
Curso MINERÍA

Profesor: Dr. Julián M. Ortiz

Contenidos del Curso

- Introducción (1 semana)
- La minería como actividad económica (2 semanas)
 - Problemática de los recursos
 - Sustentabilidad de los recursos
 - Minería en Chile
 - Mercados de minerales
- Exploración de minerales (1 semana)
- Desarrollo minero (6 semanas)
 - Evaluación de recursos
 - Diseño y planificación
 - Procesos mineros y metalúrgicos
 - Proyectos mineros
- Gestión de operaciones en minería (2 semanas)
- Cierre de faenas en minería (1 semana)

01 - Introducción

Objetivos del curso



- El propósito del curso es **conocer los distintos aspectos de la minería**, vista como una actividad económica, y entender sus distintas etapas, el desarrollo de un proyecto de ingeniería, sus operaciones y procesos, y sus impactos en la sociedad.
- Al finalizar el curso el alumno será capaz de:
 - Identificar las etapas de la actividad minera
 - Entender la relación entre las distintas disciplinas involucradas en la actividad minera
 - Identificar las operaciones y procesos en las distintas etapas de un proyecto minero
 - Identificar los recursos que concurren al desarrollo de la actividad (recursos humanos, recursos financieros, energía, agua, insumos)
 - Identificar los impactos que genera esta actividad

Estructura del curso

- Clases de Cátedra
- Clases con Profesores Invitados
- Clases Auxiliares
- Presentaciones
- Salidas a Terreno
- 3-5 tareas (30%) y ≥ 4.0
- 2 controles
- 1 examen
- 10 UD

Semana	Cátedra 1	Cátedra 2	Auxiliar			
1	Introducción al curso – Organización – Notas	Introducción	No hay clases		CATEDRAS	
2	Introducción	1 Minería como act. Económica	Guía para presentaciones y entrega de informes - Mercado de commodity		CLASES AUXILIARES	
3	Invitado tema económico: C. Moscoso	2 Exploración	Innovación - los casos de Australia y Canada		CONTROLES	
4	Invitado tema exploración Waldo Cuadra	3 Desarrollo minero Ev. De recursos	Ejercicio numérico exploración		CATEDRAS INVITADAS	
5	3 Desarrollo minero Op Unitarias	Presentaciones Tarea 1	Ejercicio numérico evaluación de recursos		PRESETNACIONES Y TRABAJO ALUMNOS	
6	3 Desarrollo minero Diseño	Invitado tema desarrollo minero: E. Rubio	Ejercicio numérico diseño y tarea 2		TERRENO	
7	3 Desarrollo minero Proc de Minerales - Inv.: A. Casali / W. Kracht	TERRENO	Ejercicio numérico diseño			
8	Control 1	TERRENO	Revisión Control 1			
9	3 Desarrollo minero Hidro-Electro	TERRENO	Caso de estudio 1 - Mina El Teniente		3 tareas	30%
10	3 Desarrollo minero Piro	Presentaciones Tarea 2	Ejercicio numérico balance de masas y tarea 3		2 controles + examen	70%
11	4 Gestión operaciones Legislacion - Seguridad	4 Gestión operaciones Proyectos Mineros	Caso de estudio 2 - Mina Esperanza			
12	Invitado tema gestión: M. Solari	Invitado tema gestión: B. Galdames	Ejercicio evaluación económica de proyecto			
13	Control 2	5 Cierre de faenas Medioambiente	Revisión Control 2			
14	Invitado tema cierre de faenas: Juanita Galaz	Invitado tema minería y pensamiento creativo: A. Susaeta				
15	Presentaciones Tarea 3	No hay clases				

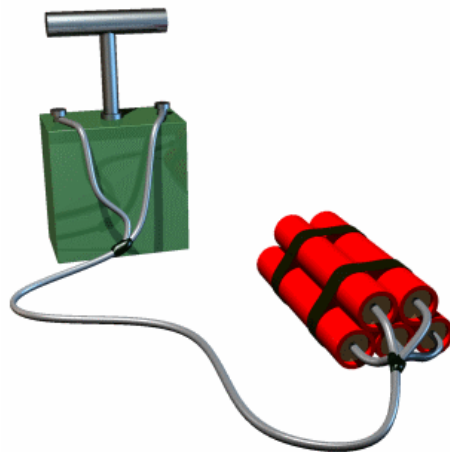


Ingeniería de Minas
FACULTAD DE CIENCIAS
FÍSICAS Y MATEMÁTICAS
UNIVERSIDAD DE CHILE

Entrando en materia...

