3L
338.0984
L778
v.2 - Spanish

PN ABS-715
Copy 5 = 2 90542

ESTUDIO DE OPORTUNIDADES PARA LA INDUSTRIA BOLIVIANA

Volumen II

Industria de Metales No-Ferrosos

informe a RESERVADO

EL MINISTERIO DE PLANIFICACION

A.I.D.
Reference Center
Room 1656 NS

Arthur D. Little, Inc.

MINISTERIO DE PLANIFICACION

GOBIERNO DE BOLIVIA

RESERVADO

#29

ESTUDIO DE OPORTUNIDADES PARA LA INDUSTRIA BOLIVIANA

VOLUMEN II

INDUSTRIA DE METALES NO-FERROSOS

DICIEMBRE 1970

ARTHUR D. LITTLE, INC.

PRUDENCIO CLAROS Y ASOCIADOS

CONTENIDO

		Página
Lista de Cuadros		v
Lista de Gráficos		ix
I.	RESUMEN DEL ESTUDIO	1
	A. OBJETIVOS	2
	B. ALCANCE	2
	C. ENFOQUE	2
	D. CONCLUSIONES	5
	E. RECOMENDACIONES PARA ESTUDIOS DE PRE-FACTIBILIDAD O FACTIBILIDAD	23
II.	ESTAÑO	24
	A. RECURSOS Y PRODUCCION	25
	B. MERCADOS	31
	C. FUNDICION	37
	D. OPORTUNIDADES	41
III.	BISMUTO	49
	A. RECURSOS Y PRODUCCION	50
	B. MERCADOS	53
	C. FUNDICION	58
	D. OPORTUNIDADES	61
IV.	ZINC	62
	A. RECURSOS Y PRODUCCION	63
	B. MERCADOS	65
	C. FUNDICION	71
	D. IDENTIFICACION DE OPORTUNIDADES	75

CONTENIDO

		Página
V.	PLOMO	77
	A. RECURSOS Y PRODUCCION	78
	B. MERCADOS	81
	C. FUNDICION	88
VI.	COBRE	91
	A. RECURSOS Y PRODUCCION	92
	B. MERCADOS	97
	C. FUNDICION	102
	D. OPORTUNIDADES	105
VII.	ANTIMONIO	109
	A. RECURSOS Y PRODUCCION	110
	B. MERCADOS	114
	C. FUNDICION	116
	D. IDENTIFICACION DE OPORTUNIDADES	123
VIII.	TUNGSTENO	127
	A. RECURSOS	128
	B. MERCADOS	134
	C. TECNOLOGIA MANUFACTURERA	142
	D. OPORTUNIDADES	149
IX.	URANIO	151
	A. RECURSOS	153
	B. EXPLORACION	159
	C. EXTRACCION	163

CONTENIDO

		Página
D.	CONCENTRACION DEL URANIO	167
E.	MERCADOS	174
F.	OPORTUNIDADES	178
X.	ALEACIONES NO-FERROSAS	181
A.	MERCADOS	182
B.	PRODUCCION DE ALEACIONES	189
C.	OPORTUNIDADES PARA LA UTILIZACION DE LAS FUNDICIONES DE PERO Y METABOL	190
XI.	FERROALEACIONES	194
A.	TIPO DE FERROALEACIONES	195
B.	RECURSOS Y PRODUCCION	198
C.	MERCADOS	200
D.	PRODUCCION DE FERROALEACIONES	206
E.	IDENTIFICACION DE OPORTUNIDADES	212

ANEXO A - INDUSTRIA METALURGICA NO-FERROSA

LISTA DE CUADROS

RESERVADO

Cuadro No.		Página
1	Reservas Bolivianas de Minerales No-Ferrosos Probadas, Indicadas e Inferidas	6
2	Valores agregados al Convertir los concentrados en metales.	7
3	Perdidas en Ingresos Bolivianos debidas a Descuentos Porcentuales del Mercado Libre	22
4	Producción de Concentrados de Estaño	26
5	Reservas Estañiferas	27
6	Consumo del Metal Primario Estaño	32
7	Precios de Estaño	35
8	Producción del Metal Primario de Estaño	38
9	Costo de Capital y Valor Agregado de cada Etapa en la Producción de una Tonelada de Hojalata	43
10	Capacidad y Producción de Hojalata en Sud-America	46
11	Producción de Minerales de Bismuto, Concentrados y Metales	51
12	Reservas de Bismuto	52
13	Principales Importadores de Mineral o Metal de Bismuto	54
14	Promedios Anuales de Precios de Metal y Mineral de Bismuto	56
15	Fundiciones, Recursos del Bismuto y Capacidades Anuales Estimadas	59
16	Reservas de Zinc	64

Cuadro No.		Página
17	Producción de Concentrados de Zinc por los Principales Productores	66
18	Consumo de Zinc Refinado - Principales Consumidores	67
19	Promedio Anual de Precios del Zinc	72
20	Producción de Metal de Zinc por Principales Productores	74
21	Reservas de Plomo	79
22	Producción de Plomo en Concentrados por Principales Productores	80
23	Consumo de Plomo Metálico	82
24	Precios Promedio para el Plomo en el Mercado de Metales de Londres	87
25	Producción de Plomo	89
26	Reservas de Cobre de Bolivia	93
27	Producción de Concentrados de Cobre e incrementos Anticipados de Capacidad	95
28	Promedios Anuales para Precios de Alambre de Cobre en Varillas en el Mercado de Metales de Londres	101
29	Producción Mundial de Cobre Blister y Refinado por los Principales Productores.	103
30	Reservas de Antimonio	111
31	Producción de Antimonio por, Principales Productores Metal Contenido en el Mineral	112

Cuadro No.		Página
32	Precios de Mineral y Metal de Antimonio	117
33	Clases y Capacidades de Productos y Fundidoras de Antimonio	118
34	Reservas de Tungsteno en Bolivia	130
35	Producción de Tungsteno en Bolivia	131
36	Producción de Minerales y Concentrados de Tungsteno	133
37	Consumo de Minerales y Concentrados de Tungsteno en varios paises	138
38	Minerales Principales de Uranio que se presentan en los Estados Unidos	157
39	Importaciones de Aleaciones no Ferrosas a los Paises del Pacto Andino	183
40	Coeficientes de la Demanda de Metal en los Estados Unidos	185
41	Demanda Potencial de Metal en Aleaciones para la Subregion Andina	186
42	Demanda Potencial del Metal en Aleaciones para la Sub-Region Andina Sud-Americana y el mundo	187
43	Producción de Ferroaleaciones en Latino América	201
44	Cifras Estimativas del Consumo y las Importaciones Netas de Ferroaleaciones en Latino America	202
45	Consumo de Ferroaleaciones Típicas en Latino América por proceso de Acero	204

Cuadro No.		Página
46	Distribución Típica del Costo en la Producción de Ferroaleaciones en Relación a los Componentes en Materias Primas y Energía	210

LISTA DE GRAFICOS

RESTRINGIDO

Gráfico No.		Página
1	Precios de Mierales de Antimonio y del Metal	116-A
2	Precios: Concentrados de Tungsteno en el Reino Unido y Estados Unidos	139-A

I. RESUMEN DEL ESTUDIO

I. RESUMEN DEL ESTUDIO

A. OBJETIVOS

Los objetivos de este estudio son los de identificar las oportunidades de desarrollo industrial en el sector de los metales no-ferrosos dentro de la economía boliviana. Se recomienda estudios de factibilidad o prefactibilidad para aquellas oportunidades que han demostrado ser las más prometedoras.

B. ALCANCE

El sector de metales no ferrosos fué definido para incluir los productos indicados en el Apéndice A. A éstos se añadieron el uranio, las aleaciones no-ferrosas y las ferro-aleaciones. Las oportunidades fueron examinadas dentro del contexto del Mercado Andino y el Mercado Mundial.

C. ENFOQUE

El enfoque para la selección de oportunidades puso mayor énfasis en los recursos, los mercados y la escala mínima económica de planta. Nuestro análisis incluyó oportunidades para la expansión de industrias existentes y para el establecimiento de nuevas industrias. Las investigaciones de campo fueron hechas en Bolivia, en otros países Andinos y en los principales centros de mercadeo de minerales y metales en el mundo para

recolectar datos e informaciones. Las entrevistas se llevaron a cabo con personeros importantes de la industria y del gobierno para desarrollar un criterio significativo para la selección de oportunidades potenciales. Además, hemos revisado informes publicados e inéditos y hemos examinado la información de nuestra propia compañía.

Se tomaron diversas medidas para seleccionar las oportunidades. Primero, examinamos los recursos minerales no-ferrosos del país para determinar los productos que pueden ser producidos en Bolivia para su exportación a los mercados Andinos, Latinoamericanos y Mundiales. En casos necesarios los recursos minerales no-ferrosos de Bolivia fueron comparados con los de otros países para determinar si Bolivia goza de ventajas comparativas.

La segunda etapa en el proceso de selección fué la de examinar el mercado para los recursos disponibles en Bolivia en cantidades comerciales. Nuestro análisis de mercado fue enfocado hacia los Mercados Mundiales, de la Subregión Andina y de Latinoamérica. A causa de que tanto Chile como el Perú tienen grandes reservas de muchos de los mismos minerales disponibles en Bolivia, tales como cobre, plomo y zinc y tienen también una producción substancial de metales derivados de esos minerales, hemos enfocado nuestra mayor atención hacia los Mercados Mundiales. Igualmente importante en esta decisión

ha sido el hecho de que muchos de los metales producidos en base a minerales obtenidos en Bolivia son comercializados en el Mercado Mundial. Además, en muchos casos, la escala mínima económica de planta está alejada del tamaño actual o previsible de los mercados Bolivianos o Andinos y, por lo tanto, los Mercados Mundiales son de mayor interés.

Para elevar las oportunidades por encima de la etapa del metal, hemos enfocado nuestra atención en los mercados doméstico, Andino y Latinoamericano. Sin embargo, una de las mayores dificultades con respecto a gran parte de los metales provenientes de Bolivia (i.e. es decir, el estaño, el plomo, el cobre, el zinc, el bismuto, el antimonio, el tungsteno), es que no son metales estructurales importantes. Estos metales se emplean mayormente en aplicaciones especializadas tales como aleaciones y revestimientos y en la producción de productos químicos. El zinc y algunas de las aleaciones con base de cobre tienen aplicaciones estructurales, pero éstas son aplicaciones secundarias comparadas con las del acero y el aluminio. La mayor parte de las oportunidades en la industria manufacturera liviana y pesada y en la industria metal-mecánica se basan en el acero y el aluminio; los metales básicos y las aleaciones juegan un rol importante pero relativamente pequeño.

Finalmente, determinamos para cada producto prometedor las consideraciones de fabricación que afectan a su producción en Bolivia.

D. CONCLUSIONES

RESERVADO

Según nuestro análisis de los recursos bolivianos de metales no-ferrosos, el estaño, el bismuto, el zinc, el cobre, el antimonio y el tungsteno tienen reservas en suficiente cantidad y calidad como para ser explotables (Cuadro 1). También hay otros minerales disponibles pero su cantidad es desconocida. Es probable que, a medida que aumente la exploración, se irán descubriendo nuevas reservas.

Sería beneficioso para Bolivia convertir en metal la mayor parte posible de los minerales que actualmente exportan como concentrados. El Cuadro 2 presenta el valor añadido si Bolivia convirtiera sus concentrados en metales. Este cuadro ilustra claramente los beneficios derivados de esta transformación. Si Bolivia hubiera vendido su producción de 1969 en forma metálica en lugar de concentrados, el país hubiera obtenido un ingreso adicional de US$23.8 millones.

Existen varias oportunidades en el sector no-ferroso:

1. Transformación de tungsteno, cobre y zinc;
2. Producción de ferro-aleaciones y aleaciones no-ferrosas;
3. Exploración;
4. Comercialización.

CUADRO 1

RESERVAS BOLIVIANAS DE MINERALES NO-FERROSOS

PROBADAS, INDICADAS é INFERIDAS

(TONS)

MINERAL	PROBADAS E INDICADAS	INFERIDAS
Estaño	1,083,428	350,600
Bismuto	13,200	2,000
Zinc	1,210,000	2,000,000
Plomo	232,000	495,000
Cobre	311,000	500,000
Antimonio	145,000	50,000
Tungsteno	57,700	100,000

CUATRO 2

RESERVADO

VALORES AGREGADOS AL CONVERTIR

LOS CONCENTRADOS EN METALES

Metal	Precio de Venta Por ton de contenido fino US$		Agregado por Conversión a Metal US$	Producción 1969 (Tons (2) Largas US$	Precio Venta Minerales US$	Agregado por Conversión a metal US$
Estaño	3,240	+	120	29,900	96,480,000	3,840,000
Zinc	228	+	72	26,300	6,000,000	1,896,000
Cobre	900	+	-	8,000	7,200,000	864,000
Antimonio	960	+	108	12,300	11,760,000	1,776,000
Bismuto	6,960	+	2,640	600	4,176,000	1,584,000
Tungsteno	6,000	+	6,000 (1)	2,300	13,800,000	13,800,000
					139,416,000	23,760,000

(1) Polvos reducidos al Higrógeno

(2) I.T.M. = 0.98 Tons Largas.

1. Transformación de Tungsteno, Cobre y Zinc

a. Tungsteno

Bolivia constituye un factor muy importante en la producción y reservas de tungsteno en el mundo y en vista de la gran demanda mundial, está en posición de transformar sus concentrados de tungsteno en productos de valor mucho más alto. El consumo mundial de tungsteno ha estado creciendo en una proporción del 4% anual, pero en los próximos años el incremento fluctuará entre 5% y 10%.

Existe una oportunidad muy prometedora para el procesamiento de los concentrados mediante su transformación, por lo menos, a óxido de tungsteno refinado (WO_3), que daría un rendimiento incremental del 33% sobre el valor de los concentrados. Más importante, podría ser la oportunidad de producir ferro-tungsteno (con un valor incrementado del 50%) o, idealmente, polvo de tungsteno, reducido al hidrógeno (con un incremento del 100% en su valor). Además, existen oportunidades para la transformación de cantidades significativas de tungsteno boliviano en polvo de carburo de tungsteno que tiene un valor dos y media veces más alto que el de los concentrados

RESERVADO

y menores cantidades en bloques de carburo sinterizados que tienen un valor cuatro veces más que el de los concentrados, y, finalmente, cierto volumen en la producción de herramientas cuyo valor es más de diez veces más alto que el de los concentrados.

Es también posible que el polvo reducido al hidrógeno pueda ser sinterizado y fibrozado en productos manufacturados que tienen un valor de diez a treinta veces más alto que el de los concentrados. Sin embargo, los productos manufacturados emplean cantidades relativamente pequeñas del total de tungsteno producido (alrededor del 25% del consumo total) y podrían ser que tales productos no constituyan la mejor de las alternativas.

El enfoque más lógico para la transformación del tungsteno podría ser el de dedicar todo esfuerzo a la producción de bloques de carburo de tungsteno sinterizado, herramientas y productos intermedios que podrían incluír óxido de tungsteno refinado, polvo de tungsteno reducido al hidrógeno, y polvo de tungsteno. Estos son los productos de mayor volumen constituyendo el 40% de los productos finales, en comparación al 25% para productos manufacturados y 11% para el ferro-tungsteno. El resto del tungsteno se destina a diversos usos, tales como concentrados de shelita y wolframita que se agregan directamente al acero para

aleaciones y al polvo reducido al carbón que se usa en aleaciones ferrosas y no-ferrosas.

Las inversiones requeridas para una planta de transformación de tungsteno a carburos y herramientas, sería del orden de US$6 millones, dependiendo del volumen de concentrados de tungsteno tratados, y de la proporción que posiblemente sería convertida en herramientas.

En resúmen, según nuestros análisis, la transformación de los concentrados de tungsteno representa una sobresaliente oportunidad para Bolivia.

b. Cobre

En comparación al Perú y a Chile, Bolivia es un productor muy pequeño de cobre. En años recientes, la producción boliviana de concentrados ha sido de alrededor de 8,000 toneladas contra 650,000 toneladas de Chile y 200,000 toneladas del Perú.

Bolivia no produce suficiente cantidad de concentrados para justificar el establecimiento de una fundición de cobre cuya escala mínima económica de planta es de alrededor de 24,000 a 30,000 toneladas de cobre ampollado por año. Sin embargo, existe una oportunidad prometedora, para incrementar las reservas a través de mayores

trabajos de exploración. Bolivia recién podría considerar la instalación de una fundición, cuando se descubran nuevas reservas.

Entretanto, existe una pequeña oportunidad para la producción de cobre y aleaciones de cobre. El cobre producido podría ser usado para el mercado doméstico. Las aleaciones de cobre podrían ser parte de un complejo de aleaciones no-ferrosas. Alrededor del 10% del cobre contenido en los concentrados actualmente producidos en Bolivia se halla en forma de cobre nativo que podría ser separado por flotación en los ingenios actuales. El cobre nativo, que es casi el equivalente de chatarra, podría ser fundido y térmicamente refinado para producir metal de cobre adecuado en calidad para la producción de aleaciones tales como el bronce y el latón. Este cobre no sería adecuado para uso eléctrico. A medida que la producción de concentrados se incremente y se separen cantidades adicionales de cobre nativo, probablemente podría justificarse la instalación de una pequeña refinería electrolítica para producir entre 1,000 y 3,000 toneladas por año. Dicha refinería podría convertir el cobre nativo refinado térmicamente en cobre de grado electrolítico.

También existe una oportunidad potencial para la recuperación del cobre de los minerales oxidados de cobre. La mayor

RESERVADO

parte de los yacimientos de mineral de cobre posee una zona de óxidos superficial por encima de la masa de sulfuros. Estos minerales oxidados no pueden ser concentrados por métodos de beneficio físico tales como la flotación, debiendo, por el contrario, ser lixiviados con ácido sulfúrico y el cobre recuperado por electro-extracción del metal a partir de la solución de sulfato de cobre. La electro-extracción del cobre de las soluciones, dá como resultado un cobre de alta pureza adecuado para usos eléctricos.

c. Zinc

Bolivia produce alrededor de 26,000 toneladas anuales de concentrados de zinc. Las reservas de zinc se estiman en 1,210,000 toneladas entre probadas e indicadas, con 2.0 millones de toneladas adicionales como reservas inferidas. Estimamos que las reservas bolivianas de zinc son suficientes para alimentar el actual nivel de las operaciones extractivas durante unos 40 años.

La construcción de una refinería de zinc en Bolivia está en la etapa de planeamiento. Si bien los fundidores de zinc en otros países productores han experimentado pérdidas en años recientes, las perspectivas del Mercado Mundial del zinc son prometedoras y una planta en Bolivia podría beneficiarse de un mercado mejorado. La producción

de zinc electrolítico en Bolivia podría también generar oportunidades para la fabricación de matrices de fundición y hojas galvanizadas, que constituyen los principales usos para el zinc metálico.

2. Producción de Ferroaleaciones y Aleaciones No-Ferrosas

a. Ferroaleaciones

El mayor volumen de ferroaleaciones comprende ferromanganeso, ferrosilicio y el subproducto sílico-manganeso; el ferrocromo y el ferroniquel. Las ferroaleaciones de molibdeno, titanio, tungsteno, vanadio y columbio se producen en cantidades mucho más pequeñas.

Bolivia tiene recursos conocidos para la producción de ferrotungsteno y ferrosilicio. Los recursos potenciales para la producción de ferromanganeso se sabe que también existen en Bolivia. Sin embargo, la relación manganeso-hierro puede que no sea lo suficientemente alta como para producir todas las calidades comerciales de ferromanganeso. Bolivia también posee algo de niquel, molibdeno, titanio y posiblemente vanadio asociado con uranio. Si se descubren cantidades comerciales explotables de estos minerales en Bolivia, también podrían producirse ferroaleaciones.

En la Subregión Andina, Chile es el único productor y exportador neto de ferroaleaciones. Los países Andinos importan

RESERVADO

aproximadamente 4,000 a 5,000 toneladas de ferro-aleaciones por año.

Otros países sudamericanos que producen ferro-aleaciones son el Brasil y la Argentina, de los dos, solo el Brasil produce una amplia gama de ferro-aleaciones.

Existe una oportunidad para que Bolivia produzca ferro-aleaciones para exportación a los mercados Andinos y también a ciertos países sudamericanos. La oportunidad probablemente sería en algunas de las ferro-aleaciones de alto valor, particularmente en aquellas en las que las materias primas en sí son la mayor parte del valor del producto final y en las que el metal de ferro-aleación sea obtenible en Bolivia, por ejemplo, el ferro-tungsteno, el ferro-manganeso y posiblemente el ferro-niquel, el ferro-molibdeno y el ferro-vanadio. Las aleaciones tales como el ferro-silicio no representan oportunidades prometedoras desde que el costo de las materias primas (es decir arena y mineral de hierro) es una pequeña proporción del costo total. Sin embargo, podría ser necesario producir ferro-silicio a fin de proveer una línea de ferro-aleaciones.

Una planta pequeña (5,000 a 6,000 toneladas) de ferro-aleaciones requeriría una inversión de capital de alrededor de US$1.5 millones. Una planta de ferro-aleación

es generalmente facil de ampliar mediante adición de hornos individuales. Consiguientemente, podría instalarse inicialmente una planta pequeña y ampliarla posteriormente a medida que aumente la demanda de los productos.

La economía de una pequeña planta de ferro-aleaciones sería marginal si solo produjera ferro-aleaciones de alto volumen y bajo valor (US$140 a US$275 por tonelada) tales como el ferro-silicio y el ferro-manganeso, a menos que los costos de energía eléctrica fueran muy bajos (es decir, alrededor de 5 a 9 milésimos de dólar por kwh). Por otra parte, si se produjeran ferro-aleaciones de alto valor, tales como el ferro-tungsteno, en base a materias primas bolivianas, las plantas serían muy rentables.

En resúmen, la producción de ferro-aleaciones en Bolivia representa una oportunidad muy atractiva. Su viabilidad, sin embargo, dependería del mercado para ferro-aleaciones específicas y de la disponibilidad en Bolivia de materias primas de alto valor. Con la excepción del tungsteno, no existen pérdidas significativas en el valor de los metales tales como el manganeso, el niquel, el vanadio o el titanio, si se los convierte en ferro-aleaciones en lugar de metales puros. Desde que el tungsteno puede ser fácilmente transformable en metal pulverizado y en carburo, el mejor sistema sería el de convertir una parte del tungsteno en

ferro-tungsteno, pero solamente si éste representara una de varias ferro-aleaciones producidas. La instalación de una planta de ferro-aleaciones para producir tan solo ferro-tungsteno, no representaría una alternativa muy atrayente.

b. Aleaciones No-Ferrosas

La variedad de metales no-ferrosos obtenibles en Bolivia ofrece la posibilidad de producir una amplia gama de aleaciones no-ferrosas, tales como una extensa variedad de soldaduras, bronces (tanto al estaño como al fósforo), babbits de estaño y plomo, aleaciones de metal blanco, aleaciones de bajo punto de fusión (bismuto), aleaciones electroplásticas de estaño-cobre, zinc, cadmio, niquel y plomo y además peltre. La viabilidad de estos proyectos dependería, sobre todo, del mercado.

Es dificil obtener estadísticas exactas sobre el mercado de las aleaciones no-ferrosas. Sin embargo, el mercado de la Subregión Andina es del órden del US$1 millón y de US$2 millones por año, y en el área de ALALC es de US$4 millones a US$8 millones por año. Estas cifras del mercado están sujetas a confirmación. Es probable que Bolivia podría abastecer a una parte del Mercado Andino, si bien

Perú produce muchos de estos mismos metales.

El Mercado Mundial para aleaciones no-ferrosas es grande en relación a los Mercados Andinos y ALALC. Sin embargo, el ingreso a los Mercados Mundiales podría involucrar el reemplazo de los proveedores tradicionales, lo que podría ser difícil. Las aleaciones en base a estaño y bismuto (de alto valor) tendrían mejores posibilidades para penetrar al Mercado Mundial que las aleaciones de bajo valor como las de plomo y zinc.

La disponibilidad de estaño metálico, plata, antimonio, zinc, plomo metálico y (aproximadamente) bismuto, colocan a Bolivia en una posición muy favorable para producir aleaciones no-ferrosas. Mientras que otros países producen muchos de estos metales, muy pocos producen tanto el estaño como el bismuto, que son las bases para las aleaciones no-ferrosas de alto valor. Otro factor que debería ser tomado en consideración es que un cierto volumen de mezclas de subproductos de metales serán producidos en la fundición Klockner, las cuales tendrán que ser refinadas o convertidas en aleaciones útiles mediante adiciones apropiadas de metales primarios. La refinación de estas mezclas probablemente tendría que ser efectuada en Europa, y por tanto, el valor del subproducto sería bajo. Una mejor alternativa sería la utilización

RESERVADO

de estos productos en la manufactura de aleaciones.

Una de las antiguas fundiciones de Metabol o Peró, con una inversión adicional de capital, probablemente podría producir aleaciones no-ferrosas.

3. Exploración

Existen grandes oportunidades y esperanzas en Bolivia para incrementar el descubrimiento de reservas de leyes más altas y yacimientos aluviales de estaño a través de una exploración intensiva. Un programa bien planeado de exploración tendría una buena probabilidad de encontrar reservas adicionales de antimonio y bismuto y tal vez de niquel, molibdeno (a menudo asociado con cobre), vanadio (a menudo asociado con uranio) y rutilo.

La exploración de uranio es de particular interés desde que la demanda se espera que se incremente en un 500% en los siguientes 10 años. El consumo actual de U_3O_8 es de 14,000 toneladas por año y se espera que se incremente a 63,600 toneladas hasta 1980; la demanda acumulativa durante el decenio de 1970-1980 se espera que sea de 363,600 toneladas. Las reservas mundiales son actualmente de alrededor de 763,600 toneladas de U_3O_8 que son adecuadas para sólo unos 15 años.

4. Mercadeo

Existen organizaciones controladas por el Gobierno de Bolivia que tienen experiencia en la comercialización de concentrados pero no de metales.

En un futuro próximo a medida que la capacidad de fundición vaya siendo instalada, Bolivia comercializará estaño, bismuto, metal y óxido de antimonio, zinc y tal vez tungsteno. El estaño, el plomo y el zinc son relativamente fáciles de comercializar ya que se venden en la Bolsa de Metales de Londres (London Metal Exchange) sobre la base de un precio común. Cualquier proveedor nuevo u ocasional puede esperar obtener el mismo precio que un proveedor tradicional. Este no es el caso para el antimonio, el tungsteno y el bismuto y tan poco sería aplicable en el caso de las aleaciones no-ferrosas. El mercado para estos metales ha sido tradicionalmente abastecido por un número limitado de productores, quienes tienen establecidos estrechos contactos con los consumidores desde hace mucho tiempo y, que ofrecen mayor competencia en servicio, calidad y variedad de productos que en los precios. Reconocen entre sí un mutuo interés por mantener una política de precios comunes y estables. En otras palabras, reconocen la primacía en la fijación de precios por parte de una o dos compañías y acumulan o, muy ocasionalmente, racionan el

material a medida que sea necesario y conceden solo descuentos limitados sobre un precio mundial reconocido y consistente, según quede indicado por el equilibrio entre la oferta y la demanda.

En las postrimerías de las décadas del 50 y del 60 ingresaron al mercado un cierto número de nuevos proveedores de antimonio, quienes por varias razones no tenían suficiente interés o capacidad para establecer relaciones permanentes con los consumidores. Estas compañías ofrecían el metal tan solo en base a precio, obteniendo para su antimonio metálico cualquier precio que podían conseguir en ese momento; aquello era el "mercado libre". En la mayoría de las veces ésto significaba la venta de metal con substanciales descuentos por debajo del precio vigente del productor. En muy raras ocasiones recibían un precio cercano al del productor y recién en 1969 la cotización surgió por encima del precio del productor.

El "Metal Bulletin" de Londres publicó que existía un mercado libre para el bismuto, desde Enero de 1969, si bien el mercado probablemente ya existía dos o tres años antes de esta fecha. Tal tipo de mercado no existe actualmente para el tungsteno, pero si Bolivia comenzara a producir y vender un producto transformado (tal como el polvo de tungsteno reducido a hidrógeno o el carburo de tungsteno)

RESERVADO

esto crearía un mercado libre, a menos que se establezcan contactos permanentes con los consumidores.

Los precios del mercado libre han sido generalmente entre 20% y 30% más bajos que los precios del productor. Este precio del productor no refleja, sin embargo, las condiciones reales del mercado, puesto que, en la práctica, los productores conceden descuentos a sus clientes más asiduos cuando se producen relajaciones en el mercado. Por lo tanto, el precio del mercado libre ha estado probablemente más cerca del 15% por debajo del precio del productor, que del 20% a 30%. Es razonable asumir que descuentos similares podrían desarrollarse en el tungsteno si existieran proveedores para entrega inmediata.

El Cuadro 3 indica el efecto que sobre los ingresos bolivianos tienen los descuentos del mercado libre para el antimonio, el bismuto y el tungsteno. Si Bolivia vendiera 6,000 toneladas de antimonio, 400 toneladas de bismuto y 2,000 toneladas de tungsteno, las pérdidas en los ingresos alcanzarían a 5.1 millones de dólares si el descuento fuera del 15% a 3.4 millones de dólares si el descuento fuera del 10% y a 2.6 millones de dólares si fuera del 7.1/2%.

CUADRO 3

PERDIDAS EN INGRESOS BOLIVIANOS DEBIDAS A DESCUENTOS PORCENTUALES DEL MERCADO LIBRE

Metal	Volumen del Metal (Toneladas Largas)	Ingreso por Concepto de Ventas Según los Niveles de Costos de Producción Proyectados (U.S. $)	Ingresos Menos Descuento Porcentual		
			15% (U.S. $)	10% (U.S. $)	7-1/2% (U.S. $)
Antimonio	6,000	6,624,000	5,652,000	5,961,600	6,120,000
Bismuto	400	3,840,000	3,264,000	3,456,000	3,552,000
Tungsteno	2,000	14,000,000	20,400,000	21,600,000	22,200,000
		34,464,000	29,316,000	31,017,600	31,872,000
		Total Descuentos	5,148,000	3,446,400	2,592,000

E. RECOMENDACIONES PARA ESTUDIOS DE PRE-FACTIBILIDAD O FACTIBILIDAD

Deberán llevarse a cabo estudios de factibilidad para determinar la economía de los siguientes proyectos:

Transformación del tungsteno;

Transformación del cobre;

Producción de aleaciones no-ferrosas.

Deberá llevarse a cabo un estudio de prefactibilidad sobre la posibilidad de producir ferro-aleaciones en Bolivia. También recomendamos realizar un estudio para identificar la estrategia de mercadeo que requiere Bolivia para obtener los mayores ingresos posibles provenientes de la venta de sus metales de antimonio, bismuto y tungsteno y talvez de las aleaciones no-ferrosas y del zinc. Dicho estudio deberá incluír, para cada metal, los niveles de precios en diversos países, la situación competitiva, el costo de ingreso al mercado (impuestos, fletes, etc.) las formas y los niveles de calidad requeridos, el empleo de agentes o las ventas directas con personal propio, los servicios técnicos requeridos y la conveniencia de mantener stocks en las inmediaciones de los mercados. Dicho estudio identificaría los mercados más convenientes y permitiría la creación de un plan tendiente a maximizar las oportunidades que pudieran haber dentro de aquellos mercados. La información sobre la forma y calidad de los productos requeridos sería de gran valor en el planeamiento de plantas de fundición.

RESERVADO

II. E S T A Ñ O

II. E S T A Ñ O

A. RECURSOS Y PRODUCCION

Bolivia es el segundo mayor productor de minerales de estaño, sobrepasado, la última década, tan solo por Malasia (Cuadro 4). Dentro de la Subregión Andina, Bolivia es el único productor de estaño en concentrados y en metal, y sin duda alguna Bolivia deberá convertirse en el principal proveedor tanto de los concentrados como del metal.

Las reservas potenciales de minerales de estaño son extensas en Bolivia, actualmente estimadas en cerca de 690,000 toneladas (Cuadro 5) de contenido de estaño en reservas probadas e indicadas (suficientes para 20 años a los niveles actuales de 30,000 toneladas métricas de producción por año). Sin embargo, sólo 247,000 toneladas métricas de contenido fino se hallan dentro de las reservas probadas (para 8 años de suministro a la producción actual). Por lo tanto, es necesario desarrollar reservas adicionales, particularmente las de mayor ley. Esto se evidencia mayormente por el hecho de que el BID requirió de COMIBOL que debe probar la existencia de reservas adicionales para justificar el proyecto Vinto dada la baja ley de las reservas actuales de COMIBOL.

