

INTERNATIONAL CONFERENCES ON CLEAN TECHNOLOGIES
FOR THE MINING AND METALLURGICAL INDUSTRY
CONFERENCIAS INTERNACIONALES SOBRE TECNOLOGÍAS LIMPIAS
PARA LA INDUSTRIA MINERA Y METALÚRGICA
Arequipa – Perú
September 24 to 26, 2007

El reciclaje en la Industria Minero-Metalúrgica

Mario Sánchez
Depto. Ingeniería Metalúrgica
Universidad de Concepción

CONTENIDO

INTRODUCCIÓN

RECICLAJE Y PRODUCCIÓN PRIMARIA

¿DESECHOS COMO RECURSOS?

Ej.: Valorización de Escorias

RECICLAJE Y PRODUCCIÓN SECUNDARIA

¿POR QUÉ RECICLAR?

MINERÍA URBANA

CONCLUSIONES



INTRODUCCIÓN



¿EXPRESIÓN DE RECICLAJE?

CIM Bulletin n Vol. 98, N° 1085 January/February 2005

Mike Paduada

El primer beneficio del reciclaje es “salvar” los recursos naturales:

(Len Shaw, Director Ejecutivo de CARI, Canadian Association of Recycling Industries): “Debemos mirar la industria del reciclaje como un recurso secundario compatible con la industria primaria”

La industria del reciclaje es sustentable, ya que los metales son, en principio, infinitamente reciclables, y las propiedades esenciales del metal se conservan.

El reciclaje de metales está teóricamente limitado sólo por las tecnologías disponibles para separar los elementos deseados.

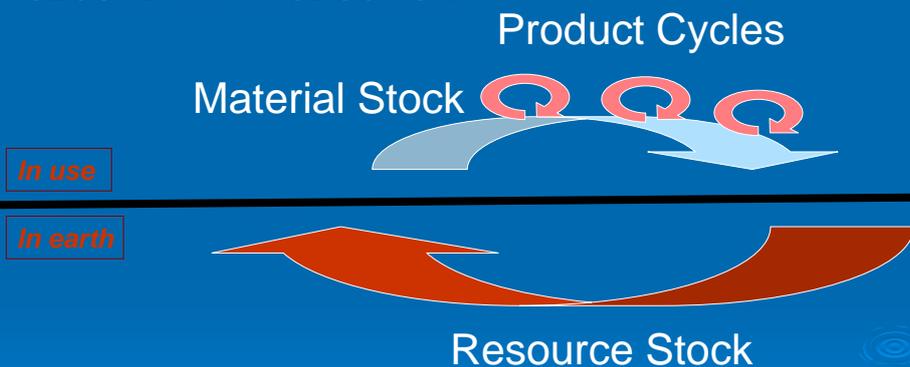
La industria del reciclaje está lejos de alcanzar su máximo rendimiento y pueden crecer aún más en el futuro cercano.

¿Cuáles son los beneficios del reciclaje?

