

# **VOLATILIZACION DE ESCORIAS DE ESTAÑO**

(VERSION EN ESPAÑOL)

Por:

Ing. Met. JORGE LEMA PATIÑO

Gerente Técnico

Empresa Nal. De Fundiciones

- **Presentado a la cuarta Conferencia  
Técnica Mundial de Estaño**  
Kuala Lumpur / Malasia 1974

BOLIVIA

**EMPRESA NACIONAL DE FUNDICIONES**

**FUNDICION DE MINERALES DE ESTAÑO DE BAJA LEY EN BOLIVIA**

**AUTOR:**

**Dip. Ing. Jorge Lema Patiño  
GERENTE TECNICO**

## PRODUCCIÓN DE MINERALES DE ESTAÑO

Los minerales de estaño boliviano, son de formación neumatolíticas presentes en rocas eruptivas de traquita de cuarzo y de decitas en gangas y filones de sulfuro de metal pesado. Las características mineralógicas de los yacimientos de estaño bolivianos resultantes de una particular formación geológica, han determinado la presencia de minerales de estaño complejos, con tenores variables de azufre, hierro, especialmente como sulfuro y metales como plomo, arsénico, antimonio y bismuto.

La producción de estañífera de Bolivia se distribuye aproximadamente de acuerdo a la relación que se indica en la Tabla. No. 1.

En la misma tabla se aprecia la alimentación disponible para las plantas metalúrgicas del Complejo de Vinto de media/alta y baja ley.

**TABLA No. 1**

<u>PRODUCCIÓN</u>	<u>T.M.F./AÑO</u>		<u>ALIMENTACIÓN</u>
<u>COMIBOL</u>		<u>Media/Alta</u>	<u>Baja ley</u>
Media/alta ley	15.800	13.000	2.800
Baja ley	<u>5.600</u>	<u>3.000</u>	<u>2.600</u>
	21.400	16.000	5.400
 <u>MIN.</u>			
<u>MINERIA</u>			
Media/alta ley	2.564	2.662	
Baja ley	<u>4.724</u>	<u>1.989</u>	<u>2.063</u>
	7.288	4.650	2.063
 <u>BAMIN</u>			
Media/alta ley	2.016	2.500	
Baja ley	<u>1.346</u>	<u>257</u>	<u>1.089</u>
	3.362	2.757	1.089
 TOTAL	 32.050	 23.407	 8.552

Un promedio representativo de la producción de minerales de estaño de Bolivia se presenta en la siguiente Tabla:

**TABLA No. 2**

**DISPONIBILIDAD DE CONCENTRADOS**

FUNDICIÓN MEDIA/ALTA LEY	FUNDICIÓN BAJA LEY
Sn = 42.12 %	Sn = 25.0 %
Sb = 0.18 %	Sb = 0.6%
As = 0.31%	As = 0.7%
Pb = 0.20 %	Pb = 0.6%
Cu = 0.10%	Cu = 0.1%
Bi = 0.08 %	Bi = 0.1%
S = 6.00%	S = 10.0 %
Fe = 12.4 %	Fe = 18.7 %
Zn = 0.31%	Zn = 1.5%

**RELACION**

	<b>Sn / Fe</b>	<b>Promedio</b>
Media/Alta	0.97 - 3.71	3.39
Baja Ley	0.90 - 1.80	1.34

Se describe el tratamiento de cada uno de los materiales de estaño, según las tecnologías que se disponen en la Fundición Ampliada de Vinto y la que se ha decidido incorporar en la Fundición de Estaño de Baja Ley (1979).

**FUNDICION DEL ESTAÑO MEDIA/ALTA LEY**

**Tecnología**

La tecnología que se emplea en la Fundición de Estaño de Vinto en su etapa ampliada a 20.000 TMF/año, difiere de la inicialmente adoptada en su primera fase, básicamente en la incorporación de una etapa de tostación clorurante, para el tratamiento de concentrados de bajo contenido de bismuto y por la incorporación de una etapa de refinación térmica completa para la obtención de un metal de Estaño de Grado A.

Los principales modificaciones

Tecnológicas que se han introducido en el proceso de la primera fase de la fundición de Estaño, han sido sugeridas por ENAF, entre las que se mencionan el sistema de de electrolisis para la obtención de un metal de alta pureza y la volatilización de escorias junto con concentrados de estaño de baja Ley.

La fundición de Estaño Ampliada está diseñada para tratar concentrados de media y alta ley, y dentro de este rango debe ser considerada como la fundición de Estaño que dispone de la tecnología más moderna en el mundo oriental y occidental.

La capacidad total de alimentación de la Fundición es de 20.830 toneladas métricas finas por año, con una composición promedio de 42.12% de Estaño, 12.44% de Hierro, con elevadas impurezas en Bismuto, Arsénico, Plomo y otros metales (Tabla No. 2).

### **Materias Primas**

Con la Ampliación Total de la Fundición de Estaño se procesarán en el país aproximadamente el 66% de la producción nacional de concentrados de estaño, procedentes de COMIBOL (65%), Minería Mediana (28%) y banco Minero (7%). Estos concentrados son de mediana/alta ley. A partir de 1979, se procesarán adicionalmente los materiales de baja ley .

### **Tostación**

Los concentrados disponibles son conducidos a la etapa de tostación en cuatro hornos de soleras múltiples de siete y nueve pisos; dichos hornos son de 6.15 metros de diámetro exterior y una altura de camisa de 6.0 metros que funcionan con 3 quemadores colocados a 120º de distancia. A la salida de los gases en el proceso de tostación oxidante se dispone de dos colectores electrostáticos de 250 MA y 55000 y que soportan cada uno un caudal de 2.500 Nm<sup>3</sup>/hr y una temperatura de 400º C. El contenido de polvo en el gas sin depurar es de aproximadamente 25 gr/Nm<sup>3</sup> y del gas depurado de 0.25 gr/Nm<sup>3</sup>. Los polvos recuperados en el filtro son fundidos en horno rotatorio con el fin de preparar aleaciones.