Asia Sudoriental es el mayor proveedor mundial de estaño. Malasia es, en gran medida, el más grande productor mundial de estaño seguido por Bolivia y Tailandia. Es de interés la declinación en

CUADRO 4

PRODUCCION DE CONCENTRADOS DE ESTAÑO

1950 - 1969

(En Miles de Tons Largas)[1]

	1950	1951	1952	1953	1954	1955	1956	1957	1958	1959	1960	1961	1962	1963	1964	1965	1966	1967	1968	1969
PAISES OCCIDENTALES - TOTAL[2]	162	163	165	170	169	168	166	165	116	119	136	137	142	141	147	152	163	172	182	177
CHINA (Rep. Popular)	4	5	5	6	6	12	14	16	18	21	24	24	24	24	25	25	25	N D	N D	N D
MALASIA Y SINGAPUR	57.8	57.4	57.1	55.4	60.9	61.2	62.3	59.3	38.5	37.5	52.0	56.0	58.6	59.9	60.0	63.7	68.9	72.1	75.1	72.2
BOLIVIA	31.2	33.1	32.0	34.8	28.8	27.9	26.8	27.8	17.7	23.8	20.2	20.7	21.8	22.2	24.2	23.0	25.5	27.3	29.1	29.6
INDONESIA	32.1	31.0	35.0	35.0	35.9	33.4	30.1	27.7	25.2	21.6	22.6	18.6	17.3	12.9	16.3	14.7	12.5	13.6	16.6	16.3
NIGERIA	8.3	8.5	8.3	8.2	7.9	8.2	9.2	9.6	6.2	5.5	7.8	7.8	8.2	8.7	8.7	9.5	9.5	9.3	9.7	8.6
CONGO	11.8	11.8	11.9	12.2	13.1	13.1	12.8	12.5	9.7	9.2	9.2	6.6	7.2	7.1	6.5	6.2	9.7	7.0	6.6	6.5
AUSTRALIA	1.8	1.5	1.6	1.6	2.1	2.0	2.1	2.0	2.2	2.3	2.2	2.7	2.7	2.9	3.6	3.8	4.5	5.6	6.8	8.0
TAILANDIA	10.4	9.5	9.5	10.0	9.7	11.0	12.5	13.5	7.7	9.7	12.0	13.3	14.7	15.6	15.6	19.0	22.5	22.5	23.6	20.8
BRASIL							0.2	0.3	0.4	0.5	1.5	0.6	0.7	1.1	1.2	1.2	1.6	1.7	1.8	2.4
ARGENTINA				N D			0.1	0.2	0.2	0.2	0.2	0.5	0.6	0.5	0.8	1.2	1.3	2.0	1.7	1.9

1) Una tonelada métrica igual a 0.98 de tonelada larga.

2) No incluye China, U.R.S.S., Alemania Oriental Checoslovaquia, Vietnam del Norte (Post 1954)

FUENTES: 1950 - 1966 Anuario Estadístico 166 del Consejo Internacional del Estaño.

N.D No Disponible

CUADRO 5

R E S E R V A S E S T A Ñ I F E R A S

(Toneladas Contenido Fino)

	PROBADAS		INDICADAS		Colas y Desmontes Toneladas Sn Probadas e Indicadas	INFERIDAS
	Ley % Sn	Toneladas Métricas	Ley % Sn	Toneladas Métricas		Toneladas Sn
COMIBOL	0.97	170,400	0.62	347,832	246,900	
Minería Mediana	1.12	52,745	1.77	43,851	147,700	
Minería Chica	2.50	24,000	2.50	50,000	-	
Total Sn		247,145		441,683	394,600	350,600

Total Estaño

Probadas e Indicadas 1,083,428

Inferidas 350,600

COMIBOL

importancia experimentada por Indonesia en la década del 50. La producción de estaño en China, ha seguido una tendencia ascendente. Si bien la China no es exportadora de estaño, se espera que a largo plazo tendrá capacidad de exportar. La producción de estaño del Asia Sudoriental, a mediados y en las postrimerías de la década del 60, ha permanecido a niveles aproximadamente constantes, como resultado de las limitaciones que tuvo que enfrentar en las operaciones de tierra adentro. Actualmente procura incrementar sus reservas mediante exploraciones en su litoral marítimo.

Asia Sudoriental posee el dominio de la situación del estaño, en virtud de que provee más del 60% de los requerimientos del Mundo Occidental, a precios relativamente bajos. Las reservas de tierra adentro de Malasia se están agotando y los conocedores del área sugieren que la falta de exploración no es la causa. El futuro de la producción del Asia Sudoriental depende del descubrimiento de yacimientos en su litoral. Existen indicaciones de que Malasia tiene un potencial limitado en su litoral. Por otra parte el descubrimiento de estaño en las áreas del litoral marítimo de Tailandia e Indonesia es una posibilidad promisoria.

Los costos de extracción del Asia Sudoriental son extremadamente difíciles de identificar, ya que las operaciones difieren desde los trabajos que los chinos realizan en familia hasta grandes dragas financiadas internacionalmente. Sin embargo, son representativos en general, los siguientes costos totales de operación en tierra firme,

incluyendo depreciación e impuestos, para los concentrados puesto mina:

PAIS	COSTOS DE OPERACION (En dólares por libra fina)
TAILANDIA	0.45 - 0.90
MALASIA	0.50 - 1.00
INDONESIA	Desconocidos, pero probablemente más altos que los de Tailandia o Malasia
NIGERIA	0.75 - 1.30
CONGO	0.85 - 1.40

El costo de explotación del estaño en Asia Sudoriental ha venido aumentando como resultado de los ascendentes gastos capitales y los costos laborales. Esta tendencia ascendente continuará desde que, para mantener el ritmo de producción, tendrán que ser explotados los depósitos ubicados en el litoral marítimo y los costos capitales de la explotación minera mar afuera son alrededor del 5% mayores que el promedio del costo de las operaciones en tierra firme.

1. Costos Incluyen Impuestos Altos Poco Frecuentes

Bolivia actualmente es el productor de concentrados de estaño con más altos costos en el mundo. Es ampliamente reconocido el he-

cho de que los depósitos de filón o veta que representan esencialmente todas las reservas de Bolivia son más caros en su explotación y concentración, que los depósitos de placeres que constituyen la mayor parte de la producción de estaño en otros lugares. El costo de COMIBOL se halla en el rango de US$ 0.90 - US$ 1.70 (el promedio es US$ 1.52 por libra fina) para colocar una libra de concentrado de estaño en el Mercado Mundial. Costos similares para los Mineros Medianos son de alrededor de US$ 1.40 por libra fina. Estos costos incluyen transporte hasta las fundiciones. Los costos de explotación minera y concentración son de US$ 1.11 a US$ 1.27 por libra fina. En comparación, los costos contraídos por una compañía grande en Bolivia para operaciones de placeres son de US$ 0.60 - US$ 0.80 por libra. Sin embargo, la explotación de placeres, actualmente, significa una porción menor de la producción de estaño de Bolivia.

De este modo Bolivia se halla en una posición competitiva de desventaja en el mercado mundial del estaño. Para realizar un beneficio debe mantener un precio mínimo para el estaño, corrientemente de US$ 1.40 por libra (1).

En el futuro es posible que la posición competitiva de Bolivia mejorará a medida que los costos de los otros países productores vayan en aumento, particularmente si tienen éx o los esfuerzos actua-

(1) El precio promedio del Consejo Internacional del Estaño se halla fijado generalmente en US$ 1.40 por libra como mínimo y US$ 1.70 por libra como máximo.

RESERVADO

les para encontrar depósitos de placeres en el Beni y si los mismos son de alta ley. La nueva planta de concentración de Vinto y la fundición Klockner se espera también que ocasionen un impacto favorable en el costo.

B. MERCADOS

Verdaderamente el estaño es una mercadería internacional con mercados importantes en los países industrializados, donde se lo usa para el estaño galvanizado (50%), soldadura (30%) y aleaciones, en orden de importancia. También tiene otros empleos varios, ninguno de los cuales es de gran importancia. Los Estados Unidos, Europa y Japón suman más de 2/3 de la demanda (Cuadro 6).

Los datos en el Cuadro 6 también indican que el mercado fué relativamente débil en la década del 50. Sin embargo, en la década del 60 comenzó una mejora relativa, principalmente como resultado del incremento en la demanda japonesa, y en menor extensión, en los países clasificados en la categoría de "resto del mundo". El crecimiento total de la demanda de estaño, entre los años 1950 y 1969 fué del 1%, entre 1963 y 1969 la relación de crecimiento fué de 2.5% anual.

Es difícil proyectar la demanda para el metal. Por muchas razones los países productores de estaño tienen reputación por su inestabilidad política que continúa animando a las naciones industrializadas a investigar para encontrar substitutos al estaño. En

CUADRO 6

CONSUMO DEL METAL PRIMARIO ESTAÑO

1950 - 1969

(En Miles de Toneladas Largas)[1]

	1950	1951	1952	1953	1954	1955	1956	1957	1958	1959	1960	1961	1962	1963	1964	1965	1966	1967	1968	1969
MUNDO EXCLUYENDO EL BLOQUE ORIENTAL Y LA CHINA	145	132	124	124	132	140	147	139	0	148	162	158	160	162	171	167	170	168	175	181
U.S.A.	71.2	56.9	45.3	54.0	54.4	59.8	60.5	54.4	48.0	45.8	51.3	50.3	54.6	55.2	58.6	58.6	60.2	57.8	58.9	57.4
REINO UNIDO	23.3	23.9	22.6	18.9	21.7	22.9	21.8	21.5	19.2	20.6	21.8	20.2	21.4	20.6	19.3	19.3	18.4	17.4	17.1	17.8
JAPON	4.6	4.1	4.5	5.0	6.0	6.5	9.8	8.3	9.6	10.7	12.9	14.3	13.8	15.9	17.9	17.2	18.6	20.4	22.2	25.5
ALEMANIA OCCIDENTAL	7.8	7.5	7.3	5.8	6.6	8.2	8.4	9.2	9.8	16.7	27.7	25.8	11.6	11.2	12.4	11.7	10.8	10.7	11.1	13.2
FRANCIA	7.8	7.9	7.5	8.0	9.0	9.7	10.4	11.2	11.0	10.9	11.2	10.1	11.2	11.0	11.0	10.1	10.3	10.4	9.9	11.1
CANADA	4.5	4.7	4.2	4.0	3.6	4.0	4.1	3.6	3.3	4.2	3.9	4.0	4.5	4.9	4.8	4.9	5.0	4.8	4.3	4.3
AUSTRALIA	2.3	2.4	2.4	2.3	2.5	2.4	2.3	2.7	3.2	3.5	3.9	3.3	4.5	4.7	4.6	4.5	4.3	4.4	3.8	3.8
OTROS	33.										29.									48.

1) Una tonelada métrica es igual a 0.98 toneladas largas

FUENTE: Anuario y Boletín Estadístico del Consejo Internacional del Estaño

el pasado esto ha sido parcialmente contrarrestado por problemas substanciales que han sido encontrados en la adopción de estaño libre de acero. En el futuro, otro factor que puede ayudar a contrarrestar las pérdidas en la demanda de estaño debido a la substitución es el esperado incremento substancial a originarse en el desarrollo de los países. Más aún la demanda de los países Orientales y de la China Comunista es un factor completamente desconocido que podría trastornar cualquier predicción. Personas entendidas en este problema han expresado que el crecimiento del 2% anual en el consumo a fines de los años 60 indica un permanente giro, y que el estaño en el futuro experimentará un contínuo, sino excitante, crecimiento alrededor de esa misma tasa.

El Cuadro 7 presenta los precios del estaño metálico para el período 1950-1970. Los datos indican claramente que los precios fueron más altos en los años 1960 que en los años 1950. Durante el período 1950-1960 el promedio de los precios fué de alrededor de US$ 1.01 por libra; durante el decenio 1960-1970 el promedio fué de US$ 1.44 por libra. El precio varió durante 1950-1960 de US$ 0.90 a US$ 1.35 por libra, la fluctuación entre 1960-1970 fué de US$ 1.00 a US$ 1.77 por libra.

Todos los precios del metal de estaño vigentes en el Mundo Occidental están directamente relacionados con el London Metal Market (LME). No hay mercado libre o precio de productores. El mineral es vendido sobre la base del precio del metal del LME para el conte

nido metálico del mineral menos un cargo por refinación relacionado con la ley del mineral. Este cargo es regularmente cotizado en el London Metal Bulletin y dado que estas cifras no son enteramente exactas ellas indican tendencias. También reflejan la diferencia substancial entre cargos para el mineral del Sudeste Asiático y para el mineral boliviano. El mineral del Sudeste Asiático, en general lleva un cargo de US$ 48 por tonelada, más 1% de deducción del valor del metal contenido para cubrir las pérdidas por fundición, totalizando US$ 84 por tonelada. El mineral boliviano por otra parte, tomando los precios de William Harvey, en el pasado soportó un cargo de US$ 52.70 por tonelada con 1.3% de deducción del valor del metal contenido; actualmente ésto es más o menos US$ 86.40 por tonelada de concentrados, los cuales con la deducción por pérdidas de fusión alcanzan a US$ 132 por tonelada. Minerales de baja ley soportan cargos entre US$ 144 y US$ 168 por tonelada. Se han señalado ajustes al actual precio de fundición a portazgo, no por incremento de las cifras básicas, sino por ajuste de los cargos por intereses, cargos por impurezas, los descuentos de volumen y otros ítems semejantes.

El metal es vendido al precio LME por sus propietarios ya sean fundidores, mineros o comercializadores a consumidores que pueden ser consumidores o comercializadores. Una gran proporción del estaño metálico se mueve sin la intervención de los comercializadores. Como en el cobre, el mercado LME para el estaño se realiza sobre la base de un pequeño porcentaje del volumen actualmente empleado en

RESERVADO

CUADRO 7

PRECIOS DE ESTAÑO

1950-1970

(US$/Libra)

Año	Precio	Año	Precio
1950	0.93	1961	1.11
1951	1.35	1962	1.12
1952	1.21	1963	1.14
1953	0.92	1964	1.55
1954	0.90	1965	1.77
1955	0.93	1966	1.60
1956	0.99	1967	1.51
1957	0.95	1968	1.44
1958	0.92	1969	1.55
1959	0.98	1970 (Agosto)	1.60
1960	1.00		

Fuentes: Anuario de Estadísticas del Consejo Internacional del Estaño (CIE)

Boletín Estadístico del C.I.E.

el mundo.

Aunque los precios futuros del estaño son difíciles de predecir, nuestro trabajo de campo y nuestros análisis sugieren que el precio promedio durante los años 70 tenderá hacia el alto promedio experimentado a fines de los años 60 o sea alrededor de US$ 1.60 por libra. Esta proyección supone que la inflación no existirá o será muy pequeña y que la producción no se expandirá a una relación mayor del 5% anual. Por otra parte, es probable que los precios fluctuarán alrededor de este promedio, aunque ciertamente pueden bajar temporalmente durante los siguientes meses.

Un desarrollo a largo plazo de gran significado respecto al precio es la decisión del Fondo Monetario Internacional para mantener al Consejo Internacional del Estaño, por medio de un préstamo, a una tasa baja de interés, de fondos requeridos de cada país miembro para financiar las operaciones del Fondo de Estabilización (buffer stock). De este modo el mayor costo para los países será el de los cargos por intereses. Desde que el Fondo Monetario tiene una potencia ilimitada para suministrar capital para las operaciones de los administradores del Fondo de Estabilización (buffer stock), es cierto que el soporte a los precios del estaño será más efectivo en el futuro que en el pasado. Claramente, el Fondo Monetario ha tomado esta decisión porque está conciente de los efectos adversos que causa la caída de los precios a los presupuestos nacionales de los países en desarrollo.

C. FUNDICION

El Cuadro 8 presenta la producción de estaño metálico de los principales países productores durante el período de 1950 a 1969. Los datos indican que Malasia es de lejos el mayor productor de estaño metálico en el mundo seguido por el Reino Unido y Tailandia. Bolivia nunca ha sido un factor significativo en la fundición de estaño. Es el último país principal productor en instalar una fundición de estaño. Virtualmente todo el estaño, con excepción del producido en Indonesia, se funde ahora dentro de las fronteras nacionales. En el caso de Indonesia no está produciendo estaño metálico debido a dificultades técnicas con su fundición.

Actualmente, la capacidad de las fundiciones de estaño en el Mundo Occidental es de aproximadamente 333,200 toneladas; los fundidores con precios de fundición a portazgo suman un tercio de esta capacidad. Fuentes comercializadoras sugieren que una buena parte de esta capacidad tal vez unas 100,000 toneladas, cesarán sus operaciones en un futuro próximo por carencia de mineral, a medida que los países productores de estaño instalen sus propias fundiciones. Billiton, por ejemplo, tiene una capacidad de 20,000 toneladas y probablemente, en forma normal, procesan no más de 5,000 toneladas de mineral anualmente. Hoboken, Metallgesellschaft, y Copper Pass probablemente están en la misma dificultad. Esta situación sugiere que los cargos de fundición de estaño, por los fundidores con precios de fundición a portazgo, ha alcanzado el punto más bajo po-

CUADRO 8

PRODUCCION DEL METAL PRIMARIO DE ESTAÑO

1950 - 1969

(En Miles de Toneladas Largas)[1]

	1950	1951	1952	1953	1954	1955	1956	1957	1958	1959	1960	1961	1962	1963	1964	1965	1966	1967	1968	1969
TOTAL MUNDO OCCIDENTAL[2]	170	163	163	174	177	170	167	158	121	114	146	136	145	143	142	149	156	174	184	175
CHINA (Rep. Popular)	4.0	4.8	5.4	6.3	7.5	12	14	16	18	21	24	24	24	24	24	24	24	N/D	N/D	N/D
MALASIA Y SINGAPUR	68.7	65.9	62.8	62.4	71.2	70.6	73.3	71.3	45.4	45.7	76.4	79.1	82.1	84.0	71.4	72.5	71.0	76.3	88.2	87.1
REINO UNIDO	28.5	27.6	29.5	28.9	27.5	27.2	26.4	34.2	31.3	26.6	26.4	24.5	18.8	17.4	16.8	16.5	17.5	23.3	24.9	26.0
PAISES BAJOS	21.0	21.0	27.9	27.0	28.4	26.6	28.2	28.3	17.1	9.6	6.4	2.7	4.3	5.8	15.8	18.1	12.6	13.7	8.0	5.3
TAILANDIA	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	5.5	16.7	26.5	24.4	22.0
NIGERIA	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0.6	8.0	9.1	8.8	9.3	9.9	9.1	9.8	8.8
ESTADOS UNIDOS	32.1	30.9	22.6	37.6	27.0	22.3	17.6	1.6	5.2	10.7	13.5	8.5	5.5	1.5	3.9	3.1	3.8	3.0	3.5	0.3
BELGICA	9.5	8.4	10.6	9.0	11.4	10.4	9.7	9.9	8.7	5.9	8.3	6.0	8.6	7.0	5.5	4.2	4.9	4.2	4.8	4.4
BRASIL	0.1	0.1	0.1	0.6	1.8	1.2	1.5	1.4	0.6	1.2	1.3	1.5	2.3	2.1	2.1	2.1	2.1	1.9	1.7	2.2
ESPAÑA	0.9	0.9	0.6	0.7	0.7	0.7	0.5	0.4	0.5	0.4	0.5	0.7	0.9	1.5	1.8	1.7	3.0	1.8	2.2	2.1
BOLIVIA	0.4	0.0	0.3	0.2	0.2	0.1	0.4	0.3	0.7	0.9	1.0	2.0	2.0	2.5	3.6	3.4	1.1	1.1	0.1	0.1
INDONESIA	———	———	———	N/D	———	———	0.3	0.3	1.6	1.9	1.9	2.0e	2.0e	2.0e	1.8e	1.8e	0.8	1.5	4.5	4.5

1) Una tonelada métrica es igual a 0.98 toneladas largas

2) Excluyendo a China, U.R.S.S., Alemania Oriental y Vietnam del Norte

N/D No disponible

FUENTE: Consejo Internacional del Estaño

CONTINUED

sible, y que un país, a menos que obtenga significativos ahorros de transporte de metal más que de concentrado, no incrementará sus ingresos por una fundición local. Por otra parte, las significativas ventajas del mercadeo pueden derivarse de las fundiciones nacionales ya que ellas dan al país una salida opcional para su mineral. Para obtener las más altas ventajas del mercadeo, el mejor camino para Bolivia puede ser vender parte de su mineral como concentrado y parte como metal.

La fundición de estaño a ser instalada en Bolivia procesará alrededor de un cuarto de la producción total boliviana de estaño, (por ejemplo, de aproximadamente 7,500 toneladas por año de estaño, comparadas con una producción total de alrededor de 30,000 toneladas de estaño producidas en 1969 en forma de concentrados). La fundición proyectada anticipó una segunda etapa que añadirá 7,500 toneladas adicionales de capacidad por año y requerirá un incremento en la inversión igual a 3.0 millones de dólares. Desde nuestro punto de vista creemos que una segunda etapa sería justificada y mejoraría la economía total de la fundición de estaño.

La economía de la tercera etapa, la cual añadiría también la capacidad, es dudable. Algunos de los fundidores británicos han aumentado su capacidad y modernizado sus plantas a la espera de tratar concentrados de estaño de Bolivia. Como resultado de los planes bolivianos para incrementar la capacidad de su fundición nacional, se anticipa que estos fundidores soportarán una carestía de con-

centrados de estaño. Conforme aumente esta carestía los términos para el tratamiento del estaño pueden llegar a constituir un incremento favorable a Bolivia y afectar la economía de implementar la expansión de la tercera etapa de la fundición Klockner. Un factor importante que debe influir en la decisión para implementar la tercera etapa de la fundición es el éxito financiero y técnico de las primeras dos etapas.

Un importante punto respecto a la producción de estaño es el nivel de pureza requerido por los consumidores. En los Estados Unidos, el mercado requiere 99.85% de pureza contra 99.75% en el Reino Unido; en Rusia aún una menor calidad es aceptable. Europa Occidental requiere más alta pureza en estaño que en el Reino Unido, una importante consideración para Bolivia porque William Harvey ha encontrado que no es económico tratar el mineral boliviano para obtener el grado requerido por los Estados Unidos o Europa Occidental; ellos prefieren aumentar el nivel de pureza mediante el añadido de metal purísimo o también vender el metal de menor pureza al Reino Unido o Rusia. De este modo, para Bolivia los costos de conversión a un metal de más alto grado apto para los mercados de Europa Occidental y Estados Unidos serán mayores que las corrientes; por el contrario el metal de estaño boliviano estará sujeto a un descuento de US$ 0.02 a US$ 0.025 por libra de metal de grado inferior.

Puesto que los precios de fundición a portazgo son improbables de ser abruptamente reducidos por el procesamiento en Boli-

RESERVADO

via, el nivel de la capacidad de fundición necesita ser establecido sobre una estrategia de mercado diseñada para obtener el más alto ingreso total para el país a través de una combinación de ventas de mineral y metal.

D. OPORTUNIDADES

1. Hojalata de Estaño

Como se mencionó inicialmente, el principal uso del estaño es en la producción de hojalata de estaño. Sería ideal si Bolivia estuviera en posición de producir ya sea hojalata de estaño o asegurar que el estaño boliviano sea usado en la producción de hojalata de estaño en el Mercado Andino y preferiblemente en el mercado Sudamericano.

La mayor parte de la hojalata de estaño se produce en plantas de acero muy grandes y completamente integradas que sólo pueden justificarse sobre la base de un gran mercado creciente. Las etapas de procesamiento involucradas en la producción de hojalata están entre las más numerosas en la industria del acero. Estas plantas típicamente incluyen: (1) la reducción del mineral en los hornos de cuba, (2) la conversión a acero en hornos abiertos o convertidores, (3) vaciado del acero en lingotes, (4) el recalentamiento de los lingotes en los hornos de recalentamiento, (5) laminado a planchas desbastadoras o laminadoras en bruto, (6) laminado en cinta en una laminadora en caliente, (7) baño químico de limpieza,

(8) baño al aceite para limpieza, (9) laminación en frio, (10) limpieza, (11) recocido, (12) templado, (13) preparación en aceite, y (14) deposición electrolítica del estaño.

La inversión requerida para la producción de hojalata de estaño es muy grande. El Cuadro 9, Columna 2, presenta los costos de capital típicos por tonelada anual de producción para grandes plantas. Los rendimientos están incluídos en los cálculos y, como resultado, si los costos de capital para cada etapa se suman, la cifra resultante es la inversión total requerida para producir una tonelada de hojalata de estaño anual sobre la base de media libra de estaño por caja.(1) Para obtener el costo de capital actual la producción anual anticipada en toneladas se multiplica por la inversión por tonelada anual de capacidad. Por ejemplo, una laminadora tandem en frío con una capacidad de producción de 300,000 toneladas por año de cinta laminada fría con secciones de limpieza, recocido y templado, requeriría una inversión de alrededor de 22.0 millones de dólares (300,000 toneladas x $\frac{\text{US\$ } 73}{\text{Ton.}}$ = US$ 21,900,000). Debe enfatizarse que las cifras del Cuadro 9 son para grandes plantas integradas localizadas en países industrializados. Plantas de una escala menor con menores costos de inversión también son disponibles pero tienen costos de operación típicamente más altos y problemas en la calidad del producto.

---

(1) Una media libra de estaño por caja base es característica de la cantidad de estaño usado en los países en desarrollo. En los

CUADRO 9

COSTO DE CAPITAL Y VALOR AGREGADO DE CADA ETAPA EN LA PRODUCCION DE UNA TONELADA DE HOJALATA

(1/2 libra de estaño por caja base)

	COSTOS DE CAPITAL		COSTO DE OPERACION	
	US$ Tonelada año producida	US$ Tonelada Hojalata año	Valor Agregado	US$ Ton. Hojalata
Reducción directa del mineral de hierro	45	50	50	
Horno eléctrico para producir el acero (incluyendo vaciado de lingotes, convencional)	30	45	30	
Planta de espesado	17	24	4	
Laminado en caliente incluyendo baños químicos y de aceite	70	88	29	
Laminado en frio incluyendo recocido y templado	73	86	26	
Leposición electrolítica incluyendo preparación de arrollamiento	54	56	31	
		$349	$170	

países industrializados se usa generalmente 1/4 de libra de estaño por caja base.

Sin un estudio detallado no es posible estimar los costos de operación asociados con la producción de hojalata de estaño. La razón es que ninguna fundición de hierro está únicamente destinada a la producción de un producto único como la hojalata de estaño, sino que produce un número de productos tales como hojas laminadas en frío y caliente, hojas galvanizadas y en cinta tanto angostas, como anchas. Antes de que puedan estimarse los costos de operación debe conocerse la mezcla de productos, y esto sólo puede ser determinado después de un cuidadoso análisis de mercado.

Sin embargo, el valor agregado en el recubrimiento con hojalata, de las láminas de acero enrolladas, puede ser estimado sin un análisis detallado de mercado. Representa sólo alrededor de US$ 30 por tonelada en comparación con el costo total de producción de hojalata de US$ 170 por tonelada. Si uno supone el precio del estaño en US$ 1.60 por libra, el contenido de estaño es sólo de alrededor de US$ 7.50. Es evidente en este análisis que el costo del estaño es un porcentaje muy pequeño del costo total de la producción de hojalata.

La inversión puede ser reducida por eliminación de la primera parte del proceso, que requeriría de la compra ya sea de rollos laminados en caliente o frío de la Argentina para su posterior deposición electrolítica. Esto podría lograr el objetivo de colocar el

RESERVADO

estaño boliviano en hojalata. Esto se podría conseguir mediante el desarrollo del proyecto del Mutún, lo que involucraría una reducción directa de hierro, y el embarque del hierro reducido en grandes cantidades a la Argentina. Allí una vez laminado en caliente o en frío podría ser enviado nuevamente a Bolivia para el estañado y galvanizado. Si bien un proyecto de esta naturaleza podría ser viable, debe anotarse que un riesgo muy grande de inversión podría ser requerido para colocar diez libras de estaño en cada tonelada de hojalata. Una mejor alternativa podría ser el realizar un arreglo con uno de los productores Andinos de acero donde el estaño boliviano podría ser usado para la fabricación de la hojalata.

Es improbable que exista una oportunidad para que Bolivia pueda vender hojalata de estaño en los países de ALALC. La capacidad de las plantas de hojalata de estaño en Latinoamérica es de 750,000 toneladas por año; la producción, sin embargo, es de 400,000 toneladas, o alrededor del 50% de la capacidad instalada, y las importaciones alrededor de 350,000 toneladas. El Cuadro 10 presenta la capacidad estimada para Sud América (omitiendo México y América Central). Argentina, Brasil, Chile y Colombia son los principales productores de hojalata en Sud América. La capacidad para estos cuatro países en 1970 fue aproximadamente de 550,000 toneladas. Aunque la producción, por otra parte, fué de 380,000 toneladas (Cuadro 10).

Las razones para que Latinoamérica importe grandes cantidades de hojalata de estaño, a pesar de la sobre-capacidad existente en el

CUADRO 10

CAPACIDAD Y PRODUCCION DE HOJALATA EN SUD AMERICA

1967 - 1970

(En toneladas)

País	Capacidad	Producción			
	1970	1967	1968	1969	1970[1]
Argentina	155,000	9,000	5,000	2,000	65,000
Brasil	230,000	203,000	205,000	225,000	230,000
Chile	115,000	35,000	26,000	30,000	65,000
Colombia	50,000	ninguna	4,000	21,000	20,000
	550,000	247,000	240,000	278,000	380,000

[1] Relación actual estimada.

área, son la mejor calidad y los precios más competitivos de la hojalata importada. Si la hojalata de la Región Andina fuese competitiva con la importada de terceros países, la producción de hojalata debería estar concentrada en un país en la Subregión, donde la producción y la calidad puedan ser controladas. En Latinoamérica el consumo de hojalata está creciendo y a pesar de la capacidad no usada existe una oportunidad para plantas nuevas y modernas, capaces de producir hojalata de estaño a bajo costo.

2. Aleaciones

El segundo uso más importante del estaño es en la manufactura de aleaciones, las más importantes de las cuales son soldaduras, metales babbit y metal blanco, bronce y latón, en orden aproximado de importancia. Más específicamente, las aleaciones de estaño incluyen, las así llamadas soldaduras blandas, soldaduras para automotores y latas, soldaduras de estaño antimonial, soldaduras de estaño-plata, y soldaduras de plomo plata. Otros usos varios del estaño son en peltres y aleaciones base plomo especiales para cojinetes. En adición al zinc, estos productos generalmente contienen antimonio, cobre, plomo y, en caso de las aleaciones de bronce, zinc.

La posición de Bolivia en las materias primas en estaño, antimonio, bismuto, cobre, plomo, zinc y plata hacen que sea la única apropiada para producir este amplio rango de aleaciones para su ven

ta a los mercados Andinos y por lo tanto está en una posición ventajosa para requerir que le sea dada la reservación de estos productos. La oportunidad para producir aleaciones blandas se analiza en otra sección de este informe donde consideramos no sólo las aleaciones de estaño sino también las aleaciones hechas a partir de bismuto, antimonio, cobre, zinc y plomo.

RESERVADO

III. B I S M U T O

III. B I S M U T O

A. RECURSOS Y PRODUCCION

Bolivia actualmente es el segundo gran productor de minerales de bismuto o concentrados en el mundo; su posición es solo sobrepasada por el Perú que históricamente ha sido el mayor productor (Cuadro 11). Bolivia es el único proveedor de bismuto obtenido de mineral de bismuto. La producción peruana de bismuto es un sub-producto y depende de la producción de cobre.

Las reservas bolivianas de bismuto se estiman generalmente en 13,200 toneladas métricas de contenido de bismuto, como reservas probadas indicadas, más 2,000 toneladas de metal contenido como reservas inferidas (Cuadro 12). Las reservas probadas indicadas parecen ser adecuadas, representando más de 20 años de producción a los niveles corrientes. Nuestro trabajo de campo también indicó que se están realizando intentos para incrementar las reservas para exploración en el área de Lipez.