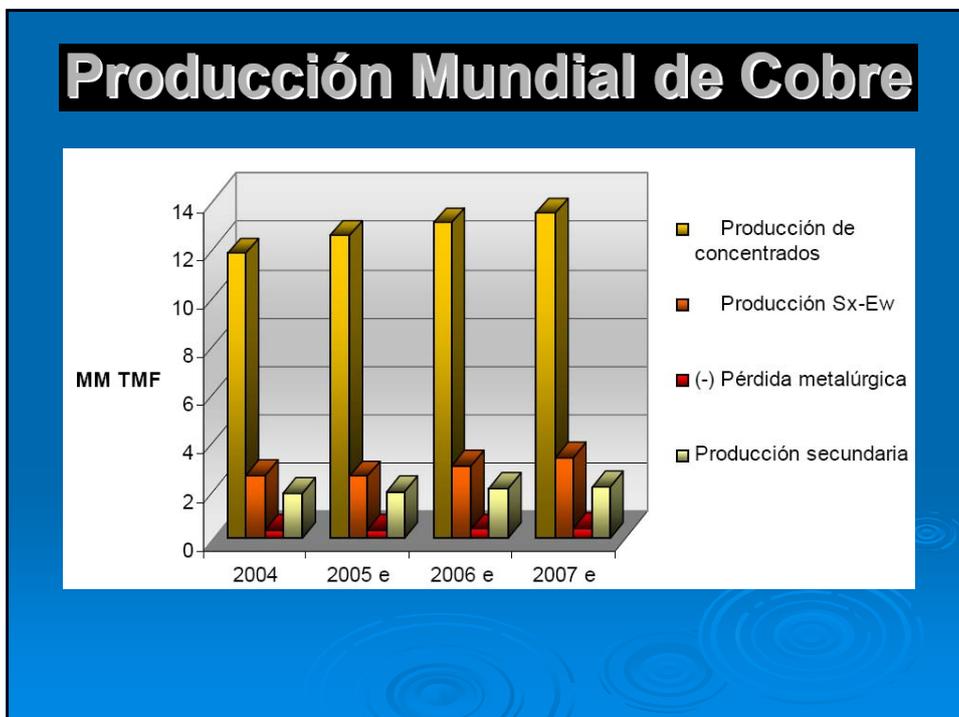
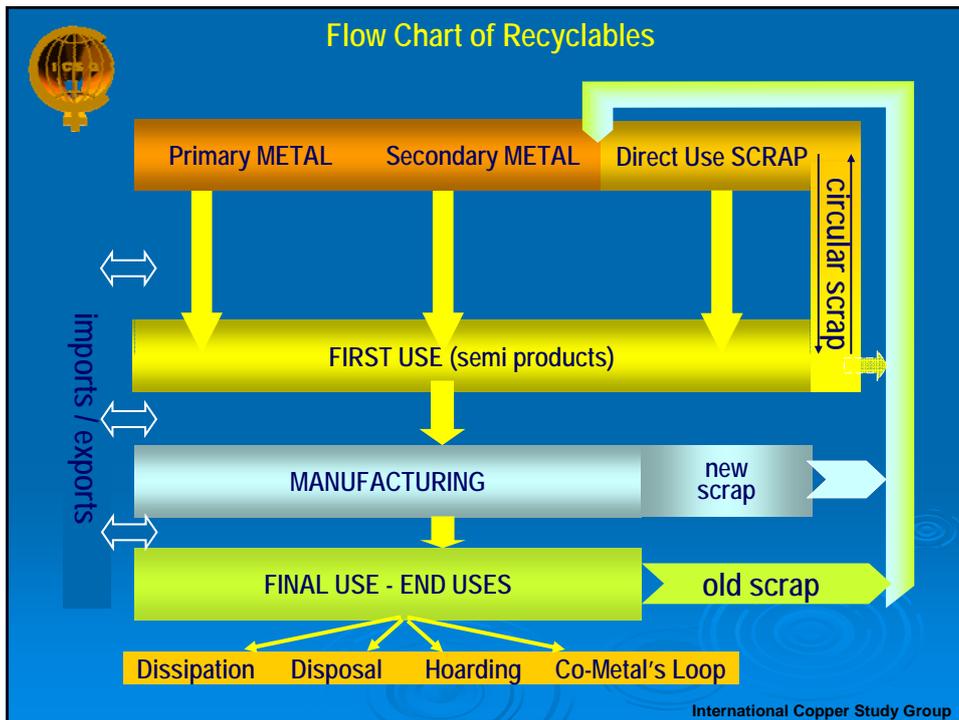
- Reduce los volúmenes de residuos generados
- Aprovecha los recursos presentes en los materiales reciclables
- Evita la sobreexplotación de recursos naturales
- Disminuye los costos de disposición final de los residuos

COPPER CYCLE

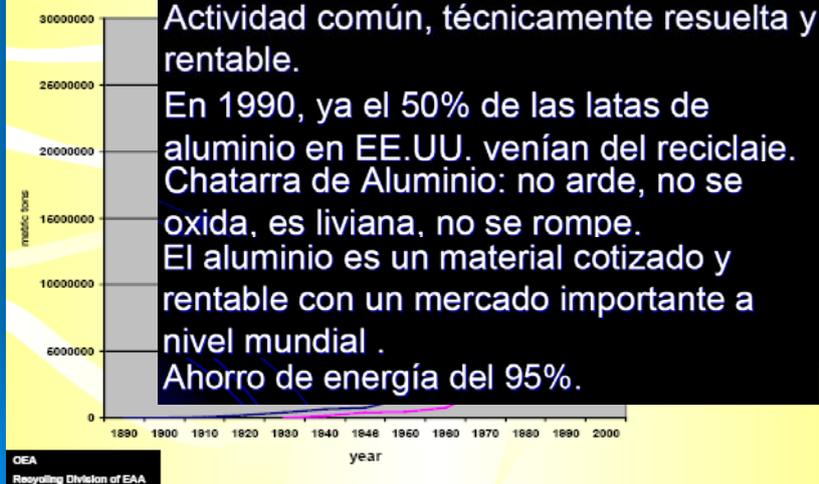
SECONDARY PRODUCTION



PRIMARY PRODUCTION



Aluminium production since 1890 (worldwide)



PERDIDAS Y EFLUENTES EN LOS PROCESOS MINERO-METALÚRGICOS:

Las **Perdidas** tienen un **costo** asociado a la “**desaparición**” de parte del material principal.

Los **Efluentes** tiene un **costo** asociado al “**impacto ambiental**”, tema hoy muy relevante.