Discusión

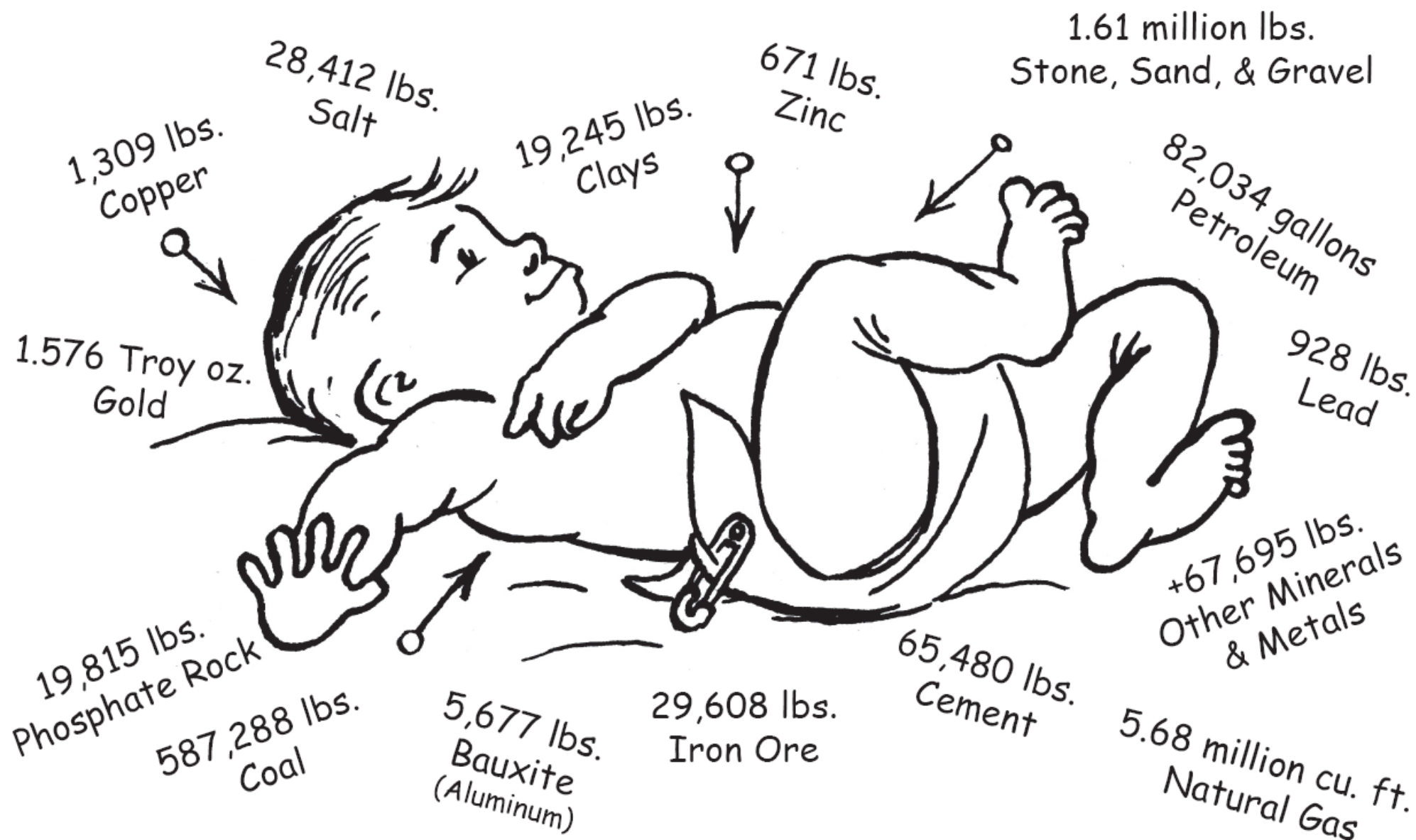
- ¿Qué sabemos de minería?



Discusión

- Existen más de **7000 minas** en producción y se construyen más cada año.
- Proveen de los materiales para manufactura, construcción e industria química, además de energía.
- La minería ha tenido un significativo impacto en el **desarrollo** de muchos países (incluso algunos que hoy en día no tienen industria minera).
- Historia, geografía económica y demografía, además de guerras y comercio, están fuertemente vinculados con la actividad minera.

Every American Born Will Need . . .



3.6 million pounds of minerals, metals, and fuels in their lifetime

Every year — 46,279 pounds of new minerals must be provided for every person in the United States to make the things we use, every day



11,779 lbs. **Stone** used to make roads; buildings; bridges; landscaping; numerous chemical and construction uses



8,857 lbs. **Sand & Gravel** used to make concrete; asphalt; roads; blocks & bricks



841 lbs. **Cement** used to make roads; sidewalks; bridges; buildings; schools; houses



380 lbs. **Iron Ore** used to make steel — buildings; cars, trucks, planes, & trains; other construction; containers



365 lbs. **Salt** used in various chemicals; highway deicing; food & agriculture



254 lbs. **Phosphate Rock** used to make fertilizers to grow food; animal feed supplements



247 lbs. **Clays** used to make floor & wall tile; dinnerware; kitty litter; bricks & cement; paper



73 lbs. **Aluminum (Bauxite)** used to make buildings; beverage containers; autos; airplanes



17 lbs. **Copper** used in buildings; electrical & electronic parts; plumbing; transportation



12 lbs. **Lead** 75% used for transportation — batteries; electrical; communications; TV screens



9 lbs. **Zinc** used to make metals rust resistant; various metals & alloys; paint; rubber; skin creams; health care; and nutrition



45 lbs. **Soda Ash** used to make all kinds of glass, in powdered detergents, medicines, as a food additive, photography, water treatment.



7 lbs. **Manganese** used to make almost all steels for: construction; machinery; transportation



704 lbs. **Other Nonmetals** numerous uses glass; chemicals; soaps; paper; computers; cell phones; etc.



28 lbs. **Other Metals** numerous uses same as nonmetals, but also electronics; TV & video equipment; recreation equipment; etc.

Plus These Energy Fuels

• 1,055 gallons of **Petroleum** • 7,539 lbs. of **Coal** • 72,979 cu. ft. of **Natural Gas** • 1/3 lb. of **Uranium**

To generate the energy each person uses in one year —
equivalent to 300 people working around the clock for each of us.



Un poco de historia...

La Minería en Chile

- Algunos antecedentes históricos:
 - Incas explotan oro (lavaderos), cobre y piedras preciosas (turquesa)
 - Españoles en busca de riquezas mineras (oro)
 - Chile republicano ha tenido dos guerras: ambas por razones mineras
 - Confederación Perú-Boliviana (1835)
 - Guerra del Pacífico (1879)
 - Altos y bajos en la minería del oro, fuerte desarrollo en el S. XVIII y decadencia en el S. XIX (Jesus María, Las Vacas, Andacollo, El Bronce de Petorca, etc.)
 - Auge de la minería de la plata en el S. XIX (Agua Amarga, Chañarcillo, Chimberos, Tres Puntas, Caracoles, etc.)
 - 1830-1860: Valor de producción de la plata superó lejos a todo el oro que se ha producido hasta esa fecha

La Minería en Chile

- Desarrollo de la minería del **Cobre**: Chile primer productor del mundo entre 1860-1880
 - Construcción de puertos y fundiciones en el Norte Chico
 - Producción de 40.000 ton Cu / año era 25% de la producción mundial
 - Entre 1830-1880 Atacama fue la provincia más prolífera del país
 - Copiapó era centro político, cultural y económico
 - Se construyó el primer ferrocarril en Chile entre Copiapó y Caldera
 - Copiapó: primera ciudad de Chile con alumbrado a gas
 - Importancia de las familias Edwards, Goyenechea, Matta, etc.
 - Se invierten ganancias en viñas, líneas de vapores, bancos, ferrocarriles y palacios en la zona central de Chile