Nuestro análisis de los costos de extracción y tratamiento para concentrados indicó que ellos no son iguales a los de los otros mayores productores. En un futuro cercano no se preven significativos cambios en la provisión de recursos de bismuto.

La producción española está creciendo lentamente pero desde una base muy pequeña. Australia podría incrementar su producción pero nuevamente desde una base limitada. Perú, Canadá y Mé-

CUADRO 11

PRODUCCION DE MINERALES DE BISMUTO, CONCENTRADOS Y METALES

1950 - 1968

(Toneladas Largas Finas de Bismuto)

PRODUCTORES PRINCIPALES	1950	1951	1952	1953	1954	1955	1956	1957	1958	1959	1960	1961	1962	1963	1964	1965	1966	1967	1968
PERU(1)	366	478	444	282	309	328	283	359	380	329	408	467	484	555	724	795	747	783	N D
BOLIVIA(1)	24	68	15	62	45	50	33	40	109	218	180	208	291	276	270	292	367	523	566
MEJICO(1)	260	333	400	330	355	346	621	348	187	235	268	1047	348	420	465	477	447	501	516
CANADA(1)	86	103	73	52	116	119	128	143	184	149	189	213	168	160	179	191	235	298	283
YUGOSLAVIA(1)	60	86	97	97	108	102	109	98	76	89	103	97	89	87	82	87	102	106	84
COREA DEL SUD(1)	N D	12	109	236	113	128	177	107	89	101	142	149	158	156	500	N D	98	112	96
JAPON(1)	N D	N D	N D	N D	N D	N D	-	-	-	-	311	1006	1184	226	-	N D	N D	N D	N D
SUECIA(1)	N D	N D	N D	N D	50	65	39	54	49	29	35	35	69	69	67	34	34	30	N D
FRANCIA(1)	77	88	90	70	11	59	50	44	50	45	50	52	62	67	68	60	66	55	N D
ESPAÑA(1)	9	11	8	26	37	29	66	93	50	27	15	9	2	4	-	-	9	N D	-
TOTAL(1) (Cifras disponibles solamente)	907	1184	1242	1166	1156	1240	1485	1331	1212	1388	1720	3305	2790	2036	2366	1943	1901	2408	-
PRODUCCION MUNDIAL ESTIMADA(2)					———	PROMEDIO 2160	———				2390	2530	--	3050	3250	2930	3100	3455	3450

(1) Estudios geológicos de Ultramar del Gobierno Británico.

(2) División de Minas de los Estados Unidos (Incluye Artículos Estimativos para China)

N D No Disponible.

CUADRO 12

RESERVAS DE BISMUTO

(TONELADAS METRICAS FINAS DE BISMUTO)

	PROBADAS		INDICADAS		INFERIDAS
	% de Bismuto contenido en el Mineral	Tons. metricas de Bismuto	% de Bismuto contenido en el Mineral	Tons. métricas de Bismuto	Ton. finas de Bismuto
COMIBOL	1.43	6,400	1.20	4,200	
Mineria Mediana	--	1,100	--	--	
Mineria Chica	1.25	600	1.25	900	
		8,100		5,100	2,000

Total Bismuto		
Probadas e indicadas	13,200	
Inferidas		2,000

RESERVADO

xico también se espera continúen sus provisiones de bismuto en relación a su producción de cobre y plomo. Sin embargo, con la probable declinación de la producción de plomo y con la producción de cobre que es improbable experimente un rápido crecimiento, el bismuto como sub-producto puede no ser tan importante como factor en el mercado mundial en el futuro, como fue en el pasado lo cual podría mejorar la posición competitiva de Bolivia.

B. MERCADOS

Tal como en el caso del estaño, el bismuto (en concentrado o metal) es una mercadería internacional. Sus usos principales son los siguientes:

Usos	Cantidad (% de la producción total)
Farmacéuticos y químicos incluyendo polvos para estómago, cosméticos y catalizadores	50
Aleaciones fusibles de bajo punto de fusión usadas en equipo de protección contra el fuego, maquineo y trabajado del metal y como medio intercambiador de calor	25
Otras aplicaciones para aleaciones, aditivos primarios para aleaciones de trabajado de metales para mejorar la forjabilidad	20

Francia, los Estados Unidos y el Reino Unido son de lejos los principales importadores de bismuto en el mundo (Cuadro 13).

CUADRO 13

PRINCIPALES IMPORTADORES DE MINERAL

O METAL DE BISMUTO

1963, 1965, 1968

(MILES DE LIBRAS)

P a í s	1963	1965	1968
Francia	1,465	1,545	2,072
E.E.U.U.	1,123	1,378	1,266
Reino Unido	1,567	1,779	1,073
Paises Bajos	231	330	517
Alemania Occidental	560	515	329
Bélgica+	2,650	83	200
Italia	96	98	124

+ Solamente metal.

El consumo de bismuto es dificil de ser estimado a causa de las compras para la reserva estratégica americana y de la fluctuación de la demanda para catalizadores acrilonitrílicos. El crecimiento de la demanda, sin embargo, ha sido proyectado a una relación de 2% a 3% anual, porque parte del mercado (por ejemplo: los catalizadores de acrilonitrilo) puede ser perdido por materiales competitivos tales como los catalizadores en base a uranio. Sin embargo, la demanda total parece ser segura.

El Cuadro 14 presenta los precios de los mercados de Londres y Nueva York para el productor de metal. La cotización de los precios del metal en el mercado libre solo han podido ser obtenidos en Londres y Nueva York desde 1969, los precios del mercado libre para mineral no estuvieron disponibles desde principios de 1968.

El precio de los productores es establecido por Cerro de Pasco en el Perú, Cominco en Canadá y Mining and Chemical Products en Inglaterra. El fundidor de Bélgica y los proveedores de los Estados Unidos, generalmente siguen el precio del productor y solo venden pequeñas cantidades en el mercado libre.

El mercado libre es provisto por Corea del Sur y recientemente por Japón, Yugoslavia y Rusia. Existen también pequeñas cantidades de bismuto producidas por fundiciones multiproductoras en Europa, es posible que esta cantidad sea vendida en el mercado libre.

CUADRO 14

PROMEDIOS ANUALES DE PRECIOS DE METAL Y MINERAL DE BISMUTO

1950-1970

(DOLARES AMERICANOS POR LIBRA)

AÑO	METAL (1) Nueva York	(2) Londres	MINERAL (3) Londres
1950	2.25	2.25	0.70
1951	2.25	3.70	1.54
1952	2.25	2.80	1.12
1953	2.25	2.30	0.77
1954	2.25	2.25	0.70
1955	2.25	2.25	0.70
1956	2.25	2.25	0.70
1957	2.25	2.25	0.70
1958	2.25	2.25	0.70
1959	2.25	2.25	0.70
1960	2.25	2.25	0.70
1961	2.25	2.25	0.70
1962	2.25	2.25	0.70
1963	2.25	2.25	0.70
1964	2.30	2.30	0.70
1965	3.43	3.50	0.70
1966	4.00	4.00	0.70
1967	4.00	4.05	0.70
1968	4.00	3.50	
1969	5.40	5.40	
1970	6.00	6.00	

(1) Precio del Productor Norte-Americano
(2) Precio del Productor
(3) 30% - 35% de Ley

FUENTES: Anuario Miniralógico

Departamento de Minas E.E.U.U.

Boletín de Metales Londres (London Metal Bulletin)

En general, los comercializadores no son activos en el mercado del metal, las ventas son realizadas directamente de los productores a los consumidores. El volumen de metal se origina de los productores, quienes históricamente han tenido control del mercado. Las provisiones al mercado libre son relativamente pequeñas porque los fundidores que generalmente venden a este mercado (con la excepción de la coreana) colocan la mayor parte de sus ventas en sus mercados domésticos.

Los datos en el Cuadro 14 indican que los precios permanecieron estables de 1950 a 1964 a US$ 2.25 por libra, comenzaron a subir a principios de 1965, cuando el precio de los productores fue incrementado, el precio de los productores nuevamente subió a principios de 1966. El precio del mercado libre se incrementó a más de US$ 9.00 por libra a fines de 1969 - principios de 1970 y recientemente se ha establecido a un nivel cercano al precio del productor de US$ 6.00 por libra. Nuestras entrevistas con los comercializadores indicaron que los precios del productor pueden esperarse que vuelvan a los niveles 1968-1969 de US$ 4.00 a US$ 5.00 por libra.

No existen aranceles sobre los minerales de bismuto importados a los países occidentales, pero existe un pequeño arancel para el metal: 1.3% del valor en los Estados Unidos, 4% en el Mercado Común y 10% en el Japón. No existe imposición de tarifa sobre el metal de bismuto importado a Inglaterra.

RESERVADO

C. FUNDICION

De las fundidoras existentes de bismuto y recursos de bismuto como sub-producto (Cuadro 15), tres fundiciones producen solo bismuto metálico y productos de bismuto, estas fundiciones se hallan localizadas en Bélgica, Inglaterra y Corea, la fundición de Corea es relativamente pequeña; las otras son plantas para la fundición y refinación de multi-productos. La capacidad actual, excluyendo la fundición boliviana propuesta, alcanza a 7 millones de libras de bismuto por año, que aproximadamente iguala la demanda del mundo occidental.

Si bien las relaciones de conversión de las fundidoras no son obtenibles generalmente, un examen histórico de los precios libres indica un margen de US$ 1.32 por libra de metal contenido a principios de los años 60 y un margen de US$ 1.20 en Octubre de 1968. En ambos casos el margen es para metal de 99.99%, que es el nivel normal.

La esperada tasa de crecimiento en la demanda, más el substancial valor agregado en la conversión de mineral a metal y la carencia de superavits en la capacidad de fundición mundial, hacen de la fundición de bismuto propuesta por Bolivia, un excelente proyecto que podría tener una atractiva tasa de rentabilidad. (Consideramos que la inversión para este proyecto será de alrededor de 2 millones de dólares). La capacidad proyectada de 400 toneladas

C U A D R O 15

FUNDICIONES, RECURSOS DEL BISMUTO Y
CAPACIDADES ANUALES ESTIMADAS

Nombre de la Compañía	Ubicación	Capacidad Anual de Bismuto (Miles de libras por año)
S.I.D.E.CHE. Bismuto metálico y productos solamente	Bruselas, Bélgica	N.D.
Mining & Chemical Products Bismuto metálico y productos solamente	Wembley, Inglaterra	2,000
S.A. Metallurgie Hoboken Multiproductos	Bélgica	25
Norddeutsche Affinerie Multiproductos y sub-productos	Hamburgo, Alemania	100
Gapper Pass & Son Ltd. Multiproductos	Inglaterra	300
Cinco productores Multiproductos y sub-productos	Japón	800
Ocho productores Multiproductos y sub-productos	U.S.A.	2,000
Cominco Multiproductos y sub-productos	British Columbia Canada	350
Cerro de Pasco Multiproductos y sub-productos	Perú	1,750
Korea Tungsten Mining Bismuto metálico y productos solamente	Corea del Sur	250
ENAF Bismuto metálico y químicos solamente	Bolivia	800

por año, es 2/3 de la producción actual de bismuto concentrado y permite flexibilidad de comercializar tanto concentrados como el metal.

Sabemos que el proyecto de fundición es una operación cooperativa para la cual el mercadeo será conducido por una firma belga. La especial naturaleza del mercado de bismuto hace, al menos actualmente, que tal arreglo sea ventajoso para Bolivia. Sin embargo, nuestro análisis completo del balance de la oferta - demanda del bismuto indica que debe pensarse cuidadosamente acerca de varios aspectos de este mercado. Cualquier relación con una fundidora existente debería dejar a Bolivia en la libertad para vender su metal o mineral como las condiciones indiquen. Por otra parte, desde que Bolivia es uno de los principales proveedores de mineral del mundo occidental, es improbable que una compañía pueda proveer salidas para una proporción mayor a la del metal fundido. Luego, Bolivia debe situarse en una posición que le permita el mercadeo de su metal de bismuto y de los compuestos de bismuto.

El problema en el establecimiento de salidas de mercado para metal o productos, es particularmente significativo en el caso del bismuto a causa de que Bolivia representa una gran parte de la provisión del mundo. Inicialmente esta situación da a Bolivia una fuerte posición porque los consumidores están casi forzados a comprar de Bolivia. Sin embargo, en un largo plazo, ésto podría

conducir a que los proveedores tradicionales retomen posiciones en el mercado a expensas de Bolivia tomando ventaja de sus lazos históricos y geográficos con los consumidores, a menos que Bolivia planee cuidadosamente su política de mercadeo para asegurar que proveerá el servicio que ellos requieren.

En resumen el arreglo exclusivo que Bolivia tiene para el mercadeo de la producción de bismuto de la fundición es probablemente un arreglo apropiado a corto plazo, pero no es tan ventajoso para largo plazo. Tan pronto como sea posible Bolivia debería estar en posición para vender el metal de bismuto y los compuestos del bismuto producidos del metal, ésto debería involucrar la provisión técnica y de otros servicios al consumidor y permitiría a Bolivia obtener la máxima rentabilidad para su producción.

D. OPORTUNIDADES

La principal oportunidad para el bismuto en cuanto a Bolivia se refiere, está asociada con la producción de aleaciones. El bismuto es un importante metal de aleación y es un metal base para aleaciones de bajo punto de fusión, y por tanto, debería ser considerado como parte de un proyecto de aleaciones de estaño y otros. Puede también existir una oportunidad para la transformación posterior del producto de fundición a carbonato de bismuto y subnitrato de bismuto, tal como se ha informado que está planeando China.

REGISTRADO

IV. Σ T N C

IV. Z I N C

A. RECURSOS Y PRODUCCION

Las reservas de zinc probadas en Bolivia se estiman actualmente en 1,210,000 toneladas que son suficientes para soportar el presente nivel de producción de concentrados de zinc por más de 40 años (Cuadro 16).

Actualmente Bolivia tiene capacidad para producir alrededor de 26,000 toneladas por año, de zinc en forma de concentrados. De lejos, el más grande productor de zinc es Mina Matilde, que generalmente opera a 60% de su capacidad y embarca más o menos 6,000 toneladas métricas anuales de zinc en forma de concentrados en 55% de ley. El ingenio tiene capacidad de 10,000 toneladas métricas finas por año en concentrados de 55% de ley. Los Mineros Medianos excluyendo a Mina Matilde han producido en años recientes de 9,000 a 11,000 toneladas métricas de zinc en forma de concentrados por año y COMIBOL produjo 4,000 a 5,000 toneladas métricas de zinc por año también en forma de concentrados. Las reservas de la Mina Matilde probablemente justificarían un substancial incremento en la capacidad; su depósito es de una alta ley (17% de zinc) y de un bajo costo.

Las reservas mundiales de zinc son suficientes para soportar el crecimiento esperado en la demanda mundial a través de la década del 70.

C U A D R O 16

RESERVAS DE ZINC

(En miles de toneladas métricas
de contenido de mineral)

	Probadas e indicadas	Inferidas
COMIBOL	415	-
Corporación Matilde	560	-
Mineros medianos	212	-
Mineros chicos	23	-
Total	1,210	2,000

Bolivia no es un importante productor de concentrados de zinc comparando con las bastas reservas del Perú dentro de la Subregión Andina.

Perú es el cuarto entre los países del Mundo Occidental en la producción de concentrados de zinc. En años recientes ha producido de 300,000 a 400,000 toneladas de zinc en forma de concentrados por año (Cuadro 17).

B. MERCADOS

El consumo actual de láminas de zinc es de alrededor de 5.0 millones de toneladas por año, 1.0 millón de las cuales es consumida dentro de los países comunistas (Cuadro 18). Las planchas galvanizadas de acero constituyen alrededor de 1/3 del consumo mundial de zinc mientras que en matrices de fundición llegan al 25% y latón al 20%; sin embargo, el crecimiento del consumo en años anteriores se ha basado principalmente en aplicaciones bien establecidas tales como matriz de fundición, hojas galvanizadas y fabricación de latón, y como resultado ha sido estrechamente ligado a la actividad económica en las naciones industrializadas del mundo.

La demanda para hoja de acero galvanizado generalmente sigue a la actividad en la construcción, particularmente en trabajos de tipo público. Dos tercios de las hojas galvanizadas empleadas en los Estados Unidos, van hacia ese mercado, mientras que en otros países más del 80% es utilizado en la construcción. Sin embargo,

RESERVADO

C U A D R O 17

PRODUCCION DE CONCENTRADOS DE ZINC POR LOS PRINCIPALES PRODUCTORES

1967 - 1969

(En miles de toneladas métricas en contenido de Zinc por año)

País	1967	1968	1969
Canadá	1,127	1,166	1,211
Estados Unidos	548	528	541
Australia	373	384	464
Perú	329	303	363
Japón	263	264	270
Méjico	237	239	244
Alemania Occidental	129	134	137
Italia	125	140	133
Congo	122	119	110
Zambia	54	67	67
Francia	25	22	20
Bolivia	17	11	26

C U A D R O 18

CONSUMO DE ZINC REFINADO - PRINCIPALES CONSUMIDORES

1967 - 1969

(En toneladas)

País[1]	1967	1968	1969
Estados Unidos	1,125	1,263	1,350
Japón	458	519	599
Alemania Occidental	303	362	400
Reino Unido	256	280	288
Francia	203	202	245
Asia (Excepto Japón)	174	202	207
Italy	141	155	170
Bélgica	116	119	135
Canada	98	113	125
Australia	104	101	104
Africa	77	65	67
Méjico	37	39	40
Total Mundo Occidental[2]	3,421	3,808	4,153
Total Países Socialistas	885	923	1,000[3]
Total mundial	4,306	4,731	5,153

1. No incluye algunos países pequeños consumidores
2. Incluye países pequeños consumidores no mencionados
3. Cifra estimada

RETENIDO

a comienzos de la década del 60 el consumo de zinc para hojas galvanizadas estuvo en declinación a pesar del incremento de la actividad de la construcción, debido a la tendencia al uso de capas más delgadas de zinc. Esta tendencia disminuyó al final de los años 1960 y el consumo de zinc para hojas galvanizadas de acero comenzó nuevamente a crecer en relación a la actividad de la construcción. Los países en desarrollo también usan extensamente las hojas galvanizadas de acero para la construcción. Como resultado esperamos que el consumo de zinc en las hojas galvanizadas de acero para la industria de la construcción se incrementará con las tasas históricas.

El siguiente mercado más importante para el zinc en el mundo es el de las matrices para fundición, sin embargo, en los Estados Unidos este mercado suma del 40% al 45% del consumo total de zinc, el que es menor que el usado en el mercado combinado de la galvanización y la fabricación de latón. Los mercados para las matrices de fundición de zinc han sido amenazados en recientes años por la introducción de plásticos de alta función moldeados por inyección. Si bien los plásticos encontraron varios problemas en la penetración a este mercado, gradualmente están reemplazando a las matrices de zinc, y puede esperarse que continúen ganando mucho del crecimiento que de otra manera hubiera ido al zinc. Autoridades en la materia esperan que en los Estados Unidos, donde se fabrica alrededor del 60% de todas las matrices de fundición de zinc, el consumo de zinc por las industrias de fabricación de matrices crez

ca alrededor del 2% al 3% anual. Sin embargo, ciertas personas han predicho una declinación en la demanda. A causa del predominio del automóvil como un mercado para las matrices de fundición (particularmente en los Estados Unidos, se usa 2/3 de todo el zinc, en matrices de fundición para la industria automovilística), el crecimiento de este mercado es influenciado a corto plazo por la producción de vehículos que provocan fluctuaciones mayores año a año. En el mundo en su totalidad, el crecimiento de la producción de automóviles compensará con creces la penetración escalonada de los plásticos, pero esperamos que las matrices de fundición serán una de las áreas de más lento crecimiento para el zinc.

El latón sigue siendo el principal mercado para el zinc en todos los países excepto los Estados Unidos. Por ejemplo, en Europa el latón consume casi tanto zinc como el galvanizado, sin embargo, una pequeña porción es solamente metal primario. Creemos que el consumo de latón recientemente ha alcanzado un punto decisivo principalmente a causa de que las consideraciones de costo gradualmente están siendo más importantes que el tradicionalismo de los diseñadores y productores. Más aún, el alto costo del cobre en los últimos años hizo más difícil para el latón la competencia con el aluminio, la competencia ya ha seguido su curso en Estados Unidos pero no en Europa.

Si bien un cierto número de los usos del zinc, tales como las extrusiones del zinc, las aleaciones superplásticas del zinc, las

aleaciones para nuevas piezas fundidas y las aleaciones para forjado han recibido amplia publicidad. Nosotros estimamos que éstas causarán un pequeño impacto en el mercado total en los próximos 10 años.

La perspectiva para el zinc es moderadamente brillante, particularmente en otros países que no sean los Estados Unidos. Se espera que la demanda mundial se incremente alrededor de un 4% anual para los próximos 10 años. Ha habido y aún hay una escazes en el suministro de concentrados, pero se espera que esta situación sea cambiada a medida que la exploración realizada durante los últimos años de carestía se traduzca en capacidades de mina y fundición. Los incrementos de mina y de la capacidad se han realizado con una tasa menor que los años recientes pero el crecimiento de la capacidad permanece a una relación del 5% anual. La capacidad de zinc en la mina y en el ingenio está creciendo a una relación lo suficientemente rápida como para que, pasada la mitad de la década del 70, se produzca nuevamente el balance de la oferta y la demanda.

El concentrado de zinc ha sido un producto comercial altamente deseable en los últimos años; sin embargo, se espera una sobreproducción de concentrados de zinc para mediados de la década del 70. Aunque, el exceso de la oferta no será tan severo como el esperado en el caso del plomo, será todavía suficiente como para crear una presión para bajar los precios y restringir severamente

el mercadeo del concentrado del zinc en los mercados mundiales.

El precio del zinc ha comenzado ya a declinar reflejando las condiciones de crecimiento de la sobredemanda. El precio actual LME es de alrededor de US$ 0.13 por libra comparado con US$ 0.146 por libra del año anterior (Cuadro 19). Parece razonable esperar que el precio promedio en los próximos 10 años sea aproximadamente de US$ 0.127 a US$ 0.140 por libra que prevaleció durante la segunda mitad de los años 1960.

Sin embargo, durante períodos de considerable exceso de la oferta puede esperarse que los precios sean de alrededor de US$ 0.10 por libra, si bien los principales productores intentarán mantener el nivel a un alto precio mediante restricciones a la producción.

C. FUNDICION

Bolivia ha informado que está planeando la construcción de una refinería electrolítica de zinc, con capacidad de 33,000 toneladas por año que será en su mayor parte provista con concentrados de Mina Matilde. Sin un conocimiento más exacto acerca de los detalles de este proyecto, no estamos en posición para comentar sobre la prudencia del proceder con la fundición del zinc. Sin embargo los fundidores de zinc en años recientes han incurrido en pérdidas. Por otra parte, la perspectiva actual a corto plazo para el zinc, es relativamente prometedora, y si pueden fir-

C U A D R O 19

PROMEDIO ANUAL DE PRECIOS DEL ZINC

London Metal Exchange

1957 - 1970

(En centavos de dolar americano pof libra)

AÑO	PRECIO
1957	10.1
1958	8.2
1959	10.3
1960	11.0
1961	9.8
1962	8.5
1963	9.5
1964	14.0
1965	13.8
1966	12.3
1967	12.2
1968	10.8
1969	13.1
1970[1]	12.8

1. Reciente

RESERVADO

marse contratos de venta a largo plazo a precios adecuados para la producción de zinc de la refinería, una refinería de zinc probablemente sería un proyecto rentable.

El mundo occidental produjo más de 4.1 millones de toneladas de zinc en 1969, mayor que los 3.3 millones de toneladas producidas en 1967 (Cuadro 20). La capacidad de tratamiento de zinc está dividida en procesos electrolíticos y Fundición Imperial . La capacidad de electrolítica instalada en el mundo es de 3.25 millones de toneladas y ha estado incrementándose particularmente en Japón, Holanda y Canadá. La capacidad del Proceso de Fundición Imperial (Imperial Smelting) se estima en más de 610,000 toneladas anuales añadiendo la capacidad de las fundiciones de zinc más antiguas.

Perú es el único productor de zinc metálico en la Subregión Andina. Su capacidad es relativamente pequeña comparada con la de los otros productores principales en los otros países; sin embargo, Perú es el cuarto productor más grande de concentrados de zinc, y al menos desde el punto de vista de las materias primas tiene un excelente potencial para el incremento de la producción de zinc metálico. Perú a causa de su importancia como proveedor de concentrados de zinc y metal, tiene ventaja para la provisión al Mercado Andino. Como resultado, Bolivia necesitará enfocar sus esfuerzos de mercadeo de zinc metálico fuera de la Subregión, posiblemente en el área de la Cuenca del Plata y otros mercados mundiales.

C U A D R O 20

PRODUCCION DE METAL DE ZINC
POR PRINCIPALES PRODUCTORES

1967 - 1969

(En miles de toneladas)

País	1967	1968	1969
Estados Unidos	918	983	1,041
Japón	713	606	516
Canadá	368	387	423
Alemania Occidental	182	203	281
Bélgica	224	247	256
Francia	186	108	255
Australia	198	208	247
Reino Unido	104	143	151
Italia	89	112	131
Méjico	74	83	75
Perú	63	67	63
Congo	61	63	63
Zambia	45	50	50
Total Mundo Occidental[1]	3,291	3,669	4,102
Países Socialistas	1,004	1,036	1,050
Total mundial	4,295	4,705	5,152

1. Incluye países productores pequeños no mencionados

2. Cifra estimada

D. IDENTIFICACION DE OPORTUNIDADES

Si Bolivia prosigue con sus planes para establecer una refinería de zinc, se obtendrá zinc metálico en el país, sugiriendo la posibilidad de producir hojas galvanizadas y también aleaciones de zinc.

1. Hojas Galvanizadas

Bolivia importa más de 7,500 toneladas de hojas galvanizadas. Si bien la producción de hojas galvanizadas normalmente es parte de la industria del acero, no es excepcional que los países en desarrollo posean pequeñas plantas capaces de producir de 10,000 a 20,000 toneladas de hojas galvanizadas por año. Las plantas de ese tamaño se basan en laminadores de hojas en caliente, en laminadoras de barras para hoja y en el revestimiento de hojas con pequeña cantidad de galvanizado. Los costos de inversión para tales plantas son de alrededor de US$ 500,000 a US$ 1,000,000, dependiendo en gran modo de la disponibilidad de un laminador de barras para hojas usado.

No es muy prometedora la posibilidad de exportación a la Subregión Andina a causa de que tanto Chile como Perú tienen capacidad para producir hojas galvanizadas, así como tubos. Colombia, por su parte, tiene capacidad para producir tubos galvanizados y alambre.

2. Aleaciones de Zinc

RESERVADO

Las aleaciones de zinc y otras aleaciones no-ferrosas conteniendo zinc serán discutidas en el Capítulo IX de este Informe.

V. P L O M O

V. P L O M O

A. RECURSOS Y PRODUCCION

Bolivia, con una producción actual de alrededor de 25,000 toneladas de concentrados de plomo, es un pequeño proveedor de materia prima de plomo en el Mercado Mundial. Perú es el mayor productor de concentrados de plomo, dentro de los países del Pacto Andino y ocupa el quinto lugar en el Mundo Occidental.

Las reservas probadas e indicadas de Bolivia en plomo se estiman actualmente en 232,000 toneladas finas que representan una producción para 10 años a los niveles actuales (Cuadro 21).

Las reservas mundiales de plomo han sido incrementadas en los últimos años como resultado de una extensa actividad de exploración conjunta para plomo y zinc. Una gran parte de las reservas encontradas han sido de alta ley y relativamente de bajo costo. Estimamos que las reservas mundiales de plomo conocidas son adecuadas para satisfacer los requerimientos de consumo para la siguiente década.

Rusia, generalmente, es el más grande productor mundial de concentrados de plomo, con alrededor de 14% del total (Cuadro 22) Los siguientes, por orden de importancia, son Australia, los Estados Unidos y Canadá, cada uno con alrededor de 10% de la producción mundial de plomo. Los costos de producción de plomo en Bolivia probablemente son similares a los incurridos por los principa-

CUADRO 21

R E S E R V A S D E P L O M O

(Contenido metálico en miles de toneladas)

	Probadas	Indicadas	Inferidas
COMIBOL	84	78	
Mineros medianos	35	15	
Mineros chicos	4	16	
	123	109	495

RESERVADO

CUADRO 22

PRODUCCION DE PLOMO EN CONCENTRADOS

POR PRINCIPALES PRODUCTORES

1967 - 1969

(En miles de toneladas)

P A I S[1]	1967	1968	1969
Estados Unidos de N.A.	300	339	473
Australia	373	379	444
Canadá	317	330	308
Méjico	166	162	168
Perú	163	165	160
Suecia	72	70	76
Sud Africa	70	61	78
Moroco	78	81	75
España	63	71	72
Japón	64	64	64
Alemania Occidental	65	57	42
Italia	39	36	38
Francia	27	26	30
Bolivia	20	22	25
Total Mundo Occidental[2]	2,071	2,134	2,327
Países Socialistas	1,052	1,082	1,116
T O T A L	3,123	3,216	3,443

[1] Compañías productoras pequeñas omitidas.

[2] Incluye países productores pequeños no mencionados.

les países productores, desde que los concentrados de plomo son sub-productos de los ingenios de zinc y estaño. Como resultado, Bolivia probablemente sería competitiva en el mercado mundial.

B. MERCADOS

El consumo anual de plomo en el mundo es de alrededor de 4 millones de toneladas, de las cuales aproximadamente 3 millones de toneladas son consumidas en el Mundo Occidental y 1 millón de toneladas en los Países Socialistas (Cuadro 23). Los Estados Unidos es el país más importante consumidor de plomo. En 1969 requirió del 28% de la demanda y el 38% de la demanda en el Mundo Occidental.

Los dos usos más importantes del plomo son en baterías para automóviles y como aditivo para gasolinas, siendo el primero el más importante. El plomo es usado en las baterías de automóviles como rejillas fundidas de plomo antimonial y como óxido de plomo que es el material activo. Es característico que las rejillas son producidas a partir del plomo secundario y el óxido a partir del plomo primario. El mercado de baterías es estable, ya que sólo alrededor del 20% de las ventas de baterías son para automóviles nuevos y el 80% de las ventas son para el reemplazo de baterías aún en servicio. Así el mercado fundamentalmente depende sobre todo de aquellos factores que afectan a las necesidades para el reemplazo de baterías, (por ejemplo, mal tiempo) más que de la actividad económica. Un corolorio de esto es que un rápido incremento

CUADRO 23

C O N S U M O D E P L O M O M E T A L I C O

POR PRINCIPALES CONSUMIDORES

1967 - 1969

(En miles de toneladas)

P A I S[1]	1967	1968	1969
Estados Unidos de N.A.	1,031	1,117	1,160
Alemania Occidental	257	286	315
Reino Unido	277	276	277
Francia	164	179	200
Japón	163	181	191
Italia	123	133	150
España	54	62	94
Méjico	65	70	69
Australia	66	61	68
Canadá	59	60	62
Suecia	53	56	54
Bélgica	44	47	49
Total Mundo Occidental[2]	2,733	2,903	3,070
Países Socialistas	995[3]	1.060[3]	1.120[3]
TOTAL MUNDIAL	3,728	3,963	4,190

1 Algunos países consumidores pequeños no incluidos.

2 Incluye países consumidores pequeños no mencionados.

3 Cifras estimadas.

RECHAZADO

en la actividad económica, tal como el que el mundo ha experimentado en recientes años, se refleja en la industria de las baterías sólo muy lentamente; contrariamente un decremento no se refleja inmediatamente, a menos que el contratiempo sea suficientemente agudo como para ocasionar que los automóviles en servicio sean almacenados. Existe un pequeño indicio de que está disminuyendo el incremento en la demanda para el transporte personal. En las ciudades más populosas un resurgimiento del transporte en masa está comenzando y por último probablemente será reducida la cantidad de millaje para viajeros abonados. Es muy complicado predecir los efectos de tales reducciones sobre la vida de las baterías. Sin embargo, en vista del lento desarrollo de los sistemas de transporte en masa, en término medio es improbable causar un cambio importante en la demanda de las baterías. A corto plazo el principal determinante de la producción de nuevos coches es la relación de coches viejos en desuso. En los Estados Unidos, normalmente el 75% de las ventas de nuevos carros son para reemplazar a los viejos coches; sólo el 25% constituye adiciones netas al número de vehículos en carretera. Como resultado de lo anterior, la producción de automóviles está altamente influenciada por el número de vehículos producidos en el pasado y generalmente sigue un modelo de rápido crecimiento, seguido por un estancamiento y finalmente por otro período de rápido crecimiento. En los Estados Unidos, el más grande mercado mundial de automóviles, el último período de estancamiento fué en 1950 a 1961; 1962 a 1965 fué un período

de rápido crecimiento. Ahora nuevamente se halla en la fase de estancamiento del ciclo y se esperan varios años de estancamiento (probablemente hasta los primeros años de la década del 70).