Tres hornos son utilizados en el proceso de tostación oxidante reductora y el cuarto (41.2 ton/día) es utilizado para realizar la tostación clorurante.

La tecnología de la fundición de Vinto está concebida para tratar por tostación clorurante los minerales de bajo contenido de bismuto para obtener un metal de su reducción en horno reverdero, con menos de 0.015% de bismuto, que puede ser refinado, para eliminar las otras impurezas por métodos térmicos.

Los concentrados que pasan por una tostación oxidante reductora y el material tostado tienen el siguiente análisis promedio:

<u>CONCENTRADOS</u>	<u>MATERIAL TOSTADO</u>
Sn 35 - 45%	38 - 48 %
Pb 0.2 - 0.4 %	0.18 - 0.35 0.17 -
Bi 0.15 - 0.25%	0.21%
Sb 0.1 - 0.2%	0.08 - 0.1%
As 0.8 - 1.0 %	0.1 - 0.08%
Fe 14 - 15%	15 - 16%
S 5 - 7	0.6 - 0.8 %

Esta tostación se efectúa a temperaturas entre 700 – 750°C con adiciones de carbón vegetal entre 1 – 2% del peso de la carga.

En la Fundición de Estaño en Vinto se decidió instalar un horno exclusivamente para tostación clorurante después de exitosas pruebas que se realizaron anteriormente.

Los concentrados seleccionados para su tratamiento en esta unidad así como el material tostado limpio tienen el siguiente análisis promedio:

<u>CONCENTRADOS</u>	<u>MATERIAL TOSTADO</u>
Sn 45 - 50%	48 - 52%
Pb 0.05 - 0.08	0.01 - 0.02%
Bi 0.028 - 0.038	0.002 - 0.005%
As 0.3 - 0.5	0.01 - 0.03 %
Fe 10 - 12	12 -12%
S 4 - 6	0.5 - 0.7%

La carga se dosifica con 2% de cloruro de sodio y 1.5% de carbón vegetal del peso de la carga.

Los gases de esta unidad son tratados en una torre de lavado revestida con material anticorrosivo, se obtienen aproximadamente 3 kgr de lodos por tonelada de concentrado. Estos lodos tienen 15 – 20% Sn 1.5 – 2% Bi, 1.0 – 1.5 % pb – 2 – 4% As.

El grado de eliminación del bismuto (90%) y plomo (70%) son considerados como adecuados para este proceso.

### **Reducción.**

Se dispone de 4 hornos reverberos de 36 m<sup>2</sup> y 52 m<sup>2</sup> de superficie respectivamente, calentados con fuel cil. La reducción de los concentrados tostados, está determinada para obtener dos clases de

metal crudo, uno con alto contenido de bismuto (0.25% Bi) y el otro con bajo contenido de bismuto (0.015%), ambas con 95.58% Sn – 1.5 – 2.5% Fe, que pasan seguidamente a la etapa de eliminación de Fe (Gráfico No. 1). De los hornos de reducción se descarga una escoria rica ( 1 – 12 % Sn) que pasa a la etapa de volatilización en hornos fuming. Los hornos reverberos operan con aire precalentado mediante un sistema intercambiador de calor por refrigeración de los gases de reducción. Después que los gases han pasado por el intercambiador son colectados los polvos de arrastre en cuatro filtros de bolsas independientes con una superficie útil equivalente a 385/450 m<sup>2</sup>, repartidos en 12/24 compartimientos.

### **Volatilización**

La parte más importante de la Fundición es la volatilización de escorias. La introducción de esta etapa ha permitido reducir la relación Sn/Fe en la escoria que pasa a la etapa de volatilización; el hierro que ingresa en el concentrado es descartado en la escoria final evitando su peligrosa acumulación. Este sistema de tratamiento permite eliminar – por volatilización como sulfuro – el estaño contenido en las escorias ricas provenientes de la anterior etapa de reducción. En este proceso se obtienen escorias finales de 0.25% Sn y consiguientemente las recuperaciones son óptimas. Se dispone de 3 hornos de volatilización, cada uno con una capacidad de 33.40 tons. /día. El estado volátil – como sulfuro – sulfuro – es oxidado antes de efectuar su recuperación en un filtro de bolsas. El último horno de volatilización de escorias puede ser alimentado por carga sólida.

El punto de fusión del estaño es de 230°C y su punto de ebullición de 2.270°C. En consecuencia, la evaporación del estaño como metal a la temperatura de operación en los hornos no es posible económicamente. Sin embargo, algunos compuestos del Estaño como el Sn s<sub>2</sub>, son relativamente volátiles a temperaturas bajas. El Sn S funde a 882°C y hierve a 1.270°C produciéndose su parcial volatilización a temperaturas aún menores.

Una especial particularidad de la volatilización de escorias de estaño, es que no precisan de la adición de fundentes para su procesamiento, manteniéndose su concentración inicial sin diluirse.

### **Eliminación de hierro**

El metal crudo procedente de la etapa de reducción (1.5 – 2% Fe) pasa a la etapa de eliminación del hierro en centrifugas. El horno forma un dross (Sn 65%; As 6.5%) que retorna a la sección fundición.

El metal libre de hierro (0.015%Fe) pasa alternativamente a la etapa de refinación térmica o a la sección de electrolisis, dependiendo de su contenido en bismuto.

### **Refinación Térmica**

La eliminación del cobre se realiza mediante la adición de azufre que forma un dross que posteriormente es retratado en otras unidades.

El arsénico y antimonio se eliminan mediante la adición de aluminio; el bismuto puede ser removido con zinc, magnesio y sodio y finalmente el plomo es eliminado utilizando cloruro estannoso.

El zinc residual se elimina mediante la adición de soda cáustica y alternativamente con cloruro de estaño.

En esta etapa se obtiene un metal con bajo contenido de bismuto (0.015%) que es considerado de alta pureza (99.85%Sn).

La siguiente tabla indica las composiciones promedio del metal crudo y refinado térmicamente.

