROS
- CONSTRUCCION
- INGENIERIA
- METALICAS

COLORES ESPECIALES PAPEL DECOMURAL

PINTURAS MARINAS

denuncien tanto la realidad del mercado de proyectos como de la oferta de posibles investigaciones.

P.— El reciente encuentro de Concepción abogó por algo similar, de modo que es probable que pronto se ponga en funciones un canal informativo de este tipo...

R.— Las encuestas son una cosa que las pide la lógica, pero que al ser utilizadas como único recurso pueden resultar instrumentos fríos y despersonalizados. Por eso que debe dársele la importancia que se merecen a los encuentros de personeros universitarios y empresariales, cuya cita podrá hacerse a resultados de la encuesta misma. Pero aquí nos asalta una duda: ¿quién organiza tal encuentro? Para eso creo que la experiencia foránea debe servirnos, o por lo menos aconsejarnos. En muchos países se han puesto en marcha organismos coordinadores, llaméntense fundaciones, fondos o corporaciones, creadas a instancias de ambas y con el aval del Gobierno.

P.— ¿Cuáles son las tareas que usted les atribuye a organismos de este tipo?

R.— El organismo o como se le llame, debe actuar de manera que cree las condiciones que permitan establecer en forma permanente la relación que nos preocupa, donde además puedan tener lugar otros servicios indispensables, como son los de promoción, información y coordinación de las acciones universidad-empresa. Yo no estoy proponiendo un rebaño de elefantes blancos que incrementen la burocracia, sino un ágil servicio de apoyo tanto a uno u otro sector en pro de una relación con alta productividad, que haga posible que el empresario incorpore a los productos que produce, un importante valor agregado, por su propia participación, inteligencia, originalidad y permanente renovación.

P.— Usted ha actuado dilatadamente en la formación superior como académico y ejecutivo; ha ejercido la consultoría de organismos internacionales y la gerencia de la industria metalúrgica nacional. ¿Cuál es su impresión de nuestro recurso humano?

R.— Tengo derecho a ser fundamentalmente optimista porque el país cuenta con un elemento humano sobresaliente, capaz de operar o dar vida a industrias sólidas y progresistas, con productos atractivos y competitivos en los mercados internos y externos. Pero para lograrlo a cabalidad, el empresario necesita del aporte de las ciencias y las tecnologías que se generan en las universidades o en institutos especializados. Con tal integración y con su empleo racional, el empresario chileno abordará con éxito y optimismo el desarrollo que el país está llamado a alcanzar.

**INDUSTRIAS METALURGICAS****ACERIA Y LAMINACION**

**ANGULO:** Calidad Comercial y A37-24 ES 20 x 1 mm hasta 65 x 10 mm.

**PLATINAS:** Calidad Comercial y A37-24 ES 20 x 3 mm hasta 75 x 12 mm.

**BARRAS CUADRADAS:** Calidad Comercial y a pedido 10, 12, 16, 20, 25 mm.

**ACERO RESORTES:** Calidad SAE S160.

**FIERRO FUNDIDO LISO:** Calidad SAE 1010, 1020, 1030, 1045. Rollos 10 y 12 mm. Barras 12, 16, 18, 20, 22, 26, 30, 32, 38 mm.

Carretera Panamericana Norte 2800  
Fonos: 378044 y 773944 — SANTIAGO

**H. BRIONES Y CIA. INGENIERIA Y CONSTRUCCION LTDA.**

MAS DE 30 AÑOS AL SERVICIO DE LA INDUSTRIA

\* ESTUDIOS DE FACTIBILIDAD \* INGENIERIA \* CONSTRUCCION \* MONTAJE



**Bernd Schulz Eglin**  
Ingeniero Civil Metalurgista  
Dr. (Ph.D.) en Metalurgia y  
Ciencia de Materiales  
Prof. Jornada Completa  
Departamento de Metalurgia

## METALURGIA FISICA DE LOS ACEROS ESTRUCTURALES DE ALTA RESISTENCIA Y BAJA ALEACION

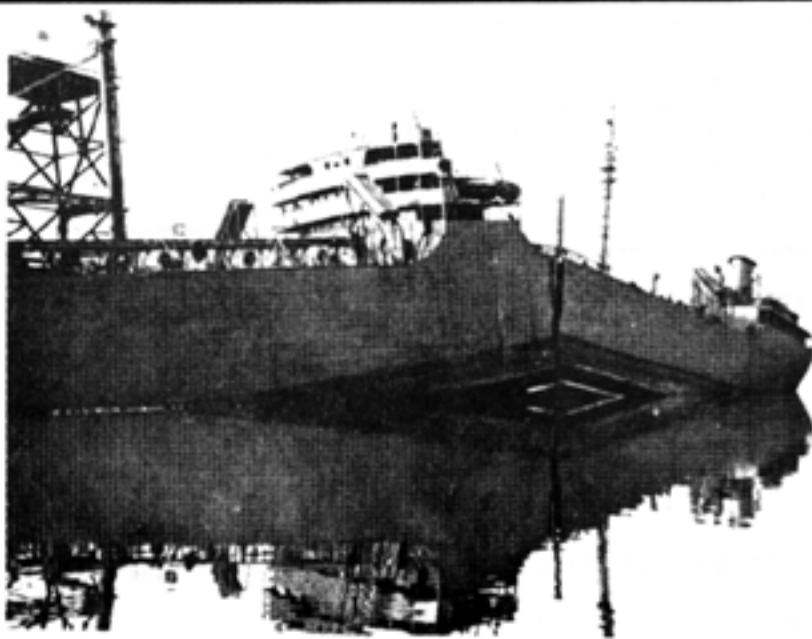
El interés por un artículo de esta naturaleza nació a raíz de una charla que tuvo oportunidad de dictar su autor durante el verano pasado en la Planta Siderúrgica Huachipato de CAP.

Hoy en día se define como acero de alta resistencia al acero que posee un esfuerzo de fluencia de por lo menos 30 Kg/mm<sup>2</sup>. Esto significa en Chile, aceros fabricados según norma INN A52-34ES y A63-42H. El primero es estructural de soldabilidad garantizada y por consiguiente con rango de composición restringida. Esencialmente son aceros de estructura ferrítico-perlítica que contienen carbono y manganeso además de muy pequeñas adiciones (algunas décimas o centésimas de %) ya sea de aluminio, vanadio, y/o niobio (columbio) para afinamiento de grano y/o endurecimiento por precipitación.

Hace aproximadamente 20 años atrás había

muy poco desarrollo en el campo de los aceros estructurales. El acero "dulce"; que corresponde al fabricado en mayor cantidad, se consideraba poseedor de una estructura metalúrgica más o menos simple, y como tal, capaz de muy poco mejoramiento. La desaparición repentina de los barcos "Liberty" de casco totalmente soldado durante la parte final de la segunda guerra mundial, y el hecho de que se quebraron en dos en el muelle (Fig. 1), alteró la total concepción de los requisitos exigidos a los aceros. El comportamiento a la fractura por impacto llegó a ser trascendental, como también la soldabilidad.

Fig. 1 Fotografía de un buque estanque "Liberty" que falló en el muelle (1).



La historia del desarrollo de los HSLA es interesante y pone en evidencia los cambios en los criterios con que son desarrollados los aceros. Originalmente se diseñaba basándose en la resistencia máxima de tracción, sin considerar el esfuerzo de fluencia, energía de impacto o la soldabilidad. Los aceros contenían relativamente alto carbono, como se puede apreciar en la tabla 1.

TABLA 1  
COMPOSICIÓN

AÑO	%C	%Si	%Mn
1907	0,27	1,2	0,72
1932	0,30	0,15	1,2
1934	0,27	0,25	1,5

Estos aceros eran baratos, ya que el carbono es el elemento de aleación más barato; se usaban en la condición de laminado con poco o ningún control sobre la temperatura de laminado. La figura 2 muestra el efecto del carbono sobre las propiedades mecánicas en aceros al carbono con menos de 1% Mn en planchas laminadas en caliente con espesores de 1/2 a 3/4 pulgadas.

La necesidad de usar planchas soldadas en vez de remachadas como un medio de unión requirió un contenido de carbono más bajo. La resistencia se mantenía aumentando el contenido de manganeso. La soldabilidad se garantizó con la relación empírica del carbono equivalente:

que no es otra cosa que el efecto de estos elementos sobre la disminución de la temperatura de comienzo de la martensita ( $M_s$ ) y que refleja la ventaja de reemplazar carbono por manganeso para mantener la resistencia con buena soldabilidad, si se considera que la resistencia está dada por las siguientes expresiones:

Resistencia a la tracción:

$$RT(\text{psi}) = 42.800 + 4.000 (\% \text{Mn}) + 12.000 (\% \text{Si}) + \\ + 567 (\% \text{Perlite}) + 224 (d^{-1/2})$$

Esfuerzo de fluencia:

$$Y(\text{psi}) = 15.000 + 4.730 (\% \text{Mn}) + 12.200 (\% \text{Si}) + \\ + 550 (d^{-1/2})$$

en que  $d$  es el tamaño de grano ferrítico medido en pulgadas. Estas relaciones están ilustradas en las Figs. 3 y 4.

La falla por fractura frágil de estructuras soldadas llevó al reconocimiento que la fracto-tenacidad o resistencia al impacto era esencial, y así la necesidad de una temperatura de transición de impacto baja se hizo obligatoria. También se hizo evidente que un mayor esfuerzo de fluencia era más importante que una gran resistencia a la tracción. Así el contenido de carbono fue bajado aún más, manteniéndose alto el manganeso. Las ventajas de razones altas de Mn/C sobre la tenacidad al impacto (Figs. 5, 6 y 7) y el efecto del tamaño del grano fueron establecidas al fin (Fig. 8).

$$\text{CE} = C + \frac{\text{Mn}}{6} + \frac{\text{Si}}{24} + \frac{\text{Ni} + \text{Cu}}{15} + \frac{\text{Cr} + \text{Mo}}{10} \leq 0.4 \text{ a } 0.45$$

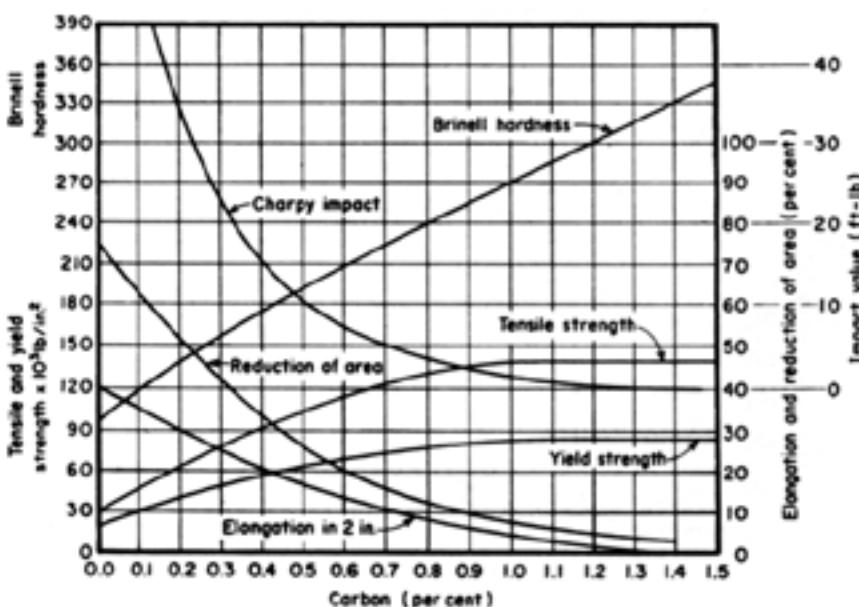


Fig. 2 Efecto del contenido de Carbono sobre las propiedades del acero laminado en caliente (2).