El tetraetilo de plomo, un aditivo para gasolina, ha sido un mercado de rápido crecimiento para el plomo que ha sido paralelo al incremento en el número de automóviles en la carretera. En los últimos años el crecimiento conciente de problemas de contaminación, particularmente la contaminación del aire ocasionada por los gases de escape de los automóviles, ha traído consigo el desarrollo de gasolinas sin plomo para las nuevas máquinas automotrices actualmente puestas en producción en Detroit. Otros países, además de los Estados Unidos, también han encarado severamente los problemas de la contaminación del aire, particularmente el Japón.

Así, puede esperarse mayores esfuerzos alrededor del mundo dirigidos a reducir los problemas de contaminación ocasionados por los escapes de gases de los automóviles. Dos métodos principales para el control de contaminación de los coches son el reactor catalítico y el post-quemador. El post-quemador simplemente quema a alta temperatura los gases de la combustión; el reactor catalítico reduce las emisiones detrimentales por formación de otros compuestos en contacto con un catalizador. La elección de cuál sistema debe ser usado es crítica para la industria del plomo, ya que mientras la presencia del plomo no es importante en el post-quemador, es crítica para el sistema catalítico (puesto que

lo envenena). El desarrollo de artefactos para control de contaminación del aire en los Estados Unidos, el más grande mercado para el plomo en el mundo, sugiere que es preferido el reactor catalítico. Aún si todos los automóviles fueran a utilizar el sistema de control de emisión por un reactor tipo catalítico, el impacto negativo sobre la demanda de tetraetilo de plomo podría probablemente ser gradual, por dos razones. Primero, es improbable que los vehículos actualmente en carretera, pero no diseñados para contener un sistema de control de emisión standard, sean forzados a hacerlo. Por consiguiente, continuarán siendo el mayor mercado para combustibles con tetraetilo de plomo a usarse en los 220 millones de vehículos actualmente existentes en todo el mundo. En segundo lugar, aún en el caso de que el uso del tetraetilo de plomo fuera restringido para todos los vehículos, sería necesario un determinado tiempo para instalar refinerías adicionales requeridas para producir suficiente gasolina de alto octanaje para satisfacer completamente la demanda.

El plomo tiene otros mercados relativamente pequeños, por ejemplo el revestimiento de plomo para cables subterráneos eléctricos y de teléfono, fué ampliamente usado hace algunos años y constituyó un importante tercer mercado. Sin embargo, comenzando en los Estados Unidos a mediados de la década del 50, los revestimientos de plomo fueron substituidos por combinaciones de aluminio, acero y plástico. Esta tendencia se está propagando a

Europa y el Japón y consecuentemente, el consumo de plomo para revestimientos está declinando gradualmente. La demanda de plomo para otros usos, permanece aproximadamente constante.

En vista de los varios mercados para plomo con tendencias descendentes, las proyecciones para los consumos futuros son pesimistas. En años recientes, el mercado mundial para plomo primario ha estado creciendo a una relación de 3% a 4% anual. La mayor parte de los entendidos, espera que el crecimiento no sea mayor para los próximos 10 años, y muchos piensan que será menor.

Por el lado del suministro parece que existirá una sobre-capacidad neta. En los últimos años fueron instaladas plantas de producción para aliviar la baja capacidad de producción de plomo existente; para los próximos dos años la capacidad adicional será puesta en producción. El resultado será un considerable exceso de la oferta para la primera mitad de la década del 70. Más aún, algunos entendidos están prediciendo que la producción del plomo se incrementará más rápidamente ya que han sido intensificados los esfuerzos de exploración de la plata, con la cual el plomo está generalmente asociado y recuperado como sub-producto.

El precio del plomo estará sujeto al aumento de la presión de descenso reflejando la más alta oferta y la más baja demanda proyectada (Cuadro 24) una tendencia ya en evidencia. El precio del plomo alcanzó el alto valor de US$ 0.16 por libra a finales de 1969, cuando las ofertas fueron escazas. Sin embargo, en meses recientes la

RECIBIDO

CUADRO 24

PRECIOS PROMEDIO PARA EL PLOMO EN EL MERCADO DE METALES DE LONDRES

1957 - 1969

(Centavos de dólar por libra)

Años	Precio
1957	9.6
1958	9.2
1959	9.0
1960	9.1
1961	8.2
1962	7.1
1963	7.9
1964	12.6
1965	13.9
1966	11.7
1967	10.4
1968	12.5
1969	13.1

demanda ha disminuido y la oferta se ha incrementado con el resultado de que el precio está declinando, actualmente es de US$ 0.145 por libra.

C. FUNDICION

En los 5 años pasados, los fundidores europeos y japoneses han demostrado considerable interés en la adquisición de concentrados de plomo, bajo contratos a largo plazo, para proveer sus capacidades de fundición rápidamente expandibles. Con la perspectiva del exceso en la oferta para el plomo y de los precios bajos será dificil ingresar al mercado mundial de concentrados (o de metales).

La capacidad actual de las fundiciones de plomo en el mundo está por encima de 4 millones de toneladas por año, de las cuales 3 millones de toneladas se hallan en el Mundo Occidental y 1 millón de toneladas en los Países Socialistas (Cuadro 25). Como se indicó, Perú es el más grande productor de plomo y tiene la capacidad suficiente como para proveer a la Subregión Andina. Similarmente en la Cuenca del Plata, tanto Argentina como Brasil tienen la capacidad suficiente para proveer al área. Por consiguiente, el desarrollo de la producción de plomo en Bolivia dependería del mercado interno que es pequeño.

Considerando que la fundición de Metabol fue originalmente construída como una fundición de plomo convencional y podría ser reactivada para producir 3,000 toneladas de plomo por año, existe muy poca

CUADRO 25

P R O D U C C I O N D E P L O M O

POR PRINCIPALES PRODUCTORES

1967 - 1969

(En miles de toneladas)

P A I S	1967	1968	1969
Estados Unidos de N. A.	730	827	1.013
Alemania Occidental	296	271	304
Reino Unido	192	234	249
Australia	218	203	215
Japón	150	165	196
Canadá	177	183	170
Francia	144	148	156
Bélgica	98	95	97
Italia	72	76	83
España	54	62	84
Perú	82	86	78
Sud Africa	69	55	66
Argentina	30	32	36
Moroco	21	24	27
Brasil	15	16	18
Total Mundo Occidental[1]	2,664	2,825	3,122
Países Socialistas	938	978	1.000[2]
TOTAL MUNDIAL	3,602	3,803	4,122

[1] Incluye países productores pequeños no mencionados.

[2] Cifra estimada.

justificación para la consideración de un nuevo proyecto para fundición de plomo en Bolivia. Más aún, Salesky tiene una vieja fundición de plomo cerca a La Paz con una capacidad de 200 toneladas por año y planea construir una nueva fundición pequeña en el futuro con una capacidad de 10,000 toneladas anuales de plomo basado en concentrados de plomo con un alto contenido de plata. Este volumen excede grandemente el mercado doméstico para plomo, el que sería inicialmente usado para la producción de baterías y en menor extensión para producir láminas y aleaciones base plomo.

En resumen, considerando el actual y futuro del débil mercado de plomo, Bolivia no debería considerar ninguna gran fundición de plomo orientada hacia el mercado mundial. Es más, desde que el Perú es el productor dominante del plomo en la Subregión Andina, es improbable que Bolivia pueda ser el principal proveedor a este mercado. El área de la Cuenca del Plata es auto-suficiente con las capacidades existentes tanto en Brasil como en la Argentina. Recomendamos que no debe darse una posterior consideración para una fundición de plomo en Bolivia, a menos que sean obtenibles concentrados de plomo con muy alto valor en plata.

VI. C O B R E

RECHAZADO

VI. C O B R E

A. RECURSOS Y PRODUCCION

Las reservas bolivianas de cobre son más que adecuadas para soportar el nivel actual de producción. Las reservas probadas indicadas se estiman actualmente en 311,000 toneladas de contenido de cobre, con 500,000 toneladas de reservas inferidas (Cuadro 26). Las mismas son adecuadas para soportar los niveles existentes de actividad minera para los próximos 40 años. Sin embargo, no son suficientes para el establecimiento de un complejo de refinación rentable. Por lo tanto, las principales oportunidades con respecto al cobre en Bolivia están en la exploración y desarrollo de nuevos y grandes yacimientos mineralizados. Creemos que las perspectivas de mayor desarrollo de las reservas de cobre en Bolivia son totalmente promisorias.

Respecto al programa de exploración debería observarse que depósitos grandes de cobre sulfuroso situados cerca de la superficie son explotables con técnicas modernas y mediante instalaciones más grandes de minería y concentración; ellos tienen contenidos en cobre de 0.7% y tal vez aún ligeramente menores. Los depósitos subterráneos requieren de mineral de alto grado, en el orden del 2.0% en cobre para justificar su desarrollo.

Como parte del programa de desarrollo de reservas de COMIBOL, exploraciones para cobre, plomo y bismuto actualmente están siendo

CUADRO 26

RESERVAS DE COBRE DE BOLIVIA

(Miles de toneladas con contenido de metal cobre)

	Probadas e indicadas	Inferidas
COMIBOL	192	
Mineros medianos	56	
Mineros chicos	63	
T O T A L	311	500

llevadas a cabo en el área de Lipez.

El suministro de concentrados de cobre ha sido pequeño desde mediados de la década del 60. Este período fué mucho más largo de lo que esperaban la mayor parte de los expertos y resultó de rápido incremento en la demanda mundial. Varios problemas inesperados fueron encontrados al poner en marcha nuevas minas y en los 9 meses de huelga en los Estados Unidos entre 1967 y 1968. Actualmente la demanda ha disminuido en relación a la declinación de la actividad económica en muchos países. Por otra parte, algunas de las nuevas minas que tuvieron problemas al principio, han iniciado finalmente sus operaciones conduciendo a un mejoramiento futuro en el equilibrio de la oferta-demanda.

El Cuadro 27 presenta la producción existente y anticipada de concentrados de cobre durante el período 1966-1973. Los datos indicaron que la producción no creció durante 1966 a 1968 pero que se espera un incremento del 40% de la capacidad para 1973.

Las proyecciones de la capacidad de producción de concentrados de cobre para el Mundo Occidental, han sido en el pasado repetida y considerablemente menores que los niveles actualmente adquiridos. Esto se ha debido principalmente a la intervención de eventos catastróficos inesperados, tales como sequías, deslizamientos de tierra, derrumbes interiores y terremotos. Estas calamidades naturales postergaron el período cuando la producción de la mina y la capacidad de nuevas concentradoras pudieron ser realizadas pero no

CUADRO 27

PRODUCCION DE CONCENTRADOS DE COBRE E INCREMENTOS ANTICIPADOS DE CAPACIDAD

1968 - 1973

(En miles de toneladas con contenido de cobre)

P A I S	1966	1967	1968	Aumento Anticipado 1969 - 1973
Estados Unidos de N.A.	1,280	860	1,100	450
Chile	636	660	644	370
Zambia	622	663	635	120
Canadá	461	547	554	170
Congo	315	317	320	45
Perú	184	186	204	225
Sud Africa	162	163	159	10
Japón	112	118	117	20
Australia	112	91	108	60
Filipinas	73	85	100	70
Méjico	74	63	66	
Otros Países del Mundo Occidental	295	295	305	310
Total Mundo Occidental	4,426	4,048	4,312	1,850
Países Socialistas	990	1,030	1,040	275
TOTAL MUNDIAL	5,416	5,078	5,352	2,125

RESTRINGIDO

alteró la magnitud del potencial de la capacidad que finalmente fue puesta en marcha. Por consiguiente, las proyecciones anuales de capacidades de mina y de concentrados esperadas para cinco años de existencia desde cualquier punto en el tiempo, se han incrementado cada año desde mediados de la década del 60; al mismo tiempo, la capacidad actual puesta en marcha en cualquier año, en forma repetida ha sido significativamente menor que la proyección hecha a principios de año. Algunas de las capacidades de mina e ingenio, inicialmente proyectadas, están finalmente siendo puestas en producción y salvo las excesivas calamidades naturales adicionales, la oferta de cobre debería ser adecuada para abastecer la demanda que pueda desarrollarse en un futuro cercano. Pero como tal equilibrio no continuará indefinidamente, con el crecimiento esperado de la demanda a un 4% anual, puede ser que hasta mediados de la década del 70, capacidades adicionales de mina e ingenio, todavía no en construcción, sean necesarias.

Bolivia ha sido un pequeño productor de minerales de cobre comparado con Perú y Chile (Cuadro 27). La producción boliviana de minerales de cobre en los 10 años pasados se ha incrementado de 2,400 toneladas a 8,000 toneladas por año con contenido de cobre. Estas cifras comparadas con las 700,000 toneladas de contenido de cobre producido por Chile anualmente y las 200,000 toneladas por año producidas por Perú. Con países de tal importancia en la industria mundial de cobre, Bolivia está comparativamente en desventaja para competir con ellos en el Mercado Andino. Por otra parte, el

volumen de la producción de cobre es comercializado internacionalmente y Bolivia no debería tener dificultad en disponer de su producción.

En vista de que las prospecciones de Bolivia son excelentes para encontrar depósitos adicionales de cobre y también desde que su posición como proveedor al Mercado Mundial es relativamente pequeño recomendamos que un gran programa de exploración sea iniciado tan pronto como sea posible.

B. MERCADOS

El consumo de cobre refinado en los últimos años ha sido de alrededor de 6,000,000 de toneladas anuales, de las cuales alrededor de 1,000,000 de toneladas corresponden a los Países Socialistas y 5,000,000 de toneladas al Mundo Occidental. Estas cifras incluyen el cobre de concentrados y otros materiales como blister y material de desecho recirculado; el cobre de materiales distintos a los de los concentrados totaliza alrededor del 13% de la producción mundial de cobre. El cobre es consumido en una amplia variedad de industrias. Los devanados de la mayor parte de los motores son de cobre a pesar de la penetración del aluminio en las líneas eléctricas de alta transmisión, el cobre continúa siendo usado para instalaciones eléctricas en las casas y para muchas líneas de transmisión bajo tierra. El cobre es un importante constituyente de un gran número de aleaciones ya sea base cobre, tales como

latón y bronce o aleaciones más raras tales como Monel (una aleación a base de níquel contiene alrededor del 40% de cobre).

Como consecuencia de los empleos del cobre ampliamente diversificados es que la demanda para el cobre tiende a seguir de cerca sobre todo a la actividad económica industrial. Si bien el aluminio, el acero enchapado y los plásticos usurpan varios mercados del cobre, mucho de la penetración en el Mercado Mundial ya se ha efectuado de tal modo que las pérdidas a encararse en el futuro son probablemente significativamente menores que aquellas del pasado.

Los dos principales mercados para el cobre que parecen ser los más vulnerables a la substitución a corto o a medio plazo son los radiadores de automóviles y cañerías de agua. Han continuado realizándose esfuerzos por varios años para desarrollar un radiador económico de automóvil hecho de aluminio y varias veces se ha informado de los éxitos y su producción eminente. El principal factor disuasivo para la comercialización, aparentemente es el problema de mantenimiento de campo donde el arreglo a las fugas de los radiadores de aluminio es significativamente mucho más difícil que arreglar uno de cobre. No es totalmente seguro que el aluminio suplantará al cobre en los radiadores, ya que los problemas de mantenimiento parecerían ser el mayor obstáculo, pero las investigaciones continúan y no debería desestimarse la amenaza simplemente sobre la base de los fracasos pasados.

El cobre ha sido por largo tiempo el material standard para la conducción de agua en las viviendas. Se han realizado tentativas para desarrollar plásticos apropiados para tales servicios y ha habido éxito para líneas de agua fría, pero no para aquellas que conducen agua caliente. Sin embargo, plásticos nuevos están siendo desarrollados continuamente y parece ser posible que finalmente las cañerías de cobre para agua serán reemplazadas, al menos en muchas de sus aplicaciones actuales. Prescindiendo de cuando sean desarrollados substitutos apropiados, la penetración del mercado será muy lenta a causa de los problemas asociados con la obtención de la aprobación de un Código de Edificación y con la jurisdicción del Sindicato de Trabajadores sobre materiales que requieren nuevos métodos para su instalación.

Si bien el escalonamiento potencial declina en el uso relativo del cobre en las naciones altamente industrializadas, la demanda está creciendo rápidamente en algunos de los países menos desarrollados. Tomando en cuenta todas estas tendencias la industria prevé un promedio de crecimiento ligeramente más grande al 4% anual para la siguiente década.

El crecimiento de la demanda de cobre durante los últimos tres años ha sido el doble de este porcentaje, y para los tres años previos alrededor de 1/4 del mismo.

Sin embargo, estas comparaciones no son válidas a causa de va-

rias influencias discordantes durante estos períodos. Por ejemplo, las entregas de los productores americanos fueron malamente distorcionadas por la huelga de 1967-1968. En 1966 y en la primera mitad de 1967, anticipándose a la huelga, los productores y consumidores incrementaron sus inventarios, los mismos que fueron utilizados durante la huelga; algunos consumidores los incrementaron de tal modo que continuaron utilizándose en 1969.

La serie histórica de precios de alambre de cobre en varillas en el Mercado de Metales de Londres están presentados en el Cuadro 28. Los precios se incrementaron rápidamnete durante la década del 60, cuando la oferta de cobre fué escaza. En meses recientes conforme iniciaron sus operaciones las nuevas minas e ingenios y la actividad económica declinaba, los precios del cobre cayeron y el precio del Mercado de Metales de Londres cayó debajo del precio del productor americano por primera vez desde los primeros meses de 1964. Esperamos que los precios continuarán declinando durante la primera mitad de la década del 70 conforme ingresen en producción la capacidad adicional de minas y fundiciones.

Es difícil juzgar el precio mínimo al cual el cobre llegará durante este período de exceso de la oferta, ya que tales condiciones no han prevalecido desde los principios de la década del 60. Los precios actuales son de alrededor de US$0.535 por libra.

RESERVADO

CUADRO 28

PROMEDIOS ANUALES PARA PRECIOS DE ALAMBRE DE COBRE

EN VARILLAS EN EL MERCADO

DE METALES DE LONDRES

1957 - 1969

(En centavos de dólar por libra)

Año	Precio
1957	27.6
1958	24.7
1959	29.4
1960	29.8
1961	28.9
1962	29.1
1963	29.3
1964	41.4
1965	53.8
1966	67.1
1967	50.5
1968	61.7
1969	64.8

C. FUNDICION

La producción actual boliviana de concentrados de cobre de alrededor de 8,000 toneladas por año de contenido en cobre es inadecuado para justificar la instalación de una fundición-refinería. Esto es cierto a pesar de las indicaciones dadas por Nitto Mines de que su asociada Dowa Mining, estuvo interesada en instalar una fundición en Bolivia para producir cobre refinado por el proceso convencional de fundición y refinación. Con 8,000 toneladas por año, esta fundición sería pequeña comparada con la mayor parte de las fundiciones de cobre existentes en el mundo. Existen, sin embargo, varias fundidoras convencionales en el mundo con capacidades de aproximadamente 8,000 a 15,000 toneladas por año, pero éstas son bastante viejas y emplean cantidades substanciales de desechos de cobre como carga; su producción es consumida localmente. Generalmente la mayor parte de los expertos en el campo del cobre indican que el tamaño económico para una fundición de cobre está en el nivel de 30,000 a 50,000 toneladas por año de cobre blister.

La producción mundial de cobre en los últimos años ha sido mayor a 5 millones de toneladas de cobre blister y alrededor de 6 millones de cobre refinado (Cuadro 29). La diferencia entre estas dos cifras es debido a la recirculación de material de desecho que ingresa a la refinería junto con el cobre blister de la fundición. Hablando en general los países en desarrollo producen más blister que cobre refinado, vendiendo el cobre blister a los países indus-

CUADRO 29

PRODUCCION MUNDIAL DE COBRE BLISTER Y REFINADO

POR LOS PRINCIPALES PRODUCTORES

(En toneladas largas)[1]

País	Cobre Blister	Cobre Refinado
Australia	81,800	96,800
Austria	11,000	17,600
Bélgica	59,000	305,000
Bulgaria	27,000	26,000
Canadá	424,900	453,600
Chile	630,400	353,300
China	100,000	115,000
Congo (Kinshasa)	321,500	161,000
Finlandia	41,300	34,200
Francia	7,700	37,000
Alemania Oriental	20,000	40,000
Alemania Occidental	121,800	382,400
India	8,300	8,900
Italia	-	17,500
Japón	386,800	470,000
Méjico	50,200	46,900
Noruega	19,900	14,100
Perú	165,500	35,800
Polonia	27,000	42,200
Rodesia	17,000	16,000
Sud Africa	120,900	15,200
Sud Africa Occidental	31,700	-
España	43,000	71,700
Suecia	47,700	47,700
Turquía	25,400	8,100
Uganda	14,600	-
Reino Unido	-	179,100
Estados Unidos	846,500	1.396,700
U.S.S.R.	825,000	960,000
Yugoeslavia	68,400	66,200
Zambia	638,400	535,100
PRODUCCION MUNDIAL	5,182,700	5,953,100

[1] Una tonelada métrica es equivalente a 0,98 toneladas largas.

Fuente: World Bureau of Metal Statistics.

trializados para la refinación cerca a los mercados. Muchos de los países en desarrollo también producen más cobre refinado que el que ellos consumen internamente. Por consiguiente, se comercializan internacionalmente tanto el blister como el cobre refinado.

La capacidad mundial para fundición de cobre está por encima de 5.5 millones de toneladas por año, para cobre refinado 6.25 millones de toneladas por año. Durante el reciente período de escasez y precios altos de cobre, no existió escasez para la capacidad de fundición y refinación, la escasez fué de la capacidad de producción en mina y en ingenio.

Las cargas típicas para una fundición de concentrados normales son de alrededor de US$ 0.045 a US$ 0.055 por libra de cobre. Las cargas por reducción son de US$ 0.035 a US$ 0.045 por libra de cobre. Tomando el valor final más alto de estas cifras, el total de cargos por fundición más refinación alcanzan a US$ 0.10 para convertir una libra de cobre concentrado a una libra de cobre refinado en forma de alambre en varilla, que actualmente tiene un valor de US$ 0.53 por libra. Si el fundidor adquiere los concentrados, deberá pagar alrededor de US$ 0.40 por libra de cobre en concentrados, los costos de transporte alcanzan a US$ 0.03 por libra. Así, el valor agregado en la fundición y refinación es alrededor de 1/3 del valor del concentrado.

D. OPORTUNIDADES

1. Exploración

Teniendo en cuenta el potencial promisorio de Bolivia para el hallazgo de reservas adicionales de cobre, deberían ser intensificados sus esfuerzos de exploración; esto proveerá las bases para el futuro desarrollo de grandes operaciones mineras de cobre, que justificarán más fácilmente un complejo grande de fundición y refinería. Si las reservas inferidas de Bolivia podrían ser probadas como reservas positivas para una minería económica del cobre y si se realizan descubrimientos adicionales, Bolivia podría tal vez dentro de los siguientes años, desarrollar sus actividades mineras del cobre para elevar su producción a 30,000 toneladas anuales, las cuales serían suficientes para justificar el proyecto de instalación en el país de una fundición-refinería de cobre para servir a los mercados mundiales.

2. Fundición y Refinería

Actualmente Bolivia no debería considerar la instalación de una fundición de cobre, puesto que las reservas de cobre actualmente conocidas no son suficientes para justificar una fundición-refinería de tamaño económico. Otra razón por la que Bolivia no debería tener prisa en el establecimiento de una fundición-refinería es que, de lejos, la mayor proporción de beneficios se obtienen en la mina y en el ingenio y no al final del proceso en la fundición y

refinería. Por ejemplo, las operaciones de minería y concentración típicamente tienen un 40% de rentabilidad, una fundidora que produce alambre en varillas a partir de concentrados, tiene una rentabilidad del 15%.

El establecimiento de una fundición de cobre en Bolivia probablemente resultaría en un ahorro substancial en los costos de transporte. Actualmente cuesta alrededor de US$ 0.05 por libra embarcar el cobre desde Bolivia hasta la fundición, o alrededor del 100% más que los incurridos por otros países productores de cobre.

3. Cobre Nativo

Existe una oportunidad para el establecimiento de una pequeña fundición de cobre nativo refinado térmicamente, la que podría producir metal de cobre procedente del cobre nativo de una calidad adecuada para propósitos de aleación y para la producción de sulfato de cobre y alambre de cobre. La salida de estos productos podría ser primariamente para el mercado nacional. Entendemos que el 10% del cobre actualmente explotado es cobre nativo que podría ser separado en el ingenio operado por la Nitto Bolivia Mining Co. y en el de COMIBOL localizado en Corocoro.

Una pequeña fundición para refinación térmica utilizando el cobre nativo actualmente obtenible en Bolivia, produciría 800 toneladas por año de cobre apropiado para propósitos de aleaciones y podría justificar una fundición pequeña de latón y bronce, que produ-

ciría moldes para la utilización en la manufactura de partes de latón y bronce, tales como bombas, válvulas y accesorios de plomería. El cobre refinado térmicamente podría también ser usado en la manufactura de un cierto número de aleaciones, particularmente aleaciones para cojinetes en base a plomo y varios tipos de aleaciones de bronce, babbits de estaño y aleaciones varias tales como peltre, aleaciones para fundición de matrices de base de estaño.

De acuerdo a informes, Bolivia importa alrededor de 500 toneladas métricas de sulfato de cobre por año, que es equivalente aproximadamente a 130 toneladas de cobre. Esta cantidad será doblada una vez que Mina Matilde entre en operación a la capacidad completa.

El sulfato de cobre podría ser manufacturado en Bolivia en una simple operación por reacción de minerales seleccionados de cobre oxidado con ácido sulfúrico. Los ingresos por ahorro de divisas podrían ser de alrededor de US$ 190,000.

4. Oxido de Cobre

Existe también un potencial para la producción de cobre a partir de óxidos por lixiviación con ácido sulfúrico y tratamiento por electro-refinación para producir cátodos de cobre, que serían adecuados en calidad para la producción de alambre en varillas. Es técnicamente muy difícil la producción de alambre en varillas a partir de cátodos de calidad suficientemente alta para satisfacer los standards

RESERVADO

internacionales. Podría ser menos problemático para Bolivia el producir barras y alambre grueso.

VII. A N T I M O N I O

VII. A N T I M O N I O

A. RECURSOS Y PRODUCCION

Las reservas de antimonio en Bolivia (Cuadro 30) se estiman actualmente en 145,000 toneladas finas de reservas probadas e indicadas con 50,000 toneladas de reservas inferidas. EMUSA, el principal productor de concentrados de antimonio es de lejos el que tiene las reservas probadas más grandes, que se encuentran localizadas cerca de Tupiza en Potosí.

Las reservas probadas e indicadas son adecuadas para mantener la producción actual de antimonio por unos 12 años más. Se precisa una exploración para obtener reservas adicionales. Entendemos que EMUSA está invirtiendo alrededor de US$ 200,000 para exploración dirigida al antimonio en el Sur de Bolivia y que un total de US$ 350,000 han sido destinados hacia la exploración de antimonio en el país en su totalidad.

El Cuadro 31 presenta datos sobre la producción mundial de concentrados de antimonio entre 1950 y 1969. Sudáfrica, China y Bolivia, en orden de importancia, son los principales proveedores de concentrados de antimonio al mercado mundial. En conjunto ellos suman cerca a los 2/3 de la producción mundial. La producción de concentrados de antimonio durante los últimos años y hasta 1969 no se incrementó substancialmente.

CUADRO 30

R E S E R V A S D E A N T I M O N I O

(Toneladas Finas)

	PROBADAS		INDICADAS		INFERIDAS
	Ley	Toneladas Metricas	Ley	Toneladas Métricas	Toneladas
EMUSA	5.85	30,944			
Minería Mediana	9.90	35,012			
Minería Chica	13.50	30,825	6.56	48,326	
T O T A L		96,781		48,326	50,000

Probadas e Indicadas	145,107	
Inferidas		50,000

CUADRO 31

PRODUCCION DE ANTIMONIO POR PRINCIPALES PRODUCTORES

METAL CONTENIDO EN EL MINERAL

1950 - 1969

(En Miles de Toneladas Largas)[1]

	1950	1951	1952	1953	1954	1955	1956	1957	1958	1959	1960	1961	1962	1963	1964	1965	1966	1967	1968	1969
TOTALES ESTIMADOS DEL MUNDO[2]	44.8	61.5	45.2	31.0	36.0	50.0	52.0	50.0	45.0	52.0	52.0	51.0	52.0	55.0	62.0	60.0	60.0	58.0	62.0	63.0
SUD AFRICA	8.2	15.6	7.1	2.7	8.5	14.0	13.9	9.8	7.1	12.1	12.1	10.5	10.4	11.0	12.7	12.3	11.2	12.2	16.6	
CHINA[3]	6.0	8.0	8.0	8.0	8.0	12.0	12.8	13.7	14.5	14.5	14.5	14.5	14.5	15.0	15.0	15.0	15.0	12.0	12.0	
BOLIVIA	8.6	11.6	9.7	5.7	5.1	5.3	5.0	6.2	5.2	5.4	5.2	6.6	7.1	7.4	9.5	8.6	10.5	11.3	10.9	
U.R.S.S.[4]	N D	N D	N D	N D	N D	5.0	5.0	5.0	6.0	6.0	6.0	6.0	6.0	7.0	7.0	7.0	7.0	7.0	7.0	
MEJICO	5.8	6.7	5.4	4.2	4.1	3.8	4.5	5.1	2.7	3.2	4.2	3.6	4.7	4.8	4.7	4.4	4.4	3.7	3.4	
YUGOSLAVIA	3.2	1.9	2.2	1.8	1.5	1.6	1.6	1.7	1.5	2.2	2.4	2.4	2.6	3.6	3.6	3.9	3.6	3.0	3.0	
CHECOSLOVAQUIA[5]	2.0	1.6	1.6	1.6	1.6	1.6	1.6	1.6	1.5	1.6	1.6	1.6	1.6	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	
TURQUIA	1.6	2.7	1.1	0.8	0.9	1.6	0.9	1.1	1.5	1.2	1.4	1.2	1.8	1.6	1.7	1.6	1.6	1.2	1.5	
MARRUECOS	1.0	1.1	1.2	0.3	0.7	0.7	0.3	0.4	0.2	0.2	0.2	0.5	0.4	0.6	1.5	2.2	1.2	1.5	1.3	
ITALIA	0.6	0.7	0.6	0.4	0.3	0.4	0.3	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.3	0.2	0.5	0.3	0.3	0.6	1.2	
ARGERIA	1.2	1.4	1.3	1.8	2.3	1.2	2.4	1.4	1.2	1.5	0.8	0.6	0.1	-	-	0.0	0.0	0.0	N D	
ESTADOS UNIDOS - PRIMARIO	2.2	3.1	1.9	0.3	0.7	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6	0.8	0.8	0.8	0.8	
TAILANDIA										-	-	-	-	0.3	1.4	1.2	1.2	1.1	1.2	
AUSTRALIA										0.6	0.2	0.1	-	-	1.2	1.0	1.0	1.0	0.9	

1) Una tonelada métrica es igual a 0.98 toneladas largas
2) Mundo 1950-1954 - Excluye U.R.S.S., Afganistán e Irán
3) China 1950-1955 - Cifras Basadas en Estimaciones Occidentales
4) U.R.S.S. 1955-1968 - Cifras Basadas en Estimaciones Occidentales
5) Checoslovaquia 1950-1968 - Cifras Basadas en Estimaciones Occidentales

N D No Disponibles

FUENTE: Estudios Geológicos de Ultramar Gobierno Británico.
División de Minas EE.UU.