<b><u>METAL CRUDO</u></b>	<b><u>METAL REFINADO</u></b>
Sn 95 - 96.5%	Sn 99.85%
Fe 1.5 - 2.5 %	Fe (max) 0.015%
As 0.15 - 0.3%	As (Max) 0.03%
Sb 0.1 - 0.2%	Sb (Max) 0.03%
	Bi (Max)
Bi 0.015	0.02%
Cu 0.2 - 0.4%	Cu (Max) 0.01%
Pb 0.1 - 0.25%	Pb (Max) 0.03%

### **Refinación Electrolítica**

El metal crudo con elevado contenido de bismuto (0.15 – 0.20% Bi) después de la etapa de eliminación de hierro, mediante el sistema de centrifugación descrito, es moldeado en ánodos y conducido a la sección de electrólisis.

En la refinación electrolítica se utilizan soluciones cresol – fenol, sulfónicas y otros aditivos preparados especialmente por ENAF. El estaño pasa a los cátodos con una pureza de 99.9% Sn promedio. En esta etapa se forman los lodos anódicos que después de un secado son conducidos



para su fusión, en un horno rotatorio de preparación de aleaciones impuras que se venden a otras refinerías. Los cátodos son fundidos y moldeados a lingotes para su venta.

La composición del electrolito se indica a continuación:

Ácido sulfúrico	= 85 – 95 gr/lit
Estannoso Sn +2	= 8 – 15 gr/lit
Estánico Sn +4	= 1.0 – 1.2 gr/lit
Cresol – fenol sulfónico	= 50 – 55 gr/lit
HCL	= 4 – 5 gr/lit
Cola	= 0.5 – 0.3 gr/lit
Temperatura	= 41° C
Densidad de corriente	= 105 A/m <sup>2</sup>

En metal obtenido en la sección de electrólisis tiene un contenido mínimo de 99.9% Sn, máx. 0.03 % Bi.

La capacidad de esta sección, considerando las centrífugas, ollas, sistema de lingote, etc, permite 45.1 toneladas / día de estaño crudo (eliminación de hierro) y 15.3 toneladas / día de producción de estaño refinado Grado A (99.8% Sn).

La sección de electrólisis dispone de una capacidad total de 42 toneladas / día para producir 15.000 toneladas de este metal.

### **Recuperación**

Del contenido del estaño los concentrados, es posible alcanzar una recuperación del 96% en forma de estaño refinado electrolíticamente, estaño refinado térmicamente y estaño en aleaciones destinado a la venta.

### **FUNDICION DE ESTAÑO DE BAJA LEY**

La tecnología seleccionada para el tratamiento de los minerales de Baja Ley de Estaño, se puede considerar como la más avanzada en este campo, en comparación a las existentes en otras fundiciones que tratan algunos de estos minerales de baja ley como la Capper Pass (Inglaterra) y Berzellius (Alemania). Estas fundiciones emplean sistemas de procesamientos tradicionales, válidos posiblemente porque sus equipos se encuentran depreciados.

Debido a la variedad de materiales de alimentación a la Planta proyectada (Tabla No. 1), el diseño tecnológico de la Fundición de Estaño de Baja Ley, requirió del análisis de los procesos disponibles en las Fundiciones del exterior, habiendo participado en la decisión de la tecnología finalmente

adoptada, los INg. H Weigel (KHD), S.Suturin – (Novosibirsky) y J. Lema (ENAF) autores del flujo grama de esta moderna Planta Metalúrgica que entrará en operación en mayo de 1979.

### **Tecnología**

El tratamiento de los concentrados de Baja ley (Tabla No. 2) no puede efectuarse económicamente, por el procedimiento convencional de varias etapas descrito ampliamente en la literatura, ni por el moderno sistema de fundición indicado en el gráfico No.1, debido a su elevada relación Sn/Fe: 1.37 y por la necesidad de procesar adicionalmente otros materiales más complejos. Aunque los concentrados de baja ley, fuesen sometidos en forma económica, a una etapa de tostación previa, ni en las mejores condiciones de eliminación de azufre, antimonio y arsénico se podría disponer de un concentrado tostado exento de estas impurezas.

Los procedimientos tecnológicos que se disponen en Vinto precisan de una mezcla de concentrados, para la obtención de un metal crudo que no sobrepasa del 0.7% Pb y 0.35% Bi. El metal crudo procedente de la reducción de los polvos de la planta de Volatilización de Potosí y del tratamiento de los polvos de volatilización (horno ciclón) procedente de los concentrados de Baja Ley, sobrepasa los límites anteriores. El sistema que se ha concebido para eliminar el hierro es el de volatilización de los minerales de baja ley en un horno ciclón. Los polvos volátiles de esta etapa serán de característica similares a los producidos en la Planta Fuming de COMIBOL (Potosí) pueden seguir una línea de procesamiento similar mediante su reducción en un horno eléctrico.

Con el fin de confirmar en la práctica, la viabilidad técnica del empleo del horno ciclón para la volatilización de minerales de baja ley y de la reducción de los polvos volátiles impuros en el horno eléctrico, la Empresa Klockner de Alemania efectuó pruebas experimentales en el horno ciclón del “Instituto de Investigaciones de Metales de Praga (CSSR)” y en el “Institut of Non-Ferrous Metallurgy and Electrometallurgy” de la Universidad Técnica Aachen (Alemania Occidental) confirmando la adecuada concepción del proceso.

### **Materia prima**

La Planta está diseñada para procesar minerales de Baja Ley con tenores de estaño del 10 al 35% (tabla No. 2). Adicionalmente, los polvos de volatilización que se producirán en la Planta Fuming que COMIBOL está instalando en Potosí, así como la aleación cruda producida en la actual fundición de media/alta ley constituirán la alimentación de la Fundición de Baja Ley.