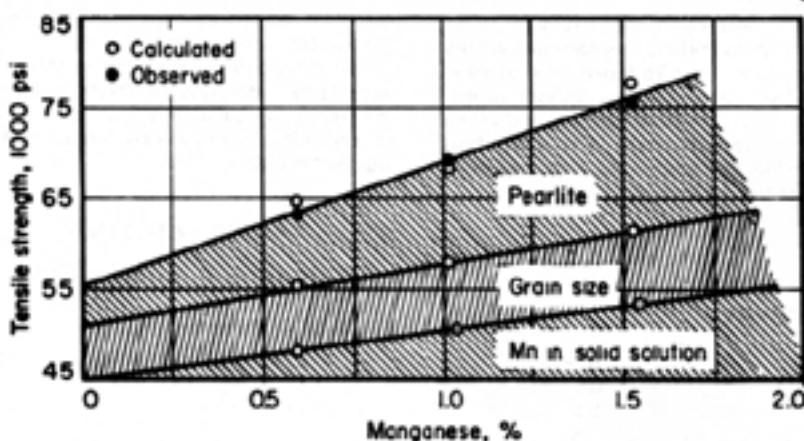


Fig. 3 Efecto del Mn sobre la resistencia (6).

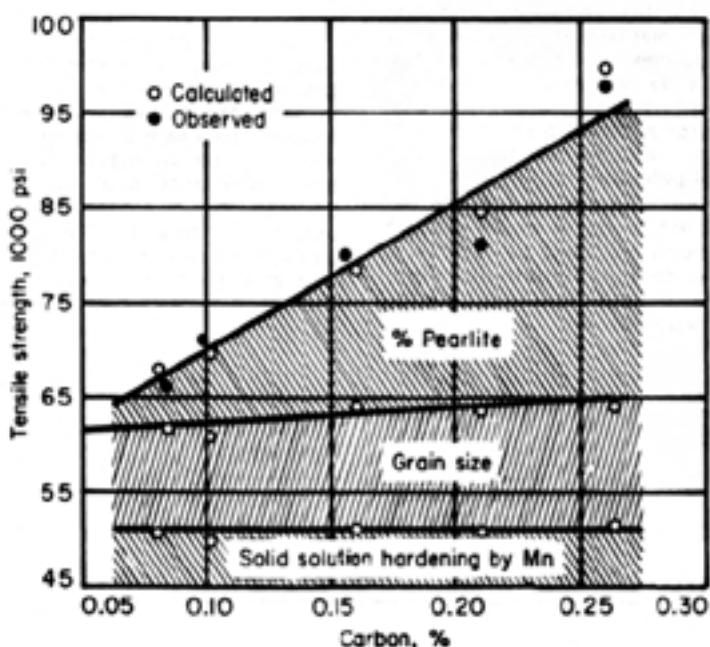


Fig. 4 Efecto del C sobre la resistencia (6).

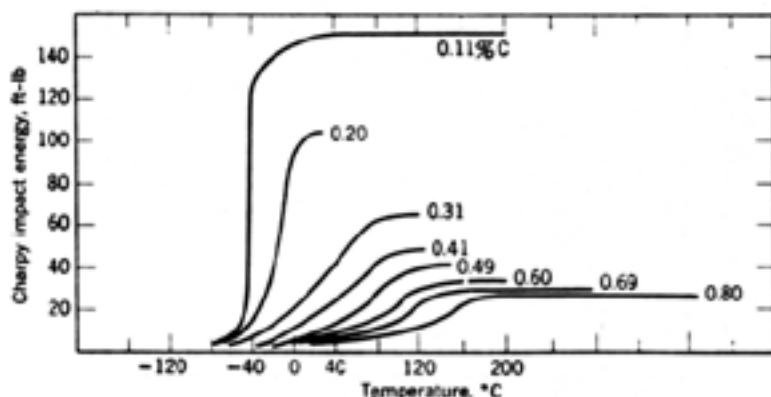


Fig. 5 Efecto del contenido de carbono sobre las curvas de energía de impacto (1).



PRODUCTOS MASISA LA NOBLEZA DE LA MADERA Y LA MÁS ALTA TECNICA DE LA INDUSTRIA AL SERVICIO DE LA MUEBLERIA Y LA CONSTRUCCION

GERENCIA DE VENTAS:  
Santiago - Ejecutivo 1256 - Fono 988111 - Casilla 983

GERENCIA GENERAL:  
Viña del Mar - Choncholi - Fono 4461 - Casilla 40-A

PLANTAS:  
Viña del Mar - Choncholi  
Manuel Rodríguez 1040 - Fono 81128 - Casilla 1957 Concepción.



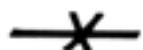
MADERAS Y SINTETICOS S.A.

# BARRACA PANAMERICANA

CLAUDIO VILLALTA PLANAS



CARROCERIAS PARA CAMIONES  
COLOSOS Y CAMIONETAS  
CASAS PREFABRICADAS  
GALPONES INDUSTRIALES  
MADERAS EN BRUTO Y ELABORADAS



CAMINO LONGITUDINAL NORTE S/N  
FONO 34638 - CASILLA 215

TALCA

**GLEISNER**

FERRETERIA INDUSTRIAL S.A.

FUNDADA EN 1856

SANTIAGO - TALCA - CAUQUENES  
CHILLAN - LOS ANGELES  
CONCEPCION

## FERRETEROS IMPORTADORES

Al servicio de la industria, Minería, Construcción, Agricultura, con la experiencia de sus 121 años de existencia.

- Artículos de Seguridad Industrial:  
Protector, "BATA" - "WILSON" - Guantes, Trajes de agua.
- Bombas de todo tipo Importadas y Nacionales:  
"SIH", "HALBERG", "YACUZZI", "CIC", "LEADER", "VOGT".  
Para agua, ácido, vacío, etc.
- Motores Eléctricos "CIC".
- Motores Bencina "BRIGGS" y "STRATTON".
- Motores Diesel.
- Herramientas Eléctricas: "BOSCH", "BLACK" y "DECKER".
- SERVICIO DE INSTALACION, MANTENCION Y REPUESTOS.
- DEPARTAMENTO ESPECIAL CON ASESORIA TECNICA:  
Rodamientos "SKF", Rehenes "STEFAN".  
Surtidio completo en pernos "AMERICAN SCREW".  
Pinturas "CERESITA".  
"SIKA", "FERROBET".  
Tratamientos de aguas "AGUASIN", químico analista.

### DISTRIBUIDORES:

"GOD-YEAR", "LOCTITE", "MOLIKOTE", "CHESTERTON", "GEDORE", "SARCO", "FACTOMET", "STIHL", "BALFOUR", "STARRET", "CRESCENT", "HILTI", "HIDROSISTEMAS D-TROL" (FITTINGS PLASTICOS DE POLIPROPILENO), "PLASTICOS WARD", "AZULEJOS BRASILEÑOS KLABIN".

122 AÑOS AL SERVICIO

DEL PAÍS

Servicio de Encargos

Estacionamiento para clientes

BARRIOS ARANA 402 · CAS. 45-C

FONO 22335 - TELEX 60029

CONCEPCION

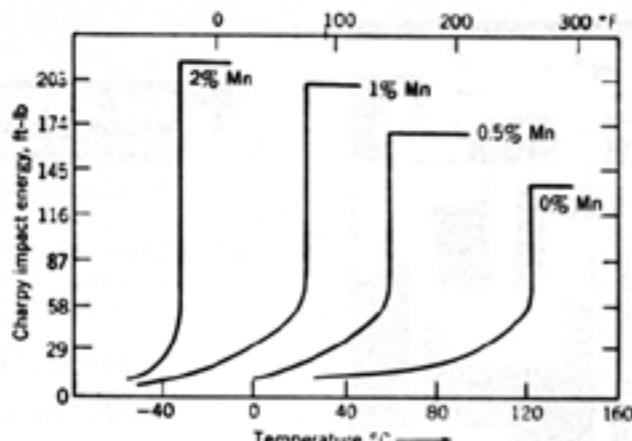


Fig. 6 Efecto del contenido de manganeso sobre las curvas de energía de impacto (1).

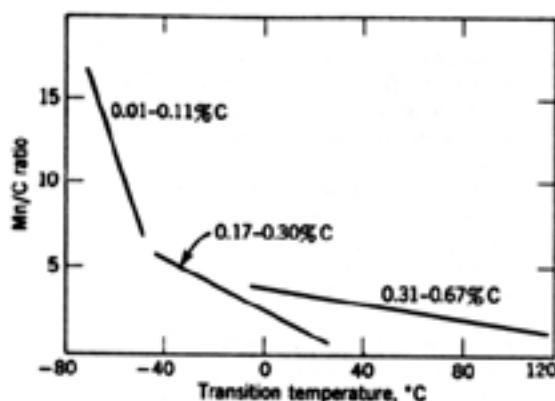


Fig. 7 Efecto de la razón Mn/C sobre la temperatura de transición dúctil-frágil (1).

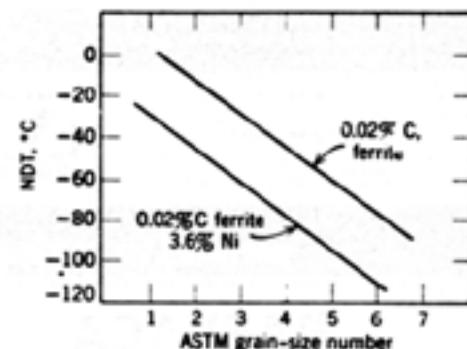


Fig. 8 Efecto del tamaño de grano sobre la temperatura de transición dúctil-frágil para acero sin y con níquel (1).

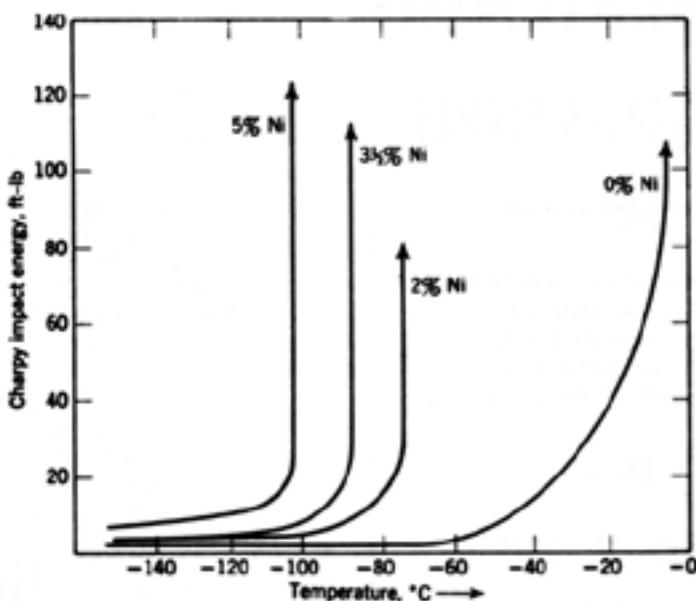


Fig. 9 Efecto del contenido de níquel sobre las curvas de energía de impacto (1).

El único otro cambio composicional que resulta en aumento de la tenacidad del acero es la adición de níquel, que no es usado extensamente por el costo que involucra (Figs. 8 y 9).

El siguiente paso, entonces, fue producir aceros con grano ferrítico fino. Cabe destacar aquí que el afinamiento de grano es la única variable metalúrgica que junto con aumentar el esfuerzo de fluencia también aumenta la tenacidad (Fig. 10) y sin disminuir la soldabilidad. La Fig. 11 muestra el efecto del tamaño de grano sobre el esfuerzo de fluencia, que sigue la conocida ecuación de Hall-Petch:

$$Y = Y_0 + K_y d^{-1/2} \quad \text{en que el } K_y \text{ Kgmm}^{-3/2}$$

aceptado hoy en día está comprendido entre 1.43 y 2.35  $\text{Kgmm}^{-3/2}$  cuando el diámetro del grano ferrítico se mide en mm.