Entonces:

Hay dos aspectos a considerar que justifican el **RECICLAJE** de materiales como parte de los procesos mineros y metalúrgicos:

Aspectos ambientales → **Efluentes contaminantes**

Aspectos económicos → **Pérdidas del producto**

Podemos distinguir **dos tipos de reciclaje**:

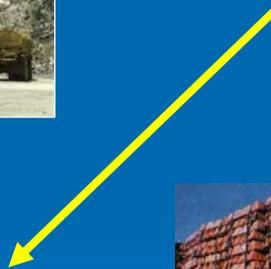
Reciclaje Interno (Primario) en las etapas de producción de un metal (corresponde a los **Flujos internos** que retornan al proceso de **producción primaria**)

Reciclaje externo (Secundario) posterior a las etapas de producción del metal (corresponde a los **Flujos externos** que retornan al proceso de **producción**)

Reciclaje y Producción Primaria



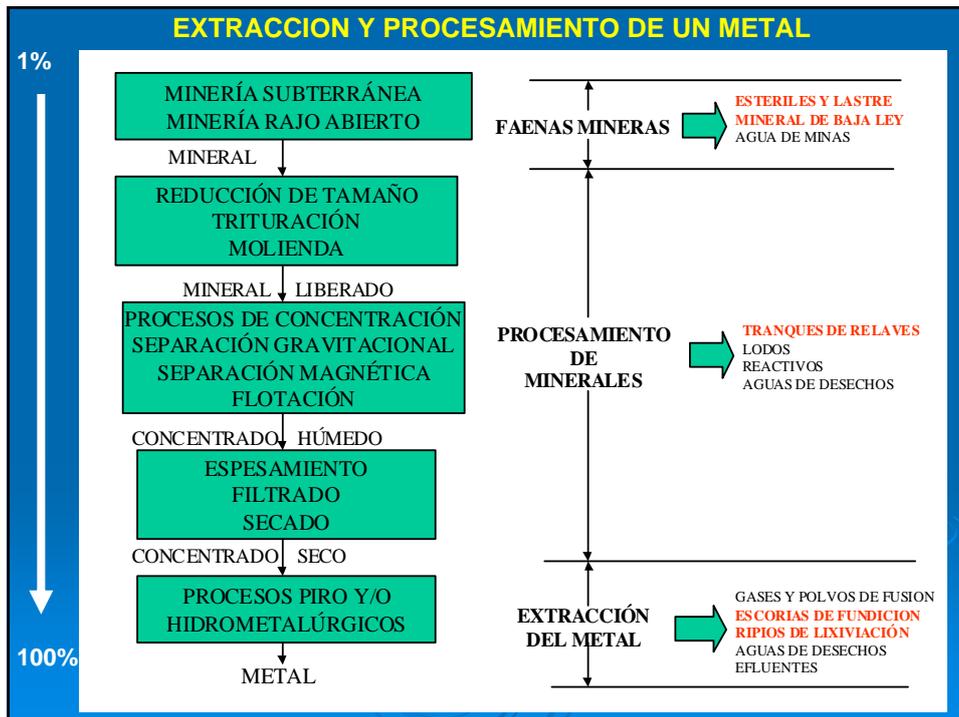
DESDE LAS ETAPAS MINERAS



HASTA LA OBTENCIÓN DEL METAL



ALTA PRIORIDAD   BAJA PRIORIDAD	GESTIÓN	ACTIVIDADES	APLICACIONES
	REDUCCIÓN EN FUENTES	<ul style="list-style-type: none"> -MODIFICACIONES AL PROCESO -CAMBIOS TECNOLÓGICOS -CAMBIOS ALIMENTACIÓN -CAMBIOS EN PRODUCTO -MEJORA PROCEDIMIENTOS 	<ul style="list-style-type: none"> -MODIFICACIONES EN EQUIPO / TECNOLOGÍA -AUMENTO EFICIENCIA EN USO DE ENERGÍA / AGUA -AUMENTO RECUPERACIÓN MINERÍA IN SITU -USO MAT. NO TÓXICOS
	RECICLAJE	<ul style="list-style-type: none"> -REUTILIZACIÓN -RECICLAJE EN CIRCUITO CERRADO 	<ul style="list-style-type: none"> -RECICLAJE SOLVENTES -REPROCESAMIENTO DE COLAS -RECUPERACIÓN AGUA
	TRATAMIENTO	<ul style="list-style-type: none"> -ESTABILIZACIÓN -NEUTRALIZACIÓN -PRECIPITACIÓN -EVAPORACIÓN -INCINERACIÓN 	<ul style="list-style-type: none"> -DESTRUCCIÓN DE CIANUROS -TRATAMIENTO AGUAS DE DESECHOS
	DISPOSICIÓN	<ul style="list-style-type: none"> -DISPOSICIÓN EN SITIOS PERMITIDOS 	<ul style="list-style-type: none"> -DISPOSICIÓN DE RELAVES



RELAVES DE CONCENTRADOS

- Los principales desechos mineros masivos lo constituyen las colas de flotación (relaves)
- El año 1996 se produjeron 205,6 millones de toneladas de colas de flotación en Chile, con un promedio de 66 ton de relaves sólidos por ton de cobre producido.
- Con este dato de 1996, se estima la producción de 1 millón de m³/d de relaves para el caso de las plantas chilenas.