Los materiales que serán tratados en la Fundición de Estaño de Baja Ley según el sistema descrito en el Gráfico No. 2, son los siguientes:

TABLA No. 3			
	<u>MINERAL</u> <u>BAJA LEY</u>	<u>OXIDO</u> <u>DE</u> <u>POTOSI</u>	<u>ALEACION</u> <u>DE VINTO</u>
Sn	25.0	55.00%	85.00%
Sb	0.6	1.50%	2.50%
As	0.7	3.00%	3.00%
Pb	0.6	2.50%	4.00%
Cu	0.1	--	--
Zn	1.5	3.50%	0.00%
Bi	0.1	--	2.50%
S	10.0	3.00%	--
Fe	18.7	1.50%	0.04%

En resumen, se ha establecido las siguientes cantidades de materia de partida:

	<u>Cantidad</u> <u>(T.M.B/AÑO)</u>	<u>Contenido</u> <u>de</u> <u>Estaño</u> <u>(T.M.F/AÑO)</u>
Mineral de Baja ley	25.564	6.424
Oxido de Potosí	5.000	2.750
Aleación de Vinto	1.000	<u>850</u>
		10.024 TMF/año

Adicionalmente, se tratarán materiales de recirculación procedentes de la etapa de refinación al vacío (Gráfico No. 3).

#### Descripción del Proceso

En el gráfico No. 2 se muestra el proceso de seleccionado para el tratamiento de los materiales complejos indicados anteriormente. Se describe a continuación, cada uno de las fases de la sección de Fundición de la nueva Planta Metalúrgica que están siendo construida por la Empresa Klockner Humboldt Deutz (kHD) de Alemania. La sección de refinación encomendada a la Empresa Paul Bergosoe de Dinamarca (PBS) se describe posteriormente.

#### Volatilización en Horno de Ciclón

Se ha descrito ampliamente en la literatura, la ventaja de utilización del horno ciclón en la metalurgia extractiva no ferrosa. En la Fundición de Antimonio de Vinto (Oruro) se ha verificado las excelentes

condiciones de su operabilidad. En el reactor ciclónico se logra acelerar el tiempo de reacción, mediante la combustión espontánea del material, estableciéndose un contacto intenso entre los diversos materiales con que se alimentan al horno de ciclón. Se alcanza una temperatura de 1.400°C que, juntamente con un adecuado ambiente reductor (CO 6 – 10%) y la presencia de azufre en la alimentación, condicionan una volatilización inmediata del estaño como SnS. La adición de carbón, disminuye la presencia de oxígeno del exceso de aire requerido por el quemador.

Para mantener un adecuado control del proceso, se ha determinado en las pruebas de investigación en escala piloto, que la siguiente mezcla debe alimentarse al horno de ciclón:

- Material de baja ley	73%
- Pirita	12%
- Carbón Vegetal	11%
- Mata de retorno	<u>11%</u>
	100%

La mezcla anterior se alimenta tangencialmente al reactor, juntamente con fuel oil, como combustible. El material fundido –escoria- pasa al horno eléctrico de retención donde se produce la separación entre escoria y mata. Ambos productos se los debe sangrar periódicamente.

La capacidad de volatilización del horno de ciclón es de 80 ton/día con una superficie útil de 2.4\*2.4 mts. Este horno tiene un diámetro anterior de 1.4 metros, altura de 2.3 metros. Para mantener fundida la escoria se dispone de un horno de resistencia eléctrica trifásica con una potencia de 1.500 KVA. Los polvos son colectados en dos filtros dobles de 18.000 Nm<sup>3</sup>/hr, con una superficie útil de 924/858 m<sup>2</sup>. Los polvos impuros colectados, en dos filtros dobles de 16.700 Nm<sup>3</sup>/hr, pasan a la etapa de reducción en horno eléctrico juntamente con los polvos de volatilización previamente peletizados provenientes de las plantas de COMIBOL (Gráfico No. 2).

Del horno ciclón se obtienen los siguientes productos de acuerdo al resultado de las pruebas metalúrgicas realizadas el año 1975:

	<u>OXIDOS%</u>	<u>ESCORIAS%</u>	<u>MATA%</u>
Sn	71.60	5.40	17.90
Sb	0.03	0.01	0.03
As	2.30	0.05	0.158
Pb	0.28	0.04	0.04
Bi	0.48	0.04	0.04
Cu	0.05	0.05	3.41
Zn	0.30	0.10	0.17
S	0.82	0.76	20.62
Fe	0.35	--	44.54

### **Horno Eléctrico de Reducción**

La reducción de los diversos polvos volátiles procedentes del horno ciclón, horno de volatilización de escorias y de la planta de Volatilización de COMIBOL (Potosí) se efectuará en un horno eléctrico. El horno de reducción eléctrico, es de tres fases, con una potencia de 3.300 KVA. Los tres electrodos de grafito tienen un diámetro de 750 mm. La superficie del horno es de 16 m<sup>2</sup>. La capacidad del horno permite reducir 50 ton/día de óxido de volatilización. Este horno está conectado con un filtro doble de 18.500 Nm<sup>3</sup>/hr. La cantidad de estos materiales, que se alimentan al horno eléctrico es como sigue:

Oxido de potosí	15.2	ton/día
Oxidos de ciclón	21.0	ton/día
Oxidos de Volatilización de escorias	<u>12.5</u>	<u>ton/día</u>
	48.7	ton/día

Los materiales anteriores, previamente peletizados son dosificados con carbón vegetal; fundentes y reducidos a una temperatura de (1.300°C) La sangría de este horno se efectúa cada 2-3 horas.

Los polvos volátiles se espera tendrán elevados contenidos de zinc (41.15%) arsénico (5.80%), estaño (11.0%). La composición de la escoria de este horno por su contenido en estaño (3.5%Sn) motiva su recirculación al horno de volatilización de escorias. En el horno eléctrico se pueden procesar simultáneamente los materiales de retorno de la refinación.