Fig. 10 Efecto del afinamiento de grano sobre la tenacidad y resistencia (9).

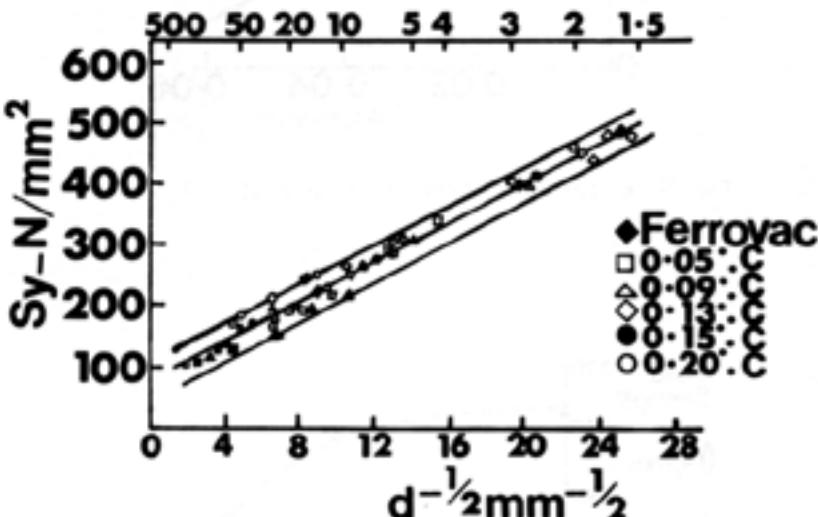
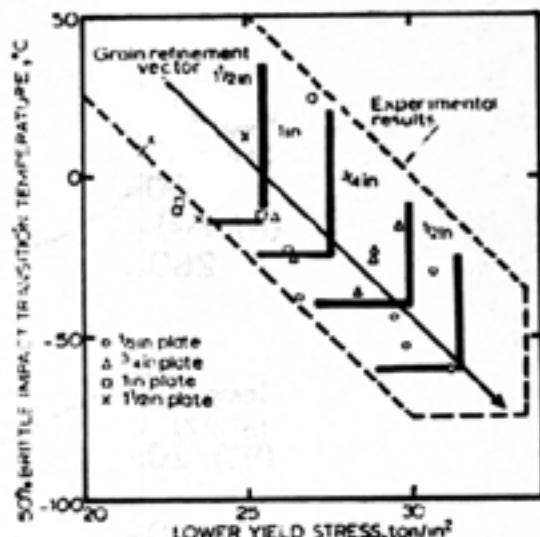


Fig. 11 Tamaño de grano ferrítico versus esfuerzo de fluencia (3).

El primer modo de afinar el grano en los aceros fue con adiciones de aluminio. La precipitación de AlN interfiere con el crecimiento austenítico que entonces a su vez se transforma en ferrita con un tamaño de grano menor. Este efecto es aprovechado al máximo en aceros normalizados, pues el AlN precipita finamente en el rango 600-800°C, retardando así efectivamente el crecimiento de grano austenítico durante el normalizado. El resultado fue un aumento en el esfuerzo de fluencia y una baja en la temperatura de transición de impacto por debajo de 0°C (Fig. 12). Uno de los inconvenientes con esta práctica es que requiere un acero totalmente desoxidado o calmado antes de proceder a la adición del aluminio, pero la mayor desventaja con este acero está asociada a la imposibilidad de producirlo con grano fino en calidad de planchas de soldabilidad garantizada, o

sea, bajo C y Mn, ya que el bajo C y Mn, aumentan la temperatura  $A_3$ , de transformación austenita-ferrita, obligando a normalizar a más alta temperatura con el consiguiente engrosamiento y disolución del AlN y pérdida de su efecto afinador de grano.

Un aún mayor aumento en el esfuerzo de fluencia se logró por endurecimiento por precipitación, manteniendo bajo el carbono y el manganeso, usando adiciones de niobio, vanadio y titanio. La adición principal es el niobio ya que permite un aumento de resistencia en la condición de laminado, lo que tiene ventajas económicas, pero la tenacidad de impacto no fue buena debido a que el tamaño de grano en la condición de laminado fue grueso. Esto condujo a usar una temperatura final de laminado baja, que produce un tamaño de grano fino (Fig. 13) y mantiene algún grado de endurecimiento por precipitación.

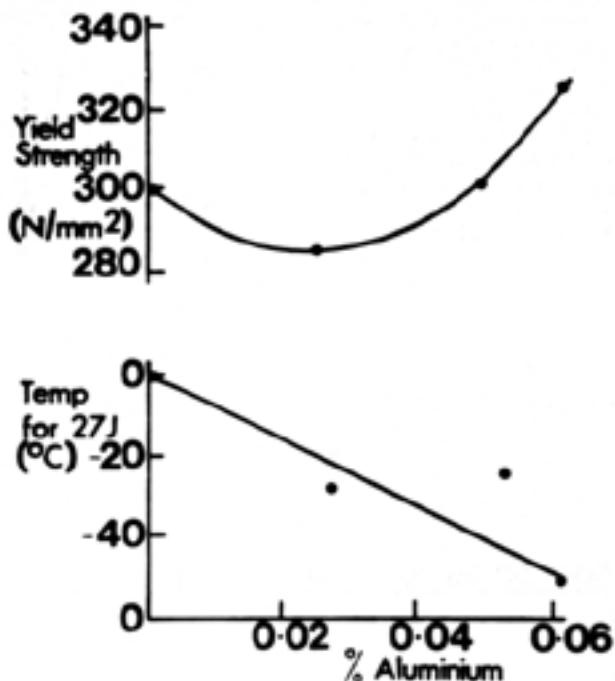


Fig. 12 Efecto del contenido de aluminio (3).

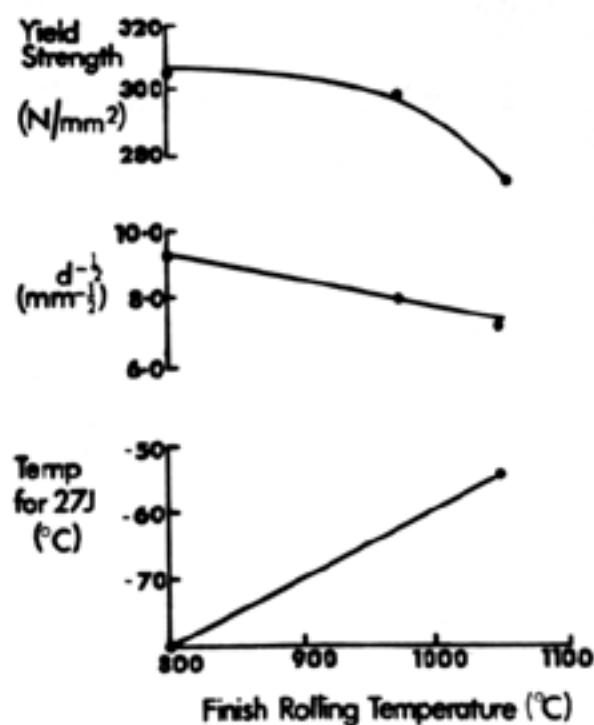


Fig. 13 Influencia de la temperatura final de laminado (3).

El esfuerzo de fluencia alcanzado aumentó hasta 45.7-53.3 Kg/mm<sup>2</sup> con una temperatura de transición dúctil-frágil de impacto tan baja como -80°C. Estos aceros de alta resistencia y baja aleación, grano afinado, endurecidos por precipitación y laminados, controladamente, al ser obtenidos por niobio tienen la ventaja económica que se producen en la calidad de aceros semi-calmados, lo que significa un mayor rendimiento del lingote.

La Fig. 14 es un cuadro esquemático que resume el efecto de las distintas variables sobre la resistencia y la tenacidad, se puede observar que el modo más económico y efectivo de aumentar la resistencia y la tenacidad simultáneamente en aceros de estructura ferrítico perlítica es por adición de Mn y afinamiento de grano.

No debe pensarse que este desarrollo fue casual o al azar. De hecho, es un logro sólidamente basado en bastante investigación metalúrgica sistemática, y como tal, puede ser considerada como un buen ejemplo de como los desarrollos están basados, y en verdad muchas veces no llegan hasta que se disponga de un conocimiento básico de las relaciones estructura-propiedades y sus transformaciones.

## MICROALEACION

La formación de precipitados en la estructura de los aceros permite aumentar marcadamente la resistencia pero con una pérdida en la tenacidad. Sin embargo, trabajos más recientes han podido combinar el endurecimiento por precipitación con afinamiento de grano, usando adiciones de Nb, V o Ti. La efectividad de estos elementos depende de su solubilidad en la austenita, lo que controla cuánto puede ser disuelto y así estar disponible para la precipitación posterior.

La solubilidad ha sido determinada para los casos de interés. El niobio forma carbonitruros:

$$\log [Nb] [C] + \frac{12N}{14} = -\frac{6770}{T} + 2.26$$

y para el caso del vanadio:

$$\log [V] [N] = -\frac{8330}{T} + 3.46$$

ya que el carburo de vanadio  $V_4C_3$  está totalmente disuelto a los 900°C en el caso del titanio ocurre que el nitrógeno TiN es insoluble hasta 1.350°C, luego

$$\log [Ti] [C] = -\frac{7000}{T} + 2.75$$

con las cantidades usadas 0.03% Nb o 0.01% V siempre hay invariablemente algunas partículas sin disolver a temperaturas convencionales de normalizado (900 a 950°C) que permiten mantener un grano austenítico fino y así, después de la transformación a ferrita obtener un grano ferrítico fino. Estas mismas partículas no son las que producen endurecimiento por ser demasiado pocas y gruesas. Durante el enfriamiento precipita  $V_4C_3$  o Nb(CN) en la interfase ferrita-austenita durante la transformación, que forma líneas de finos precipi-

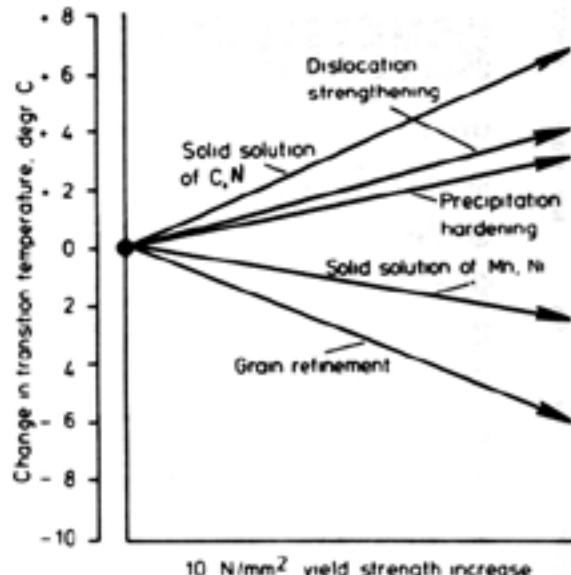


Fig. 14 Diferentes mecanismos de endurecimiento y su efecto sobre la temperatura de transición (4).

tados responsables del endurecimiento (Fig. 15). Debido a la mayor solubilidad del  $V_4C_3$  comparado con el NbC, los aceros al vanadio se endurecen por precipitación incluso después del normalizado convencional, mientras que en el acero al niobio sólo se logra afinamiento de grano pues la solubilidad del NbC a 950°C es demasiado pequeña.