La Minería en Chile

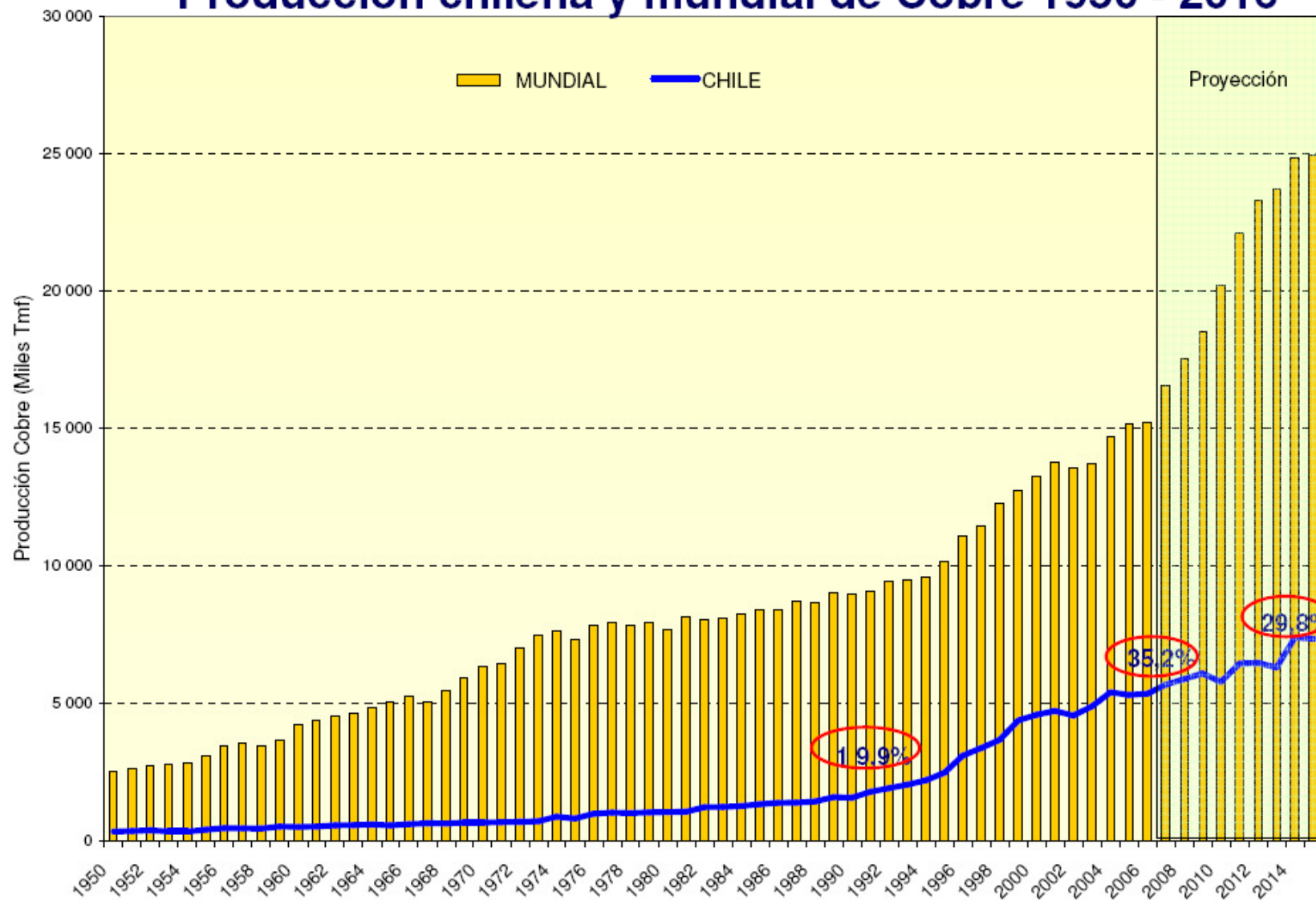
- A mediados del S. XIX comienza paralelamente la explotación del **carbón** en el Golfo de Arauco: Se construye la primera central hidroeléctrica de Chile en 1897, en Chivilingo (Lota)
- Auge del **salitre** después de la Guerra del Pacífico y decadencia del cobre: Desarrollo de Iquique, Tocopilla, Antofagasta y Taltal
- El 28 de Diciembre de 1945 se perfora el primer pozo de **petróleo** en Tierra del Fuego
- A partir de 1965 comienza la Chilenización y posteriormente en 1971, la Nacionalización de la Gran Minería del cobre: Profesionales chilenos se hicieron cargo de las operaciones y desarrollo de la Gran Minería
- Impresionante auge de la minería del **cobre** y **oro** a partir de 1980
- Otras sustancias o elementos no han sido relevantes en la historia minera de Chile (razones geológicas)

La Minería en Chile

- En la actualidad el impacto es altísimo (cifras para el 2007, un año de precios muy altos):
 - Minería representó un 21,8 % del PIB (Cobre, un 20% del PIB), normalmente alrededor del 8%
 - Codelco generó 7.9 mil millones de dólares de ingreso fiscal, es decir, un 17.7 % del presupuesto nacional
 - Exportaciones mineras alcanzaron 44.2 mil millones de dólares, es decir, un 65.1% de los envíos al exterior.
 - Inversión materializada de 1.9 mil millones de dólares en proyectos mineros
 - Producción de cobre de mina: 5.56 millones de toneladas de fino
 - Empleo directo de 58.000 personas → 0.9% de la ocupación del país.

La Minería en Chile

Producción chilena y mundial de Cobre 1950 - 2016



Fuente: Brook Hunt y Cochilco.