### **Tratamiento de Polvos**

Los polvos impuros procedentes del horno eléctrico se procesarán independientemente de un horno rotatorio hasta volatilizar en primer lugar el Zn, As y parte del Sb que son colectados en un filtro de 12.000 Nm<sup>3</sup>/hr. Se espera obtener polvos de volatilización con un 60 a 65% que pueden ser comercializados independientemente. Una vez concluida la fase de eliminación de Zn y As, se somete

el material residual, añadiendo carbón vegetal a una operación de reducción para obtener un metal crudo (II) que pasa a la etapa de refinación al vacío. El horno tiene un diámetro de 3 mts y una longitud de 6 mts. La capacidad del baño es de 3.25 m<sup>3</sup>, pudiendo tratarse 5.5 ton de polvos/día.

#### **Volatilización de escorias**

Se ha decidido utilizar el mismo sistema de volatilización de escoria que se dispone en la Planta de media/alta ley de Vinto, que consiste en la adición de pirita en el baño fundido. Este proceso ha sido explicado en la literatura.

La escoria del horno eléctrico de reducción (3.5%Sn) así como la escoria del Horno Ciclón (5.4%Sn) ingresan al Horno de Volatilización de escorias, de donde se descarga la escoria final (0.3% Sn). Los polvos de estaño obtenidos recirculan a la etapa de reducción en el horno eléctrico. El horno de volatilización con una superficie útil de 2.4\*2.4 mts es revestido con camisa de agua, incluye 20 toberas de inyección de fuel oil, está diseñado para tratar los siguientes materiales:

	<u>Ton/día</u>	<u>%Sn</u>
Escoria horno ciclón	60	5.4
Escoria horno reducción	<u>3.5</u>	<u>3.5</u>
Total	63.5	8.9

Los polvos volátiles y la escoria de este proceso tienen la siguiente composición.

De 12.000Nm<sup>3</sup>/hr. Se espera obtener polvos de volatilización con un 60 a 65% Zn que pueden ser comercializados independientemente. Una vez concluida la de eliminación de Zn y As, se somete el material residual, añadiendo carbón vegetal a una operación de reducción para obtener un metal crudo (II) que pasa a la etapa de refinación al vacío. El horno tiene un diámetro de 3 mts y una longitud de 6 mts. La capacidad del baño es de 3.25 m<sup>3</sup>, pudiendo tratarse 5.5 ton de polvos/día.

#### **Volatilización de escorias**

Se ha decidido utilizar el mismo sistema de volatilización de escoria que se dispone en la Planta de media/alta ley de Vinto, que consiste en la adición de pirita en el baño fundido. Este proceso ha sido explicado en la literatura.

La escoria del horno eléctrico de reducción (3.5%Sn) así como la escoria del Horno Ciclón (5.4% Sn) ingresan al Horno de Volatilización de escorias, de donde se descarga la escoria final (0.3% Sn) Los polvos de estaño obtenidos recirculan a la etapa de reducción en el horno eléctrico. El horno de volatilización con una superficie útil de 2.4 \* 2.4 mts es revestido con camisa de agua, incluye 20 toberas de inyección de fuel oil, está diseñado para tratar los siguientes materiales:

	<u>Ton/día</u>	<u>%Sn</u>
Escoria horno ciclón	60	5.4
Escoria horno reducción	<u>3.5</u>	<u>3.5</u>
Total	63.5	8.9

Los polvos volátiles y la escoria de este proceso tienen la siguiente composición.

<u>TABLA No. 5</u>		
	<u>POLVOS</u>	<u>ESCORIAS</u>
Producción Ton/día	12.5	6
Sn	67.0	0.30
Sb	0.27	0.09
As	1.41	0.04
Pb	1.74	0.04
Cu	--	0.003
Zn	1.94	0.05
Bi	0.03	--
S	3.00	--

Como se indico los polvos volátiles son conducidos a la etapa de reducción en horno eléctrico, previa su peletización hasta 10 mm.

### **Productos de Fundición**

El estaño crudo procedente de la reducción en horno eléctrico (I), y el estaño crudo (II) procedente de la reducción en horno rotatorio de los polvos del horno eléctrico, tienen la composición indicada en el cuadro siguiente. Se indica también la composición de la aleación cruda de la actual Fundición de Estaño de lata/media ley, y la composición total promedio del material que ingresa a la sección de refinación. La cantidad de material de entrada a la sección refinación es de 18 – 23 toneladas semanalmente.

<u>TABLA No. 6</u>					
	<u>METAL CRUDO</u>		PROMEDIO	ALEACION DE VINTO	TOTAL
	I	II			PROMEDIO
Sn	91.0	90.0	90.0	85.0	89.6
Sb	1.82	2.5	2.4	2.5	2.4
Pb	1.07	2.6	2.6	4.0	2.7
Cu		0.3	0.2	3.0	0.44
Bi	0.2	0.3	0.3	2.5	0.5
Fe	0.8	0.8	0.8	--	0.73
As	2.9	3.5	3.3	3.0	3.28
Zn	0.3	0.5	0.4	--	0.36

### **Refinación**

Los diferentes tipos de metales que se indican en la Tabla No. 6 precisan ser sometidos a una etapa de refinación. Se han estudiado las varias posibilidades existentes:

1. Refinación térmica
2. Electrólisis básica
3. Electrólisis ácida
4. Refinación al vacío
5. Refinación combinado: vacío/térmico

El proceso de refinación térmica no es favorable cuando el metal crudo contiene cantidades importantes de bismuto, arsénico y antimonio, por la elevada formación de drosses y materiales de recirculación.

La electrólisis básica puede refinar un amplio límite de impurezas, aunque existe dificultad en la separación del antimonio, requiere de un elevado consumo de energía por tonelada de estaño producido, resultando en un excesivo material en circuito y precisa de elevadas temperaturas de trabajo (85 – 90°C) que en las condiciones locales afectan la estabilidad del electrolito, requerido en el proceso.

La electrólisis ácida no es adecuada porque se produce una inmediata polarización del sistema, disminuyendo la eficiencia y rendimiento del proceso.