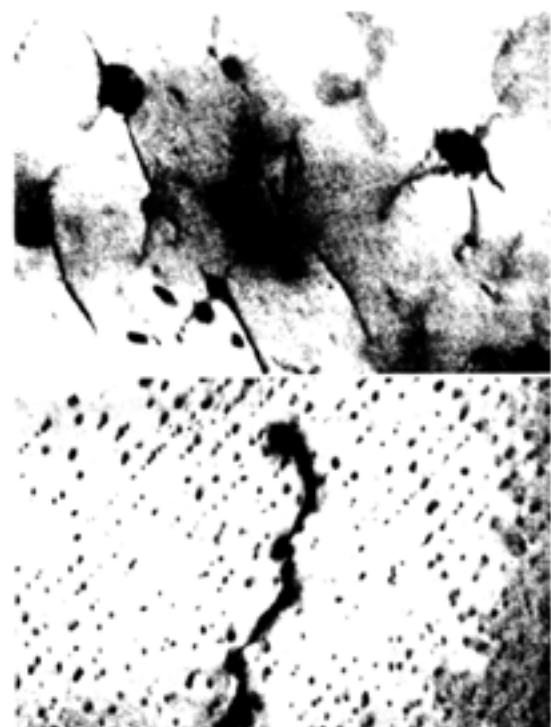


Fig. 15 Precipitados de niobio, note que aparecen finamente después de recocido a 1.250°C, mientras que a 950°C están engrosados (10).

# REVESTIMIENTOS DE GOMA SKEGA

para:

- MOLINOS
- MALLAS DE HARNEROS
- CHUTES
- TOLVAS DE CAMION
- BOMBAS
- CELDAS DE FLOTACION
- PARTES MOLDEADAS
- CAÑERIAS

fabricados en:

**SKEGA  
CHILENA  
S.A.**

Fono 355  
CONCON  
Casilla 277  
VIÑA DEL MAR

**REMA LTDA.**

INGENIERIA  
ASESORIA TECNICA  
VENTAS  
Ramón Carnicer 7  
Fonos 226247  
227514  
SANTIAGO



## SUPERMERCADO LISTO

15 AÑOS AL SERVICIO DE LA XII REGION  
CON SUS DOS LOCALES DE VENTAS

1º PISO: SUPERMERCADO  
2º PISO: SUPERTIENDA

21 de Mayo 1133 – Fonos: 22721 – 22621  
PUNTA ARENAS

INDUSTRIA MADERERA  
MONTE ALTO  
RIO RUBENS

EL ASERRADERO MECANIZADO  
MAS AUSTRAL DEL MUNDO

Bories 462 – Fonos: 21607 – 23674  
Casilla 9 – PUNTA ARENAS

## SERVICIOS Y LEASING SUD AMERICANOS LTDA. CPA.

OFRECE SUS SERVICIOS  
DE LEASING EN EQUIPOS  
Y VEHICULOS APOYADOS  
EN LA EXPERIENCIA  
INTERNACIONAL Y NACIONAL  
AL ENCONTRARSE  
A LA FECHA  
OPERANDO EN CHILE  
MAS DE 600 UNIDADES

Costanera 1436 – Fonos: 24023/24706  
Casilla 111 D – PUNTA ARENAS  
Providencia 1072 – Of. 703 – Fono 253812  
Casilla 9223 – SANTIAGO

Los aceros al Nb pueden endurecerse por precipitación si se usan las temperaturas de austenitización más altas (Fig. 16), temperaturas a las cuales se logra disolver más NbC, pero con esto también se disuelven o engruesan los precipitados que permiten mantener el pequeño tamaño de grano, así aunque se logra un aumento de la resistencia, esto perjudica la tenacidad. Los aceros al niobio, entonces, logran endurecimiento por precipitación en la condición de laminado y se verá como la laminación controlada se utiliza para mantener un tamaño de grano ferrítico fino para lograr la tenacidad requerida (Fig. 17b)

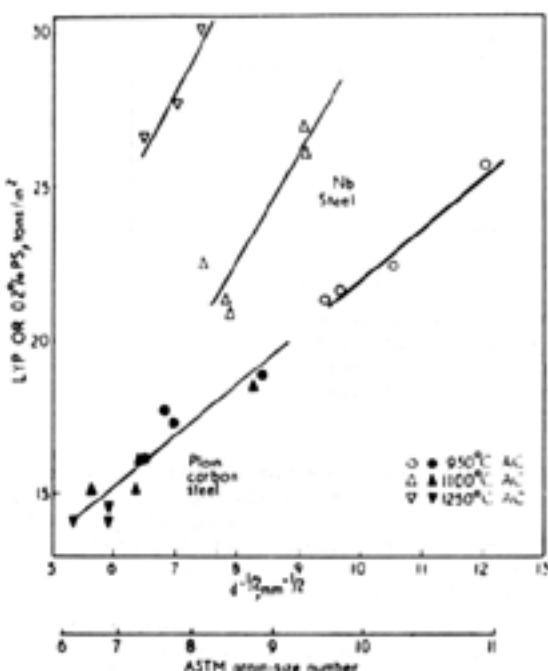


Fig. 16 Efecto de la temperatura de austenitización sobre el endurecimiento por precipitación (8).

La velocidad de enfriamiento también afecta la intensidad del endurecimiento por precipitación. Con velocidades de enfriamiento rápidas, pero aún manteniendo la estructura ferrítico-perlítica, puede evitarse la precipitación (curva 5 y 4, en Fig. 18). Velocidades intermedias producen el máximo de endurecimiento, ya que enfriamientos más lentos llegan a producir sobreenviejamiento, junto a un tamaño de grano más grueso producto de la más alta temperatura de transformación, obteniéndose así menos resistencia y menor tenacidad. Si la precipitación ha sido evitada por enfriamiento rápido, puede posteriormente ser inducida al revenir a 650°C, lo que aumenta la resistencia pero disminuye la tenacidad. Para un acero con aprox. 0,03% Nb, el máximo aumento de resistencia debido a la precipitación de Nb (CN) es 12 Kg/mm<sup>2</sup>.

En la Fig. 17 se ilustra el efecto de las distintas microaleaciones sobre la temperatura de transición. Para cada elemento se muestran tres casos,

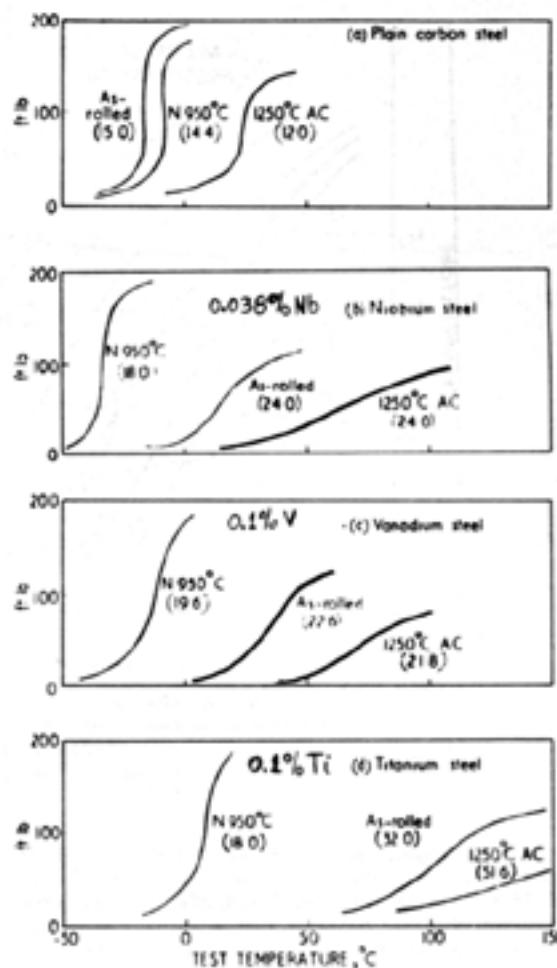


Fig. 17 Curvas de energía de impacto (tenacidad), tres condiciones (ver texto) y distintos microaleantes (10).

normalizado a 950°C, a 1.250°C, y condición de laminado después de calentado a 1.250°C y con una temperatura de término de laminación a 850°C. Se puede apreciar que la mejor combinación de resistencia (el esfuerzo de fluencia se indica entre paréntesis) y temperatura de transición se logra en la condición de laminado controlado, pues por ejemplo el Nb aumenta la resistencia por precipitación (12 a 24 tsi) y el control del tamaño de grano se logra por la más baja temperatura de término de laminación. El efecto más marcado de endurecimiento por precipitación se logra con Ti y por ello también la temperatura de transición es la más alta, mientras que el Nb y V son similares y con efectos menos marcados, obteniéndose temperaturas de transición razonables. Una ventaja del niobio sobre el vanadio es que requiere una cantidad de adición menos de la mitad. Los efectos descritos son apreciados en aceros de relativamente bajo carbono, aprox. 0,15% C, no por eso no se ha intentado adiciones de estos elementos a aceros de mayor contenido de carbono, por ejemplo, 0,5% C. Los resultados se muestran en la Fig. 18, en la cual se observa que el único elemento que produce un endurecimiento, es el vanadio. Esto se explica por la solubilidad

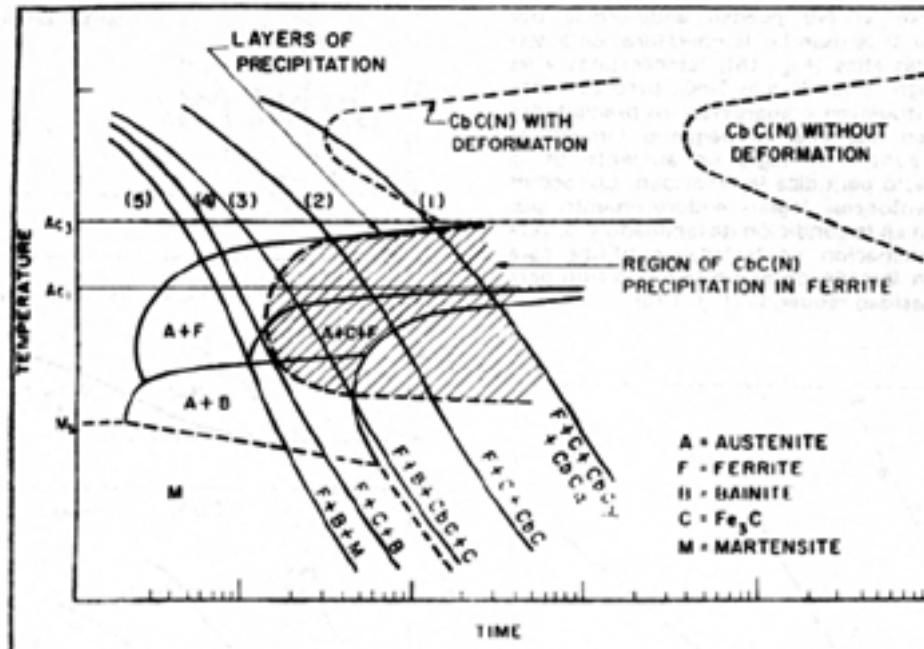


Fig. 18 Diagrama esquemático de enfriamiento continuo que ilustra el efecto de distintas velocidades de enfriamiento sobre la precipitación de carbonitruros de niobio (11).

muy restringida que tiene por ejemplo el Nb en presencia de mayor carbono, a 1.250°C con 0,45% C apenas disuelve 0,01% Nb mientras que el vanadio disuelve bastante más, aunque el endurecimiento logrado es menor que en el caso de aceros de más bajo carbono.

#### LAMINACION CONTROLADA

Es posible obtener un tamaño de grano más fino en la condición de laminado que con el normalizado convencional. Este tamaño de grano disminuye a medida que se baja la temperatura de término de laminación (Fig. 13).

En aceros al Nb el efecto de precipitación se puede lograr en la condición de laminado, así que es necesario combinar este endurecimiento por precipitación con el tamaño de grano más fino posible.