RESERVADO

Por otra parte, en el pasado ha sido demostrado muy poco interés por parte de los productores de antimonio para desplegar sus esfuerzos hacia el incremento de la producción. Recientemente existió temor de que los altos precios del antimonio puedan ocasionar su substitución por otros productos. El principal proveedor, Consolidated Murchison, ha anunciado que intenta incrementar la producción para equilibrar la oferta y la demanda con objeto de bajar los precios. Esta compañía ha provisto fondos de capital para incrementar la producción minera (medida en antimonio metálico) de 18,000 toneladas en 1969 a 30,000 toneladas largas para 1972, o un incremento igual aproximadamente al 20% de la producción mundial de 1968. Australia está incrementando su producción a un ritmo de 2,400 toneladas de metal por año, pero las reservas se sabe que son limitadas. Los Estados Unidos también tienen algunos planes de expansión limitados.

Actualmente el costo de producción de antimonio de alguno de los más grandes productores en Bolivia es de alrededor de US$ 5.70 por una tonelada fina de antimonio contenida en los concentrados. Este costo no incluye las regalías que se relacionan al valor del antimonio metálico. Mientras que este costo deja un considerable margen entre el costo de producción de concentrados y el valor del metal de antimonio producido por una fundición, es considerablemente más alto que el correspondiente de Murchison. Sus costos totales en la mina, incluyendo depreciación y gastos generales, en 1969 fueron alrededor de US$ 2.16 por tonelada. En 1970 a causa de los

altos cargos sobre el capital, sus costos serán de alrededor de US$ 2.35 por tonelada. Esta comparación sugiere que Bolivia necesita mejorar la recuperación del metal en la etapa de concentración.

B. MERCADOS

El más grande mercado para el antimonio es el plomo antimonial para baterías de automóviles, sumando alrededor de 40% del consumo, un 20% es usado en el acabado de metales tales como metal para tipo, soldadura, tubos cambiables y metal para cojinetes, alrededor del 35% es usado en forma de óxido para compuestos químicos antifuego, para cerámicas, vidrios e industrias plásticas.

El consumo mundial de antimonio es corrientemente de alrededor de 65,000 toneladas métricas anuales. Ha permanecido estático en los últimos años.

La demanda para antimonio se espera que crezca a un ritmo de 3% a 5% anual durante la década del 70. El factor más importante que determinará la tasa de crecimiento del consumo de antimonio es su uso en las baterías de plomo y como un óxido. El uso del antimonio metálico en las baterías de plomo ha ido declinando. Hace 10 años, más del 10% de antimonio fué usado en baterías, actualmente sólo 3% ó 6% de antimonio se usa, y recientemente DELCO ha introducido al mercado una batería sellada que no emplea antimonio. La declinación en el antimonio para baterías está al menos parcial-

mente desplazada por su uso como óxido, particularmente en aplicaciones como retardador de llama.

Parece existir una oportunidad limitada para que Bolivia incremente su oferta de antimonio como concentrado o metal al mercado mundial como un reemplazante de las reducidas ofertas chinas y también para satisfacer el normal crecimiento de la demanda mundial. Puesto que China podría reiniciar sus flujos de antimonio al mercado mundial y en vista de los ambiciosos programas de expansión planeados por fundidores, con una posición sólida en el mercado mundial, sin embargo, Bolivia debería proceder cautelosamente.

Bolivia tiene también una buena posibilidad para convertirse en el único proveedor de antimonio metálico a la Subregión Andina. Subrayando esta conclusión es que Bolivia es de lejos el principal productor de antimonio del área.

Como en el caso de los otros metales tales como el bismuto, el precio del antimonio metálico es cotizado sobre la base de el productor y el mercado libre. A largo plazo el precio del metal del productor es establecido por Associated Lead en Inglaterra y National Lead en los Estados Unidos. El precio del mercado libre para el metal y el mineral es cotizado en el London Metal Bulletin y en el Metals Week. El precio del metal en el mercado libre es un precio estimado del precio al cual están dispuestos a proveer antimonio metálico al mercado mundial los rusos, chinos, yugosla-

vos, turcos y recientemente japoneses.

El Cuadro 32 presenta los precios para mineral y metal de antimonio por tonelada de contenido metálico para el período 1950-1968. El Gráfico 1 presenta precios para mineral de antimonio y metal para 1968-1969 y parte de 1970. En 1969 los precios se incrementaron muy rápidamente como resultado de la reducción de las ofertas de China al mercado. Más recientemente los precios han caído como resultado de la declinación en la actividad económica y de las ventas de antimonio por los Estados Unidos de su reserva estratégica.

Mientras que la predicción de los precios es difícil para el metal, generalmente se pronostica por el comercio, que en 1970 los precios de los productores generalmente estarán cercanos a US$ 950 a US$ 1,050 por tonelada de metal.

C. FUNDICION

Actualmente, con excepción del antimonio de China, la mayor parte del antimonio es embarcado de los productores a países industrializados donde es beneficiado.

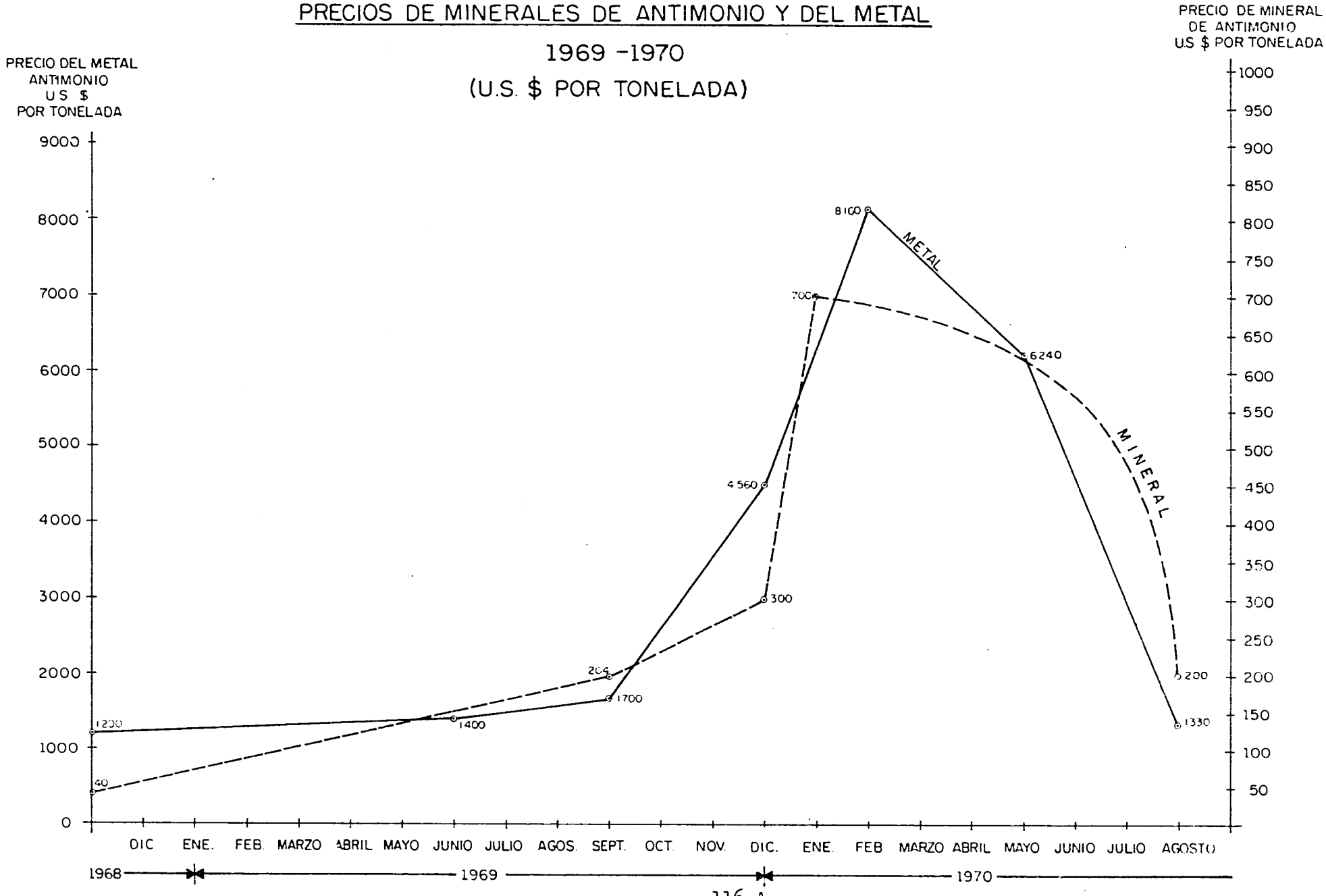
El Cuadro 33 presenta una lista de fundidores en el mundo occidental, indica que sólo una fundición está localizada cerca a la mina (Ammi en Italia). Sin embargo, esta compañía también produce plomo y es de propiedad gubernamental, lo cual reduce los proble-

FIGURA 1

PRECIOS DE MINERALES DE ANTIMONIO Y DEL METAL

1969 -1970

(U.S. $ POR TONELADA)



C U A D R O 32

PRECIOS DE MINERAL Y METAL DE ANTIMONIO

PROMEDIOS ANUALES

1950 - 1970

(Dólares por tonelada)

Año	PRECIO			MARGEN	
	MINERAL(1)	METAL			
		Mercado libre	Productor	Mercado libre(2)	Productor(3)
1950	247	N.D.	423	176	
1951	587	N.D.	846	259	
1952	364	N.D.	653	289	
1953	249	N.D.	529	275	
1954	259	N.D.	494	235	
1955	270	N.D.	494	223	
1956	275	371	494	96	219
1957	241	388	482	141	235
1958	228	364	447	136	216
1959	228	341	447	113	216
1960	247	353	470	105	223
1961	294	353	505	59	223
1962	306	353	505	47	200
1963	341	404	588	63	247
1964	635	846	846	212	212
1965	541	646	823	105	282
1966	447	505	764	59	317
1967	529	611	799	82	270
1968	623	752	846	129	223
1969			1058		
1970			2656		

(1) Precio CIF Londres; 60%-65% Ley de concentrados.

(2) Precios del mineral y del metal basados en el mercado libre.

(3) Precios del mineral del mercado libre y del metal de los productores.

C U A D R O 33

CLASES Y CAPACIDADES DE PRODUCTOS

Y FUNDIDORAS DE ANTIMONIO

(Toneladas largas) (1)

1. Compagnie Metallurgique de la Campine - Bruselas, Bélgica

   Plomo y antimonio y aleaciones de ésto,
   Productos de plomo incluye mata de antimonio,
   óxido y plomo antimonial.

2. Associated Lead - Londres, Inglaterra

	Capacidad
Aleaciones de plomo y antimonio	6,000, actualmente está siendo duplicada

3. Societé Nouvelle des Mines de la Lucette, Paris, Francia

Mata de antimonio	200 tons. de capacidad
Oxido de antimonio	1,500 tons. de capacidad

4. Societé Industrialles Chemique Aisne (SICA), Francia

   Oxido de antimonio

5. Ammí - Roma, Italia

	Capacidad	
Mata de antimonio	1,000	- produce plomo antimonial
Oxido de antimonio	100	asociado

6. Hibins Industry Corp. - Osaka, Japón

	Capacidad
Oxido de antimonio y mata -	4,000

7. Mikumi Smelting & Refining, Osaka, Japón

	Capacidad	
Antimonio	1,200	
Antimonio electrolítico	30	también produce plomo
Trióxido de antimonio	100	antimonial

8. Mitsui Mining & Smelting, Japón

   Antimonio como subproducto

9. American Smelting & Refining Co. - U.S.A.

10. Anchor Alloys Inc., U.S.A.

11. The Bunker Hill Co., U.S.A.

12. K. Hettleman & Sons, U.S.A.

13. National Lead - Texas Smelting & Mining Division, U.S.A.

    Aleaciones de antimonio y metal,
    plomo antimonial

14. U.S.S. Lead Refinery Inc., U.S.A.

    Todos los que arriba tienen plomo antimonial
    producen antimonio como subproducto

15. Cerro Corporation - Perú

    Subproducto

16. Star Metal Refinery - Bombay, India

    Antimonio metálico Capacidad 1,200

---

(1) Una tonelada larga es igual a 0,98 toneladas métricas

RESERVADO

mas de mercadeo a un mínimo. Existen otras dos fundiciones de puro antimonio, Lucette en Francia e Hibino en Japón, ambas tienen tarifas de protección sobre el metal y un buen tamaño de mercado local.

Otros grandes fundidores tales como Campine en Bélgica, National Lead en los Estados Unidos, Associated Lead en Inglaterra y dos fundidoras en el Japón producen plomo antimonial y otros productos, en adición al antimonio. La mayoría de los fundidores producen antimonio como uno de los numerosos productos de una amplia variedad de minerales, donde el antimonio generalmente es un sub-producto. Las únicas fundiciones fuera de las naciones industrializadas donde el antimonio es estrictamente un sub-producto están localizadas en China, Perú e India.

Existen diversas razones que fundamentan esta distribución de capacidad de fundición. Primero, el antimonio es encontrado frecuentemente como un sub-producto y por lo tanto es procesado por fundidoras que tienen capacidad de manejo de minerales complejos y de la extracción de mineral de una amplia variedad de fuentes. Segundo, los aranceles para la importación de metal están substancialmente protegiendo así a la industria de fundición del país. Por ejemplo, los siguientes son los cargos impuestos por países seleccionados a las importaciones del metal: Reino Unido - 25%, Alemania y Francia - 8%, Japón - 10%, los Estados Unidos - US$ 33 por tonelada. Tercero, la mayor parte de las fundidoras localizadas

en las naciones industrializadas están cerca de los mercados para los metales y tienen relación estrecha con sus consumidores. Ellos producen aleaciones para las especificaciones de sus clientes y en general se benefician de estar físicamente próximos.

La capacidad total de antimonio en el mundo es difícil de estimar a causa de que la mayor parte es capacidad como sub-producto. Sin embargo, actualmente es de 66,000 toneladas métricas por año. Recientemente un cierto número de compañías han anunciado planes para expandir sus plantas para la fundición de antimonio. Parecería de estas discusiones que existe una amplia capacidad disponible en el mundo.

En Bolivia nuestro trabajo de campo indicó que se ha considerado instalar dos fundiciones de antimonio. ENAF, la empresa nacional de fundición, tiene planeada la instalación de una fundición de 5,000 toneladas por año cerca de Oruro. La inversión requerida se ha estimado en 2 a 3 millones de dólares. La segunda fundición está siendo considerada por EMUSA, el productor privado más grande en Bolivia. Sería localizada cerca a Tupiza y tendría una capacidad de 3,000 toneladas por año. Las inversiones se han estimado en 7.0 millones de dólares.

Nuestro análisis de las reservas probadas e indicadas demostró que la localización más lógica para una fundición de antimonio sería cerca de Tupiza en lugar de Oruro. Las reservas cerca de Oruro no están bien definidas y son producidas en su mayor parte

por los mineros chicos. Por otra parte, basándonos sobre todo en la exposición limitada de los detalles que rodean a las fundiciones propuestas por ENAF y EMUSA, parece que la fundición de ENAF se basa en un proceso checoslovaco que involucra un concepto más simple de procesamiento y un requerimiento menor de capital que la fundición de EMUSA.

Nuestro examen de mercado indicó que el producto de antimonio de más rápido crecimiento es el óxido de antimonio. La instalación de una fundición en Bolivia debería, por lo tanto, ser capaz de producir tanto metal como óxido.

De considerable importancia en las operaciones de una fundición, es el margen disponible para la conversión del mineral a metal. Una característica interesante del mercado del antimonio es que no son consistentes las relaciones entre el precio del mercado libre del metal y el mineral existente. El Cuadro 32 indica que el margen para la conversión varía entre US$ 47 por tonelada a US$ 212 por tonelada. Por consiguiente, es difícil estimar los márgenes de conversión para fundidores, sin embargo, nuestras entrevistas con el comercio indicaron que en un futuro el margen normal de conversión podría ser de alrededor de US$ 125 a US$ 175 por tonelada. Aunque los costos de operación o datos de utilidad no son obtenibles por las compañías que funden primariamente el antimonio, por nuestra experiencia estas compañías son bastante rentables. Sobre esa base es bastante probable que el establecimiento

RESERVADO

de una fundición en Bolivia represente una buena oportunidad. Suponemos que los estudios de las fundiciones propuestas han investigado su economía en detalle y han determinado su viabilidad.

La escala de planta para instalaciones de fundición debería ser tal, que la administración tenga la flexibilidad de vender tanto mineral como metal. Las amplias fluctuaciones en el margen de conversión indican que a veces Bolivia ganaría grandes beneficios de la venta de mineral, mientras que otras veces la venta de metal podría determinar mayores beneficios. En forma preliminar estimamos que la capacidad de una fundición no debería ser mayor que 3,000 a 5,000 toneladas por año.

D. IDENTIFICACION DE OPORTUNIDADES

1. Oxido de Antimonio

La disponibilidad de metal de antimonio primario en Bolivia sugiere la posibilidad para producir óxido de antimonio. El proyecto de fundición propuesto debería considerar la inclusión de instalaciones para la manufactura de este producto.

2. Aleaciones de Antimonio

Existe una oportunidad para producir aleaciones de antimonio. Esta posibilidad será discutida posteriormente en el informe bajo aleaciones no-ferrosas.

3. Mercadeo

Existe una oportunidad para el desarrollo y organización de una estrategia de mercadeo que podría brindar a Bolivia la más grande utilidad de la fundición de concentrados de antimonio a metal. El antimonio metálico es vendido en el mercado libre o por los productores, directamente a los consumidores. Las ventas en el mercado libre son manejadas por los comercializadores de metal, las ventas directas por los productores son realizadas por los fundidores teniendo sus propias organizaciones y relaciones de largo plazo con sus clientes que les permiten seguir una política de precios estables.

El antimonio metálico comercializado en el mercado mundial alcanza alrededor de 1/3 de las ventas totales. Es vendido solamente sobre la base del precio que tiende a fluctuar substancialmente, en tiempos normales se halla por debajo del precio del producto (Cuadro 32). La mayoría de las ventas de antimonio se realizan por los productores.

El precio del productor es aquél generalmente recibido por los grandes fundidores para su metal. Las más pequeñas fundiciones que venden directamente a los clientes tienen dificultades en vender a precios del productor en períodos de amplia oferta y ofrecen un descuento limitado. Contrariamente,a veces,cuando existe carestía reciben un pequeño premio por su metal.

Dentro de esta estructura, es obvio que Bolivia necesita tener una estrategia de mercadeo, que la capacitaría para obtener el precio más alto posible para el antimonio metálico. Esto es particularmente cierto en este momento, puesto que la capacidad de fundición en el Mundo Occidental parece ser adecuada y la introducción en Bolivia de una fundición podría ocasionar un impacto substancial en los precios del metal. Una fundición boliviana que convierta la mitad de su mineral podría incrementar el volumen del metal comercializado en el mercado libre en un 25%.

Bolivia debe asegurar el conseguir salidas para sus productos de antimonio sin tener que reducir los precios al extremo de que la fundición sea antieconómica. El descuento, que han ofrecido en el pasado los productores de antimonio metálico para mover su metal vendiendo al mercado libre, ha sido a veces muy alto. Por ejemplo, en 1966 el precio del mercado libre fué de US$ 505 por tonelada. En comparación a los precios del productor que fueron de US$ 764 por tonelada. En forma similar en 1967 el precio del mercado libre fué de US$ 611 por tonelada, mientras que el precio del productor fue de US$ 800 por tonelada. Países tales como el Japón y Rusia están capacitados para vender su metal a descuentos en el mercado libre ya que estas ventas son marginales. La mayor parte de su producción es vendida en sus mercados domésticos a precios más altos.

En resúmen, el éxito de una fundición en Bolivia dependerá en

gran parte del precio que sea capaz de obtener para sus productos. Si Bolivia va a vender metal de antimonio al precio más alto posible, requerirá de una estrategia de mercadeo muy bien desarrollada.

VIII. T U N G S T E N O

RESERVADO

VIII.TUNGSTENO

A. RECURSOS

Los recursos minerales de tungsteno de Bolivia han sido descritos por K.C.Li.[1] como se indica a continuación:

"a través de todo el cinturón de estaño, generalmente en depósitos separados y raramente asociado con mineral de estaño. Las principales minas están en el Departamento de La Paz, con productores pequeños en los Departamentos de Oruro y Cochabamba (y Potosí). Los depósitos de mineral se presentan en cuarzitas metamórficas, usualmente en fisuras normales al contacto de granitos intrusivos como en las minas la Chojlla y Araca. En algunos casos los depósitos son paralelos a la estratificación plana de las rocas sedimentarias, como en la mina Bolsa Negra, pero raramente se presentan dentro de granitos intrusivos. La wolframita es el mineral más común, aunque la shelita también es prominente en algunos de los depósitos. Estos minerales se presentan en depósitos de veta con cuarzo solo o asociado con pirita, arsenopirita, calcopirita y ocasionalmente con casiterita. Existen también depósitos brechados en forma de cargas irregulares en cuarcitas en

(1) Li K.C., Tungsteno, Tercera Edición, Keinhold Publishing Corporation 1955.

las cuales la shelita se presenta en la matriz de material cementante como en la mina Juliana en la Provincia de Oruro. En general, tanto las características geológicas como el modo de presentación de los depósitos de tungsteno son similares a aquellos depósitos de estaño".

Los recursos potenciales de tungsteno en Bolivia fueron indicados en 1965 (por P.T. Flawn (2)) ser de aproximadamente 87,000 toneladas cortas sobre la base de un 60% de WO_3. Estas estimaciones indican que Bolivia tiene alrededor del 3% del total mundial y 10% de los recursos potenciales del Mundo Occidental. Las reservas actuales de Bolivia de metal fino de tungsteno calculadas sobre la base de 60% de ley del mineral se presentan en el Cuadro N°34. Estas se estimaron en cerca de 157,000 toneladas, de las cuales 57,700 toneladas son probadas e indicadas y 100,000 toneladas inferidas.

En años recientes se ha informado que la producción de tungsteno de las minas bolivianas ha logrado niveles mayores a 2,000 toneladas anuales de concentrados de 60% en WO_3 (Cuadro N° 35). Las relaciones actuales de producción podrían ser mantenidas por unos 25 años basándonos en la estimación del total de reservas indicadas. El total de reservas inferidas podría sugerir la posibilidad de que las operaciones minerales continúen por 50 años.

(2) Flawn, P.T., Mineral Resources, Rand McNally & Company, 1966.

C U A D R O 34

RESERVAS DE TUNGSTENO EN BOLIVIA

(60% WO_3 como base)

(toneladas)

Probadas e Indicadas		Tons.
COMIBOL		4,100
Minería mediana		53,000
Minería chica		600
		57,700
Inferida		100,000
	Total	157,700

C U A D R O 35

PRODUCCION DE TUNGSTENO EN BOLIVIA

1960 - 1969

(miles de toneladas)

Año	Producción de COMIBOL	Producción Minería Privada	Total
1960	0.5	0.8	1.3
1961	0.4	1.3	1.7
1962	0.3	1.2	1.5
1963	0.2	1.2	1.4
1964	0.1	1.1	1.2
1965	0.1	1.0	1.1
1966	0.5	1.1	1.6
1967	0.7	1.3	2.0
1968	0.6	1.5	2.1
1969	0.7	1.6	2.3

RESERVADO

Comibol fijó en 1969 el costo de producción de concentrados de tungsteno a US$22.50 por tonelada. Con objeto de obtener los costos totales deben añadirse a los costos de producción las regalías, transporte y costos relativos al mercadeo. Estos llegan alrededor de US$20 por tonelada llegando a un costo total de US$42.50. Los precios para concentrado de tungsteno durante 1970 fueron de alrededor de US$69 por tonelada, que bajó de US$98 la tonelada, precio máximo alcanzado a comienzos del mismo año.

El Cuadro N° 36 presenta la producción de tungsteno entre 1950 y 1968. En los últimos años la producción mundial ha sido alrededor de 33,000 a 38,000 toneladas anuales. China, Rusia, los Estados Unidos y Sud Corea son los principales productores del Mercado Mundial. Corea del Norte y Bolivia, por ser ambos de similar importancia son los siguientes grandes productores.

En la Subregión Andina, Perú es un proveedor substancial de mineral de tungsteno, siendo su producción cerca al 40% de la boliviana. Otros productores en Sud América son el Brasil con una salida algo inferior a la del Perú y Argentina que produjo alrededor de 300 toneladas durante 1969.

Entre 1950 y 1968 la producción mundial de mineral de tungsteno se incrementó en un promedio de 4% anual.

CUADRO 36

PRODUCCION DE MINERALES Y CONCENTRADOS DE TUNGSTENO

1950 - 1968

(En Miles de Toneladas Largas[1] - WO_3 Contenido)[2]

PRODUCTORES PRINCIPALES	1950	1951	1952	1953	1954	1955	1956	1957	1958	1959	1960	1961	1962	1963	1964	1965	1966	1967	1968
TOTALES ESTIMADOS DEL MUNDO[3]	18.2	24.3	32.2	40.0	38.0	40.0	39.0	33.0	30.0	32.0	38.0	41.0	38.0	33.0	34.0	33.0	33.0	34.0	38.0
CHINA[4]	7.4	7.8	9.7	12.0	11.0	11.0	11.0	9.0	9.0	12.0	13.0	13.0	13.0	13.0	12.0	10.0	9.0	9.0	9.0
U.R.S.S.[5]	N D	N D	N D	N D	N D	N D	N D	N D	5.0	5.3	5.6	5.9	6.2	6.5	6.5	6.8	7.3	7.6	7.6
U.S.A.	2.2	3.3	4.0	5.2	7.4	8.9	8.3	4.5	2.0	2.0	3.9	4.4	4.5	3.0	5.0	4.3	4.8	4.9	5.7
SUD COREA	0.8	1.1	3.7	7.3	2.4	2.0	2.4	2.4	1.9	1.9	3.1	4.0	3.7	3.0	3.0	2.0	2.0	2.3	2.6
COREA DEL NORTE[6]	1.0	1.2	1.2	1.2	1.0	1.0	1.0	1.5	1.8	2.0	3.0	3.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0
BOLIVIA	1.5	1.6	2.2	2.3	2.6	3.2	2.8	2.6	1.3	1.4	1.3	1.7	1.5	1.3	1.2	1.1	1.6	1.9	2.2
PORTUGAL	1.7	3.0	3.1	3.0	2.7	2.7	3.0	2.5	1.1	1.3	1.7	1.8	1.5	1.0	1.0	1.0	1.2	1.4	1.7
CANADA	0.1	0.0	0.6	1.0	1.0	0.9	1.0	0.9	0.3	-	-	-	-	N/D	N/D	1.7	1.9	0.2	1.6
AUSTRALIA	0.7	1.1	1.3	1.4	1.4	1.5	1.5	1.5	0.9	0.7	1.1	1.5	1.0	1.0	1.0	1.2	1.3	1.2	1.3
PERU	N D	N D	N D	N D	N D	N D	N D	N D	N D	0.5	0.5	0.4	0.4	0.5	0.3	0.4	0.3	0.4	0.5
BRASIL	N D	N D	N D	N D	N D	N D	N D	N D	N D	2.3	1.8	1.3	1.3	1.0	0.2	0.2	0.2	0.3	0.4
TAILANDIA	N D	N D	N D	N D	N D	N D	N D	N D	N D	0.5	0.5	0.5	0.4	0.2	0.2	0.3	0.3	0.5	0.5

1) Una tonelada métrica es igual a 0.98 toneladas largas
2) WO_3 Contiene 79.3% de tungsteno (W)
3) Mundo - 1950-1957 - Excluye U.R.S.S.
4) China - 1950-1968 - Cifras Estimativas Occidentales
5) U.R.S.S. - 1958-1968 - Cifras Estimativas Occidentales
6) Corea del Norte - 1950-1968 - Cifras Estimativas Occidentales

N D No Disponibles

FUENTE: Instituto de Recursos Geológicos, Gobierno del Reino Unido, Resumen de las Estadísticas de la Industria Minera
División de Minas EE.UU.

B. MERCADOS

1. Aplicaciones

Históricamente el tungsteno ha sido usado en la industria del acero como un importante aditivo en la producción de aleaciones de acero, herramientas de acero y troqueles de acero para trabajo en caliente. Puede ser usado directamente como concentrado de minerales de wolframita y shelita, o primero transformado a ferro-tungsteno. El tungsteno es también refinado y convertido en una variedad de productos metálicos, los cuales se usan en una gama amplia de industrias y, particularmente, en la industria eléctrica, también se usa para la producción de productos de carburo.

Los Estados Unidos provee un buen ejemplo de la distribución de las aplicaciones del tungsteno. Del consumo total del tungsteno, aproximadamente el 20% es empleado en aleaciones, para herramientas de acero y aceros de alta velocidad, en forma de ferro-tungsteno u otros aditivos a base de tungsteno, para la producción de aceros de aleación. La materia prima del tungsteno remanente es convertida, primero, a óxido de tungsteno refinado y entonces reducido a tungsteno metálico. Substancialmente menos del 5% del tungsteno refinado es utilizado en aplicaciones químicas y especiales que incluyen el uso directo de concentrado de mineral y óxido crudo. Alrededor del 33% del tungsteno refinado es transformado en productos de

tungsteno metálico, ya sea en manufacturas o formas especiales via metalurgia de polvos. El saldo es convertido a carburos de tungsteno.

La mayor demanda de tungsteno en todo el mundo es para la manufactura de productos de carburo. Los carburos cementados son productos metálicos especializados manufacturados por sinterización de polvos de tungsteno con cobalto metálico relativamente ductil. Los productos fabricados de carburo de tungsteno sinterizado tienen alta resistencia a la abrasión y alta resistencia a esfuerzos.

Los productos fabricados de carburo de tungsteno tienen un precio promedio de alrededor de US$40 por libra o aproximadamente US$35 por libra más altos que el valor del polvo de tungsteno. En los Estados Unidos, durante el período de 1962-1967, el valor de los productos fabricados de carburo se han incrementado en una proporción del 15% anual.

Las aplicaciones del carburo de tungsteno pueden ser divididas en tres categorías generales: (1) remoción de virutas, (2) resistencia al uso y a la abrasión, y (3) alta resistencia compresiva. La categoría de remoción de virutas incluye a todos los recortes de metal, recortes de punto simple, recortes de punto múltiple y recortes contínuos, tales como perforación. Las aplicaciones para la remoción de virutas se cuentan dentro de los moldes de piezas fundidas de hierro y el cortado

de metales no-ferrosos. La categoría de resistencia al uso y a la abrasión abarca a las matrices para el diseño de varillas y alambre, partes usadas de equipo mecánico, cadenas de llantas para nieve, y herramientas para el cincelado de piedra blanda. Los empleos en la categoría de alta resistencia a la compresión incluyen piezas para operaciones que requieren el punzonado de fases y matrices para forros de cuerpos y herramientas para la perforación de rocas duras y para explotación minera. La utilización de los carburos en cada una de las principales categorías es como sigue:

Categoría de Aplicación	Porcentaje del Total
Remoción de Virutas	
Virutas de Acero	60%
Virutas de Fundición de Hierro y Metales No-Ferrosos	10%
Resistencia al uso y Abrasión	15%
Alta Dureza Compresiva	15%

Recientemente ha estado creciendo la demanda de carburo sinterizado para herramientas utilizadas en la perforación de rocas y pozos con preferencia a las herramientas de acero simple que históricamente se utilizaban. También se ha incrementado el uso del carburo de tungsteno en partes resistentes al uso y abrasión para equipo de alto costo a fín de prolongar su tiempo de vida y disminuir su deterioro. No existe una perspectiva inmediata para el reemplazo de carburos cementados en los

usos actuales, si bien la industria ha estado realizando esfuerzos continuos para utilizar otros materiales en estas aplicaciones.

2. Consumo

El Cuadro N° 37 presenta el consumo reciente de tungsteno por países seleccionados durante 1965 a 1969. No existen estadísticas más completas. El crecimiento del consumo mundial de tungsteno se considera que ha sido a una proporción superior al 4% durante los últimos años, pero ha sido disimulado por el efecto de las ventas del stockpile norteamericano.