Disposición en Tranque de relaves

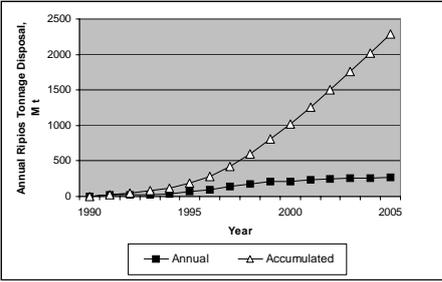
Copper Production / 1000, TPY	1% Cu (m ³ /d)	1.5% Cu (m ³ /d)	2% Cu (m ³ /d)	2.5% Cu (m ³ /d)
0	0	0	0	0
100	~66	~44	~33	~26
200	~132	~88	~66	~52
300	~198	~132	~99	~78
400	~264	~176	~132	~104
500	~330	~220	~165	~130
600	~396	~264	~198	~156

Estimación del flujo de colas de flotación para una producción dada de cobre.

Ref. Castro et al. IV CTMI, Santiago, Chile, Abril, 1998

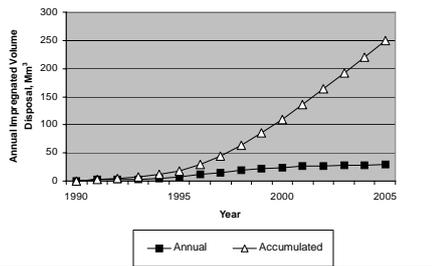
RIPIOS DE LIXIVIACIÓN

- Las tecnologías para procesar óxidos y sulfuros de baja ley consideran corrientemente el uso de ácido sulfúrico.
- Este proceso de lixiviación produce un gran volumen de residuos sólidos (ripios) y soluciones de desecho.



Disposición estimada de ripios en Chile en el periodo 1990-2005.

Ref. Menacho et al. VI CTMI, Concepción, Chile, Abril, 2004.



Disposición estimada de soluciones de desecho en Chile en el periodo 1990-2005.

Ref. Menacho et al. VI CTMI, Concepción, Chile, Abril, 2004.



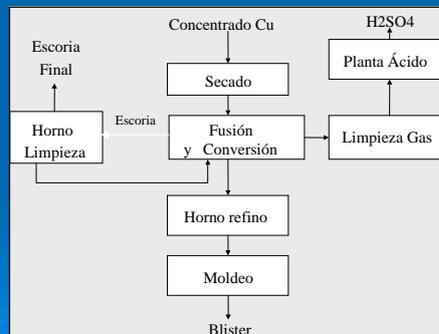
ACOPIO DE RIPIOS DE LIXIVIACION

EL CASO DE LAS ESCORIAS

- Después de flotación, los concentrados sulfurados son tratados a altas temperaturas en la fundición con el propósito de producir cobre blister.
- Se producen diferentes tipos de escorias. La mayoría de ellas son recicladas al proceso.
- La escoria final conteniendo alrededor de 1% cobre es descartada.
- Se producen aprox 2.2 ton de escoria final por ton de cobre producido.



ACOPIO DE ESCORIAS



Flowsheet típico para una fundición de concentrados de cobre en Chile.

¿DESECHOS COMO RECURSOS?