Para lograr un grano más fino de ferrita es esencial partir de un grano de austenita pequeño previo a la transformación de fierro gama a fierro alfa. Esto se logra de las siguientes maneras:

- Composición y velocidad de enfriamiento adecuado para obtener la temperatura de transformación lo más baja posible dentro del rango de estructuras ferrítico-perlíticas. Enfriamientos demasiados bruscos o muy alta templabilidad (alto C y Mn, o tamaño de grano austenítico grande) conducen a la formación de bainita.
- Evitando el crecimiento de grano de la austenita después de la recristalización. Este crecimiento es muy rápido a altas temperaturas, pero puede ser controlado por partículas precipitadas (AlN, Nb(CN), etc.).
- Que el tamaño de grano recristalizado de la

austenita sea lo más fino posible. Esto se logra con una fuerte deformación que produce una alta velocidad de recristalización, pero esta puede ser retardada por átomos extraños a la matriz de fierro (Nb) o por partículas precipitadas, Nb (CN).

En aceros al carbono, la recristalización es prácticamente instantánea a temperaturas de laminación sobre 800°C, pero disminuye debajo de 800°C, temperatura a la cual a menudo la formación de ferrita es anterior a la total recristalización de la austenita deformada (Fig. 20). Adiciones de Al, V, Ti retardan solo levemente la recristalización pero su precipitación en forma de partículas inhibe marcadamente el crecimiento de grano después de la recristalización. Sin embargo, el niobio, tal como se ve en la Fig. 20, retarda marcadamente la recristalización, además, que las partículas de Nb(CN) inhiben el crecimiento de grano. Parece que durante el laminado ocurre precipitación de NbC inducida por deformación. Estas no producen endurecimiento por precipitación, todo lo contrario, restan disponibilidad de Nb para la posterior precipitación a más bajas temperaturas que si endurece.

Este retardo de la recristalización por parte del Nb podría conservar granos grandes de austenita no-recristalizados con efectos perjudiciales. Sin embargo, si la temperatura de término de laminado es baja y la deformación usada es alta se forman granos de ferrita fina aunque la austenita no haya recristalizado (Fig. 21).

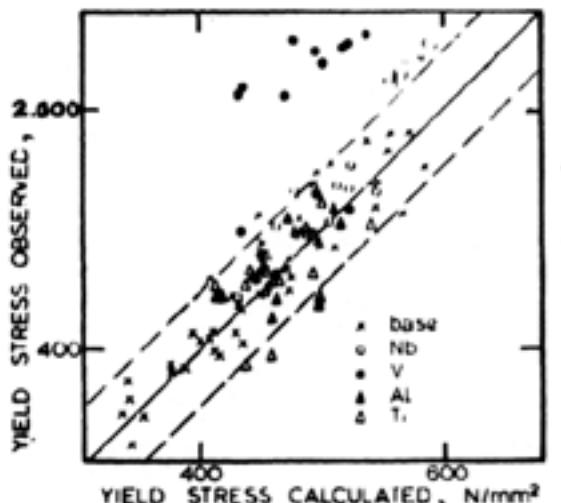


Fig. 19 Aumento de resistencia en aceros con 0,45% C debido a precipitación de partículas de  $V_3C_4$ , ver texto (7).

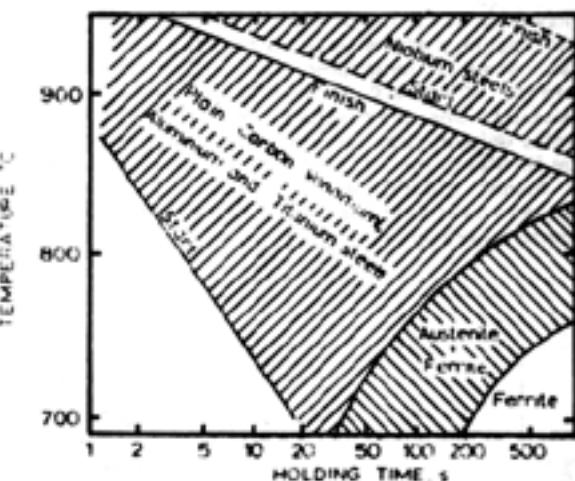


Fig. 20 Diagrama de recristalización de la austenita después de deformado en un 50% (9).

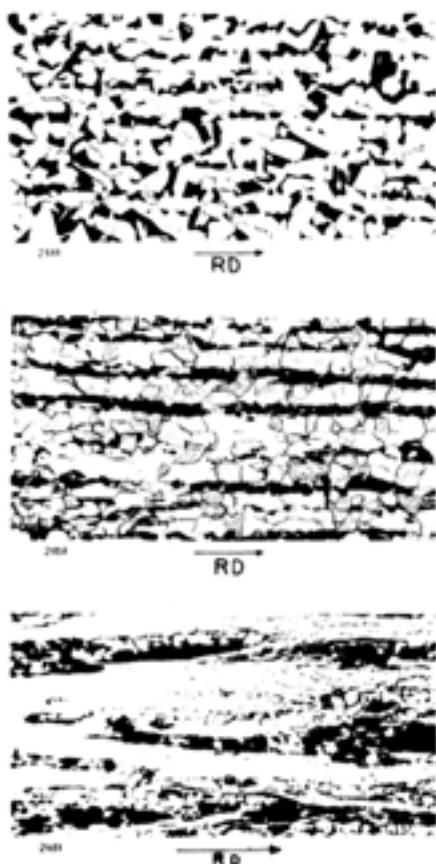


Fig. 21 Micrografías de aceros laminados a diferentes temperaturas: a) 1.200°C; b) 880°C y d) 800°C (5).

Esto se debe a que se producen granos de austenita muy delgados y alargados, luego nuclea la ferrita en los bordes de grano y estos son finos debido a que no puede crecer más allá de la mitad del espesor del grano delgado de austenita pues ahí se encuentran ambos granos de ferrita nucleados en lados opuestos. Si la deformación es demasiado poca, los granos de austenita no serán adelgazados y el resultado es granos de ferrita gruesos o bainita con la consiguiente pérdida de tenacidad. Luego, fuerte deformación y suficientemente baja temperatura de final de laminación son esenciales para lograr un grano ferrítico fino. Una temperatura demasiado baja permite la formación de ferrita durante el laminado, que al deformarse no alcanza a recristalizar, lo que disminuye enormemente la tenacidad.

En práctica industrial para aceros C-Mn sin adiciones de refinadores de grano, la baja temperatura de fin de laminación de 850°C se obtiene por interrupción del ciclo de laminación por uno o más períodos de espera, particularmente para productos finales más gruesos. Esto puede conducir a recristalización y grano grueso que después no sufre suficiente deformación para obtener recristalización a un grano austenítico fino durante el laminado después de la interrupción. Entonces, es esencial que se aplique una cantidad adecuada de deformación después de la interrupción y a una temperatura menor de 950°C, para poder lograr un grano austenítico recristalizado fino.

Debido al retardo en la recristalización en aceros al Nb, también es posible usar laminación interrumpida para lograr el requisito de baja temperatura de finalizado, siempre que los granos no recristalizados de austenita después del laminado sean suficientemente delgados, o sea, recibieron una deformación adecuadamente alta después de la interrupción en el laminado. Si el laminado es interrumpido a una temperatura demasiado alta en un acero al Nb puede ocurrir recristalización a un grano austenítico grueso y si la deformación posterior a la interrupción es insuficiente, se obtienen propiedades deficientes.

Una temperatura final de laminación baja también se puede lograr comenzando con un espesor

mayor tal que se necesite un tiempo más largo de laminación y así se tiene un tiempo más largo de laminación y teniéndose más tiempo de enfriamiento antes que se alcance el espesor final deseado. Una temperatura menor de "empape" antes del laminado también dará una temperatura de finalizado menor, pero esto también conducirá a menor endurecimiento ya que no se habrá disuelto suficiente NbC y así estar disponible para posterior precipitación (Fig. 22).

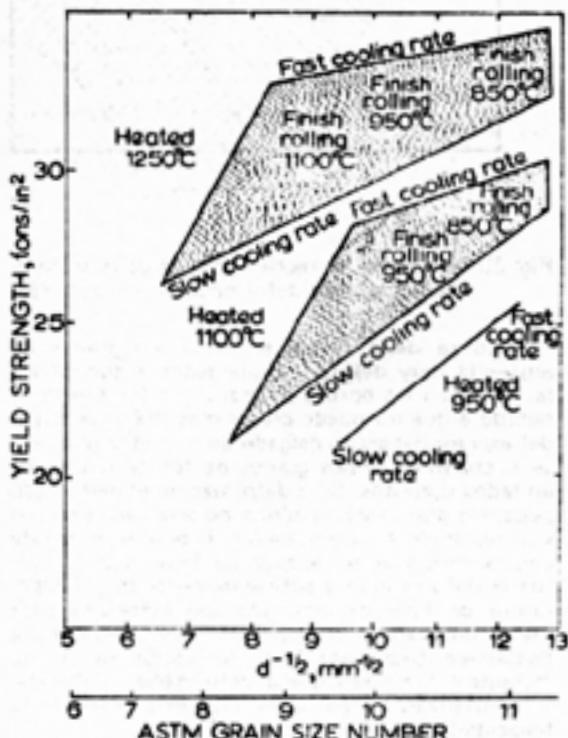


Fig. 22 Efecto de las variables de laminación sobre la relación (9) resistencia-tamaño de grano.

Todos estos métodos tienen sus desventajas, no siendo el menor el aumento en el tiempo de laminación asociado ya sea con las interrupciones o con el material inicialmente más grueso.

Todo el objetivo de la laminación controlada, particularmente en los aceros al niobio, es producir en un acero semicalmado, que es económicamente atractivo, un grano ferrítico muy fino y aún lograr una cierta cantidad de endurecimiento por dispersión de NbC. El Nb en solución sólida y el NbC precipitado inducido por deformación retardan la recristalización y este último además retarda el crecimiento del grano austenítico, quitando potencial al endurecimiento por precipitación.

Resumiendo, la laminación controlada requiere que se produzca un grano fino recristalizado de austenita o un grano austenítico fuertemente deformado para luego terminar con un grano ferrítico muy fino en tamaño. Esto requiere fuerte deformación a temperaturas por debajo de los 1.000°C., que debe continuarse durante el laminado hasta que esté por debajo de 900°C.

Los aceros semicalmados, de tamaño de grano

muy fino y endurecidos con precipitación de NbC son económicamente ventajosos, particularmente asociados con el hecho que un nivel dado de resistencia se puede lograr con menor contenido de C y Mn o sea, menor carbono equivalente, que confiere mejor soldabilidad y conformabilidad. (Fig. 25).

#### CONTROL DE LA FORMA DE LAS INCLUSIONES

Un serio problema en algunos aceros HSLA es su falta de ductilidad que produce quebraduras durante el doblado, rajadura laminar o ausencia de ductilidad en la dirección transversal en planchas soldadas, o malas propiedades de tenacidad al impacto en esa dirección. La ductilidad disminuye exponencialmente con el incremento de la fracción de volumen de partículas, particularmente inclusiones no-metálicas. El efecto perjudicial mayor es producido cuando las inclusiones están alargadas, el caso de inclusiones blandas como los sulfuros (MnS), como después de una fuerte laminación a bajas temperaturas, en la laminación controlada.

Un modo de combatir este problema es usar aceros muy limpios, bajos en azufre o haciendo adiciones que disminuyan la plasticidad de las inclusiones con el resultado que las inclusiones quedan como globulos redondeados y no se alargan durante el laminado.

La tenacidad o ductilidad transversal es entonces mejorada sustancialmente, ya que el material no posee un plano de fácil fractura. (Fig. 26).