En el futuro crecerá la demanda de tungsteno a razón de 5% a 10% anual. Se espera que el incremento de la demanda de productos de carburo será más grande que la de ferro-tungsteno o tungsteno metálico.

3. Precios

El precio de los productos de tungsteno depende en mayor grado de la cotización del mineral más que la del metal, como es el caso de los productos manufacturados en base a otros metales. El precio mundial del mineral de tungsteno(fuera de los Estados Unidos) está grandemente influenciado por la cotización del Metal Bulletin de Londres, y la mayor parte de los contratos están relacionados a este precio de una manera u otra.

CUADRO 37

CONSUMO DE MINERALES Y CONCENTRADOS DE TUNGSTENO

DE VARIOS PAISES

1965 - 1969

(Toneladas Métricas)

P a í s	1965	1966	1967	1968	1969
Consumo Actual					
Australia	(50)	(50)	(50)	(50)	(50)
Austria	1,810	1,904	1,425	1,280	1,520
Canadá	203	204	184	(200)	
Japón	1,471	1,819	2,608	2,265	
Portugal	197	155	312	238	312(p)
Suecia	(983)	(942)	612	1,167	
Reino Unido	3,416	3,015	2,219	2,682	3,488
Estados Unidos	6,290	8,191	6,287	5,007	(5,761)
Consumo Aparente Incluyendo Variaciones de Reservas					
Francia	1,198	1,381	1,054	891	
Consumo Aparente Excluyendo Variaciones de Reservas					
Argentina	53	42	50	54	
Bélgica-Luxemburgo	20	29	25	76	
República Federal de Alemania	2,848	2,485	2,005	2,550	
Italia	7	19	10	28	
Holanda	145	261	130	129	222
Polonia	1,237	1,564	1,283	1,727	
España	--	82	77	--	
Yugoeslavia	(90)	51	--	--	
CONSUMO TOTAL DE PAISES INDICADOS ARRIBA	20,018	22,194	18,331	(18,344)	

Notas: Suecia (1965-66) - Consumo Aparente
(p) - Datos preliminares.

Factores de Conversión: Bélgica-Luxemburgo: 0.4758 (ó 0.60 x 0.793)
Italia (1965-66): 0.51545 (ó 0.65 x 0.793)
Holanda: 0.793

Fuente: Estadísticas del Tungsteno, Naciones Unidas

El Gráfico N° 2 presenta la curva de los precios desde 1955 para mineral de tungsteno de 65% WO_3. Hasta la fecha en que la Administración de Servicios Generales de Estados Unidos comenzó a disponer la venta de sus reservas excedentes, el precio se mantuvo virtualmente igual en los Estados Unidos. El gráfico indica que el precio comenzó a subir del mínimo registrado en 1962 y alcanzó el más alto en 1969. En los últimos meses el precio ha experimentado cierta declinación.

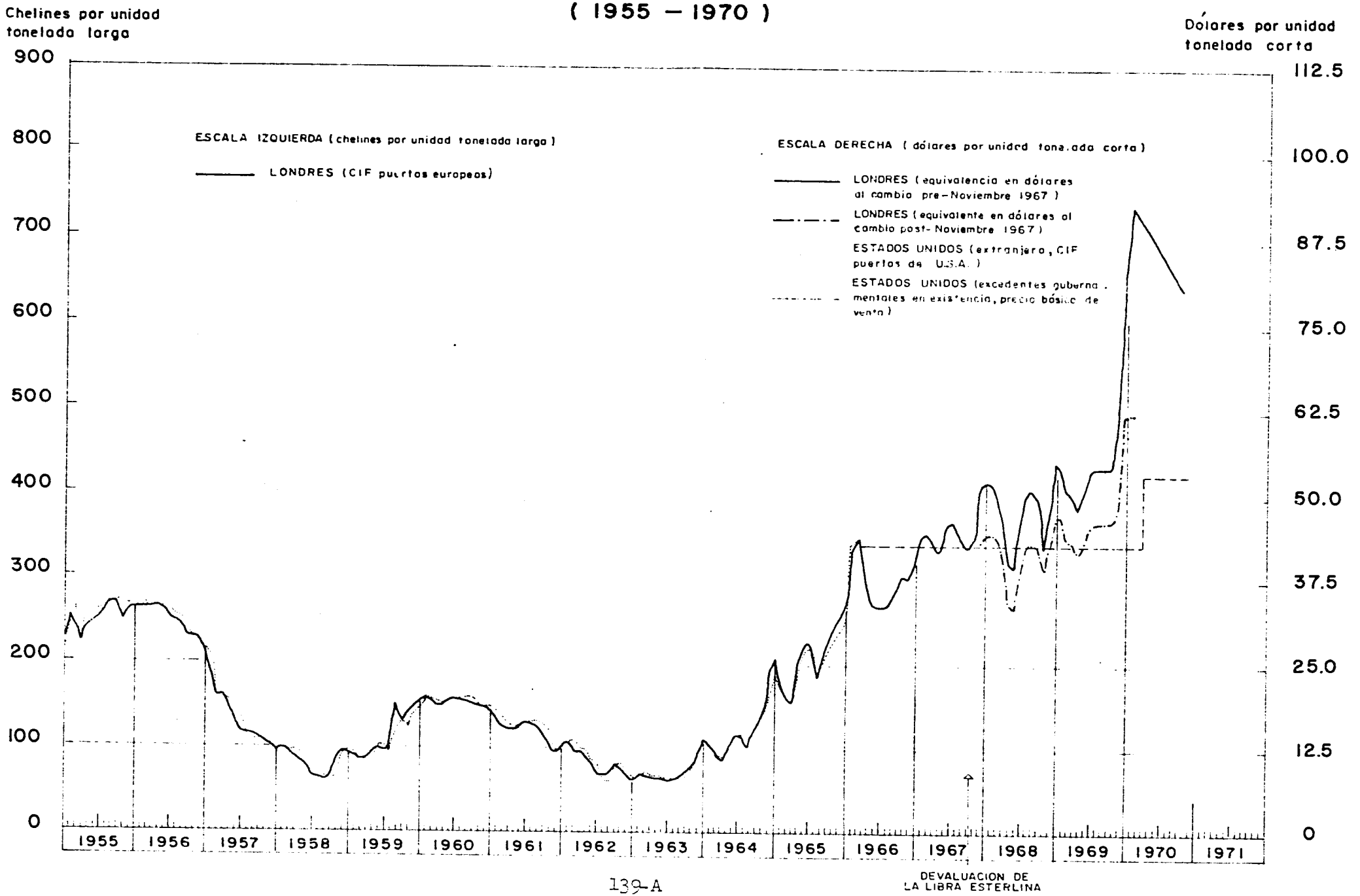
En el futuro, se espera que los precios se nivelarán en una cifra entre US$53 a US$65 por tonelada, o sea alrededor de US$3 por libra de contenido metálico. Esta cifra es substancialmente más alta que el promedio histórico.

Es difícil proyectar los precios del tungsteno debido a la incertidumbre relacionada con las actividades de producción en China. Por ejemplo, el agudo incremento de los precios en 1969 se debió, principalmente, al inesperado retiro de China como país proveedor. Las actividades de la Administración de Servicios Generales de Estados Unidos que compra y vende de las Reservas Estratégicas norteamericanas también provocan considerable riesgo en las predicciones sobre el precio. Sin embargo, se espera que si China continúa absteniéndose de vender tungsteno, Estados Unidos habrá de reemplazar los suministros chinos con los de su reserva. Los

— Figura 2 —

PRECIOS : CONCENTRADOS DE TUNGSTENO EN EL REINO UNIDO Y ESTADOS UNIDOS

(1955 — 1970)



FUENTE ESTADISTICAS DE TUNGSTENO, NACIONES UNIDAS

REPETIDO

planes de ampliación en Australia, particularmente el proyecto de Peco Wallsend que triplicaría la producción, y otros proyectos menores planeados por Canadá, Portugal y los Estados Unidos también habrían de ayudar a disminuir el efecto que sobre los precios tendrían una prolongada escaséz en los suministros de tungsteno.

4. Márgenes de Conversión

Las cotizaciones del "Metal Bulletin" de Londres presentan las bases para calcular los márgenes de conversión. Por ejemplo, el 28 de Agosto de 1970 el mineral fué cotizado entre US$74 y US$78 por tonelada; el metal a US$5.60 por libra y el polvo de carburo entre US$7.20 y US$8 por libra. Sobre estas bases los márgenes de conversión son de US$2.15 por libra de tungsteno convertido de mineral a metal y de US$4.75 por libra de tungsteno convertido de mineral a carburo. El ferro-tungsteno se cotizó a US$5 por libra con contenido de tungsteno entre 80% y 85%.

Debe notarse que dichos márgenes se basan en cotizaciones publicadas que no reflejan los descuentos concedidos en los arreglos contractuales a largo plazo entre refinadores y fabricantes. Los márgenes reales podrían ser hasta un 10% menores a los que hemos presentado.

5. Comercialización

El comercio mundial gira primariamente en torno al mineral de tungsteno, el cual se transporta desde los países productores hasta las naciones industrializadas donde se lo convierte en ferro-tungsteno, polvo, carburo y otros productos de tungsteno. No estamos enterados de la existencia, dentro de la Subregión Andina, de instalación alguna para la transformación del tungsteno. El Brasil tiene algunas plantas para transformar el tungsteno en ferroaleaciones y en carburo de tungsteno.

Debido a que los minerales provienen de diversos países en los cuales la producción es relativamente pequeña, los comercializadores juegan un rol importante en la transferencia del mineral de tungsteno de los países que lo producen a las naciones que lo convierten, lo que no ocurre en tungsteno refinado. Los que convierten el mineral generalmente mantienen estrechas relaciones con sus consumidores, ofreciendo una amplia gama de productos, ajustando sus especificaciones a normas muy exigentes.

Los principales países convertidores del mineral son los Estados Unidos, el Reino Unido, Alemania Occidental, Japón, Francia, Austria y Suecia. Con excepción de los Estados Unidos, todos los otros países que convierten el mineral importan esencialmente todos sus requerimientos de mineral de tungsteno.

Fuera de los Estados Unidos, los compradores importantes de mineral de tungsteno son compañías tales como Murex en Inglaterra, Starck en Alemania, Fagersta y Sandvik en Suecia y Metalwerke en Austria.

6. Derechos de Importación

Los derechos de importación sobre productos de tungsteno refinado en países consumidores varía según el producto. Por ejemplo, en los Estados Unidos los derechos sobre mineral importado alcanzan a unos US$0.50 por libra de contenido metálico. Sobre ferro-tungsteno los derechos alcanzan a US$0.60 por libra más 25% ad-valorem.Sobre el polvo de tungsteno se aplica una tasa arancelaria de 25% y hasta US$0.60 por derechos, además de tributaciones ad-valorem sobre los productos fabricados. Igualmente, en Inglaterra, los derechos son de US$2.10 por libra de polvo y US$2.04 por libra de ferro-tungsteno. En 1972,estos derechos se rebajarán a US$1.50 por libra sobre el polvo y a US$1.80 por libra sobre el ferro-tungsteno. Los derechos arancelarios alemanes son de US$0.72 por libra sobre el polvo y de US$0.84 por libra sobre el ferro-tungsteno.

C. TECNOLOGIA MANUFACTURERA

1. Introducción

El tungsteno primario refinado es inicialmente producido

a partir del mineral mediante procesos de extracción química en forma de productos químicos purificados y finalmente de metal en polvo. Por un proceso paralelo de reducción electrotérmica el mineral de tungsteno puede también ser convertido a ferro-tungsteno. Los dos procesos, tanto a productos refinados como a ferro-tungsteno, son mutualmente excluyentes. Los sub-productos de baja ley emergentes de las operaciones de refinación pueden ser recuperados mediante su conversión a ferroaleaciones. Sugeriríamos que los esfuerzos iniciales en cuanto al tungsteno no incluyan la producción de ferro-tungsteno, a menos que se lo produzca como uno entre una serie de ferroaleaciones. El mayor volumen de la produccion mundial de mineral de tungsteno se refina en polvo metálico.

La mayor parte del polvo refinado se reactiva con carbono para formar carburo de tungsteno con el cual se manufacturan herramientas y compuestos resistentes al desgaste. Algo de polvo metálico se usa directamente en la producción de partes a base de tungsteno mediante la polvometalurgia. El saldo del polvo se convierte en lingotes densos y elaborados en cuerpos sólidos o productos diseñados mediante extensas operaciones metal-mecánicas en caliente y en frio. Para la producción de polvo, el mineral concentrado de las minas es adquirido por los refinadores sobre la base de un contenido nominal de 60% a 70% de óxido túngstico. Un contenido máximo

de 0.002% de molibdeno es preferible para los materiales destinados a productos de alta calidad, pero puede usarse materiales con un mayor contenido de molibdeno para la producción de polvo para carburo.

2. Refinación a Polvo

En un tratamiento típico de refinación el mineral de wolframita se muele y se digiere a continuación en lotes de 200 a 1,000 kilogramos mediante reacción con soda cáustica caliente para formar una solución de tungstato de sodio que se cristaliza por evaporación. El residuo o licor puede ser procesado posteriormente para su extracción y conversión a shelita sintética.

El tungstato de sodio purificado es entonces redisuelto y se lo precipita como ácido túngstico, se lo sedimenta y se lo lava para disminuír el contenido de sodio a menos de 0.01% y a continuación se lo seca. Este producto inicial purificado tiene un valor incrementado de alrededor de 1/3 por encima del valor del concentrado. El óxido túngstico es apropiado para su reducción a polvo al carbono ó al hidrógeno y para la producción posterior de carburo de tungsteno. El óxido precipitado seco, puede ser reducido al carbono a metal en polvo.

El tungsteno de mejor calidad se produce por redisolución del óxido túngstico inicial en una solución de amonio que se

RESTRINGIDO

prepara para remover las impurezas residuales y para precipitar el paratungstato de amonio purificado (APT). El paratungstato es términamente descompuesto en óxido túngstico de alta pureza. Para la reducción a polvo por hidrógeno, los óxidos son mezclados y reducidos mediante un tratamiento de doble etapa. Las temperaturas típicas del horneado son una primera zona de 500°C, una segunda zona de 750°C y una tercera zona por encima de los 900°C, con velocidades de flujo de hidrógeno de 5 pies por minuto a través del horno. Frecuentemente, el hidrógeno se produce en el terreno. Dependiendo del empleo final del producto, puede producirse diversas calidades de polvo, con partículas de 1 hasta 10 micrones en tamaño. El tungsteno altamente purificado tiene un valor de alrededor de US$3 por libra mayor al del concentrado de tungsteno.

3. Conversión a Productos Manufacturados

La conversión a polvo de tungsteno, a lingotes sinterizados y a posteriores productos manufacturados (barras, varillas, alambres y planchas y cintas laminadas), se estima que cuestan alrededor de US$1 a US$1.25 por libra. Este cálculo estimativo está basado en un análisis de tres grandes operaciones de prensado, presinterizado y sinterizado con tolerancias por costos de equipo auxiliar, mano de obra y costos de operación de plantas productoras de hidrógeno,

equipo de aire propio en sus operaciones integrales de fabricación de componentes eléctricos y equipos que contienen alambres y varillas fabricadas. Por lo tanto, es improbable que esta área represente una oportunidad para Bolivia.

4. Repuestos fabricados mediante Polvometalurgia Túngstica

La producción directa de pequeños repuestos polvotúngsticos es también llevada a cabo por compresión en frío y sinterización al hidrógeno. Para aleaciones de metales pesados y conjuntos de repuestos accionados serían adecuados los hornos calentados a resistencia con capacidad térmica de 1,600 grados centígrados. El rendimiento de una planta para la consolidación de polvos, en gran manera dependerá de la variedad de tamaños de las partes que habrán de ser producidas. El costo resultante por unidad de producto reflejará la variación en el rendimiento. Consideramos que la producción de este tipo de productos de tungsteno es demasiado especializado y sirve a mercados demasiado dispersos como para ser una oportunidad atractiva para Bolivia.

5. Carburo de Tungsteno

La conversión de óxido purificado de tungsteno a polvo de carburo de tungsteno resulta en un alto valor agregado de polvo de tungsteno. La etapa inicial en la manufactura de

carburo de tungsteno es la producción de polvo de tungsteno metálico extraído de los concentrados de mineral de tungsteno y su purificación a paratungstato de amonio (APT). La descomposición térmica del paratungstato a óxido túngstico es seguido por reducción al hidrógeno o al carbono del óxido a metal en polvo, tal como se describió anteriormente. A través de este tratamiento térmico, se controla cuidadosamente la relación tiempo-temperatura a fin de obtener los tamaños deseados de partículas. El polvo de tungsteno reducido al hidrógeno se convierte en monocarburo por reacción con carbono en horno tubular de grafito a una temperatura de alrededor de 1,600°C. El control del tratamiento de carburización rinde los tamaños seleccionados para las diversas calidades y aplicaciones. El valor agregado del polvo de tungsteno por conversión a carburo de tungsteno varía entre US$1 y US$2 por libra y se incrementa a medida que decrece el tamaño de las partículas.

Los carburos cementados se producen de carburo de tungsteno (con adiciones de titanio y/o carburo tantálico, en el caso de calidades de herramientas cortadoras de acero) mezcladas con cobalto en proporciones que varían de 3% a 25% en peso. Por ejemplo, las herramientas para minería podrían contener de 9% a 15% de cobalto. El polvo mezclado es entonces comprimido y sinterizado a 1,400 - 1,550°C en atmósfera al hidrógeno o al vacío, dependiendo del grado de carburo o del

productor. La pieza prensada disminuye alrededor de 50% en volumen hasta las dimensiones finales deseadas y se obtiene esencialmente una porosidad residual de cero. Despues de la sinterización, la pieza de carburo está en estado de completo endurecimiento y es elaborada para darle las dimensiones precisas mediante esmerilado diamantino. (El acabado de los carburos de tungsteno es el mayor empleo que tienen los esmeriles diamantinos circulares). La fabricación de carburo cementado mediante el proceso tecnológico convencional de la polvometalurgia agrega aproximadamente 100% al valor de polvo de carburo suelto. El amolado diamantino de precisión podría agregar tanto como el 100% al valor del carburo, dependiendo del grado de amolado requerido.

6. La Inversión Requerida

El costo de inversión para una operación de refinación de tungsteno y producción de carburo dependería de factores críticos de la gama de productos y el ritmo planeado de producción, además de las características del concentrado inicial. Sin embargo, considerando los típicos costos de inversión para refinerías primarias de metales refractarios, se considera que se requeriría una inversión entre US$4,000 y US$10,000 por tonelada anual neta de capacidad. Tomando en cuenta los menores costos de la mano de obra en Bolivia, se podría calcular un costo estimativo de US$6,00 por

tonelada para una planta de tamaño moderado acorde con la producción boliviana de tungsteno, de alrededor de 1,000 toneladas, con una inversión total de 6 millones de dólares.

D. OPORTUNIDADES

Actualmente la producción de tungsteno de Bolivia, cercana a las 2,500 toneladas por año, se exporta a los mercados mundiales en forma de concentrados que es la forma de más bajo valor. Existe una oportunidad muy importante para Bolivia en la transformación del tungsteno. Las varias posibilidades de transformación son: (1) refinación primaria a óxido túngstico, a metal en polvo al carbono y a carburo crudo apropiado para la fabricación de herramientas para minería y perforación de rocas, (2) purificación a través del paratungstato de amonio, a metal reducido al hidrógeno y a polvo de carburo fino que sería apropiado para herramientas corta-metales (3) producción de herramientas para minería, perforación de rocas y corta-metales.

Los beneficios que podrían derivarse para Bolivia de posteriores transformaciones son substanciales. Por ejemplo, si las 2,500 toneladas por año de concentrados actualmente vendidas a los mercados mundiales fueran convertidas y vendidas como carburo de tungsteno, el valor incrementado podría alcanzar a cerca de US$50,000,000. Esto representaría alrededor de 10% a 15% del Mercado Mundial de carburo de

RECHAZADO

tungsteno.

En vista de la importancia de esta oportunidad, recomendamos que se realice un estudio de factibilidad. Este podría cubrir un cierto número de áreas. En primer lugar sería examinado el mercado para diferentes productos del tungsteno, para determinar el surtido preferido de productos y establecer un plan para el desarrollo de la producción. En esta investigación se incluiría una evaluación de los recursos competitivos, crecimiento del mercado, los requerimientos de mercadeo (por ejemplo, la organización de la comercialización y almacenaje). En segundo lugar, debe ser determinado el diagrama de flujo del proceso adecuado para la extracción y refinación del tungsteno metálico a partir del mineral. Esta es una etapa importante en vista de la variedad de leyes de los minerales de tungsteno extraídos en Bolivia. En tercer lugar, debería ser identificada la planta más apropiada requerida para la producción de productos de tungsteno y deberían estimarse las inversiones de capital, los costos de operación, los costos de adquisición de tecnología y otros. Estas estimaciones podrían tomar en cuenta expansiones futuras de las plantas.

IX. U R A N I O

IX. URANIO

Actualmente no se conocen reservas de uranio en Bolivia. Sin embargo, el Gobierno de Bolivia, pidió a Arthur D. Little, Inc. la inclusión de la discusión de las oportunidades que podrían presentarse para el uranio en el caso de que se descrubran reservas, mediante las actividades actuales y futuras de exploración.

Nuestro análisis fué enfocado a: (1) los factores determinantes en las reservas de minerales tales como las leyes de los minerales requeridos, el tamaño de la reserva, las toneladas de U_3O_8 contenidas en el depósito, y (2) la perspectiva del mercado mundial para el uranio.

En el análisis hemos tomado a los Estados Unidos como un ejemplo a causa de que totaliza aproximadamente el 50% de la demanda mundial para el uranio y de que en el pasado ha sido un proveedor de un porcentaje aún más alto. Los Estados Unidos también son considerados como poseedores de un depósito de mineral que es competitivo con muchos otros en el mundo, aúnque recientemente han habido rumores de descubrimientos de depósitos más grandes, de leyes más bajas pero trabajables por el sistema de rajo abierto, en otros países que podrían ser explotados a costos inferiores a aquellos incurridos en los Estados Unidos.

RESTRINGIDO

A. RECURSOS

Las reservas de uranio se estiman corrientemente en 840,000 toneladas de U_3O_8, más altas de un 20% de las 700,000 toneladas de U_3O_8 conocidas en 1967. Este incremento refleja algo de los resultados de la reciente actividad extensa y exitosa de exploración, pero no incluye depósitos que no han sido aún verificados ya que la exploración para el uranio ha sido activamente proseguida sólo en los últimos 4 años.

En los Estados Unidos muchos de los depósitos cercanos a la superficie fueron encontrados durante la intensa actividad de exploración de la década del 50 efectuada con el objeto de satisfacer la demanda de la Comisión de Energía Atómica de los Estados Unidos. A causa de que no se desarrolle tan rápidamente como se esperaba la energía nuclear comercial, la industria virtualmente cesó toda actividad de exploración durante mediados de la década del 60, (sin embargo, se continuó el desarrollo por perforación de algunos depósitos conocidos). Recientemente la actividad de exploración en los Estados Unidos ha tenido una tendencia hacia la perforación a mayor profundidad buscando depósitos que inciialmente no fueron descubiertos.

En la mayoría de los otros países la ocurrencia cercana a la superficie aún no ha sido ampliamente explorada y parecen haber sido encontrados algunos yacimientos mayores en la superficie. En Australia y en Africa se han descubierto depósitos

mayores y existen indicaciones de que algunos de éstos pueden ser de gran importancia. Por ejemplo, se sabe que un novísimo depósito descubierto en Australia podría abastecer la demanda mundial total. Aún si este informe fuera muy exagerado es indicativo el hecho de que en el futuro, para que un depósito de uranio sea competitivo, tendrá que ser de un costo razonablemente bajo. Esto sugiere que los depósitos marginales se convertirán en menos competitivos en los futuros mercados del uranio. De este modo, un país que considere incursionar en este campo debería tener indicios geológicos razonables de que los depósitos que puedan ser encontrados serán competitivos con aquellos existentes en otras partes del mundo. Sin tales indicios creemos que los fondos podrían ser invertidos en otras áreas que ofrezcan mayor probabilidad de alta rentabilidad.

1. Ocurrencia Natural del Uranio

Los depósitos de uranio se explotan tanto por el sistema de rajo abierto como por métodos subterráneos. Hablando en general, los sistemas a rajo abierto se extienden hasta una profundidad máxima de 400 pies. Si el mineral ocurre a profundidades mayores a 500 pies, generalmente se emplean los métodos subterráneos.

a. Modo de Ocurrencia

Los depósitos que contienen minerales de uranio están tanto en forma de estratos como de veta. Los depósitos estratiformes son masas tubulares en los que la longitud y el ancho tienden a ser grandes en comparación a su espesor. Estas masas se hallan casi paralelas a los planos de los estratos de la roca madre. Pueden dividirse en tres tipos según la roca en la que sean encontradas: estratificadas con arenizcas y conglomerados, con calizas y con lingotes.

Los depósitos de veta se localizan a lo largo de fraturas y otras formas estructurales y generalmente cortan la roca madre en ángulos agudos. Los depósitos de veta son clasificados por la naturaleza de las formas estructurales, esto es, ya sea que ellos estén constituídos por fallas, sean superficies de contrato de intrusiones en la roca madre, o estén en brechas cilíndricas en las cuales los depósitos se hallan entremezclados con fragmentos de roca más antígua distribuído en la formación tubular.

Sin duda, el modo más común de ocurrencia es el tipo estratiforme y en el cual la mineralización de uranio se presenta en las piedras arenizcas y conglomerados.

Desde principios de la explotación del uranio en gran escala en 1948, alrededor de 95% de las reservas americanas han sido encontradas en esta forma.

RESTRINGIDO

b. Minerales de Uranio

Se conocen más de 100 variedades de minerales de uranio, pero sólo unas pocas son significativas (Cuadro N°38). Los minerales primarios son aquellos que aún existen en su formación original, es decir, por precipitación de una solución sobre un horizonte favorable, generalmente aquél en el cual se presentó material carbonoso. Los minerales secundarios se forman por alteración de las formaciones primarias a través de una combinación de procesos de lixiviación y oxidación. "La Gumida" se conoce como mineral primario, si bien parcialmente está alterada a la forma del óxido de uranio UO_2. El mineral predominante es la uranita, que ocurre como el principal constituyente en la mayoría de los depósitos de los Estados Unidos. La única excepción se presenta en el Cinturón Mineralizado de Uravan en la planicie de Colorado, donde los minerales predominantes son los secundarios, además de otros que contienen principalmente vanadio.

2. Tamaño, Profundidad y Grado de los Depósitos Explotables.

En general, la industria de la explotación minera del uranio ha sido tal que, como se mencionó arriba, las operaciones a rajo abierto pueden extenderse hasta profundidades de 400 pies. Sin embargo, en la práctica muchos de los depósitos poco profundos también son explotados por métodos subterráneos. Por lo tanto,

CUADRO 38

MINERALES PRINCIPALES DEL URANIO QUE SE PRESENTAN

EN LOS ESTADOS UNIDOS

Nombre del Mineral	Formula Química	Descripción
Primarios		
Uraninita	UO_2	El mineral natural es un óxido cristalino más o menos oxidado de tal modo que la composición actual varía entre UO_2 y el U_3O_8.
Pechblenda	UO_2	Una forma masiva y amorfa de óxido.
Gumita	$UO_3n\ _2O$	Un producto final de la oxidación e hidratación de la uranita. Propiedades físicas y composición química varían ampliamente.
Secundarios		
Carnotita	$K_2(UO_2)_2(VO_4)_2.nH_2O$	Un vanadrato hidrobásico de potasio y uranio amarillento.
Tiuamunita	$Ca(UO_2)_2(VO_4)_2.nH_2O$	Un vanadrato hidrobásico de calcio y uranio amarillento.
Torbernita	$Cu(UO_2)_2(PO_4)_2.nH_2O$	Fosfato hidratado de uranio verdoso.
Autunita	$Ca(UO_2)_2(PO_4)_2.nH_2O$	Fosfato hidratado de calcio hidraneo amarillento.
Uranofano	$CaO(UO_3)_2(SiO_2)_2.7H_2O$	Silicato hidratado de calcio hidraneo amarillento.
Cofinita	$U(SiO_4)_{1-x}(OH)_{4x}$	Silicato de uranio básico usualmente asociado con materiales carboníferos.

FUENTE: Arthur D. Little, Inc.

las reservas a rajo abierto, al menos en los Estados Unidos son signiticativamente menores de las que podrían esperarse, alrededor del 58% del total. La distribución de las reservas de uranio por sistema de explotación (a rajo o bajo tierra), es prácticamente independiente de los precios de venta de U_3O_8. Las reservas por yacimiento tienden a ser menores comparadas con otros minerales.

El promedio de reservas de alrededor del 70% de las propiedades es inferior a 5.5 toneladas de contenido de U_3O_8.

Las reservas se basan sobre todo en la ley de equilibrio o grado por debajo del cual ya no es rentable la explotación de la propiedad. La ley de equilibrio depende del plan específico para la propiedad y se establece a niveles que permiten operaciones rentables a los precios de venta de US$6 a US$8 por libra de U_3O_8. Estas cifras cubren el rango de los contratos existentes. Prácticamente todas las reservas en los Estados Unidos tienen leyes inferiores a 0.35% de U_3O_8 y las cifras de reservas se basan en los precios de ventas existentes a rango de US$6 a US$8 por libra de U_3O_8. Por lo tanto, si el precio de U_3O_8 fuera de US$10 por libra en lugar de los niveles actuales el punto de equilibrio podría ser menor y la estimación de las reservas podría aumentar. El grado promedio actual para minas a rajo abierto en los Estados Unidos está en el rango de alrededor de 0.19 a 0.25 U_3O_8 y para las minas subterráneas

de 0.25% a 0.33% U_3O_8 a los precios de venta de US$6 a US$8 de U_3O_8. Si se incrementara el precio del U_3O_8 a US$10 por libra estimamos que el promedio de las leyes de mina subterránea será de 0.19% de U_3O_8 y para minas a rajo abierto de 0.15% de U_3O_8. Las líneas de arriba dan alguna guía acerca de las leyes del mineral que constituyen las reservas.

B. EXPLORACION

Una peculiaridad de muchos de los depósitos de uranio de los Estados Unidos, particularmente en el Cinturón Mineralizado de Uravan es que la presentación del mineral es difícil de explorar para estimar con precisión las reservas antes de que los depósitos hayan sido desarrollados como minas. Las razones son la pequeña, escasa, diseminada e impredecible naturaleza de la mayor parte de los depósitos, situación que generalmente no ocurre con otros depósitos de minerales.

El punto de arranque en la mayor parte de las áreas es el conocimiento de que la geología de los horizontes de piedras arenizcas es generalmente favorable para la deposición de uranio. Este conocimiento es el resultado de exploraciones pasadas y operación de minas. El procedimiento para su explotación es perforar pozos a través de los horizontes conocidos como prometedores para tratar de determinar depósitos económicamente explotables. Generalmente, se realiza una perforación suficiente

para la fijación de un modelo de cuadrícula para identificar el mineral en calidad adecuada para justificar sólo los costos del desarrollo inicial de la mina. Cuando la exploración alcance este punto, la mina es desarrollada con la seguridad general de que sobre la base de la experiencia en el área las reservas de mineral serán 3 ó 4 veces más grandes que aquellas inicialmente descubiertas. Por lo tanto, no será raro que las minas de uranio tendrán sólo pocos años de reservas identificadas, pero continuarán operando por 20 ó más años sólo en base a pequeños tonelajes de reservas probadas periódicamente.

Es, por supuesto, técnicamente factible perforar inicialmente suficientes pozos de exploración para determinar el total de las reservas en cualquier bloque de tierra, pero en la mayor parte de los distritos ésto podría requerir la perforación de pozos sobre el modelo de cuadrícula entre 6 y 10 pies (o menos) para localizar todos los cuerpos mineralizados aislados y pequeños, que de otro modo podrían ser localizados más tarde en forma más fácil mediante trabajos de explotación. A menudo tales pozos tendrían que ser perforados hasta profundidades de 500 a 1,000 pies. Excepto en grandes depósitos contínuos, el costo de tales esfuerzos de exploración podría no ser recuperado de los beneficios de las eventuales operaciones mineras.