La Minería en Chile

Principales Países según Aporte a Nueva Producción de Cobre

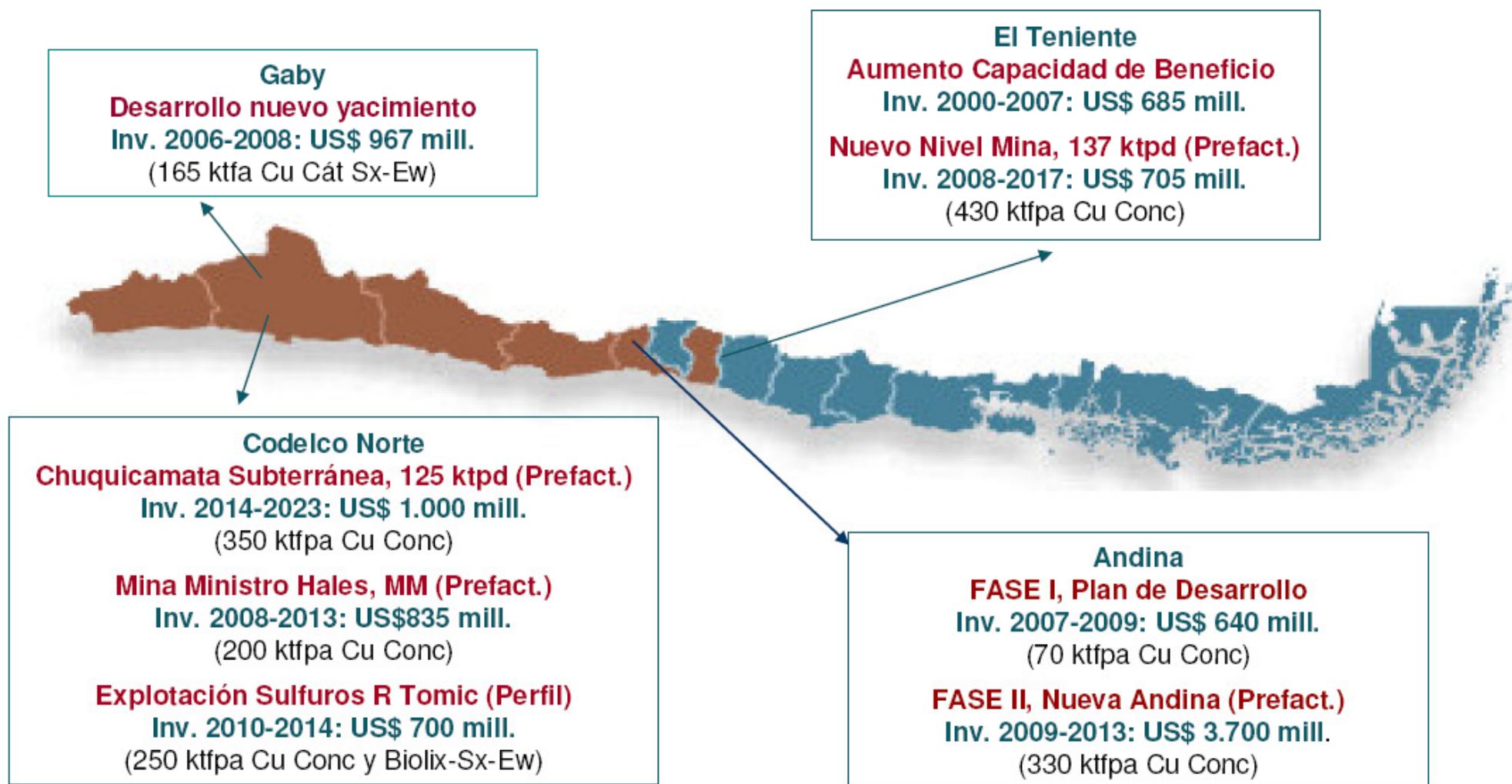
Ranking	País	N° de proyectos	Participación en N° proy. (%)	Producción Nueva asociada (kTMF)	Participación en Nueva producción (%)
1	Chile	28	16.7%	3 261	24.9%
2	Perú	19	11.3%	2 334	17.8%
3	Congo RD	12	7.1%	804	6.1%
4	Australia	14	8.3%	674	5.1%
5	Zambia	6	3.6%	559	4.3%
6	Brasil	7	4.2%	556	4.2%
7	Canadá	18	10.7%	527	4.0%
8	México	10	6.0%	487	3.7%
9	EE.UU.	8	4.8%	409	3.1%
10	Filipinas	6	3.6%	281	2.1%
11	China	4	2.4%	170	1.3%
12	Arabia Saudita	4	2.4%	106	0.8%
Sub total		136	81.0%	10 168	77.5%
Mundo		168	100.0%	13 116	100.0%

Fuente: Elaboración COCHILCO, sobre la base de publicaciones periódicas, memorias y comunicados de empresas mineras.