TPD = TOTAL PROJECT DEVELOPMENT

TPD = CONCEPCIÓN HOLÍSTICA EN LA MINERÍA DE HOY

CONSIDERA LOS DESECHOS DE LAS FAENAS MINERAS COMO RECURSOS EN SI MISMO

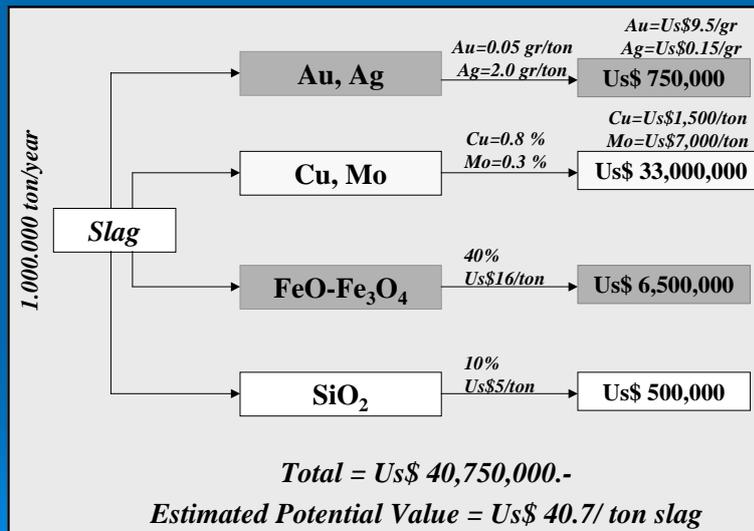
LOS DESECHOS PUEDEN SER ASÍ FUENTES DE RECURSOS. ES POSIBLE ENTONCES UTILIZAR ESTOS “RECURSOS” PARA EXTRAER SUS COMPONENTES DE VALOR.

SERNAGEOMIN: “Residuos Mineros Masivos, como desmontes y escorias del pasado, pueden llegar a constituir recursos mineros potenciales, una vez que se conjugan factores favorables como los precios y los avances tecnológicos en el arte de la minería”.

ESTAS “NUEVAS FUENTES DE RECURSOS” TIENEN VARIAS VENTAJAS:

- **SE ENCUENTRAN EN SUPERFICIE** Y POR DE PRONTO NO HAY COSTOS DE “FAENAS MINERAS”
- SON **VOLUMENES CATALOGADOS** Y POR LO GENERAL CARACTERIZADOS, POR LO QUE NO REQUIEREN EL “ESTUDIO GEOLOGICO” TRADICIONAL