La adición de calcio globulariza a los óxidos y sulfuros, pero tiene el inconveniente que es difícil de incorporar al acero por su baja solubilidad y gran reactividad. El Circonio, que se combina con el N además del S, entra en el sulfuro disminuyendo la plasticidad de éste, o a veces reemplaza al MnS formando ZrS, que es prácticamente indeformable. También se puede agregar Cerio con el mismo propósito, pero tiene el inconveniente de tener que agregarse en mayores cantidades Ce/S aprox. 1,5 con el agravante que es más caro.

Este artículo está parcialmente basado en apuntes del 10º Curso Panamericano de Metalurgia del Programa Multinacional de Metalurgia, dictado en Buenos Aires, Argentina 1974, titulado Aplicaciones de Metalurgia Física al Desarrollo de Aceros por F.B. Pickering del Sheffield Polytechnic, Inglaterra.

# Habit

**RODOLFO HABIT Y CIA. LTDA.**

Fabricantes de Equipos y Maquinarias  
Agrícolas • Maestranza y Fundición

R. Siegle 889 - 895-901 - Fones: 216/365/733  
Cas. 165 - Telegramas "ALBERT" - LA UNION

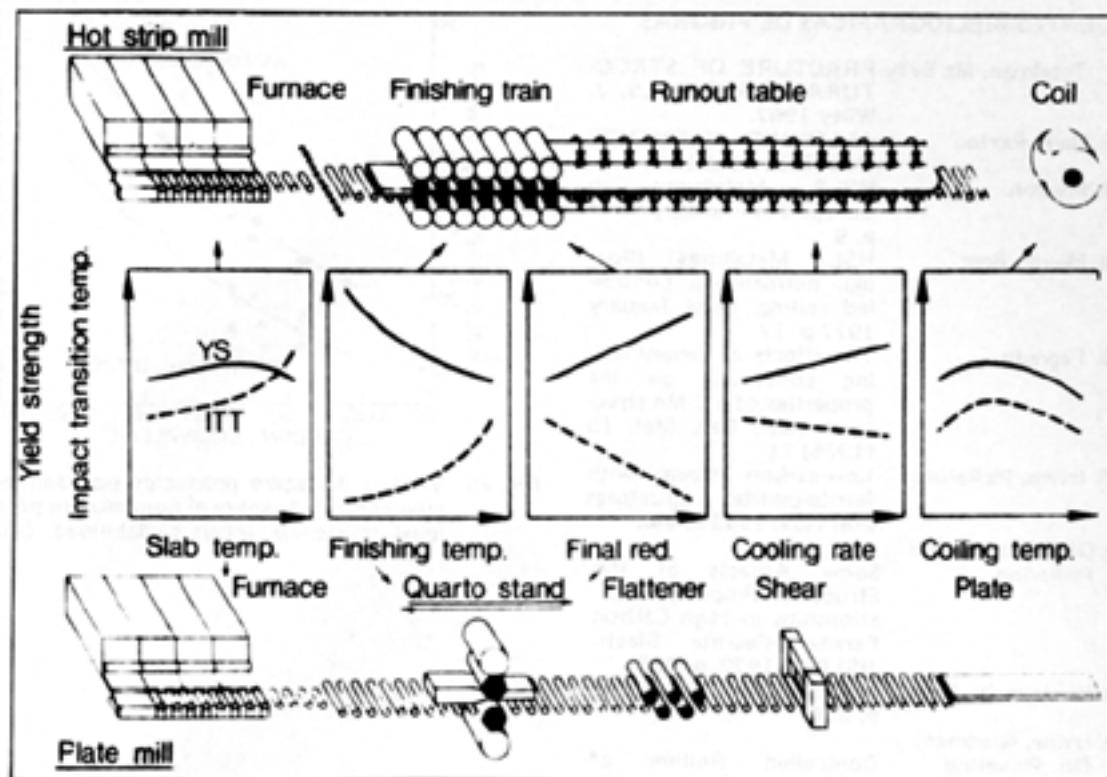


Fig. 23 Parámetros de laminación y su efecto sobre las propiedades mecánicas. (4).

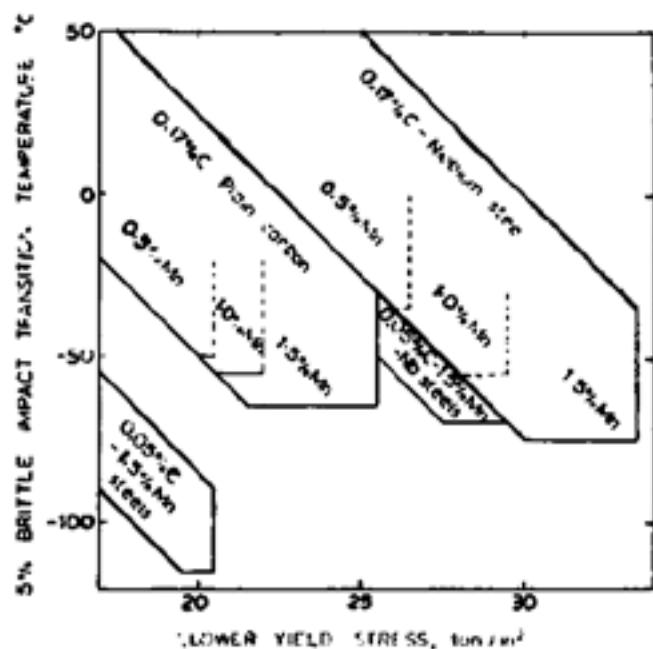


Fig. 24 Influencia de la composición sobre la relación tenacidad-resistencia. (9).

## FUENTES BIBLIOGRAFICAS DE FIGURAS

1. Teteleman, Mc Evily FRACTURE OF STRUCTURAL MATERIALS, J. Wiley 1967.
2. Bain, Paxton ALLOYING ELEMENTS IN STEEL ASM 1966
3. Preston HSLA Metallurgy in Europe JOM January 1977 p. 9
4. Meyer, Boer HSLA Metallurgy: alloying, normalizing, controlled rolling, JOM January 1977 p. 17
5. Fegredo The effects of various rolling conditions on the properties of a C-Mn structural steel. Can. Met. 15 (1976) 21
6. Irvine, Pickering Low-carbon steels with ferrite-perlite structures JISI Nov. 1963 n. 944
7. Gladman, Mc Iver Pickering Some Aspects of the Structure - Property Relationships in High Carbon Ferrite -Pearlite Steels. JISI Dec. 1972. p. 916
8. Duckworth, Baird Mild Steels JISI June 1969 p. 854
9. Irvine, Gladman, Orr, Pickering Controlled Rolling of Structural Steels JISI August 1970 p. 717.

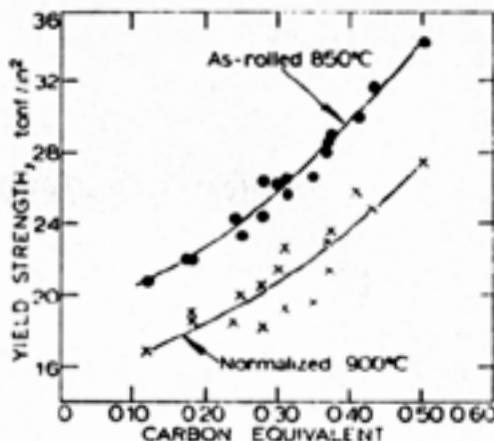


Fig. 25 Ventaja del acero producido por laminación controlada sobre el normalizado para igual resistencia versus soldabilidad. (8).

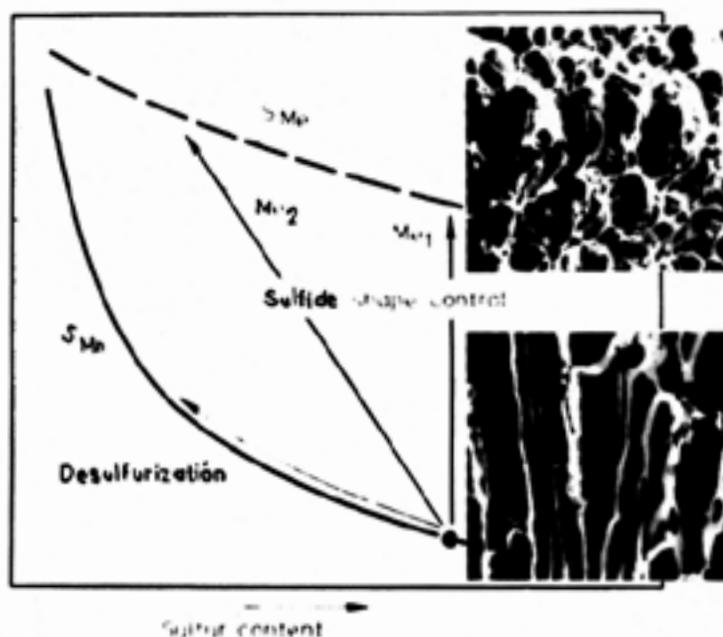


Fig. 26 Efecto de la forma de las inclusiones sobre la ductilidad (4).



Fernando Díaz J.  
Ing. Civil Metalúrgico  
Prof. Depto. Metalurgia

## INTERCAMBIO TECNOLOGICO

### Introducción

El inicio de esta sección pretende ampliar el alcance y servicio utilitario de esta Revista en un serio intento de demostrar que la integración Universidad-Empresa, a través de cualquier medio, tiene tan grandes perspectivas de mutua conveniencia y beneficios que es inexplicable su lento desarrollo. Se podrán dar muchas razones que impiden su aplicación, pero estas no serán nunca suficientes para obstaculizar iniciativas orientadas a construir un sólido puente entre la Universidad y la Empresa.

Muchas son las partes componentes de este puente: Nosotros iniciaremos la parte de "solución a problemas técnicos en la fundición", como una apertura a esta construcción del puente.

**Problema N° 1.— Porosidades en válvula de paso de 1/2"** localizadas en el cuello (ver diagrama).

**Metal:** Bronce 76-80%, cobre. Colado a 1.150° C.

**Moldeo:** Arena sintética con moldeo de placa con dos canales de alimentación para 10 piezas cada una moldeadas en tapa y fondo.

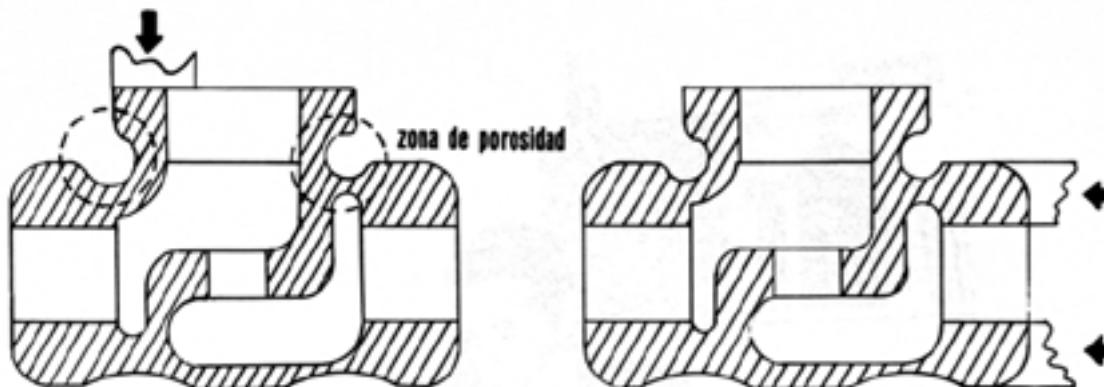
**Mermas:** Hasta 10% de piezas rechazadas por este problema.

**Soluciones:** Muchas pueden ser las causas del problema tales como, contracción del metal, gotas frías, uniones frías o sopladoras.