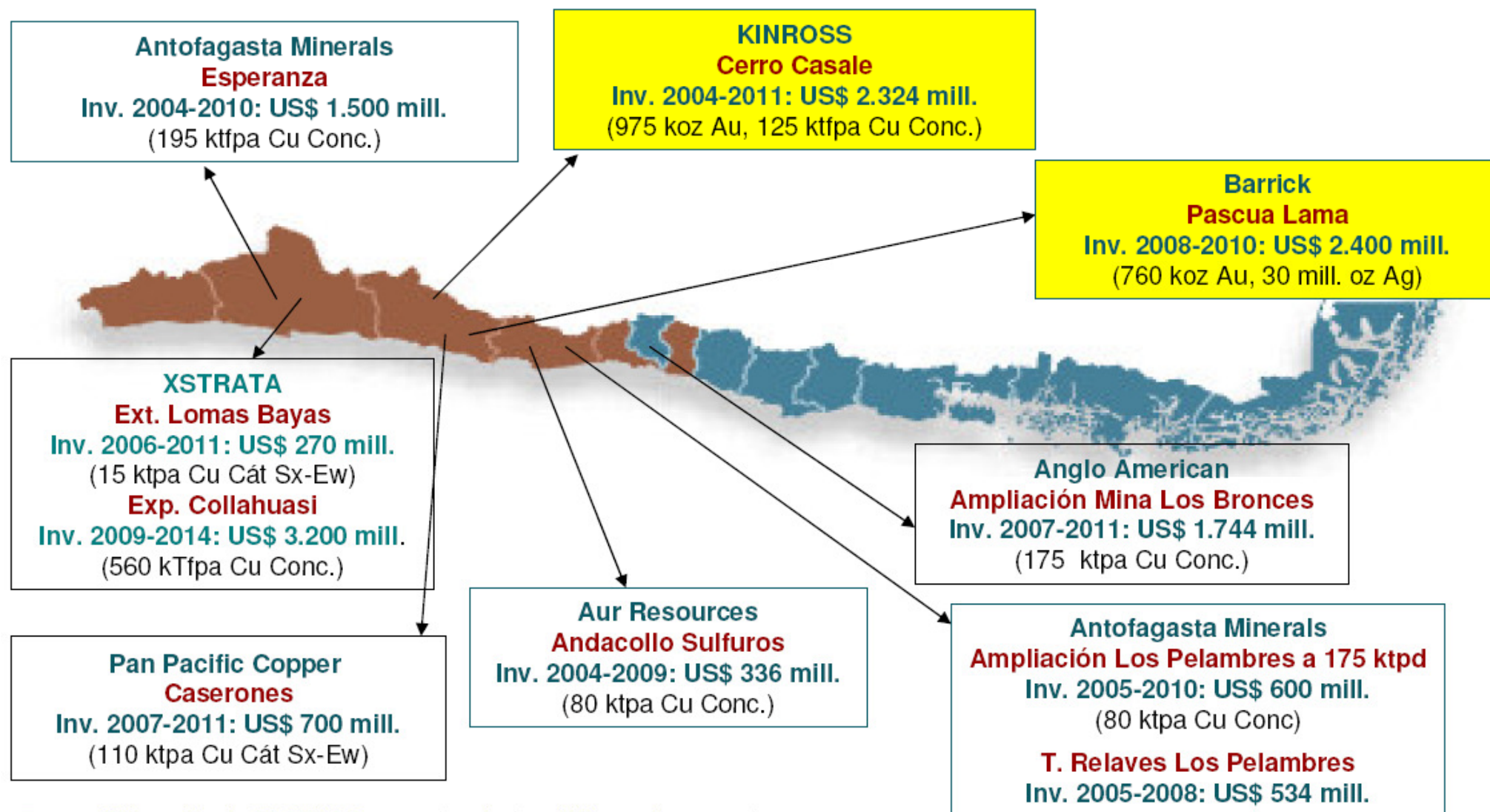
La Minería en Chile

Principales Proyectos de Codelco



La Minería en Chile

Principales Proyectos Minería Privada Cobre y Oro



Fuente: Elaboración de COCHILCO, con antecedentes públicos sobre proyectos.

La Minería en Chile – Proyectos nuevos (greenfield)

Etapas Stage	Nombre Proyecto Project Name	Empresa Company	Mineral Ore	Inversión (US\$ millones) Investment (US\$ million)
Construcción / Construction	Esperanza	Antofagasta Minerals	Cu, Au, Mo	1,467
Estudio / Study	Altonorte Lixiviación Molibdeno / Molybdenum Leaching	Xstrata Copper	Mo	40
	Caserones	Lumina Copper (Pan Pacific Copper)	Cu	630
	Cerro Blanco	White Mountain Titanium	TiO2, Fsp	135
	Cerro Casale	Barrick 51%, Kinross 49%	Cu, Au	1,960
	Chuquicamata Subterráneo / Underground Mine	Codelco Norte	Cu, Mo	2,000
	Collahuasi - Zona Lixiviación / Leaching Area	Collahuasi (Anglo American plc 44%, Xstrata 44% y Mitsui & Co. 12%)	Cu	14
	Collahuasi Expansión 1 / Expansion 1	Collahuasi (Anglo American plc 44%, Xstrata 44% y Mitsui & Co. 12%)	Cu	750
	Collahuasi Expansión 2 / Expansion 2	Collahuasi (Anglo American plc 44%, Xstrata 44% y Mitsui & Co. 12%)	Cu	2,450
	Coya Sur	SQM	KNO3	79
	Delta	Enami	Cu	40
	El Morro	Xstrata Copper 70%, Metallica Resources 30%	Cu	2,500
	El Peñón Ampliación / Expansion	Yamana Gold	Au, Ag	35
	El Peñón Fortuna	Yamana Gold	Au, Ag, Metal doré	13
	El Teniente Nuevo Nivel	Codelco El Teniente	Cu, Mo	1,500
	El Tesoro Ampliación / Expansion	El Tesoro (Antofagasta Minerals)	Cu	100
	Florida - Ampliación / Expansion	Florida (Yamana Gold)	Au, Ag	35
	Franke	Centenario Copper Chile	Cu	160
	Fundición Caletones / Caletones Smelter	Codelco - El Teniente	Cu	250

La Minería en Chile – Proyectos nuevos (greenfield)

Etapas <i>Stage</i>	Nombre Proyecto <i>Project Name</i>	Empresa <i>Company</i>	Mineral <i>Ore</i>	Inversión (US\$ millones) <i>Investment (US\$ million)</i>
Exploración / Exploration	Lomas Bayas Expansión / Expansion	Xstrata Copper	Cu	335
	Los Pelambres Repotenciamiento, Fase 2 / Repotentioning Stage 2	Antofagasta Minerals 60%, Grupo Mitsubishi 40%	Cu, Mo	600
	Mina Bellavista	Santa Fe	Fe	30
	Mina Ministro Hales	Codelco Norte	Cu	1,300
	Nueva Andina 2	Codelco Andina	Cu, Mo	3,500
	Papomono	Minera Latino-Americana (Vale)	Cu	90
	Pascua Lama	Barrick Gold	Au, Ag, Cu.	2,300
	Radomiro Tomic Sulfuros / Sulphides	Codelco Norte	Cu	313
	San Antonio	Codelco Salvador	Cu	160
	Sulfolix	El Abra (Freeport-McMoRan 51%, Codelco 49%)	Cu	343
	Tabaco	International PBX Ventures	Au, Ag, Cu	s/a
	Copaquire	International PBX Ventures	Mo, Cu	6
	Inca de Oro	Codelco	Cu, Au, Mo	s/a
	Irma	Codelco	Cu	s/a
	Relincho	Global Copper Corp	Cu, Mo	1,600
	Santo Domingo / Candelaria	Far West Mining	Cu	4
	Telégrafo	Esperanza (Antofagasta Minerals)	Cu	8
	Toki (Cluster Toki)	Codelco Chile	Cu	6
	Vicky	Codelco Chile	Cu	21
	Vizcachitas	Los Andes Copper	Cu, Mo	245
	Volcán	Andina minerals	Au	1,000

La Minería en Chile (brownfield)

- **Carmen de Andacollo**

- Este es un proyecto basado en un yacimiento ya existente de minerales sulfurados, en el cual se explotarán reservas que se encuentran bajo el actual yacimiento. Este proyecto sería una ampliación, por lo que también es conocido como **Andacollo Sulfuros**.
- Reservas estimadas: 429 Mt, con una ley de 0,239%
- Producción estimada: 80.000 ton/año de Cobre
- Inversión estimada: US\$ 385 millones
- Vida útil: 21 años
- Propiedad: Teck Cominco (90%), Enami (10%)
- Características: se explotará a rajo abierto, y el mineral extraído pasará a una etapa de chancado y posteriormente a una planta concentradora.