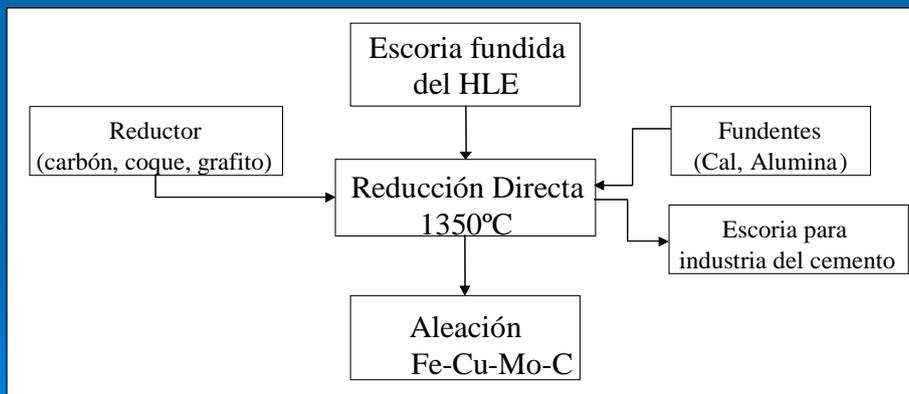
EJEMPLO: VALORIZACIÓN DE ESCORIAS DE FUNDICIONES DE CONCENTRADOS DE COBRE

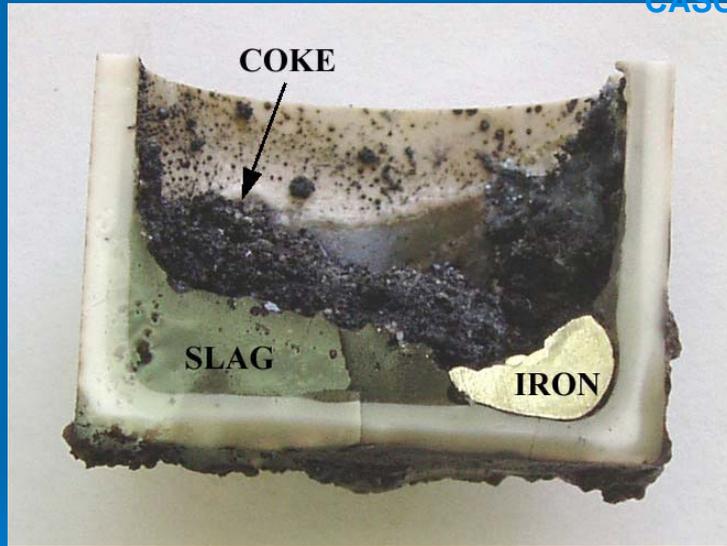


Potencial económico de las escorias



Producción de una aleación Fe-Cu-Mo por reducción

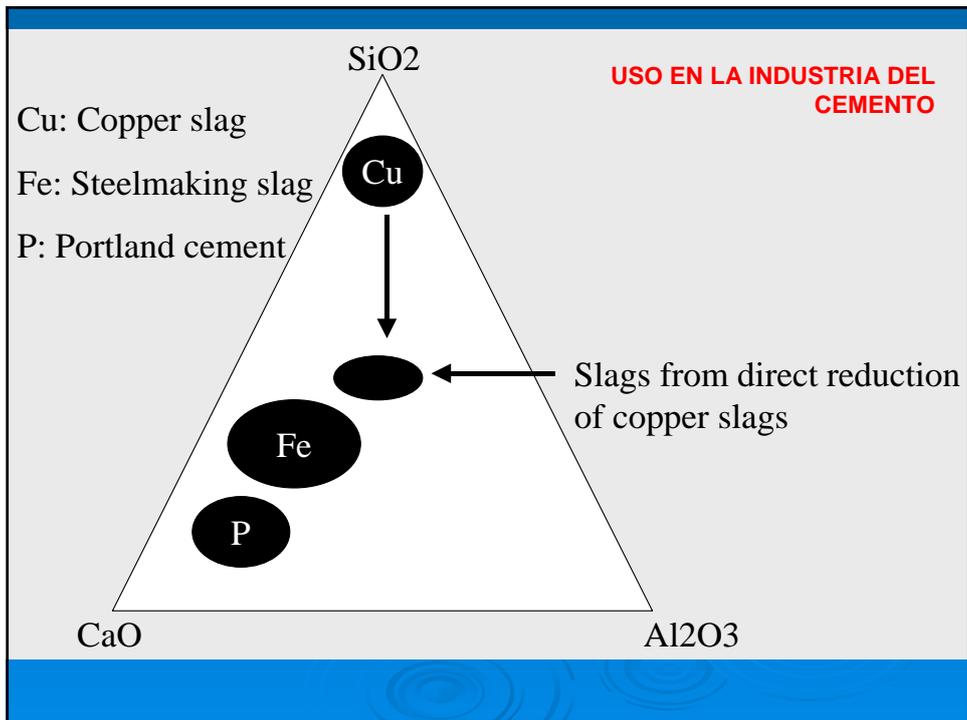




Metal	Cu	Mo	Fe
A(m)	1,86	0,98	94,96
B(m)	1,93	1,03	93,33

SEPARACION FASES METALICA Y ESCORIA A PARTIR DE ESCORIA DE DESCARTE DE FUNDICIÓN





Reciclaje y Producción Secundaria



DESDE EL METAL



HASTA EL PRODUCTO TERMINADO

Los **materiales de reciclaje secundario** cuya magnitud de uso varia dependiendo de la economía en uso, necesitan por lo general de:

Menor inversión de CAPITAL
Menor inversión de ENERGIA

Además tienen...

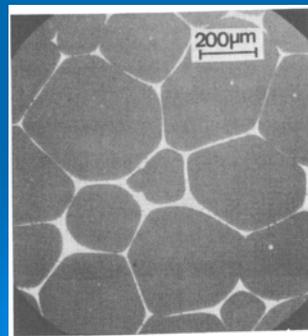
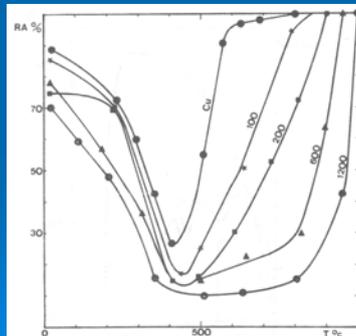
Menor impacto AMBIENTAL