El procedimiento para encontrar cuerpos mineralizados, aislados y pequeños, es explorar mediante la perforación de largos pozos desde las galerías subterráneas después de que la mina está en producción. Conforme se desarrollen las galerías, chimeneas y recortes, se perforan grandes huecos (de 100 a 300 pies) en todas las direcciones para definir y conocer los límites de los cuerpos minerales conocidos y en producción, asi como para localizar nuevos cuerpos mineralizados. Cuando por este medio se localiza uno nuevo, se abren pozos para alcanzarlos desde el punto inicial de descubrimiento y se realizan exploraciones posteriores desde las nuevas zonas de trabajo. Por lo tanto, las minas en la mayor parte de los depósitos de uranio están en contínuo desarrollo y el futuro curso de los trabajos es más o menos impredictible.

Los cuerpos mineralizados en los depósitos de uranio de los Estados Unidos varían en tamaño desde 100 a 200 toneladas hasta varios cientos de miles de toneladas, y, en algunos casos excepcionales, a más de 1 millón de toneladas. Dependiendo de la ubicación, tamaño, ley y las relaciones de los pequeños cuerpos mineralizados a la cuadrícula existente para el desarrollo de la mina, puede resultar poco atractiva la extracción de mineral descubierto mediante exploraciónes subterráneas. Estas son decisiones que deben ser hechas por la administración de la mina a medida que avanza el desarrollo de la misma.

Otra decisión que deben tomar los operadores de la mina es la de avanzar una galería a alguna distancia mayor en la roca para alcanzar un pozo de exploración perforado en la superficie que indique alguna mineralización de uranio pero que no necesariamente puede ser prometedor. La decisión es invertir o no en la perforación de pozos profundos adicionales desde la superficie, o invertir en la extensión de un socavón subterráneo para explorar el área en cuestión.

En la toma de tales decisiones se necesita una gran cantidad de intuición, experiencia y suerte. Muchas minas consideradas esencialmente como agotadas por un operador,han sido reacondicionadas y operadas por otro operador con ideas acerca del paraje en que podría encontrar mineral adicional accesible desde los trabajos existentes.

Después de que la exploración ha sido completada y ha sido definido el cuerpo mineralizado de uranio (o la serie de cuerpos mineralizados), debe tomarse una decisión sobre el método de explotación. La exploración debe realizarse de antemano a fin de definir el tamaño, la inclinación, la ley, la ubicación y el tonelaje de los cuerpos mineralizados para que pueda ser justificada la inversión del capital. Con esta justificación, los resultados de la exploración, la predicción de los precios para el mineral producido y una estimación alternativa de los costos de producción,puede tomarse una deci-

RESTRINGIDO

sión sobre el método preferido para la explotación de la mina.

C. EXTRACCION

El criterio más importante en la determinación de la elección entre los métodos de rajo abierto o extracción subterránea, es la relación de equilibrio del descartado. Para determinar esta relación, se requiere estimar de antemano los costos de extracción, de recuperación del mineral, la dilusión del mineral con el material descartado,que se espera de cada veta.

La relación de equilibrio del descartado, remoción del encape se estima como sigue:

Relación de equilibrio del descartado

(BESR) = (Costos de extracción subterránea por tonelada de mineral) - (Costos de explotación a rajo abierto por tonelada de mineral) ÷ (Costo de descartado con el sistema a rajo abierto, por tonelada de encape (material descartado).

Una tonelada de encape generalmente se toma como igual a 0.5 yardas cúbicas.

La relación especifica la cantidad máxima de material descartado que puede ser removido por tonelada de mineral recuperado,de tal modo que el máximo de la operación se equilibra en

el costo de producción sin tomar en cuenta el método usado. El BESR es una función del costo involucrado en los dos tipos de operación minera.

A continuación, a cada profundidad para la cual el BESR ha sido determinado, se calcula la relación entre material descartado y mineral de la situación física del terreno, revelada por los datos de perforación. Si, por ejemplo, el BESR es 25 y la relación entre material descartado y mineral recuperado es menor a 25:1, entonces las operaciones de extracción por el sistema a rajo abierto podrían ser lucrativas. Si la relación es mayor a 25:1, entonces la operación subterránea será la indicada.

Generalmente, el conocimiento de depósitos similares indicará,ya sea la extracción a rajo abierto o subterránea. Por ejemplo, si se tienen cuerpos mineralizados más abajo de los 1,000 pies de profundidad, es obvio que éstos sólo podrían ser explotados económicamente por métodos subterráneos. La experiencia en los Estados Unidos es que la extracción a rajo abierto generalmente se extierde a una profundidad máxima de 400 pies y que los depósitos más profundos son generalmente explotados por los métodos subterráneos.

1. Extracción a Rajo Abierto

La extracción a rajo abierto requiere una cantidad subs-

tancial de material de encape que debe ser descartado para alcanzar los primeros cuerpos mineralizados. Sin embargo, en unas pocas minas de uranio a rajo abierto, que han sido desarrolladas, el mineral afloraba de tal modo que el descartado y la producción de mineral se iniciaron al mismo tiempo.

En general, la relación de descartado (relación de material descartado expresado en yardas cúbicas, movido por tonelada de mineral explotado) en las operaciones a rajo abierto es más alta que en operaciones similares operadas para la recuperación de otros metales, tales como minerales de cobre o hierro, los cuales tienen relación de descarte de 2:1. En los sistemas a rajo abierto para el uranio es común tener relaciones de descarte de 60-70 toneladas (30-35 yardas cúbicas) de material descartado por tonelada de mineral explotado. Por ejemplo, las publicaciones sobre un sistema a rajo abierto en Wyoming, indicaron la necesidad de remover 13,500,000 yardas cúbicas de material de encape para lograr 400,000 toneladas de mineral, o sea una relación de alrededor de 68.

El descarte del material de encape y la extracción del mineral se llevan a cabo con equipos convencionales removedores de tierra. En el descarte del material de encape es práctica común el usar traillas asistidas por topadoras para remover y cargar el material a camiones.

RESTRINGIDO

El mineral puede ser extraído usando equipos convencionales de palas mecánicas y camiones, o equipo más pequeño, más especializado. Por ejemplo, en los sistemas a rajo abierto en algunos distritos de Wyoming, donde los cuerpos mineralizados son pequeños y variables en tamaño e inclinación, las retro-excavadoras han sido útiles para la excavación y el cargado de camiones.

2. Extracción Subterránea

Si se prefiere la extracción subterránea de un depósito, se tiene una variedad de técnicas. La mejor combinación varía con el tamaño, tipo, ubicación, número y posición de los cuerpos mineralizados a ser explotados.

Los cuerpos mineralizados poco profundos y ocurrencias como los del Uravan Mineral Belt y el Big Indian District en los Estados Unidos, pueden ser alcanzados a menudo mediante la excavación de socavones o taludes. Para depósitos más profundos, o si la topografía no permite socavones, tal como ocurre en la Grants Mining District de los Estados Unidos, son más convenientes y baratos los pozos verticales.

A causa del volumen de las reservas de minerales de uranio en actual explotación, se presentan en sedimentos de agua fresca en forma de lentes de piedra arenizca, recubier-

tos por pizarra; los métodos más comunes de extracción de mineral son mediante técnicas de excavación y pilares de sustentación donde sea posible. El material de descarte queda en forma de pilares. Los minerales de piedra arenisca, generalmente son bastante blandos y porosos y son fácilmente perforables y dinamitables, si bien el consumo de dinamita puede ser tan alto como para la extracción en minas de roca dura. El agua puede presentar un problema y si se halla presente en el horizonte mineralizado, puede ser necesario tomar medidas especiales para cuidarse del problema. Por ejemplo, en la zona del Lago Ambrosia se ha encontrado que es útil abrir desagües por debajo de los cuerpos mineralizados antes de la extracción para ayudar en el drenaje del agua. Consecuentemente, algunas minas se trabajan a través de orificios a subnivel en esa área.

D. CONCENTRACION DEL URANIO

La concentración del uranio consiste en recuperar los valores de uranio del mineral en forma de "torta amarilla" (U_3O_8). Los minerales de uranio se procesan químicamente para producir concentrados de alta ley. El método de procesamiento se determina por la composición de minerales de uranio presentes en el mineral y por la composición física y química de la formación mineralizada.

Los minerales de uranio primarios más prevalecientes son la uraninita y la pechblenda, que son esencialmente combinaciones de óxidos de uranio tetravalentes y hexavalentes. En ausencia de un agente oxidante, la pechblenda y la uraninita son insolubles en los agentes normales de lixiviación de minerales. Consecuentemente, la disolución de la pechblenda o de la uraninita requiere una lixiviación oxidante. Entre los minerales secundarios de uranio existe una gran variedad de óxidos hidratados, silicatos, fosfatos, vanadatos, sulfatos y carbonatos, algunos de los cuales pueden ser lixiviados sin oxidación.

El mineral de uranio es también a menudo mezclado con varios materiales carbonosos como por ejemplo en los lignitos en Nor y Sud Dakota. A causa de que el material carbonoso es difícil de tratar con agentes lixiviantes acuosos, debe ser destruído mediante tostación antes de que el mineral pueda ser tratado para la recuperación del uranio.

La mayor parte de los minerales metálicos (excepto el uranio) generalmente pueden ser beneficiados por una combinación de métodos físicos de concentración, tales como clasificación, concentración gravimétrica o separación magnética y electrostática. Se han logrado muy pocos éxitos en la adaptación de estos métodos a los minerales de uranio.

Los minerales de uranio generalmente son lixiviados, ya sea con agentes ácidos o alcalinos,y el uranio es recuperado entonces de las soluciones de lixiviación. La lixiviación ácida con ácido sulfúrico es preferible pero para minerales con alto contenido en caliza, que contienen constituyentes consumidores de ácido; es económicamente más atractiva la lixiviación básica o carbonatada.

1. Lixiviación

Una planta típica de concentración tiene instalaciones para mezclar, muestrear y almacenar los minerales. De los depósitos de almacenamiento los minerales se alimentan a la primera etapa de la concentración, la trituración y molienda (seca o húmeda, pero generalmente la molienda húmeda) seguida por lixiviación. Cuando se requiere tostación (tal como en el caso de minerales carbonosos o en el caso de minerales de uranio-vanadio, cuando se emplea la tostación salina), el mineral se muele en seco. En la lixiviación ácida se añade la cantidad suficiente de ácido para mantener un pH de 1.0-1.5. Los materiales oxidantes generalmente son el dióxido de manganeso o el clorato de sodio. Los tiempos de lixiviación pueden variar desde unas pocas horas hasta 24 horas o más.

Después de la lixiviación los sólidos no disueltos se separan de la solución ácida generalmente por varias combinacio

nes de clasificadores, espesadores, ciclones y filtros. Es bastante común lavar los sólidos finos por decantación usando varios espesadores en fila, en cuyo caso los sólidos fluyen en contra-corriente al flujo del líquido removido, por lo cual se lo conoce como decantación en contra-corriente, o CCD en inglés. En una planta CCD, la solución que contiene uranio debe ser mayormente purificada por el sistema de intercambio de iones o extracción de solventes. El agente activo en las resinas de intercambio de iones o en el solvente remueve el uranio de la solución en forma de complejo químico y la mayoría de los iones indeseables existentes en la solución, se descargan como material de desecho. Finalmente, el uranio es removido de la resina o del solvente por tratamiento con una solución ácida o una solución salina; el producto es una solución purificada de uranio.

De la solución purificada, el uranio se obtiene como un concentrado por precipitación con amoníaco, óxido de magnesio o hidróxido de sodio. El concentrado es generalmente una mezcla de óxidos de uranio y uranatos de sodio y de amonio. Se lo separa de agua por espesamiento y filtración (o por centrifugación) y entonces se lo somete a secado. El producto seco de uranio que se obtiene por este proceso, común en la mayor parte de los ingenios, se llama "torta amarilla", que es principalmente U_3O_8.

RESERVADO

Los minerales con alto contenido de cal son lixiviados mediante un carbonato alcalino con una mezcla de carbonato de sodio y bicarbonato de sodio. Para algunos minerales la lixiviación con carbonatos es competitiva con la lixiviación ácida. A menudo se muele el mineral con la solución lixiviante de carbonato. Los tiempos de lixiviación varían de 5 a 96 horas dependiendo del empleo de lixiviación a presión y elevadas temperaturas. Las soluciones de carbonato disuelven menos impurezas con el uranio,que las soluciones de ácido sulfúrico. Por lo tanto, la pasta de la lixiviación alcalina puede,generalmente,ser filtrada para remover los sólidos y entonces el concentrado de uranio puede ser precipitado del filtrado mediante la adición de hidróxido de sodio. El concentrado, filtrado y secado es entonces lo que se conoce por "torta amarilla".

2. Purificación

En general, en las soluciones producidas por lixiviación ácida, el uranio debe ser separado de sus impurezas por un proceso de purificación selectiva, tal como el intercambio de iones o la extracción de solventes, o ambos. En la columna del proceso del intercambio de iones (IX), la solución clara impregnada de ácido, proveniente de la separación líquido-sólido,se separa a través de una serie de columnas de intercambio

de iones. En las columnas, el uranio es adsorbido selectivamente como un complejo aniónico por una base fuerte de amina cuaternaria, que se halla en forma de gránulos de resina variando en tamaño entre 16 y 50 mallas. Cuando la resina en la columna llega a cargarse, el flujo se desplaza a otra columna y el uranio es arrastrado junto con un ácido, o con una solución ácida de sodio o sales de amonio, de cloruros, sulfatos o nitratos.

Otro proceso de intercambio iónico que es muy adecuado para el tratamiento de minerales lamosos difíciles de espesar y filtrar, es el proceso de "resina-en-pulpa" (RIP). En este proceso, los canastos de resina de intercambio iónico, se mueven en forma ascendente y descendente a través del flujo de la pulpa lamosa impregnada. Cuando las resinas están ya cargadas de uranio, éste es extraído de la resina con soluciones de ácido sulfúrico o de cloruro acidulado.

En el proceso de extracción por solventes (SX), el licor claro impregnado de ácido se pone en contacto en contra-corriente contínua con un líquido orgánico invisible que contiene un extractor que puede formar un complejo con el uranio. El uranio es transferido al líquido orgánico, que es sólo 1/5 del volumen del líquido ácido y concentrado en el mismo. El uranio es re-extraído de la solución orgánica con una

solución acuosa y la solución orgánica es reciclada al circuito de extracción. El volumen de la solución extractora es sólo una fracción del volumen orgánico y, por lo tanto, el uranio es concentrado aún más en las operaciones de extracción. A menudo la solución extractora contiene 100 veces el contenido de uranio del licor ácido lixiviante.

Un proceso más complejo es la adición de un circuito de extracción mediante solventes a un proceso de intercambio de iones, referido como el proceso ELUEX. En este proceso el uranio es extraído de la resina como una solución fuerte de ácido sulfúrico, mientras que el solvente de amina conteniendo uranio, es separado con una solución de sulfato de amonio mantenida a un pH entre 4.0 y 4.5. Generalmente, el uranio es precipitado de esta solución con amonio y la solución estéril extraída es recirculada. Por lo general, los concentrados del proceso ELUEX son de ley más alta que los que proceden de procesos que usan sólo la extracción por solventes o el intercambio iónico. La calidad de la "torta amarilla", que es el primer producto comerciable de las minas e ingenios de uranio, varía según la composición del mineral alimentado al ingenio y según el proceso empleado. El contenido de U_3O_8 puede variar entre 75% y 100%, pero él generalmente fluctúa entre 75% y 80%.

Si bien poseemos mucha información acerca de los costos

y la rentabilidad de la extracción y concentración de minerales de uranio, no tendría objeto el comentarlos antes de que sea conocido el tamaño y la naturaleza del yacimiento. Por otra parte, la rentabilidad en la extracción y concentración de uranio para producir "torta amarilla", dependen de la ley del mineral, la magnitud de las operaciones y las características del mineral, que son las que dictan las necesidades de los procesos de concentración o extracción en la producción de la "torta amarilla". El valor de un yacimiento puede ser determinado con precisión mediante el conocimiento de la ley del mineral, del volumen de las reservas, de la naturaleza del depósito; los costos en conjunción con estos datos pueden ser comparados frente a los precios de venta del U_3O_8, los cuales probablemente estarán entre US$ 7 y US$ 10 por libra de U_3O_8.

Es evidente, sin embargo, que con el bajo costo de la mano de obra, Bolivia podría hallarse en una situación favorable de costos frente a los Estados Unidos y muchos otros países en la explotación de propiedades mineras equivalentes.

E. MERCADOS

Las principales oportunidades para el uranio en el futuro son las plantas de generación mediante la energía nuclear en las que el uranio será empleado en forma enriquecida.

RESTRINGIDO

Existen plantas para el enriquecimiento del uranio y se hallan disponibles para los productores y consumidores del mundo occidental en las instalaciones de la Comisión de Energía Atómica de los Estados Unidos, que tiene la adecuada capacidad, por lo menos durante un plazo medio futuro. Sin embargo, el USAEC ha instalado los costos de trabajos separados para el enriquecimiento del uranio a un nivel tal, que el mismo no tendrá un costo significativo en el ciclo de la energía del uranio.

La situación actual en los Estados Unidos es que en las instalaciones americanas sólo puede ser usado el uranio de los yacimientos americanos. Existe un embargo sobre el uso de uranio extranjero en las instalaciones americanas. Sin embargo, se espera que éste podrá ser eliminado en un futuro cercano y que no existirá embargo sobre el uranio extranjero.

1. Demanda

La demanda anual de uranio en el mercado occidental está proyectada para incrementarse desde 10,900 toneladas de U_3O_8 en 1970 hasta un volumen ligeramente superior a 63,600 toneladas en 1980. Los Estados Unidos cuentan con aproximadamente el 50% de esta demanda, seguidos en orden por Europa, Japón y otros países en conjunto. La demanda acumulativa de 1970 a 1980 se proyecta que alcanzará 363,600 toneladas de U_3O_8.

Existen muchas plantas grandes de energía a través del mundo,que están planeadas para ser puestas en marcha en los próximos dos años. Las instalaciones de servicio necesitan obtener mayor experiencia de operación con estas grandes plantas,antes de que ellas se sientan justificadas en entrar en compromisos más grandes para instalar plantas adicionales. Además, los mayores retrasos están siendo experimentados en plantas de energía en actual construcción, debido principalmente a problemas laborales. De hecho, un informe ha mostrado, que el promedio del tiempo de construcción se ha retrasado de los 4 años planeados a cerca de 5 años y algunas instalaciones de servicio ahora están suponiendo que la construcción de una planta nuclear requerirá de 6 a 7 años. Aunque muchas autoridades creen que la actual experiencia operativa confirmará la esperada economía favorable de la energía nuclear y que de este modo los niveles últimos del crecimiento proyectado en la demanda para el uranio serán también confirmados, ésto no sucederá antes de mediados de la década del 70 y el tiempo específico al cual cualquier demanda particular será alcanzada, probablemente estará significativamente retrasada de lasproyecciones actuales.

Aunque la demanda de uranio es típicamente proyectada sólo a 1980, generalmente se concuerda que el crecimiento continuará posteriormente a ese año, prescindiendo del reactor regenerador

que ha creado dudas en algunas mentes acerca del futuro mercado para el uranio. Es improbable, que el reactor regenerador sea comercial antes de mediados de la década del 80 como plazo mínimo. Asumiendo que el regenerador pruebe ser comercialmente factible, pasarán muchos años antes de que exista algún efecto material en el crecimiento de la demanda de uranio, desde que el inventario existente de los reactores no regeneradores, aún tendrán que ser aprovisionados de combustible por el resto de sus vidas útiles, las cuales se consideran generalmente de 30 años.

La Organización para la Cooperación Económica y de Desarrollo, ha preparado recientemente un informe en el cual se estima que,la demanda anual mundial para el uranio, de 38,000 toneladas de U_3O_8 que existirán en 1975 es equivalente al total existente de la capacidad de producción. La USAEC el año pasado ha realizado una estimación similar,que en los Estados Unidos la capacidad productiva actual podría abastecer la demanda anual hasta 1976 sin tomar en cuenta los inventarios de U_3O_8 que podrían ser acumulados en los primeros años, cuando la demanda esté muy por debajo de la capacidad de producción. Además, nueva capacidad está siendo o será puesta en marcha, aunque no tan rápidamente como sería justificado, si la demanda fuera significativamente más alta. De hecho, existe un nú-

mero de depósitos en los Estados Unidos, que no están siendo desarrollados actualmente, no porque serían antieconómicos, sino porque sus dueños prefieren esperar hasta que puedan proyectar la demanda con un poco más de certeza. Este espíritu conservador refleja la sobredemanda actual del uranio y el temor por parte de los administradores de las compañías mineras de que las proyecciones actuales de la demanda prueben ser muy optimistas como ha sido la experiencia en el pasado. La retisencia por parte de los mineros para proceder con los trabajos de desarrollo, sin una clara perspectiva de la demanda, ha sido confirmada recientemente con el anuncio de que todos los consumidores de la Corporación Nuclear Norteamericana han solicitado demorar las entregas de uranio por más de 5 años. La Corporación Nuclear indica que las industrias americanas del uranio no saldrán de su actual estado antes de 1978.

F. OPORTUNIDADES

La principal oportunidad para Bolivia respecto al uranio es la actividad de exploración. La perspectiva para el uranio es muy optimista en todo el mundo. La demanda del Mundo Occidental se espera que se incremente en más de 5 veces en los próximos 10 años. Mientras los suministros son adecuados actualmente y se espera continúen siéndolo durante la segunda

RESTRINGIDO

mitad de la década del 70, deben encontrarse reservas adicionales considerables para satisfacer la última proyección de la demanda. Sin embargo, para que la exploración extensa de uranio sea una oportunidad atractiva para Bolivia, creemos que deben existir indicaciones de una buena oportunidad (en términos geológicos) de hallar reservas de bajo costo. Si la geología de Bolivia es tal, que sólo pueda esperarse depósitos marginales económicos, entonces esta oportunidad debería ser desestimada substancialmente, al menos para corto y medio plazo. En cualquier caso, no existe apuro ya que nuevas reservas no serán requeridas por varios años. Este intervalo de tiempo podría permitir exploraciones futuras para el desarrollo de reservas.

El dilema con respecto a la actividad del uranio tiene mucho que ver con el período de tiempo para su desarrollo, en vista de la posibilidad del descubrimiento de grandes depósitos de bajo costo. Muchos creen que aún si se encuentran enormes depósitos de bajo costo, no se justifica que sus propietarios inicien una guerra de precios, ya que no habría un aumento significativo en la demanda total de uranio. Por otra parte, si se encuentran grandes yacimientos de bajo costo, suficientes como para satisfacer prácticamente toda la demanda, como podría ser el caso en Sud Africa y Australia, entonces

tales operadores podrían introducir una reducción en el precio,que significaría un cambio en la naturaleza de la industria minera del uranio, a menos que se ejerciten controles sobre el uso de este uranio en las principales áreas de consumo industrial, como es actualmente el caso en los Estados Unidos. Creemos que es más probable que los operadores a bajo costo utilizarían sus bajos costos de operación para obtener contratos para desarrollar tales depósitos sin trastornar la estructura de precios de la industria.

Las posibilidades de venta de uranio a los países Andinos son limitadas, puesto que solamente Chile ha anunciado planes para la instalación de una planta de energía nuclear.

X. ALEACIONES NO-FERROSAS

X. ALEACIONES NO FERROSAS

Bolivia posee una amplia variedad de minerales tales como el estaño, el bismuto de alta pureza, antimonio, zinc, plomo y cobre que son usados para producir aleaciones no ferrosas. Por lo tanto, el campo de las oportunidades para la producción de aleaciones no ferrosas en Bolivia depende principalmente del mercado para estos productos.

A. MERCADOS

1. Andino y Sudamericano

Es difícil estimar el mercado para aleaciones no ferrosas en la región Andina y Sudamericana, debido a la existencia de datos poco confiables e incompletos. Un resumen de los datos disponibles de Chile, Perú, Bolivia y el Ecuador muestra, sin embargo, que cada año se importan aproximadamente 1,500 toneladas de aleaciones con un valor aproximado de US$950,000. De esta cantidad 1,000 toneladas con un valor de US$300,000 representan aleaciones a base de plomo utilizadas en la fabricación de baterías (Cuadro N° 39). Las estadísticas para Colombia no estuvieron disponibles, sin embargo, hemos estimado sobre la base de ciertos indicadores económicos que Colombia probablemente importa cerca de 700 toneladas de aleaciones no ferrosas anualmente de las cuales 450 toneladas son aleaciones a base de plomo.

CUADRO 39

IMPORTACIONES DE ALEACIONES NO FERROSAS A LOS PAISES

DEL PACTO ANDINO

	Toneladas Métricas	Valor en dólares
ALEACIONES BASE ESTAÑO		
Aleaciones a Base de Estaño	43.7	$163,000
Aleaciones Antifricción a Base de Estaño	63.8	51,700
Soldaduras a Base de Estaño	45.4	112,360
Estaño para Aleaciones	4.3	4,251
	157.2	$331,300
ALEACIONES DE PLOMO		
Aleaciones de Plomo para Baterías	1,090.2	$302,000
Metal de Tipos de Imprenta	113.7	35,000
Aleaciones Antifricción	0.2	300
Soldaduras a Base de Plomo	53.7	38,400
	1,257.8	$375,700
ALEACIONES DE ANTIMONIO - Total	34.4	$ 37,300
ALEACIONES DE BISMUTO - Total	0.06	$ 400
ALEACIONES DE COBRE		
Aleaciones a Base de Cobre (lingotes y barras)	38.8	$ 56,700
Barras de Latón, etc.	4.4	12,500
Otras Aleaciones de Cobre en Barras	6.3	9,800
Alambres de Bronce al Fósforo	11.9	25,700
Otras Aleaciones de Cobre en Alambre	20.3	37,700
Polvo de Bronce	15.5	35,500
Otras Aleaciones de Cobre en Polvo	11.3	23,500
Total Aleaciones de Cobre	108.5	$201,700
TOTAL ALEACIONES	1,557.9	$946,400

Para determinar la demanda potencial de consumo se calculó el consumo de metales de los Estados Unidos utilizados en la producción de aleaciones no ferrosas, y se lo relacionó con el producto bruto nacional (GNP). Los coeficientes resultantes de consumo (Cuadro N° 40) fueron luego utilizados para extrapolar la demanda potencial de los países Andinos (Cuadro N° 41). Los datos indican que la demanda actual representa sólo alrededor del 10% de la demanda potencial y que existe un amplio campo para el crecimiento.

En el Cuadro N° 42 la demanda potencial ha sido calculada tanto para Latinoamérica como para el mundo y comparada con la de la Subregión Andina. La demanda potencial sudamericana es aproximadamente de 64 mil toneladas, está comparada con una demanda potencial de 14.9 mil toneladas en la Subregión. La demanda mundial fué estimada en 2.1 millones de toneladas.

La magnitud del suministro de Bolivia a los mercados Andinos, Sudamericano y Mundial dependerá de los costos de transporte. Las aleaciones de bajo valor tales como aleaciones a base de plomo y de cobre no puede esperarse sean enviadas a muy grandes distancias. Sin embargo, aleaciones de alto valor a base de estaño y de bismuto pueden soportar costos de transporte mucho más altos.

Las aleaciones a base de plomo dan cuenta de una participación grande del consumo total de las aleaciones no ferrosas

RESERVADO

CUADRO 40

COEFICIENTES DE LA DEMANDA DE METAL EN LOS ESTADOS UNIDOS

Metal	Consumo como Metal para Aleaciones (Toneladas Netas)	Coeficiente de Demanda (Toneladas/mil millones de dólares)
Antimonio	9,000	10.0
Bismuto	650	0.7
Plomo	690,000[1]	770.0
Estaño	60,000[2]	67.0

1 Excluye 580,000 toneladas por año en baterías y 270,000 toneladas por año en gasolina.

2 Excluye el estaño en hojalata (30,000 toneladas).

CUADRO 41

DEMANDA POTENCIAL DE METAL EN ALEACIONES

PARA LA SUBREGION ANDINA

Metal	Producto Bruto Nacional de los Estados Unidos coeficiente de demanda toneladas netas mil millones de dolares.	Demanda Potencial (Ton. netas) Bolivia	Chile	Colombia	Ecuador	Peru	Total
Antimonio	10.0	8.0	56.0	59.0	14.0	40.0	117.0
Bismuto	0.7	0.6	4.0	4.0	1.0	3.0	13.0
Plomo[1]	770.0	610.0	4300.0	4500.0	1070.0	3070.0	13,550.0
Estaño[2]	67.0	53.0	370.0	390.0	90.0	270.0	1,170.0
		671.0	4730.0	4953.0	1175.0	3383.0	14.910.0

1. Excluye el consumo de baterias y gasolina

2. Excluye el estaño de la hojalata.

CUADRO 42

DEMANDA POTENCIAL DEL METAL EN ALEACIONES PARA LA

SUB-REGION ANDINA SUDAMERICANA

Y EL MUNDO

Metal	Producto Bruto Nacional Coeficiente de demanda Toneladas netas mil millones de dolares.	Demanda Potencial (Ton netas) Sub-Region Andina	Sud-América	Mundo
Antomonio	10.0	177.0	760.0	55,000,0
Bismuto	0.7	13.0	53.0	2,800.0
Plomo[1]	770.0	13,550,0	58,000.0	1,900.000.0
Estaño[2]	67.0	1,170.0	5,100.0	180,000.0
TOTAL		14,910.0	63,913.0	2,137,800.0

1. Excluye baterias de plano y el plomo en gasolina

2. Excluye el estaño usado en hojalata.

las soldaduras son las siguientes en importancia. Es improbable que las aleaciones a base de plomo representen una oportunidad promisoria para Bolivia ya que es relativamente fácil alear 7% a 13% de antimonio en plomo en una planta para baterías. Más aún, está decayendo el empleo de antimonio en baterías. Las soldaduras y aleaciones a base de bismuto, por otra parte, pueden representar una oportunidad muy promisoria.

En general, las soldaduras son aleaciones de plomo y estaño y comprenden toda la gama de mezclas de plomo y estaño. Algunas soldaduras también continen otros metales presentes en Bolivia, tales como antimonio, bismuto y plata.

Para muchas soldaduras, el estaño es el principal agente de aleación. En términos generales, la acción de la soldadura y las propiedades mecánicas son mejoradas con un incremento en el contenido de estaño. Puesto que el estaño constituye aproximadamente la mitad del material en soldadura, ya que la soldadura utiliza alrededor del 25% del estaño disponible, el consumo mundial de soldaduras puede estimarse en alrededor de 100,000 toneladas. Ajustando esta cantidad para el reciclaje de metal secundario, estimamos que alrededor de 60,000 a 70,000 toneladas se producen a partir del estaño primario.

Las aleaciones a base de bismuto son generalmente conocidas como aleaciones de bajo punto de fusión. Si bien el volumen

consumido es relativamente pequeño comparado con aleaciones de plomo, cobre y estaño, tiene un alto valor.

El antimonio también se usa en una amplia variedad de aleaciones no-ferrosas. Es un ingrediente de relativo valor en muchas de las aleaciones no-ferrosas.

B. PRODUCCION DE ALEACIONES

Generalmente las aleaciones no-ferrosas son producidas en países industriales tanto de materiales de deshecho como de metales primarios. El valor agregado sobre los costos del metal primario es relativamente pequeño, (10% a 20%) ya que estas aleaciones son típicamente de bajo punto de fusión y por lo tanto requieren de muy pocos equipos e instalaciones especializadas. Estas aleaciones se producen en pequeños hornos calefaccionados por gas o fuel oil. Normalmente la práctica industrial para soldaduras es que van a ser producidas en forma relativamente simple, de barras fundidas, barillas extruídas y alambres de gran diámetro. Así se requiere para su producción sólo del equipo más básico y menos sofisticado para el trabajo del metal. Los costos de capital para plantas que producen estas aleaciones son por lo tanto menores, del orden de US$600,000.