Las anteriores condiciones motivaron la necesidad de estudiar la utilización del sistema de refinación al vacío, disponiendo de la información de la Planta Piloto Scot – Vac (PBS) y de los resultados de la



Fundición de Estaño en Novosibirsky (Gráfico No. 4). Aunque existe una diferencia notable entre ambos sistemas, la necesidad de completar el proyecto a la brevedad exigida por las circunstancias, hizo que se adopte el sistema Scot-Vac después del resultado obtenido en pruebas piloto, con materiales aleaciones crudas – enviadas por ENAF. El proceso permite una eficiente eliminación del plomo, bismuto, arsénico y antimonio debido principalmente a que la presión de vapor de estos metales es mayor que la del estaño, de manera que destilando impurezas volátiles es factible teóricamente refinar el estaño crudo con límites en otros metales superiores a la de procesos de refinación convencionales. Sin embargo, recién durante los últimos años se han solucionado los problemas de ingeniería inherentes a los materiales requeridos para la fabricación de los equipos que hagan posible este proceso en forma continua y que permitan obtener presiones de hasta 10 micrones en la cámara principal de vacío, operando a temperaturas de 1.100°C – 1.300°C.

.....entre pag. 20 – 21

### **Proceso**

Las 6.000 TMF/año de metal procedente del Horno Eléctrico y 3.000 TMF/año de metal del Horno rotatorio, ambos con bajo contenido de hierro, deben combinarse con 1.000TMF/año de aleación cruda. La refinación al vacío deberá procesar un total de 10.000 TMF/año de metal de la composición promedio indicada en la Tabla No. 6.

El metal crudo es tratado para la eliminación en primer lugar del zinc mediante la adición de soda caústica (550°C), pasando luego a la eliminación del hierro (0.015%Fe), mediante el sistema de centrifugación. Completada esta operación se inicia la refinación bajo condiciones de vacío en el horno descrito en el gráfico adjunto (19.5 ton/día \* 2). En una primera etapa a una temperatura de 1.100°C en la cual la mayor parte de plomo, bismuto y arsénico destilan, juntamente con una cantidad reducida de antimonio. El estaño a esta temperatura no destila de manera que la recuperación del proceso, en la primera etapa es elevada. Es una segunda etapa, en el mismo horno, a una temperatura mayor (1.300°C), los remanentes de Plomo, bismuto y arsénico son eliminados junto con la mayor parte de antimonio. A esta mayor temperatura, el estaño también vaporiza, así el destilado contiene 53% sn. Completada la fase de refinación al vacío, el estaño aún impuro ingresa nuevamente a una segunda eliminación de hierro, por enfriamiento seguida de la eliminación de cobre la adición de azufre (260°C), eliminación completa de antimonio por aluminotermia (650°C) y posteriormente pasa a una limpieza final para obtener estaño metálico grado térmico.

Los sub productos son luego tratados pirometalúrgicamente o en unidades al vacío, principalmente para separar el arsénico de las otras impurezas.

La refinación al vacío tiene la ventaja sobre cualquier otro sistema de refinación, que no requiere de reactivos y que el material en circuito es mínimo. En el sistema descrito, el 92% del estaño que ingresa al proceso de refinación, resulta en el metal final. La recuperación total, incluyendo las aleaciones será del 98.5%.

El sistema tecnológico indicado garantiza la obtención de un estaño refinado ASTM B 72 Grado A. Adicionalmente aleaciones base Estaño/Cobre, Estaño/Antimonio (76.5 Sn/20% Sb) y Arsénico en cristales (99% As).

### **Insumos de la Planta**

La aplicación de los procedimientos tecnológicos descritos, requerirán de los siguientes insumos:

<u>TABLA No. 7</u>		
	<u>SECCIÓN FUNDICIÓN</u>	<u>SECCIÓN REFINACIÓN</u>
Energía Eléctrica (kwh)	55.1 * 10 <sup>6</sup>	6.94 * 10 <sup>6</sup>
Fuel oil (Lts)	11.932	2.992
Carbón vegetal (ton)	4.950	145
Pirita (tons)	8.350	--
Fundentes (tons)	2.700	350
Agua (m3)	8.250	3.960
Electrodos de grafito (ton)	5	---

Consideramos que, por toneladas de metal refinado no existe proceso más económico que el concebido.

### **RECUPERACIÓN**

La recuperación total de esta Planta de Estaño de baja Ley según se muestra en el balance de materiales (Tabla 8) es de 96%.