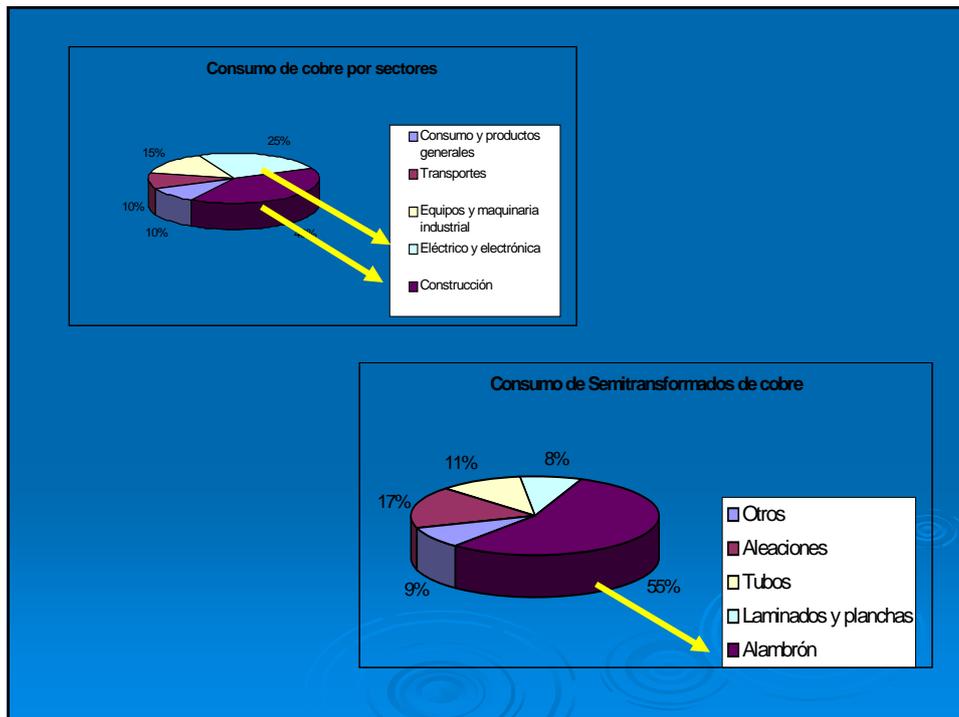
...que la **producción primaria**

El **reciclaje secundario** se hace más **intenso** mientras mas **sofisticada** es la **economía**, ya que hay un aumento de los materiales disponibles para **reutilizar y reciclar**.

Sin embargo hoy **los costos de producción secundaria son todavía altos respecto de la producción primaria**

El principal problema para la reutilización de un metal es el **alto costo para eliminar impurezas específicas**, muchas de ellas en contenidos no mayores a partes por millón, asociadas a **usos históricos** (p.e. uso eléctrico en el caso del cobre)





Evolución del Reciclaje de Cobre

- Durante la primera mitad del siglo XX casi la totalidad de la demanda de cobre era provista por cobre de mina
- Desde 60' en adelante, se estima que en promedio el 84,3% de la oferta proviene de cobre primario

Vida útil del cobre

- Se considera una vida útil entre 27-29 años
- Considera las siguientes aplicaciones:
 - Construcción
 - Transporte
 - Maquinaria industrial
 - Bienes de consumo
 - Sector eléctrico y electrónico

Limitaciones para el reciclaje

El cobre disponible = demanda 70'

⇒ 40% demanda actual

Esta diferencia se conoce como
"brecha generacional del Cobre"

Pero la chatarra vieja que fue reciclada en 2000 fue de sólo 2.14 millones de toneladas.

Esta segunda brecha se denomina
"brecha ambiental"

Evolución del cobre primario y secundario en las últimas décadas

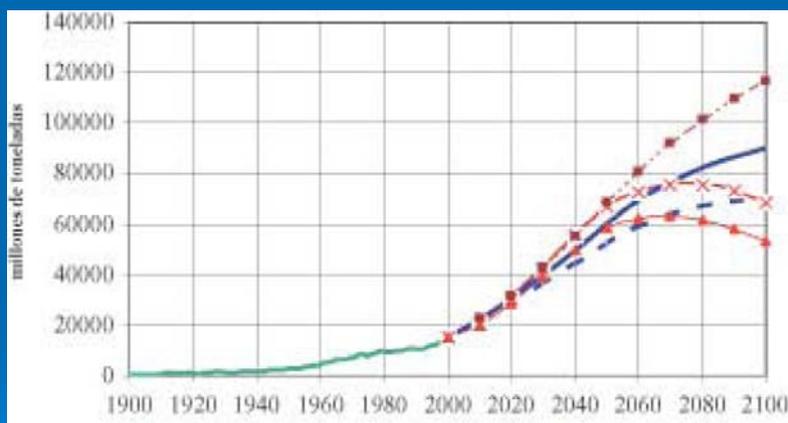
12000

El reciclaje de cobre tiene un **techo**,
constituido por la Brecha Ambiental

La producción de mina tiene un **piso**,
constituido por la Brecha Generacional

La razón entre la chatarra vieja refinada y la
disponible es cercana al 38% (últimos 30 años)

Proyección de demanda de Cobre



Los **metales** son un **recurso natural no renovable**

⇒ en algún momento se agotarán las reservas existentes.

⇒ hay que buscar alternativas que permitan **prolongar su uso en el tiempo**.

A medida que un **recurso no renovable se agota**, su **precio aumenta** como una señal de que se hace más escaso.

El aumento en el **precio del cobre** a través de su vida útil de explotación se debe principalmente al **aumento en los costos de extracción**.

Hoy se debe agregar también el **costo ambiental**, dada las exigencias cada vez mayores para asegurar una **producción sustentable en la industria**.

Luego, para países **productores primarios** es importante analizar la **evolución del mercado de cobre reciclado (o secundario)**

¿POR QUE RECICLAR?



¿Por qué es interesante reciclar?

El reciclaje ofrece importantes oportunidades para **conservar los recursos, minimizar los residuos y reducir el uso de energía**

Tiene un efecto positivo sobre la **conservación de los recursos naturales** para las futuras generaciones.