Los productores de aleaciones no-ferrosas generalmente tratan de usar tanto material de deshecho metálico como sea

RESERVADO

posible, y sólo agregan la cantidad primaria de metal para obtener la composición deseada. Aúnque Bolivia no tiene grandes cantidades de materiales de desecho, en cierto sentido tendrá una alternativa al uso de dichos materiales, por ejemplo, residuos y otros de la fundición Klockner que contendrán estaño con una amplia variedad de impurezas. Esta mezcla de metales cuya composición variará con los concentrados representa tal vez un equivalente a los materiales de desecho, los cuales pueden ser usados alternativamente para producir aleaciones maestras o finales apropiadas o pueden ser refinados tanto en Bolivia como en Europa para separar y recuperar los metales, como metales primarios individuales.

C. OPORTUNIDADES PARA LA UTILIZACION DE LAS FUNDICIONES DE PERO Y METABOL

Nuestra investigación indicó que existen oportunidades para la producción de aleaciones no-ferrosas en las fundiciones de Peró y Metabol. Sin embargo, también existen otras alternativas de uso.

1. Descripción

a, Fundición Peró

Esta fundición fué originalmente diseñada como fundición de estaño. Está constituída por un pequeño horno reverbero y 7 hornos rotatorios. El horno reverbero no ha sido usado hace tiempo. Cuando la fundición estuvo

produciendo estaño usó 3 hornos para la reducción y 3 hornos para la volatilización de escorias. Tenía capacidad de 3,000 toneladas por año cuando operaba con concentrados del 40% de ley y 5,000 toneladas por año cuando operaba con concentrados de 60% de ley.

b. Fundición Metabol

La fundición de Metabol fué originalmente instalada para fundir plomo, su capacidad fué de 3,000 toneladas métricas de plomo por año. Aparentemente no ha fundido plomo por muchos años. Posee dos pequeños hornos de cuba para plomo y hollas de refinación en bastante buen estado, pero la máquina de sinterización está en mal estado, posee además dos hornos rotatorios para la reducción y dos hornos de volatilización capaces de producir más de 1,500 toneladas de estaño por año de concentrados de alta ley y 150 toneladas anuales de estaño de concentrados de baja ley, por ejemplo, 4% a 5% de contenido metálico. Esta fundición no está bien equipada para la fundición de estaño y no es muy eficiente. Tiene también exceso de personal.

2. Oportunidades para su Utilización

Varias ideas han sido sugeridas para el uso de las fundiciones Peró y Metabol.

a. Fundición Peró

i. Expansión de la capacidad de fundición de estaño de 3,000 - 5,000 toneladas por año a 7,500 toneladas anuales.

ii. Volatilización de concentrados de bajo contenido de estaño con una capacidad de 7,000 toneladas anuales para estaño de 4% al 8%. La fundición fué recientemente usada con este propósito.

iii. Volatilización de concentrados de antimonio conteniendo oro. La operación podría producir óxido de antimonio o antimonio y residuo enriquecido en oro, del cual el oro podría ser recuperado posteriormente.

iv. Reajuste de las aleaciones de estaño provenientes de la fundición Klochner para producir aleaciones apropiadas por adición de metal primario.

b. Metabol

i. Volatilización de concentrados de estaño de baja ley con alto contenido en hierro. Esta fundición tiene capacidad para volatilizar 7,200 toneladas anuales de concentrados de estaño del 4% al 8%.

ii. Fundición de concentrados de óxido de bismuto. La disponibilidad de minerales de concentrados oxidados de bismuto está actualmente limitada alrededor de 48

toneladas finas de bismuto anuales.

iii. Fundición de estaño, pero esta fundición sólo tiene una capacidad de 3,600 toneladas anuales.

iv. Producción de aleaciones con base de estaño, de plomo, de cobre y de bismuto.

Para evaluar las varias oportunidades existentes para la conversión en las fundiciones de Peró y Metabol, debería realizarse un estudio que tome en cuenta los siguientes aspectos:

a. Evaluación de las instalaciones existentes para determinar los usos alternativos. Este exámen debería ser preliminar y eliminaría las posibilidades de menos interés sobre la base de factores tales como la inadecuada provisión de materias primas, mercados insuficientes y una extensa revisión de las plantas.

b. Deberían evaluarse en detalle, las alternativas mas prometedoras incluyendo la producción de aleaciones no-ferrosas. El análisis estimaría las reservas, las inversiones, los costos de operación y mercados.

XI. FERROALEACIONES

RESERVADO

XI. FERROALEACIONES

Las ferroaleaciones son aleaciones de hierro y manganeso, hierro y silicio y hierro con otros metales ferroaleantes usados en la fabricación de aceros y para aleaciones de acero. Las ferroaleaciones más importantes son: ferromanganeso, ferrosilicio, silicomanganeso, ferrocromo, ferrotungsteno, ferrovanadio, ferrotitanio y ferromolibdeno, aproximadamente en este orden de importancia.

Normalmente las ferroaleaciones se fabrican en hornos eléctricos de reducción tipo arco, si bien algunos grados de aleación hierro silicio y hierro manganeso se fabrican en hornos de cuba, la mayoría o reducción con carbón de los minerales oxidados manteniendo la relación correcta de hierro al metal ferroaleante; algunas ferroaleaciones involucran la reducción de mezclas de minerales de óxido de hierro y de óxidos o concentrados de los metales ferroaleantes.

A. TIPO DE FERROALEACIONES

1. Manganeso

Las ferroaleaciones de manganeso representan el más grande tonelaje de ferroaleaciones usados por la industria del acero. Los productos que son usados por una industria del acero muy ampliamente diversificada incluyen grados alto, medio, y bajo de carbón

de ferromanganeso y silicomanganesos, siendo este último un subproducto de la producción de ferromanganesos. Además, se requiere alguna cantidad de manganeso electrolítico en ciertos aceros inoxidables y en aleaciones de cobre, aluminio y magnesio. El bajo contenido de hierro de las materias primas necesarias para la producción por plantas electrolíticas de manganeso se obtienen a menudo a partir de escorias de ferromanganeso. El ferromanganeso tiene de 74% a 80% de hierro y manganeso equilibrados, con especificaciones sobre la cantidad máxima de contenido de fósforo y carbón para ciertos grados específicos. El silicomanganeso tiene 60% a 65% de manganeso, 12% a 20% de silicio, 2% a 3% de carbón balanceado con hierro.

2. Silicio

Las aleaciones de ferrosilicio representan el segundo tonelaje más importante. Grados de 45% a 94% de silicio son producidos para la fabricación de acero mientras que silicios de 96% a 99% también se producen para su uso en aleaciones de aluminio y en ciertos aceros. Para aleaciones de alto valor el carbón se especifica a bajo nivel (0.15% de carbón). Generalmente no existe escasez de materias primas, particularmente para ferrosilicios. Una arena de buena calidad y una chatarra de hierro o mineral de hierro de alta calidad es todo lo que se requiere. El mineral de hierro reducido directamente o beneficiado magnéticamente después de la reducción podría representar una buena fuente de hierro.

3. Cromo

El cromo conforma el más grande tonelaje de material usado únicamente para propósitos de aleación. El ferrocromo contiene 65% a 72% de cromo balanceado con hierro, con un máximo del 2% de silicio. Los grados son clasificados por su contenido en carbón desde el más bajo contenido en carbón (0.06%), grados caros, a altos contenidos en carbón (4.5% a 8.5%) grados de menor valor.

Es muy improbable que el cromo esté disponible en Bolivia y por lo tanto cualquier ferrocromo producido debería estar basado sobre la importación de minerales de alto grado. La mayor parte de la producción de ferrocromo en el mundo se basa en minerales de cromo importados. En Bolivia, sin embargo, los costos de transporte asociados con el cromo importado serían altos y colocarían a las aleaciones de ferrocromo en una situación competitiva de desventaja.

4. Niquel

El ferroníquel contiene de 25% a 75% de niquel complementando con el hierro, puede ser usado para aleante con una amplia variedad de aceros y aceros inoxidables. El niquel puro, en forma de ánodo o briquetas, se requiere para algunos de los tipos de aleaciones inoxidables, aleaciones no-ferrosas y en electrodeposición o galvanoplastía. Colombia está en mucho mejor posición para producir ferroniquel que Bolivia que no tiene recursos de niquel excepto la

evidencia de pequeñas muestras de alto grado de este mineral.

5. Otros

Otras ferroaleaciones, las más importantes de las cuales contienen molibdeno, titanio, tungsteno, vanadio y columbio son generalmente usados en cantidades más pequeñas. De éstas la más importante para Bolivia es el ferrotungsteno, que tiene de 70% a 80% de tungsteno en balance con hierro con especificaciones de carbón de 0.6% de carbón como máximo.

B. RECURSOS Y PRODUCCION

Nuestro estudio preliminar de los recursos de minerales metálicos para ferroaleaciones indican que Bolivia posee tungsteno, manganeso y silicio en suficiente cantidad para mantener una operación comercial de ferroaleaciones. De éstos, el tungsteno y el manganeso tienen los más altos valores; también es generalmente disponible el silicio de adecuada calidad para ferrosilicios. Sin embargo, con excepción del tungsteno no existen datos sobre reservas metálicas para ferroaleaciones y por consiguiente hemos especulado parcialmente sobre la base de nuestro estudio de la información geológica.

No existe duda de que las reservas de tungsteno en Bolivia actualmente estimadas en 58,000 toneladas entre probadas e indicadas, son adecuadas para mantener la producción de ferrotungsteno que es un producto muy valorable pero que tiene un mercado relativamente pequeño.

RESTRINGIDO

Minerales manganíferos de acuerdo a GEOBOL se encuentran generalmente a lo largo o cerca de la línea férrea que corre al Norte desde Villazón a Potosí. Sin embargo, estos depósitos no han sido explorados en toda su extensión y la información del contenido de hierro y manganeso es limitada. El contenido de manganeso y hierro y la relación hierro-manganeso es particularmente importante para la producción de un amplio rango de grados de ferromanganeso.

Es probable que se halle en Bolivia el molibdeno. Un informe geológico informa la presencia de sulfuros de molibdeno en las minas Condor Hate y Viloco cerca de La Paz.

Nuestro examen de la información geológica también ha encontrado una mención a la presencia del niquel asociado con antimonio y arsénico en la Mina Don Carlos, en Chacaltaya.

Existe una posibilidad de que también existan en Bolivia recursos económicamente atractivos de vanadio y titanio. El vanadio es un sub-producto común del uranio y ha habido una mención persistente de la existencia de uranio en Bolivia.

Nuestras entrevistas con los geólogos de COMIBOL han indicado que esperan encontrar titanio en forma de ilmenita y rutilo en el área del Beni. También se han encontrado muestras de titanio cerca de La Paz y Potosí.

Los geólogos ven muy pequeño potencial para encontrar cromo en Bolivia. Esta situación no es rara porque los principales re-

cursos de mineral de cromo aptos para la producción de ferroaleaciones se encuentran solo en un pequeño número de localidades en el mundo.

Sin embargo, actualmente no existe la suficiente información para determinar si el molibdeno, niquel, vanadio y titanio existen en cantidad suficiente para mantener una operación comercial de ferroaleación. Por otra parte, los recursos de vanadio, niquel, molibdeno y titanio no necesitan ser grandes porque estas ferroaleaciones generalmente se producen en cantidades pequeñas.

El Cuadro 43 presenta la producción estimada de varias ferroaleaciones importantes en algunos países de Latinoamérica. El Brasil es el principal productor de ferroaleaciones en Sudamérica y se espera que su producción crecerá aún más. Es el único país en Sudamérica que produce esencialmente una linea completa de ferroaleaciones con excepción del ferrotungsteno. Chile es el único productor de ferroaleaciones en la Subregión Andina. La producción está concentrada grandemente en las aleaciones de manganeso y silicio con ferrocromo producido en pequeñas cantidades.

C. MERCADOS

El Cuadro 44 presenta los consumos estimados de varios tipos de ferroaleaciones en algunos países de Latinoamérica. Los datos indican que el Brasil, Méjico y Argentina son los más grandes consumidores de ferroaleaciones en Latinoamérica. Chile y Venezuela son también consumidores substanciales.

C U A D R O 43

PRODUCCION DE FERROALEACIONES EN LATINO AMERICA

1964 - 1968

(Tons por año)

País		Ferro manganeso	Ferro silicio	Silicio manganeso	Ferro cromo	Otros
ARGENTINA	1964	11,894	2,099	1,383	-	17
	1965	10,648	4,138	2,769	-	19
	1966	11,987	6,458	3,571	40	6
	1967	10,177	6,454	1,635	-	-
	1968	14,391	6,874	3,307	-	-
BRASIL	1964	20,643	8,230	8,693	1,130	3,475
	1965	26,390	9,396	9,759	2,025	3,893
	1966	31,314	13,552	6,009	2,995	4,001
	1967	31,308	15,625	5,625	1,665	4,857
	1968	35,336	15,859	6,986	3,642	4,945
CHILE	1964	5,188	2,920	2,355	-	-
	1965	6,617	2,350	4,024	-	100
	1966	6,226	2,980	2,506	-	647
	1967	3,887	3,842	1,904	-	455
	1968	5,539	1,706	2,059	-	458
MEJICO	1964	32,178	7,520	2,295	574	-
	1965	31,349	9,120	1,024	1,227	-
	1966	30,622	7,541	6,121	323	47
	1967	35,540	11,160	6,447	1,074	166
	1968	39,095	11,257	3,613	2,143	139

CUADRO 44

CIFRAS ESTIMATIVAS DEL CONSUMO Y LAS IMPORTACIONES NETAS DE FERROALEACIONES EN LATINO AMERICA
1964 - 1968
(Toneladas por año)

País		1964	1965	1966	1967	1968
ARGENTINA	Producción	15,302	15,574	22,062	18,266	24,572
	Consumo	18,659	20,178	18,688	19,558	22,892
	Exportaciones Netas (+) o Importaciones (-)	- 3,357	- 4,064	+ 3,374	- 1,292	+ 1,682
BRASIL	Producción	42,191	51,463	57,871	59,080	66,768
	Consumo	41,409	41,660	58,543	57,434	66,530
	Exportaciones Netas (+) o Importaciones (-)	+ 782	+ 9,803	- 672	+ 1,646	+ 238
CHILE	Producción	10,463	13,091	12,359	10,088	9,762
	Consumo	8,614	7,021	8,511	9,307	8,407
	Exportaciones Netas (+) o Importaciones (-)	+ 1,849	+ 6,070	+ 3,848	+ 781	+ 1,355
COLOMBIA	Producción	-	-	-	-	-
	Consumo	3,392	3,569	3,186	3,805	3,702
	Exportaciones Netas (+) o Importaciones (-)	- 3,392	- 3,569	- 3,186	- 3,805	- 3,702
MEJICO	Producción	42,567	42,720	44,654	54,337	56,247
	Consumo	34,412	36,211	40,754	44,694	48,055
	Exportaciones Netas (+) o Importaciones (-)	+ 8,155	+ 6,509	+ 3,900	+ 9,643	+ 8,192
PERU	Producción	-	-	-	-	-
	Consumo	1,209	1,386	1,180	1,180	1,549
	Exportaciones Netas (+) o Importaciones (-)	- 1,209	- 1,386	- 1,180	- 1,180	- 1,549
URUGUAY	Producción	-	-	-	-	-
	Consumo	206	192	147	192	118
	Exportaciones Netas (+) o Importaciones (-)	- 206	- 192	- 147	- 192	- 118
VENEZUELA	Producción	-	-	-	-	-
	Consumo	6,505	9,219	7,921	10,177	9,750
	Exportaciones Netas (+) o Importaciones (-)	- 6,505	- 9,219	- 7,921	-10,177	- 9,750
EXPORTACIONES NETAS LATINO AMERICANAS (+) O IMPORTACIONES (-)		- 3,883	- 9,066	- 1,984	- 4,576	- 3,652

202

RESERVADO

Latinoamérica es un importador neto de ferroaleaciones con Colombia, Perú y Venezuela que son los mas grandes importadores netos. La Subregión Andina importa alrededor de 4,000 a 5,000 toneladas de ferroaleaciones por año.

Los exportadores de ferroaleaciones en Latinoamérica son Argentina, Brasil y Chile. Brasil es probable que se convierta en el más grande exportador en el futuro.

El Cuadro 45 indica el empleo de varias ferroaleaciones para diferentes procesos de fabricación de acero. El acero producido por hornos eléctricos es,sin lugar a dudas, el más importante consumidor.

La demanda para ferroaleaciones de gran volumen, ferromanganeso y ferrosilicio está directamente relacionada con la producción de acero. La demanda para ferroaleaciones de menor volumen tales como ferrocromo, ferroniquel, ferromolibdeno, ferrotitanio, ferro-vanadio y ferrocolumbio está relacionada con la producción de aleaciones de acero y acero inoxidable.

En los últimos años el consumo de ferroaleaciones en Latinoamérica ha crecido a un ritmo de 9% anual. Si esta relación de crecimiento se mantiene el consumo será duplicado en alrededor de 8 años.

C U A D R O 45

CONSUMO DE FERROALEACIONES TIPICAS EN LATINO AMERICA

POR PROCESO DE ACERO

(kilogramos por ton)

	Siemens Martin Horno de Revertero	Horno Básico Oxidante	Horno Eléctrico
Ferromanganeso	7.9	6.2	5.4
Silicomanganeso	3.8	-	1.5
Ferrosilicio	1.5	1.4	16.1
Ferrocromo	-	-	2.5
TOTAL	13.2	7.6	25.5

Los precios de ferroaleaciones varían algo pero no experimentan grandes fluctuaciones como en el caso de algunos de los metales base tales como cobre, zinc, antimonio y bismuto. Los siguientes son los precios típicos de productores y distribuídores de las mas importantes ferroaleaciones en los mercados de Sud América:

Ferroaleaciones	Productor (Dólares/tonelada)	Distribuídor (Dólares/tonelada)
Ferromanganeso de alto contenido en carbón	162-235	265
Sílico Manganeso	184-267	230
Ferro Silicio - 45% de Silicio	55-144	230
Ferro Silicio - 75% de Silicio	203-221	299

Los precios en el mercado internacional para varios grados de ferrosilicio y ferromanganeso son los siguientes:

FERROALEACIONES	US$ Por tonelada
FERROMANGANESO	
Standard - 74% - 76% Mn	170 - 187
Standard - 78% Mn	195
Bajo en fósforo	216
SILICOMANGANESO	
12.5%-16% Silicio, 3% Carbón	214
Alto manganeso-15%.5 - 17% Silicio 1.75% - 2.25% Carbón	235
16%-18.5% Silicio, 2% Carbón	214 - 224
18.5%-21% Silicio, 1,5% Carbón	230 - 260
FERROSILICIO	
45% Silicio	140 - 170
75% Silicio	232 - 276
OTRAS FERROALEACIONES	
Ferrocromo - .01 - .0% Carbón	772-805
Ferrotungsteno - 77-83% Tungsteno	9,900
Ferroniquel - 75% Niquel	2,130
Ferrovanadio - 45% Vanadio	3450-4075
Ferrotitanio - 70% Titanio, bajo contenido carbón	2200
70% Titanio, medio contenido carbón	435
70% Titanio, alto contenido carbón	340

La lista superior de precios no está completa pero probablemente cubre a todas las ferroaleaciones que Bolivia podría producir. Representa un rango de cotización de precios para compras a la vista, los precios para contratos de ventas podrían ser significativamente menores.

D. PRODUCCION DE FERROALEACIONES

Generalmente, las ferroaleaciones se producen en areas en el mundo donde son disponibles recursos de chatarra de hierro a bajo costo y energía eléctrica barata (0.5¢ - 0.9¢/kwh). La producción

RESERVADO

está concentrada en países altamente industrializados y conveniente para áreas de fabricación de acero. Esto es fácilmente explicable, pues a causa del gran volumen de las ferroaleaciones, ferromanganeso, silicomanganeso y ferrosilicio que son materiales de relativamente bajo valor (7¢-15¢/lb) no pueden mantener los altos cargo s por transporte.

Bolivia puede tener recursos de materias primas para producir ferrotungsteno, ferrosilicio, ferromanganesos, silicomanganeso, y posiblmente ferrovanadio, ferrotitanio, ferroniquel y ferromolibdeno. Los recursos de materias primas de bajo costo particularmente, mineral de manganeso de alto grado y los recursos de mineral de vanadio, molibdeno y titanio y el bajo costo de energía ayudarían a ser viable el proyecto de ferroaleaciones.

Las ferroaleaciones de manganeso son las mas importantes en términos de volumen producido y consumido. Minerales de alto grado metalúrgico, especialmente aquellos con una alta relación hierro-manganeso, son necesarios para la producción de muchos tipos de ferromanganeso. Por tanto, es de gran importancia, determinar el tipo de mineral de manganeso obtenible en Bolivia.

En la reducción de un mineral dado de manganeso los óxidos de hierro son convertidos casi cuantitativamente a metal, y el manganeso recuperado es típicamente del 85%. Esta recuperación

relativamente pobre de manganeso a partir de los minerales ha conducido a la práctica del uso de las escorias del horno de ferromanganeso como materia prima a una operación de manganeso electrolítico a causa de que el hierro es muy bajo (por ejemplo la relación manganeso-hierro es alta) y porque han sido eliminados metales volátiles tales como el zinc. Sin embargo, las recuperaciones de manganeso relativamente bajas comparadas con el hierro requieren que la relación manganeso-hierro en la materia prima cargada al horno deba ser mas alta que la relación manganeso a hierro en la aleación.

% de Manganeso en la Ferroaleación	Relación Manganeso a hierro requerido en el Mineral
20.0 (Hierro especular)	0.3:1
75.0 (Alto en carbón)	4.2:1
82.5 (Medio en carbón)	6.7:1
87.5 (Bajo en carbón)	9.4:1

Puesto que el manganeso es mas fácilmente oxidable que el hierro no es práctico alterar la relación hierro-manganeso proveniente de un horno por oxidación fraccionada como se realiza en la transformación de un niquel de baja ley a un ferroniquel. (En este caso el hierro es más facilmente oxidable que el niquel). Por otra parte puede ser práctico el producir un grado de aleación hierro-manganeso que esté situado entre el hierro especular y el ferromanganeso convencional. Si los minerales bolivianos tienen una relación manganeso-hierro menor que la requerida,

una aleación de manganeso fuera de grado indudablemente causará algún problema en la operación de una planta de acero, pero podría ser superada por el establecimiento de un precio favorable por el valor del manganeso contenido. Sería difícil vender aleación fuera de grado en los mercados internacionales pero tal vez no en la Subregión Andina. Una operación factible de producción de ferroaleaciones debería consistir en la instalación de un horno eléctrico para la producción de ferromanganeso, sílico-manganeso, ferrosilicio y ferrotungsteno. Las condiciones en Bolivia son tales que podría comenzar la producción en una escala muy pequeña suficiente para abastecer al mercado Andino. La producción de ferroaleaciones requiere la disponibilidad de energía de bajo costo y reductores carbonosos, aúnque los requerimientos del combustible fuel oil no necesitan ser grandes si la pre-reducción se consigue con gas natural.

Los costos de energía deberían ser los mas bajos posibles y preferiblemente por debajo de 7 milésimas de dólar por kwh.

La mayor parte de las plantas de producción de ferroalcaciones en el mundo tienen una provisión de energía a costos menores de 9 mílésimo de dólar por kwh. Hasta un mínimo de 3 milésimos de dólar por kwh. El Cuadro 46 muestra los porcentajes de los costos totales para las principales ferroaleaciones y los ferro-tungstenos relacionados que se componen de materia prima, energía y otros.

CUADRO 46

DISTRIBUCION TIPICA DEL COSTO EN LA PRODUCCION DE FERROALEACIONES EN RELACION A LOS COMPONENTES EN MATERIAS PRIMAS Y ENERGIA

(Por ciento del costo total)

	Ferro-Manganeso	Ferrosilicio			Manganeso	Ferro-Cromo	Ferro-Tungsteno
		45	75	90			
Minerales	52.4	8.4	9.2	8.8	43.5	53.9	37.7
Chatarra de hierro	-	10.4	5.0	3.5	-	-	1.6
Reductores	23.8	36.6	39.0	37.8	28.9	13.1	35.6
Energía (7 milésimos de dólar/kwh)	19.0	43.4	45.5	48.6	24.6	33.0	16.4
Otros	4.8	1.2	1.3	1.3	3.0	-	8.7
TOTAL	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0
Consumo de Energía en Kwh/ton.	3500	5200	9500	12300	4800	7700	5000
Efecto del cambio en costo de una milésima de energía en dólares por tonelada.	3.50	5.20	9.50	12.30	4.80	7.70	5.00

RESERVADO

Los datos indican la importancia de la energía de bajo costo particularmente para ferrcaleaciones de materias primas de bajo costo tales como el ferrosilicio y de alto consumo de energía tal como el ferrosilicio y el ferrocromo.

A causa de que el ferromanganeso y el ferrosilicio son los productos con más alto volumen potencial,es lógico localizarlo cerca á los recursos de mineral de manganeso, especialmente desde que la silice de calidad adecuada generalmente no es difícil de encontrar. En el caso de tungsteno, vanadio, molibdeno y niquel, los concentrados son lo suficientemente valiosos para sostener los cargos por flete resultantes del movimiento del material a través de largas distancias. Esto podría sugerir la localización en el Sud, tal vez cerca a Villazón, excepto que allí no se conocen recursos de energía eléctrica de bajo costo existentss actualmente en el área de Villazón. Para hacer factible este proyecto se necesitaría el bombeo de gas natural con un costo de alrededor de US$0.15 a 0.25 por millón de BTUS para generar energía y posiblemente minimizar el consumo del caro carbón vegetal.

Cochabamba podría ser una mejor localización para una planta de ferroaleaciones ya que se espera que el gas natural será disponible en el área en un futuro cercano. Allí también existe el potencial para la obtención de energía de bajo costo obtenible de proyectos hidráulicos tales como los de Corani, Santa Isabel,

y otros actualmente en estudio. Cochabamba está también servida por el servicio de transporte por ferrocarril.. Además,recientemente ha sido encontrado un pequeño depósito de mineral de hierro, en Changolla que podría soportar una producción asociada de pequeña cantidad de aleación y acero producido con carbón.

E. IDENTIFICACION DE OPORTUNIDADES

Existe una oportunidad promisora para la producción de ciertas ferroaleaciones para la exportación a la Subregión Andina.

La factibilidad de tal proyecto dependerá probablemente de los costos de la energía eléctrica y del grado de mineral de manganeso disponible en Bolivia. Si el mineral de manganeso es de alto grado habrá una marcada indicación de que la producción de ferroaleaciones en Bolivia es potencialmente viable. Bolivia también podría producir ferrotungsteno, sin embargo, puesto que el tungsteno puede ser fácilmente transformable a metal en polvo y carburo, la alternativa que probablemente podría dar mayores beneficios a Bolivia sería convertir una parte del tungsteno a ferrotungsteno usando el material remanente para producir otros productos de tungsteno. Sería muy poco prudente construír una planta de ferroaleación para producir solamente ferrotungsteno.

Una pequeña planta de ferroaleación de (5,000 a 6,000 toneladas por año) requeriría una inversión de capital de alrededor

de US$1,500,000 de dólares para su instalación. Una planta de ferroaleaciones es normal y fácilmente expandible por adición de hornos uno por vez, de modo que la planta, podría ser un comienzo e irse expandiendo conforme crezca el mercado. La ganancia de tal planta podría ser marginal si produjera solo material de gran volumen y bajo valor (US$140 a US$275 por tonelada métrica ó ferroaleaciones tales como el ferro-silicio y el ferro-manganeso, a menos que el costo de la energía fuera muy bajo (por ejemplo de 0.5¢ a 0.9¢/kwh). Sin embargo, podrían ser mucho más rentables si la planta produjera ferroaleaciones primarias de alto valor basadas sobre todo en materias primas de recursos naturales. El ejemplo más ilustrativo de una ferroaleación de alto valor es el ferrotungsteno (80% a 85% de tungsteno) que está avaluada en alrededor de US$10,000 por tonelada. Otro ejemplo, podría ser el ferroniquel valuado en más de US$2,100 por tonelada.

Debido a la promisión que ofrecen las ferroaleaciones debería ser realizado un estudio de prefactibilidad que examine la economía del establecimiento de una planta para su producción. El estudio analizaría en mayor detalle el mercado de la Subregión Andina para ferroaleaciones específicas.

Presuminos que la mayor parte de las importaciones, actualmente alrededor de 5,000 toneladas por año, son ferroaleaciones de alto valor y bajo volumen. También deben ser analizadas las oportunidades del Mercado Mundial para algunas de las ferroaleaciones de alto valor capaces de soportar los altos costos de

RESERVADO

de transporte. Al mismo tiempo, debería investigarse la calidad de los depósitos de mineral de manganeso y la información geológica sobre algunos de los mas valiosos metales tales como molibdeno, titanio, niquel y vanadio.

Deberían evaluarse las alternativas de localización para el proyecto ya que los costos de transporte y energía son importantes componentes de los costos totales.

Dependiendo sobre todo de los resultados anteriores sugerimos que sea preparada una mezcla de los productos propuestos para establecer las instalaciones necesarias para producir los productos en los volúmenes anticipados. Esto requerirá de la identificación de instalaciones apropiadas y la estimación del capital y los costos de operación asociados con la producción.

A N E X O A

INDUSTRIA METALURGICA NO FERROSA

INDUSTRIA METALURGICA NO FERROSA

NABALALC	P r o d u c t o
Capítulo 74.	Cobre
74.01	Cobre blister y otros cobres no refinados.
74.02	Principales aleaciones de cobre.
74.03	Barras, varillas, ángulos, formas, secciones y alambre de cobre.
74.04	Planchas, hojas y tiras de cobre.
74.05	Chapas de cobre.
Capítulo 75.	Niquel
75.01	Niquel y aleaciones de niquel en bruto.
75.02	Barras, varillas, ángulos, formas, secciones y alambre de niquel.
75.03	Planchas, hojas y tiras de niquel.
75.04.0.01	Tubos y barras huecas de niquel.
75.05	Anodos galvanoplásticos de niquel.
Capítulo 76.	Aluminio
76.01	Aluminio y aleaciones de aluminio en bruto.
76.02	Barras, varillas, ángulos, formas, secciones y alambre de aluminio.
76.03	Planchas, hojas y tiras de aluminio.
76.04	Chapas de aluminio.
76.05	Polvos y escamas de aluminio.
76.06	Tubos, cañerías y barras huecas de aluminio.
Capítulo 77.	Magnesio, Berilio
77.01	Magnesio y berilio.
77.02	Magnesio en bruto.
77.04.0.01	Berilio en bruto.
Capítulo 78.	Plomo
78.01	Plomo y aleaciones de plomo en bruto.
78.02	Barras, varillas, ángulos, formas, secciones y alambre de plomo.
78.03	Planchas, hojas y tiras de plomo.
78.04	Chapas de plomo, polvos y escamas.
78.05.0.01	Tubos y barras huecas de plomo.

Capítulo 79.	Zinc
79.01	Zinc y aleaciones de zinc en bruto.
79.02	Barras, varillas, ángulos, formas, secciones y alambre de zinc.
79.03	Planchas, hojas y tiras de zinc.
79.04.0.01	Tubos y barras huecas de zinc.
Capítulo 80.	Estaño
80.01	Estaño y aleaciones de estaño en bruto.
80.02	Barras, varillas, ángulos, formas, secciones y alambre de estaño.
80.03	Planchas, hojas y tiras de estaño.
80.04	Chapas de estaño, polvos y escamas.
80.05.0.01	Tubos y barras huecas de estaño.
Capítulo 81.	Otros metales comunes
81.01.1	Wolfram en bruto.
81.02.1	Molibdeno en bruto.
81.03.1	Tantalio en bruto.
81.04.1.01	Uranio empobrecido en U_{235} en bruto.
81.04.1.02	Torio en bruto.
81.04.2.01	Bismuto en bruto.
81.04.2.02	Cadmio en bruto.
81.04.3.01	Cobalto en bruto.
81.04.4.01	Manganeso en bruto.
81.04.4.02	Antimonio en bruto.
81.04.5.01	Vanadio en bruto.
81.04.5.02	Circonio en bruto.
81.04.5.03	Galio en bruto.
81.04.5.04	Germanio en bruto.
81.04.6.01	Hafnio en bruto.
81.04.6.02	Indio en bruto.
81.04.7.01	Niobio en bruto.
81.04.7.02	Renio en bruto.
81.04 8.01	Titanio en bruto.
81.04.8.02	Talio en bruto.
81.04.9.01	Cermetas en bruto.

Además de la 73.12.4.01 (hojalata).

217