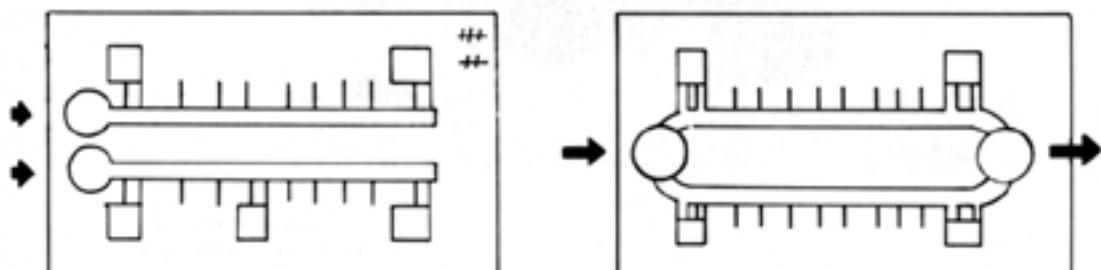
Este caso se define como problema cuando por contracción del metal debido al sistema de alimentación

empleado produce puntos de concentración de calor. Lo crucial es como resolver el colar metal sin crear puntos calientes. Se proponen las soluciones siguientes:

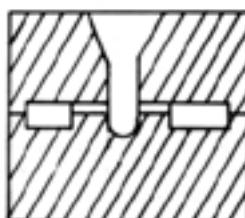
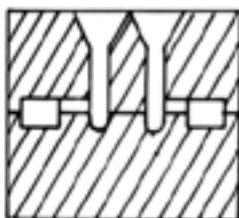
- Observar y controlar la temperatura de colada que nunca debe ser mayor de 30° C que la necesaria.
- Determinar el % de fósforo contenido. Un alto porcentaje produce mayor tendencia a contracciones.
- Toda aleación con alto contenido de zinc no requiere de adiciones de desoxidante. En éste caso el cuprofósforo se debe minimizar o no emplear.
- Alimentar la pieza con una sola entrada lateral a la imprenta produce mayor tendencia a formar puntos calientes, por lo tanto se sugiere alimentar con dos entradas, una a cada lado de la imprenta, este cambio producirá además, mejor flujo de metal a la pieza.
- Respecto a la canal de alimentación, se sugiere diseñar una canal de 1/2 X 5/8" (profundo por ancho) con buenas canales de distribución a cada pieza. Esta canal debe ser ubicada en la caja-fondo y las distribuciones en la caja-tapa.
- Se recomienda además que las entradas de metal a la pieza se diseñen en los flanges laterales y no en el central, pues el cuello tiene mayor superficie de contacto con la arena y se produce un anillo de arena a su alrededor que provoca mayor tendencia a puntos calientes.



### placa - modelo



### molde



Problema N° 2.- Anillo de fundición gris ("Fierro Fundido") de 6" Ø ext. X 5" Ø interior y espesor 1/4".

Problema: Sopladoras, rechupes e inclusiones en zona de alimentación y uniones frías en lado opuesto (ver diagrama).

Mermas: 15 a 20% de los anillos fundidos.

#### Solución:

Ineludiblemente la ubicación en la canal de alimentación de la pieza es la causa de todos los problemas presentados agregando que para el espesor de la pieza, probablemente, su temperatura de colada es más baja que la necesaria.

Una alimentación perpendicular al diámetro del disco provoca de inmediato, dos problemas: Uno es que la masa de metal líquido esta forzada a abrirse en dos sentidos. Si el espesor es pequeño y/o la temperatura de la colada es inadecuada hay seguridad en que los extremos de esta

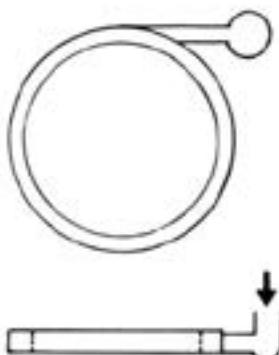
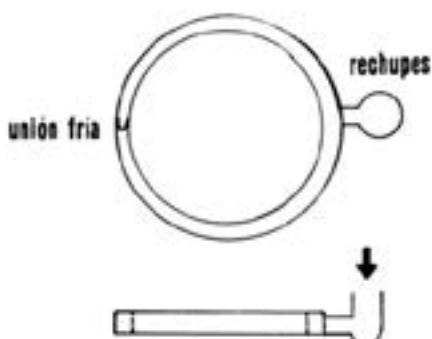
masa de metal se enfrián antes de contactarse y forman "unión fría" además de oxidación prematura en esta unión.

El otro problema es que al terminar de colar la pieza, la sección del jitio de alimentación aunque sea la adecuada, es tan rápida la solidificación del disco de pequeño espesor que con seguridad provocará rechupes cerca de la canal de alimentación y en el disco mismo. Además inclusiones de gases por la dificultad de escape ante la rápida solidificación.

La solución a estos problemas es diseñar un sistema de alimentación tangencial al disco con adecuada sección del jitio de alimentación (1 1/2" Ø a lo menos) y una temperatura de colada superior (alrededor de 1.300° C), no exagerando su aumento para no provocar inclusiones de gases que perjudiquen la pieza.

Deseamos que esta sección llegue a ser un medio de comunicación y colaboración entre la Universidad y la

## disco



Empresa, por lo tanto, invitamos a plantear problemas técnicos, ante los cuales nos esforzaremos en dar vías de solución, o bien, a enviarnos soluciones interesantes a

problemas resueltos, agregando inventos de dispositivos ("máquinas"), modificación de procesos, nueva tecnología aplicada a nuestra especialidad, etc.

## NOTAS BREVES

## DEL COBRE Y NUESTRO DESAFIO



En conferencia de prensa ofrecida por el ingeniero Alexander Sutulov, Director Ejecutivo del Centro de Investigación Minero-Metalúrgico, CIMM, se dio a conocer la edición del libro titulado "Del cobre y nuestro

desafío", de los autores A. Sutulov, L. Blanco y M. Weissner.

La obra hace un diagnóstico actualizado de la situación chilena, y vislumbra con optimismo hacia el futuro. Se hace notar que nuestro país es dueño de

una enorme riqueza en cobre y molibdeno. Señala además que en Chile es relativamente fácil explotar esa riqueza, con la ventaja de que las leyes de los minerales son buenas.

El texto afirma que pese a los

substitutos, el cobre seguirá siendo histórica y tecnológicamente importante, creando por ello el gran DESAFIO de abordar con alta tecnología una producción que sea capaz de competir a niveles internacionales. Como

este llamado exige una adecuada formación de recursos humanos preparados para administrar en buena forma nuestra riqueza, llega también a tocar las puertas de las Universidades.

Finalmente, el texto propicia

la idea de que la política cuprera debe defender los intereses del país, con un espíritu de complementación y no de confrontación.



COOPERATIVA AGRICOLA  
Y LECHERA DE LA UNION LTDA.

FONOS: 274 - 354 - 354  
CASILLA 7 D - LA UNION

## OSOMETAL

MAQUINARIA DE ALTA TECNOLOGIA  
DE FABRICACION ESPECIAL

- DESPARRAMADORAS
- SECADORES
- CARGADORES
- SALA DE ORDEÑA

Guido B. de Ramberg 1496 - Fono 34569  
Casilla 1229 - PADRE LAS CASAS

## PRIMER SIMPOSIO NACIONAL SOBRE ESPECTOMETRIA POR FLUORESCENCIA DE RAYOS X.



Con el importante auspicio de la Facultad de Ingeniería de nuestra Corporación y de Philips Chilena, se llevó a cabo durante los días 24, 25 y 26 de mayo el primer simposio sobre "Espectrometría por Fluorescencia de Rayos X". Participaron como relatores del evento, el jefe consultor para problemas analíticos

de la Philips Holandesa, Ing. W.K. de Jongh, el jefe del Laboratorio de Rayos X de CESMEC, profesor José Ward C. y el Director del Departamento de Metallurgia de esta Facultad, Dr. Jorge Garin C.

Durante las jornadas de trabajo teórico y práctico, se expusieron con amplitud los métodos y

aplicaciones de la fluorescencia de Rayos X, como una técnica no destructiva de análisis cualitativo y cuantitativo, que se destaca por su selectividad, exactitud, versatilidad y rapidez.

El profesor Garin introdujo el tema destacando su aplicación a la investigación científica y tecnológica. De gran interés resulta-

ron las charlas del Ing. De Jongh, quien habló sobre el rol de la fluorescencia en la industria del acero, del cobre, en la prospección geoquímica y sobre técnicas de preparación de muestras. El prof. Ward expuso interesantes alternativas en el uso de análisis

por fluorescencia en la solución de problemas de la industria nacional.

Este primer simposio de fluorescencia de Rayos X se realizó con gran éxito, enmarcado en importante colaboración entre Universidad y Empresa. El

número de participantes alcanzó a aproximadamente noventa investigadores, en representación de una gran cantidad de empresas, centros de investigación y universidades del país.

## CURSOS DE CAPACITACION A ELECMETAL

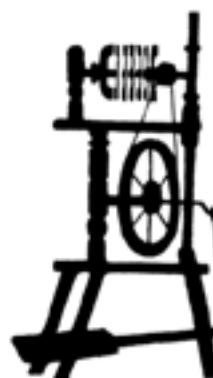


Como parte integral del Programa de Capacitación que la Empresa ELECMETAL S.A. ofrece regularmente a sus trabajadores, el Departamento de Metalurgia dicta actualmente dos cursos sobre "Moldeo y Defectos de Fundición", con una duración de 100 horas cada uno. El

programa de prácticas de laboratorio comprende tópicos especiales en el moldeo de piezas, así como también una introducción a la observación y diagnóstico de defectos de piezas fundidas en acero.

En relación con esas actividades de capacitación laboral, la

Universidad hizo recientemente entrega de certificados a los trabajadores de ELECMETAL que terminaron exitosamente el curso sobre "Moldeo y Arenas de Fundición", dictado en una etapa anterior.



PRESENTE  
EN EL DESARROLLO  
REGIONAL

LINO 100% PURO

**LiNOS**  
La Unión

### LIBRERIA "UNO SUR"

ARTICULOS DE ESCRITORIO  
TEXTOS UNIVERSITARIOS  
ARTICULOS PARA ESTUDIANTES

I SUR 1362 – FONO 33809

TALCA



## CENTRO DE INVESTIGACION MINERA Y METALURGICA

Ofrece al Productor Minero:

- \* Investigación aplicada en todas las etapas del proceso productivo minero y metalúrgico.
- \* Servicio de análisis químico clásico, microscópico e instrumental.
- \* Planta Piloto de chancado, molienda y flotación, y de transporte hidráulico de sólidos por tuberías.

AV. PARQUE INSTITUCIONAL 6500  
FONO 289544 - CASILLA 170 CORREO 10  
SANTIAGO

# abastible

ABASTIBLE GONZAGAS LTDA.

## VII REGION

- TALCA • CURICO
- LINARES • PARRAL
- SAN JAVIER • CONSTITUCION
- CAUQUENES

• LINEA BLANCA

- LINEA ELECTRONICA
- EQUIPOS MUSICALES
- T.V. COLOR Y BLANCO/NEGRO

## PROFESORES BECADOS

Las actividades de perfeccionamiento académico programado para este Departamento, se realizan actualmente de acuerdo a planes fijados a corto y mediano plazo. Al respecto, los siguientes profesores se dirigen al extranjero para hacer uso de becas en centros de estudios superiores: Sra. Estrella Villar C., al Instituto de Física y Química de la Universidad de São Paulo, para postular al Master en Ciencias de la Ingeniería, con especialización en corrosión de metales y aleaciones; Sr. Rodolfo Reyes G., a la Escuela de Metalurgia y Ciencia de Materiales de la Universidad de Pennsylvania, para postular al Doctorado (Ph. D.) en Metalurgia, con especialización en Metalurgia Química.