Un metal **no es “consumido”** en el sentido de ser “agotado”. Más bien, **es usado, reciclado y reutilizado**. **Se estima que un 80% de todo el cobre alguna vez extraído está todavía en uso.**

Minimización de Residuos

El reciclaje de cobre genera mucho menos residuos que la explotación de los recursos naturales. **La chatarra de cobre pura se funde con facilidad y el proceso genera poco o ningún residuo.**

Conservación de la Energía

La energía requerida para reciclar el cobre es mucho menor que la que se necesita para la explotación de los recursos minerales.

La cantidad de **energía requerida para reciclar cobre equivale casi al 25% de la energía necesaria para convertir el mineral de cobre en metal.**

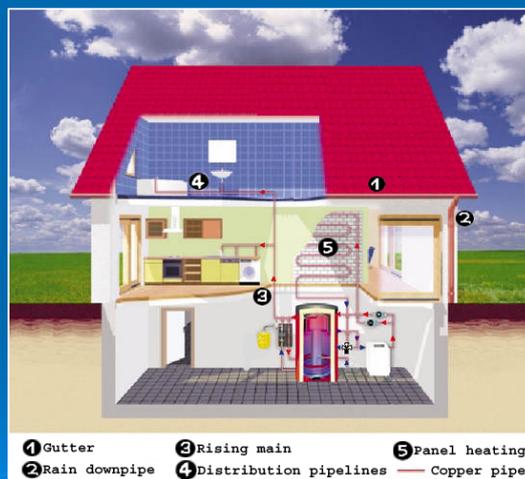
MINERÍA URBANA !!!



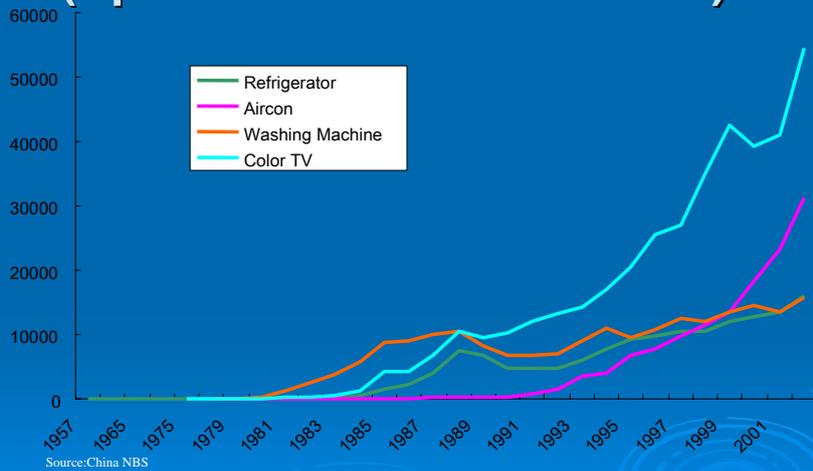
MINERÍA URBANA

¿DONDE ESTÁ EL COBRE EN LA CIUDAD?

HOY EXISTEN AGENCIAS QUE CARACTERIZAN LOS RECURSOS DE METALES (COBRE) DISPONIBLES EN LA CIUDAD



Crecimiento China (Aportes a la minería urbana)



Production of major home electrical appliance since 1957 to 2002 unit: thousand

Crecimiento China Produccion autom6viles (Aportes a la minería urbana)

Aut omobi l e p r o .



Automobile production unit: thousand

CONCLUSIONES



A MANERA DE CONCLUSIONES

Una de las características importantes del reciclaje es la **reutilización** de un material que antes se consideraba un **desecho**.

La **tendencia mundial** es disminuir cada vez más los efectos ambientales de la industria productiva.

La minimización de desechos por **incremento del reciclaje** es bienvenida.

La industria de hoy, a objeto de demostrar una gestión de **Producción Limpia**, se hace cargo de:

- los desechos que genera
- los desechos que generan sus consumidores

Así, por ejemplo:

-las **empresas productoras de bebidas** reciclan con mayor frecuencia sus **envases**

-las **empresas productoras de bolas de molinos** reciclan los productos que desechan sus consumidores

Esto significa que la **empresa productora de alguna manera sé esta haciendo cargo de un material secundario** que ya no será utilizado por el usuario y que solo produce trastornos al medio ambiente.

El **usuario y la sociedad en general, se sienten protegidos al constatar que un desecho será retomado por la empresa productora haciéndose responsable de este material hasta el final de la cadena productiva y de consumo.**

LOS PRODUCTORES PRIMARIOS DE METALES:

**¿NOS ESTAMOS HACIENDO CARGO
DE LOS DESECHOS Y MATERIALES
SECUNDARIOS CUANDO TERMINAN
SU VIDA UTIL?**

**¿DONDE TERMINAN NUESTRAS
RESPONSABILIDADES COMO
PRODUCTORES PRIMARIOS?**