La Minería en Chile (brownfield)

- **Codelco Andina**

- Es un proyecto de **expansión**, que busca aumentar la producción de la mina. Consta de **dos fases**. En la segunda fase se considera también la producción de molibdeno. La primera fase entrará en operación en el segundo semestre de 2009.
- Reservas estimadas: 5.705 Mt
- Producción estimada: en fase 1, 265.000 ton/año de Cobre; en fase 2, 650.000 ton/año.
- Inversión estimada: US\$ 4.105 millones
- Vida útil: 25 años
- Propiedad: Codelco (100%)
- Características: este proyecto está abocado a generar mayor eficiencia en las operaciones de la división Andina de Codelco, para esto se expandirán las instalaciones de proceso, y se aprovecharán ciertas holguras en la fase 1. En la fase 2, que se inicia en el año 2014, se contemplan métodos convencionales de chancado, molienda y concentración, entre otros procesos. De la misma manera, el lastre será lixiviado para producir cátodos de cobre. En este momento, la fase 2 está en etapa de ingeniería, a fin de analizar la viabilidad del proyecto.

La Minería en Chile (brownfield)

- **El Teniente**

- En el caso de esta división de Codelco, son tres proyectos en los que se trabaja: **Pilar Norte, Nuevo Nivel y Fundición Caletones**. Esta faena cuenta con 2400 km de galerías subterráneas, las que la convierten en la mina subterránea más grande del mundo. Estos tres proyectos apuntan a lograr más eficiencia operativa, dadas las instalaciones presentes, y generar a la vez crecimiento de largo plazo.
- Reservas estimadas: Pilar Norte 36,7 Mt, con una ley de 1,32%. Nuevo Nivel 1,543 Mt, con una ley de 0,96%.
- Producción estimada: 15.000 ton/día en Pilar Norte, 180.000 ton/día en Nuevo Nivel.
- Inversión estimada: considerando los tres proyectos, US\$ 3.231 millones
- Vida útil: 35 años para Nuevo Nivel
- Propiedad: Codelco (100%)
- Características: para el caso de Nuevo Nivel, aún se encuentra en fase de pre-factibilidad, se realizan pruebas para ver qué método de explotación se utilizará. Es posible que incluso se haga explotación a rajo abierto. Debería estar operativa en 2016. En el caso de Pilar Norte, sus operaciones comenzaron este año.

La Minería en Chile (brownfield)

- **Gabriela Mistral (Minera Gaby)**
 - Es un yacimiento de tipo pórfido cuprífero con una zona de minerales oxidados y otra de minerales sulfurados. Se encuentra en la Cordillera de Domeyko, a 120 Km. de Calama.
 - Reservas estimadas: 541 Mt, con una ley de 0,44% de Cu
 - Producción actual: 150 Kton/año de Cobre en cátodos SX-EW
 - Producción estimada (fase 2): 165 Kton/año
 - Inversión estimada: US\$ 1.269 millones
 - Propiedad: Codelco (100%)
 - Características: A mediados de 2008 se puso en marcha el proyecto en su primera fase. Se contempla una fase 2 en la cual aumenta la producción anual. Esta fase se encuentra en estudio.

La Minería en Chile (brownfield)

- **Codelco Norte**

- Son dos proyectos, uno es la **mina subterránea de Chuquicamata** (transformarla desde rajo abierto). Por otro lado, está el proyecto de extracción de **sulfuros en Radomiro Tomic**. Ambos proyectos están en fase de estudio.
- Reservas estimadas: en Chuquicamata, 1.250 Mt, con una ley de 0,79%; en Radomiro Tomic 464 Mt con una ley de 0,51%.
- Producción estimada: para Chuquicamata, 120.000 ton/año de Cu.
- Inversión estimada: US\$ 2.000 millones en el caso de Chuquicamata, y US\$ 313 millones para Radomiro Tomic
- Vida útil: 22 años para Chuquicamata.
- Propiedad: Codelco (100%)
- Características: en el caso de Chuquicamata, se han realizado 60.000 metros de sondajes, y a partir de estos sondajes se estima que la mina podría operar hasta el año 2052. Se utilizará el método Panel Caving, con alta tecnología que permita tener bajos costos de explotación. La construcción del proyecto podría iniciarse en 2010, para iniciar sus operaciones en el año 2016. En cuanto a Radomiro Tomic, se extraen óxidos en la actualidad. Sin embargo, se han descubierto reservas de minerales sulfurados. Este proyecta la extracción de estos minerales

La Minería en Chile (brownfield)

- El Salvador
 - Dada la baja ley del mineral que se está extrayendo, Codelco ha planificado el cierre de las líneas de óxidos y sulfuros, aun cuando la idea de la empresa es mantener la faena en funcionamiento. En este sentido, la empresa proyecta la extracción de recursos lixiviables desde la Mina vieja de Potrerillos, para así garantizar la operación hasta el 2021.
 - Reservas estimadas: 213 Mt, con una ley de 0,48%
 - Producción estimada: 30.000 ton/año de Cu fino.
 - Inversión estimada: US\$ 300 millones
 - Vida útil: entre 13 y 15 años
 - Propiedad: Codelco (100%)

La Minería en Chile (brownfield)

- **Collahuasi**

- Este proyecto consta de dos fases, las cuales tienen por objetivo incrementar la producción de la mina. Collahuasi es una mina ubicada a 65 Km de Iquique.
- Reservas estimadas: 2.204 Mt, con una ley de 0,82%
- Producción actual: 440.000 ton/año de Cu
- Producción estimada: 650.000 ton/año de Cu en Fase 1, 1.000.000 de ton/año en Fase 2
- Inversión estimada: US\$ 750 millones en Fase 1, y US\$ 2.450 millones en Fase 2.
- Propiedad: Anglo American (44%), Xstrata Copper (44%), Mitsui & Co. (12%)
- Características: la primera fase finalizará su implementación en 2010, y la segunda en 2014. Se mantendrá la extracción por solventes y electroobtención como en la actualidad. La segunda fase consiste en aumentar la capacidad de la planta concentradora, a fin de llegar a las 260.000 ton/día de mineral.