TABLA No. 8

MATERIAS DE PARTIDA

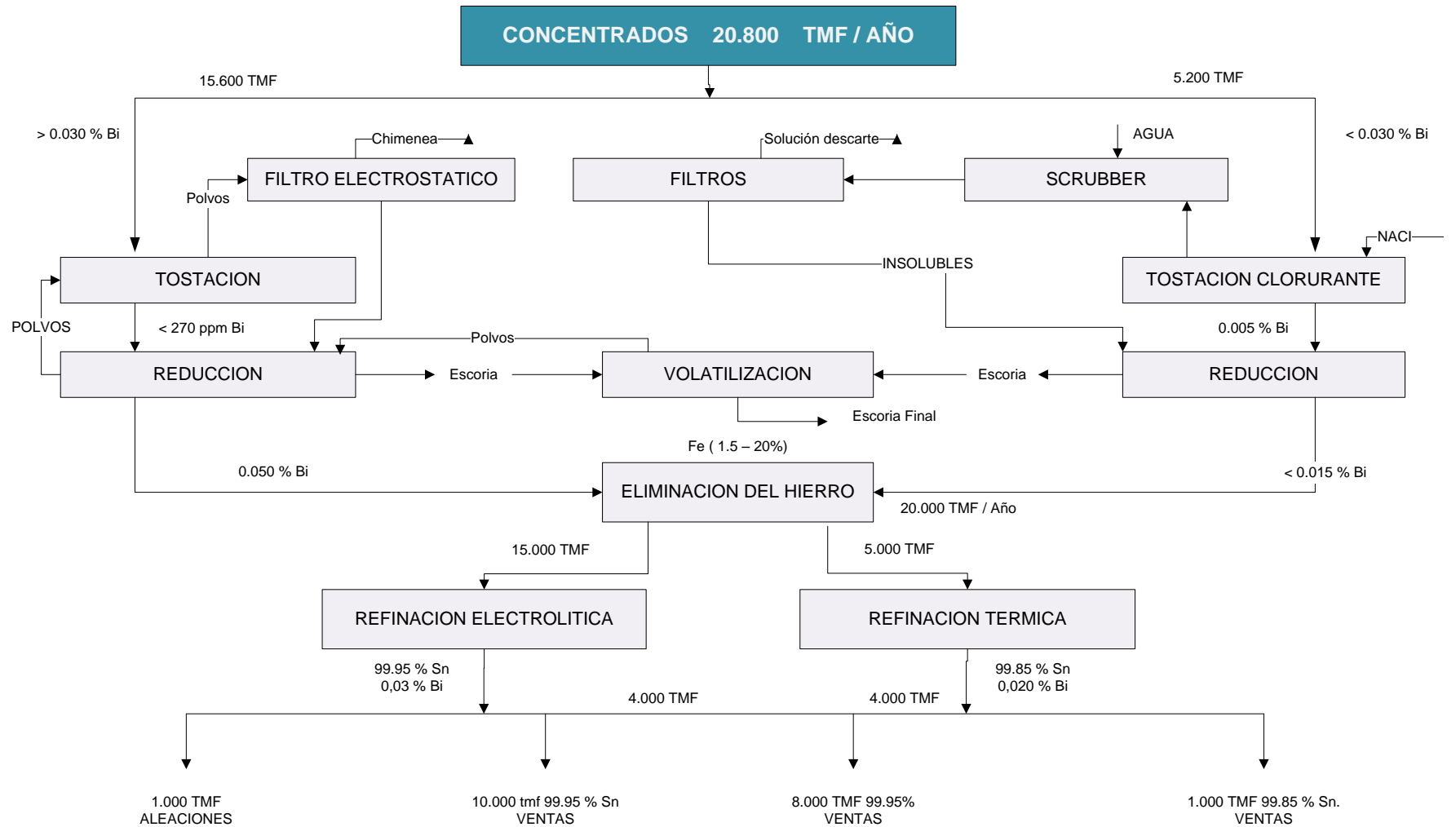
	<u>T.M.F</u>	<u>%</u>
Concetrados de Baja Ley	6.424	
Polvo de Oxido	2.750	
Pirita	<u>20</u>	
	<u>9.194</u>	100.0
 <u>PERDIDAS EN LA FUNDICION</u>		
Escoria	93	1.0
Oxido de zinc	29	0.3
Filtros	138	1.5
varios	<u>105</u>	<u>1.2</u>
Pérdidas de Fundición	<u>368</u>	4.0
Salidas de Estaño Crudo Fundición	8.826	96.0
Aleaciones de Vinto	<u>850</u>	
<u>Entrada Refinación</u>	<u>9676</u>	
<u>Salidas refinación</u>		
Pérdidas refinación	18	
<u>Productos</u>		
en 99.85% Sn	9.121	
en Sn/Sb - aleación 244TM	167	
en Sn/Cu Aleación 77 TM	74	
en Sn/Sb/Pb/BiAs - Aleación 800 TM	<u>296</u>	
CANTIDADES A VENDER	<u>9.658</u>	

RESUMEN

recuperación total	=	<u>9.658</u>	=	96.35%
		10.024		

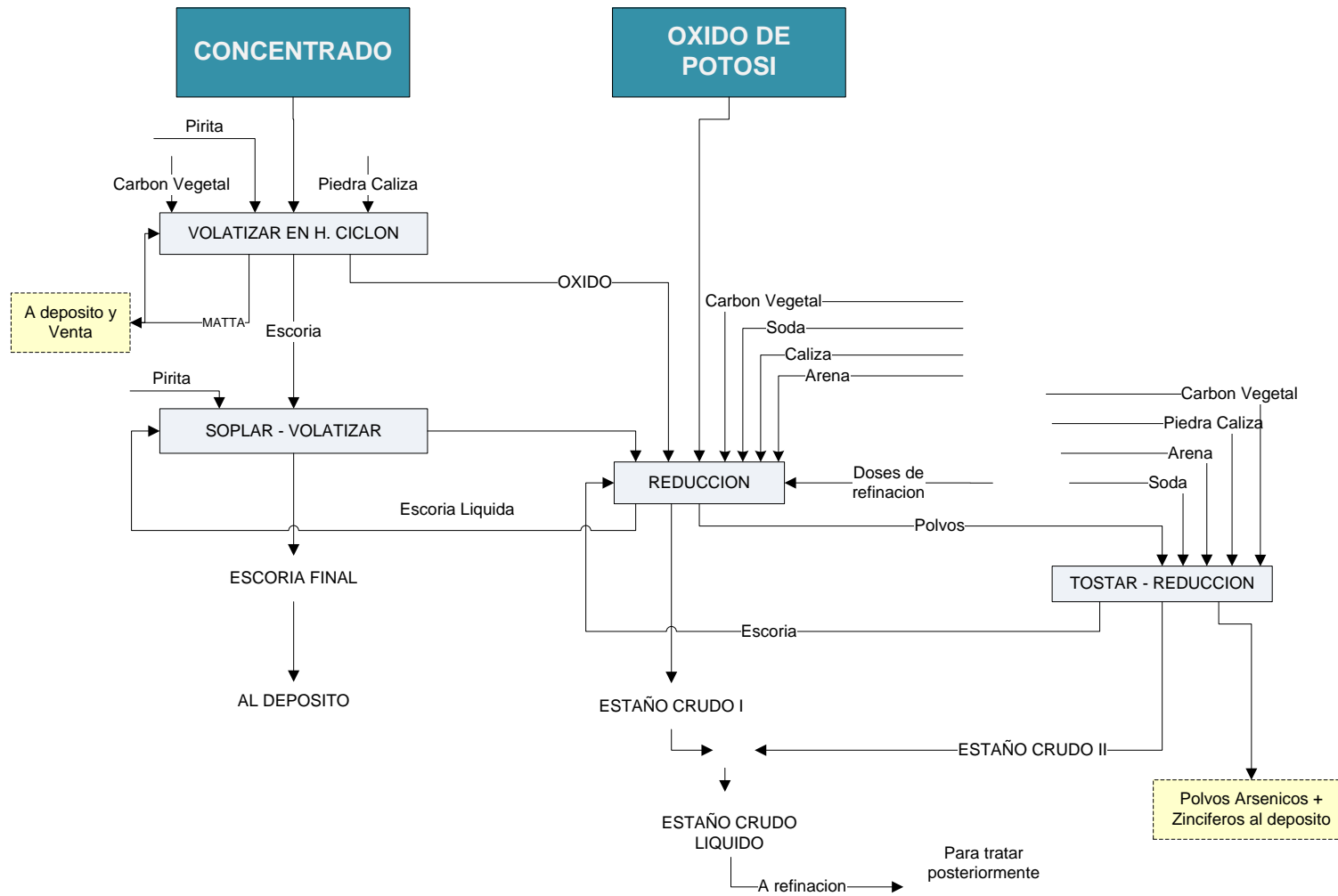
# FLUJOGRAMA DE LA FUNDICION DE ESTAÑO AMPLIADA