Por otro lado, el profesor Ing. Jaime Rauld F., fue agraciado con una beca O.E.A. para participar en el IV Seminario Latinoamericano de Aceros, que se realiza en la ciudad de Buenos Aires durante los meses de junio, julio y agosto, bajo el patrocinio de la Comisión Nacional de Energía Atómica de Argentina.

VIDRIOS \*\*\* PARABRISAS

ATIC, SAMUR Y CIA. LTDA.



PORTALES 1224 – TEMUCO

## PRIMER CONGRESO NACIONAL DE SOLDADURA

El Departamento de Metalurgia de la Universidad Técnica Federico Santa María ha organizado el Primer Congreso Nacional de Soldadura, que se llevará a cabo durante la segunda semana del mes de noviembre próximo. Se han orientado los objetivos del Congreso hacia la promoción del intercambio científico y tecnológico en el área de la soldadura y aspectos relacionados con ella, así como también a la elaboración de un diagnóstico de la situación actual en la industria nacional, y sus proyecciones con respecto a una tecnología presente en prácticamente todas las áreas del quehacer industrial.

Los tópicos a tratarse en las sesiones técnicas se centrarán en proceso de soldadura, aplicaciones de soldadura en procesos de fabricación, ensayos no destructivos y control de calidad, metalurgia de la soldadura y otros de gran interés.

El evento cuenta con el patrocinio de las Universidades chilenas asociadas al Proyecto Multinacional de Metalurgia de la Organización de Estados Americanos.

Solicitud para mayor información o cualquier otra sugerencia debe enviarse al Dr. Juan Donoso D., Casilla 110-V, Valparaíso.

## CURSOS DE PERFECCIONAMIENTO

Dos nuevos cursos de perfeccionamiento profesional se han dictado a ingenieros de las empresas del cobre. El Dr. Nelson Santander M. impartió un curso sobre "Pirometalurgia del Cobre" a profesionales de la fundición de Potrerillos y otro sobre "Equilibrio Heterogéneo" a supervisores de la planta VENTANAS de ENAMI. Ambos programas fueron reconocidos por el Servicio Nacional de Capacitación y del Empleo, SENCO.

Para el resto del año se contemplan otros dos cursos, sobre "Solidificación" y "Físicoquímica de Materiales Refractarios", que han sido solicitados por las mismas Empresas.

## CORRESPONSAL EN HUACHIPATO

Por gentileza del Sr. Hernán Vera M., ingeniero de la acería CONOX de la planta Huachipato, CONTACTO contará con la valiosa colaboración de un corresponsal en esa importante usina. De este modo pretendemos facilitar un acercamiento más estrecho con nuestros egresados que se desempeñan en la industria siderúrgica.

## MODERNA IMPLEMENTACION EN METALOGRAFIA

El área de metalurgia adaptiva del Departamento incorporó durante el presente semestre nuevos equipos para su laboratorio de Metalografía. Con cargo al fondo de equipamiento de talleres y laboratorios de que dispone la Corporación, se importó una cortadora de disco de 12", una desbastadora de rollos Handimet, dos pulidores de paño Standard Polisher, una desbastadora de cinta Surfmet y una montadora a presión Simplimet. El nuevo equipamiento, de procedencia Buehler, viene a incrementar las posibilidades de docencia, investigación y asistencia técnica que nuestra Unidad puede efectuar.

## CONCILIACION DE TECNICOS INDUSTRIALES

La Universidad Técnica del Estado, a través de su Circular Interna N° 06, del 25 de mayo de 1978, da a conocer los procedimientos para la aplicación del Decreto N° 01 del 8 de septiembre de 1977, que reglamenta la conciliación de Técnicos Industriales. Señala el documento en su Art. 1º que podrán conciliar el título de Técnico de nivel universitario otorgado con anterioridad a la creación de la carrera de Ingeniería de Ejecución, las personas que se encuentren en posesión del título de Técnico y que además cumplan a lo menos con algunas de las siguientes condiciones: a) tener al 1º de octubre de 1977 una antigüedad mínima de título de ocho años, o una experiencia profesional a nivel de técnico debidamente certificada, de a lo menos ocho años. b) Haber realizado en Corporaciones Universitarias, y en el área de su Especialidad, cursos de perfeccionamiento y/o seminarios profesionales, oficialmente registrados y evaluados, con una duración total no inferior a 200 horas. El plazo de presentación de la memoria, debidamente tramitada en el Departamento de Carrera, vencerá el 31 de diciembre de 1978.

# INDUSTRIAS METALURGICAS SEG S.A.I.

FABRICA CARROCERIAS  
EQUIPOS MUNICIPALES  
ESTRUCTURAS METALICAS

Av. Independencia 4142 – Fono 772014 – Casilla 1922  
SANTIAGO

## A LOS AUTORES DE TRABAJOS

El plazo de presentación de los diferentes trabajos enviados para su publicación en la presente edición, venció el 31 de julio. Los trabajos recibidos con posterioridad a esa fecha serán considerados para su publicación en el sexto número de la revista, que aparecerá durante el mes de diciembre próximo, dedicada al AÑO DE LA INGENIERIA CHILENA.

CONTACTO agradece a través de esta nota a los autores de artículos por la gentileza y dedicación demostrada, la que sin lugar a dudas contribuye a engrandecer nuestra modesta publicación.

## A Nuestros Patrocinadores:

Ponemos en vuestro conocimiento que a pae a del siguiente número de CONTACTO, que aueue cerá en el mes de diciembre, la edición, imp, quel y distribución se deberá efectuar exclusivitaciópor el Departamento de Metalurgia.

Debido a esta circunstancia y al al erigiale nuestra revista es distribuía de Noriar exra del país en forma totalmente gratuita, daiaierarpermos que los señores Empresariosarcialistriales puedan contribuir para que sigue exitaldose en forma periódica los meses des gos agost diciembre de cada año.

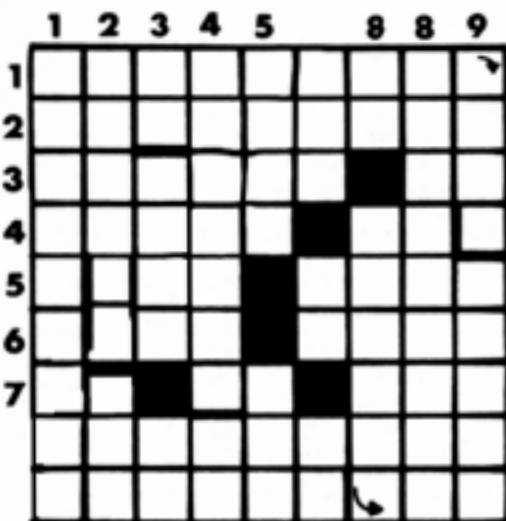
## METALOGRAMA N° 5

### Horizontales:

- 1.— Mayor yacimiento de cobre del mundo en su género.
- 2.— Vaticinaria.
- 3.— Lugar con ceibos (inv.). Consonantes de rotos.
- 4.— Ponga liso (inv.). Se diri ge. Vocal.
- 5.— Consonante. Central de Fútbol Asociado. Comer sin a.
- 6.— Nada. Incrédulo sin inicio (inv.). Estima sin h.
- 7.— Conjunción. Vocal repetida. Negación inglesa (inv.)
- 8.— Yacimiento mediano de cobre.
- 9.— Competidor de Chile con error ortográficoggi (inv.)

### Verticales:

- 1.— Fundición.
- 2.— Puerto fertío impeámpeón (inv.).
- 3.— En medicióga. Biga. Bistec. Su Majestad.
- 4.— Unidarto furas edras preciosas. Orlando Barros.
- 5.— Sust. me. Cana orina. Eliana (fam.).
- 6.— Tn mev. (av.). Carlos Olea. Ofrenda.
- 7.— 6.- Uerinefinería.
- 8.— 7.- I (inisa (inv.).
- 9.— 7 zer sacer ruido (inv.).



### Solución al Metalograma anterior

1	2	3	4	5	6	7	8
1	R	E	V	E	R	B	A
2	E	B	R	O		R	M
3	L	A	B	R	O		P
4	A		A	R	I	A	O
5	V	E	N	E	R	O	T
6	E	S			I	N	A
7	S	E	H	C	I	L	A
8	L	E	D	E	B	U	R



EMPRESA CONSTRUCTORA  
**CONO SUR LTDA.**

AL SERVICIO DEL PROGRESO DE  
MAGALLANES

FAGNANO 366 – FONO 21520 – PUNTA ARENAS  
MONEDA 611 – OF. 82 – FONO 394238 – SANTIAGO

**IMPRENTA Y LIBRERIA**

“**CHILE**”

ARTICULOS IMPORTADOS  
PARA ESTUDIANTES  
OFICINISTAS Y PROFESIONALES

BORIES 577 – FONO 21308 – Cas. 432  
PUNTA ARENAS

**MERCADO**

**MARISOL**

PRECIOS FUERA DE COMPETENCIA  
IMPORTACIONES POR ZONA FRANCA

J. Noguera 1130 – Fono 22070 – Cas. 818.  
**PUNTA ARENAS**

**ELECTRO - ALMACEN**  
DESDE 1932

*Enrique Schadenberg H.*

SERVICIO TECNICO  
COMPLETO SURTIDO ARTICULOS  
DEL RAMO

Roca 960 – Fono 22414 – Casilla 49  
PUNTA ARENAS

**CONSTRUCCIONES  
JUAN PEDRO MARTINEZ & CIA.**  
**JUPEMAR**

CONSTRUCCIONES INDUSTRIALIZADAS  
MAESTRANZA  
DIVISION COMERCIAL  
ASERRADERO  
Y ELABORACION DE MADERAS

Av. Bulnes esq. Hornillas      **PUNTA ARENAS**

**IMPORTADORA AGRARIA S.A.**

ERRAZURIZ 877 – TELEFONO 21881 – CASILLA 49 D  
**PUNTA ARENAS**

Representantes de:

LISTER Maquinarias Agrícolas – Grupos Luz  
ROOTES Vehículos y Repuestos  
SHELL Lubricantes, Especialidades, etc.



## RECSA

### AL SERVICIO DE LOS USUARIOS DEL CALOR

#### LADRILLOS Y ESPECIALIDADES

- Básicos
- Aluminosos
- Sílico Aluminosos
- Carburo de Silicio
- Arenas de Moldeo

#### ASESORIA TECNICA

- Diseño
- Montaje y  
Mantenimiento de  
Refractarios

PANAMERICANA NORTE 3076  
CASILLA 63 SANTIAGO  
FONO 771305 STGO.  
ASOCIADA A:  
HARBISON WALKER REFRactories  
DIVISION DE DRESSER INDUSTRIES INC



# SABIMET S.A.

SOCIEDAD ABASTEDEDORA DE LA INDUSTRIA METALURGICA



## PRIMERO EN EL ABASTECIMIENTO DE LA INDUSTRIA METALURGICA Y LA CONSTRUCCION

PLANCHAS Y BOBINAS EN TODOS SUS TIPOS  
BARRAS PLANAS, REDONDAS Y CUADRADAS  
ANGULOS, PERFILES Y TUBOS  
CAÑERIA NEGRA Y GALVANIZADA

#### BARRACA CAP AUTORIZADA

- OFICINAS GENERALES Y BODEGAS  
Santa Rosa 2305 - Fono: 568047- 568190- 568427 SANTIAGO
- DEPARTAMENTO DE ACEROS Y  
DEPARTAMENTO EXCEDENTES INDUSTRIALES  
Santa Rosa 1838 - Fono: 566584 SANTIAGO
- 2<sup>a</sup> Región: Paraguay 851 - Fono: 23665 ANTOFAGASTA
- 8<sup>a</sup> Región: Avda. Prat 1002 - Fono: 29005-22270 CONCEPCION