La Minería en Chile (brownfield)

- **El Abra Sulfolix**

- La minera El Abra se encuentra a 75 Km. de la ciudad de Calama, y su actividad extractiva se reduce a óxidos de cobre. En virtud de las reservas halladas de sulfuros, se piensa aumentar la vida útil de la mina. El **proyecto Sulfolix** (cuyo nombre se deriva de “lixiviación de sulfuros”) pretende modificar la operación actual de la empresa.
- Reservas estimadas: 800 Mt
- Producción estimada: 225.000 ton/año de Cu
- Inversión estimada: US\$ 343 millones
- Vida útil: 19 años
- Propiedad: Freeport McMoran (51%), Codelco (49%)
- Características: se modificará el proceso operativo de la empresa a un proceso de lixiviación de mineral sulfurado que se encuentra bajo las actuales reservas de óxidos. La lixiviación se realizaría en una pila diseñada para lixiviar 800 millones de toneladas.

La Minería en Chile (brownfield)

- El Peñón

- Esta mina de **oro y plata**, se encuentra a 180 Km al sureste de Antofagasta, y posee dos proyectos de inversión, que se encuentran en fase de estudio. Un proceso es la ampliación del área de explotación, y el otro es la incorporación de un sector llamado Fortuna, que será explotado por minería subterránea, para extraer minerales de oro y plata.
- Reservas estimadas: 700.000 ton en el caso de Fortuna
- Producción estimada: 425.000 oz de Oro luego de la ampliación del área actual de extracción. 20.000 ton/mes para Fortuna.
- Inversión estimada: US\$ 35.000.000 para la Ampliación, y US\$ 13.000.000 en el caso de Fortuna
- Vida útil: 7 años para ambos proyectos
- Propiedad: Yamana Gold (100%)
- Características: En el caso de la ampliación, ésta se justifica debido al hallazgo de dos cuerpos mineralizados (llamados Martillo Flat y Al Este), con lo que se prolongó la vida útil de la mina hasta 2014. Fortuna contempla la extracción de minerales de oro y plata, con una capacidad de 200 ton/día, para luego aumentar hasta 500 ton/día.

La Minería en Chile (brownfield)

- El Tesoro
 - Esta mina se encuentra a 21 Km de Sierra Gorda, y el proyecto busca ampliar la vida útil por medio de la habilitación de nuevos sectores de extracción de cobre.
 - Reservas estimadas: 37,7 Mt, con una ley de 1,32%
 - Producción estimada: 90.000 ton/año de cátodos de Cu
 - Inversión estimada: US\$ 85.000.000
 - Propiedad: Antofagasta Minerals (100%)
 - Características: se extraerán minerales oxidados de los yacimientos Tesoro Noreste y El Llano, a fin de evitar la caída del nivel de producción. Con esto se mantendrá el nivel de producción actual.

La Minería en Chile (brownfield)

- **Lomas Bayas**

- La mina Lomas Bayas se encuentra a 110 Km al noreste de Antofagasta, y este proyecto busca dar continuidad a las operaciones de la mina, por medio de un aumento de producción (fruto de una expansión) y a la vez con la incorporación de la reserva **Lomas Bayas II**.
- Reservas estimadas: la expansión tiene reservas de 236 Mt, con una ley de 0,32%. Lomas Bayas II tiene reservas de 375 Mt, con una ley de 0,28%.
- Producción estimada: 75.000 ton/año de Cu
- Inversión estimada: US\$ 335.000.000 (entre 2008 y 2025)
- Vida útil: 17 años
- Propiedad: Xstrata Copper Chile S.A. (100%)
- Características: la expansión inició sus operaciones a fines de 2008, mientras que Lomas II debería iniciar en 2011. En esta última, se generarán dos tipos de mineral: uno de alta ley que primeramente será chancado y luego lixiviado, mientras que un mineral de baja ley pasará directamente a la lixiviación.

La Minería en Chile (brownfield)