GRAFICO #1



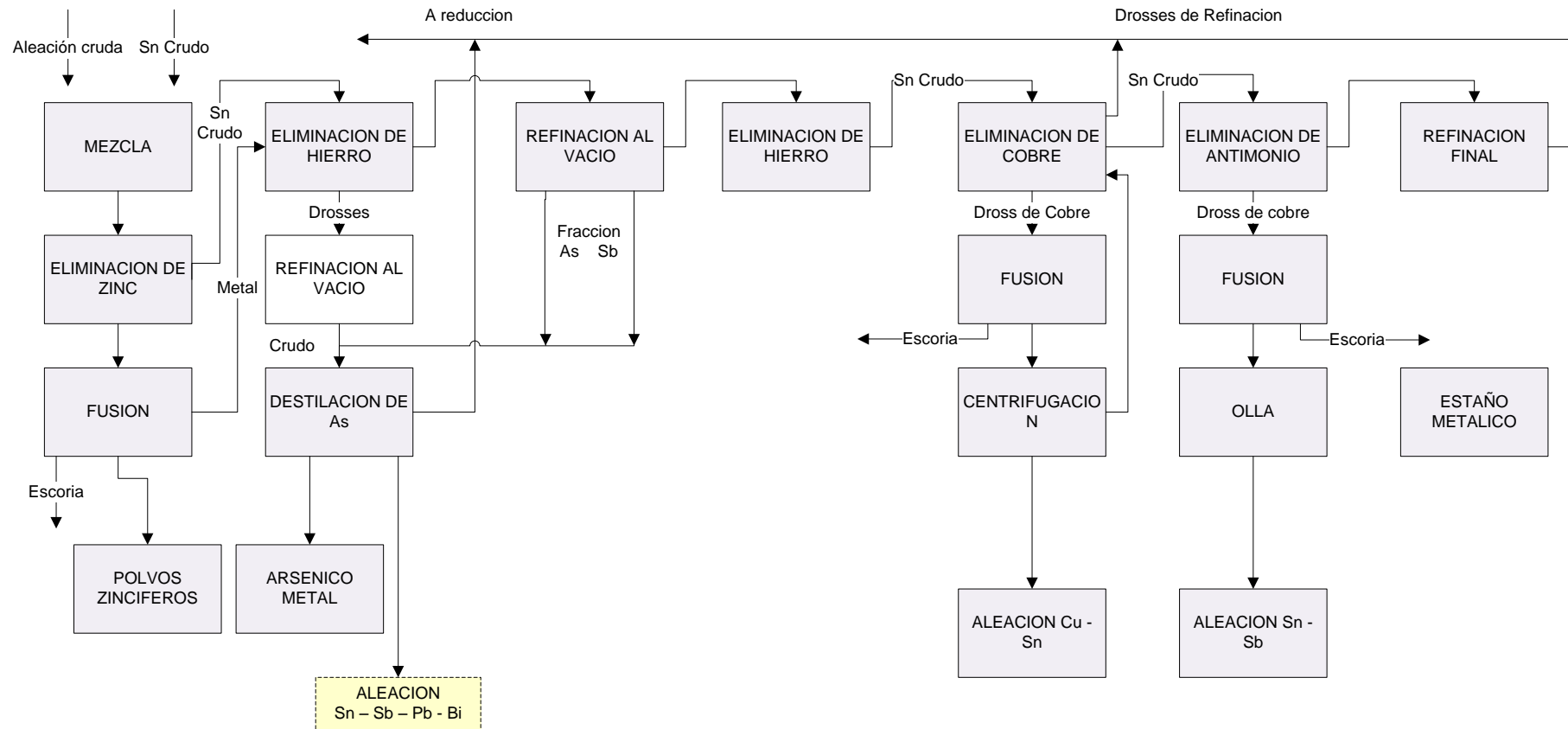
# FUNDICION DE ESTAÑO DE BAJA LEY

GRAFICO #2



# FUNDICION DE ESTAÑO DE BAJA LEY SECCION REFINACION FLUJOGRAMA

GRAFICO #3



**PROCESO REFINACION AL VACIO  
FUNDICION ESTAÑO (NOVOSIBIRSK)**

GRAFICO # 4

**METAL CRUDO**

Sn = 93.94 %  
 As = 0.1 – 1.0 %  
 Cu = 0.5 – 1.5 %  
 Fe = 2 – 2.5 %  
 Sb = 0.15 – 0.20 %  
 Pb = 2.0 – 2.8 %  
 Bi = 0.3 – 0.5 %