- **Los Bronces**

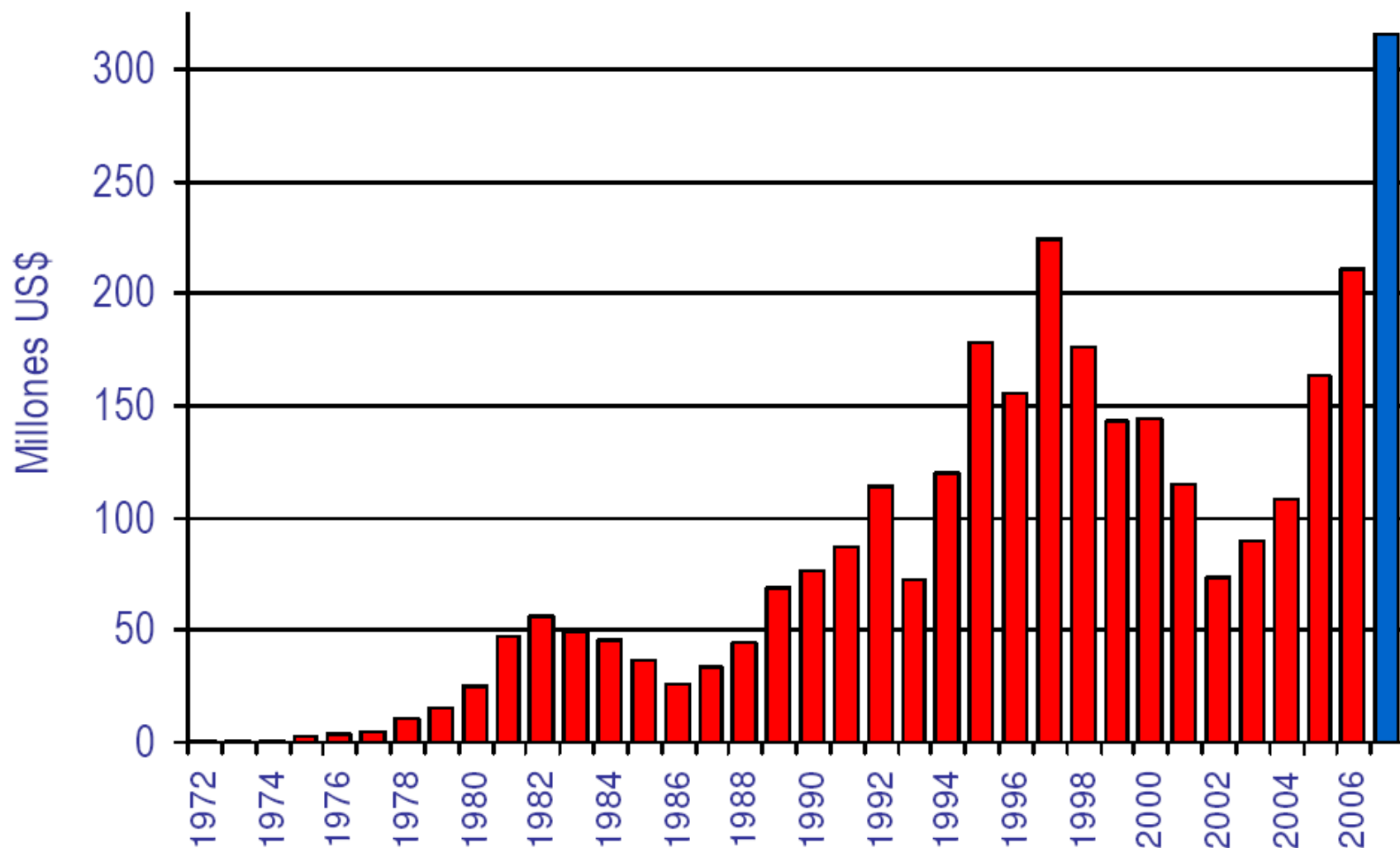
- La mina Los Bronces está a 65 Km al noreste de la ciudad de Santiago, y el proyecto consiste en aumentar la capacidad productiva por medio del llamado **Desarrollo Los Bronces**, a fin de aumentar el horizonte de tiempo de operación de la mina.
- Reservas estimadas: 776,1 Mt, con una ley de 0,87%
- Producción estimada: 370.000 ton/año de Cu
- Inversión estimada: US\$ 1.744 millones
- Vida útil: 23 años
- Propiedad: Anglo American (100%)
- Características: la ampliación de la mina implicará que de la actual producción de 160.000 ton/año de Cu, se pasará a más del doble. Para esto, se contempla la construcción de una planta de flotación nueva, un ducto y un túnel con sistemas de transporte. Además se considera la adquisición de nuevos equipos de chancado y molienda.

La Minería en Chile (brownfield)

- **Los Pelambres**
 - La mina Los Pelambres se encuentra en la Cuarta Región, y este proyecto es parte de un plan integral, en el que en 2007 contempló una mejora en la capacidad de molienda. Ahora se realizará una ampliación, a fin de que la capacidad de producción se incremente.
 - Producción estimada: 440.000 ton/año de Cu concentrado
 - Inversión estimada: US\$ 600.000.000
 - Propiedad: Antofagasta Minerals (60%), Grupo Mitsubishi (40%)
 - Características: se contempla la ampliación de 128.000 a 145.000 tpd, además de la recuperación de molibdeno. Se mejora la productividad y la vida útil de la mina. Las instalaciones deberían estar listas entre 2009 y 2010.

La Minería en Chile

Gasto en Exploración en Chile



Fuente: Metals Economic Group, estimación de Cochilco para el año 2007.

Conceptos básicos...

Conceptos básicos

- El campo del minero y del ingeniero de minas se ocupa del descubrimiento y de la extracción de mineral (en inglés, *ore*) y sustancias minerales de ocurrencia natural, que son económicamente útiles.
- Recursos pueden ser:
 - **Metalíferos**: oro, plata, platino, hierro, cobre, plomo, zinc, antimonio, manganeso, estaño y tungsteno
 - **No metalíferos**: carbón, turba, yeso, piedra pómez, caliza, arcilla, calcita, caolín, feldespato, talco, magnesita, dolomita, cuarzo, bauxita, granate, corindón, fosfato, baritina, asbestos, grafito, sal, etc...
 - **Piedras ornamentales y de construcción**: pizarra, mármol, caliza, arenisca, granito, riolita, travertino, ópalo, gemas, etc...

(Young, 1923 – “Elements of Mining”)

Conceptos básicos

En una versión más moderna:

(Hartman, 1987 – “Introductory Mining Engineering”)

- **Mina:** una excavación hecha en la tierra para extraer minerales
- **Minería:** la actividad, ocupación e industria relacionada a la extracción de minerales
- **Ingeniería de Minas:** la práctica de aplicar principios de ingeniería al desarrollo, planificación, operación, cierre y recuperación (reclamación) de minas.

Conceptos básicos

Desde un punto de vista geológico, se distingue:

- **Mineral**: elemento o compuesto inorgánico de ocurrencia natural, con estructura interna ordenada y con composición química, forma cristalina y propiedades físicas características.
- **Roca**: agregado formado naturalmente de uno o más tipos de partículas minerales

Conceptos básicos

Desde un punto de vista económico, se distingue:

- **Mineral** (o mena; en inglés, *ore*): un depósito mineral que tiene suficiente utilidad y valor para ser explotado generando un beneficio (económico)
- **Ganga**: las partículas minerales sin valor en un depósito mineral, que deben descartarse.
- **Lastre**: el material asociado a un depósito mineral que debe extraerse para poder acceder al mineral y debe luego descartarse

Conceptos básicos

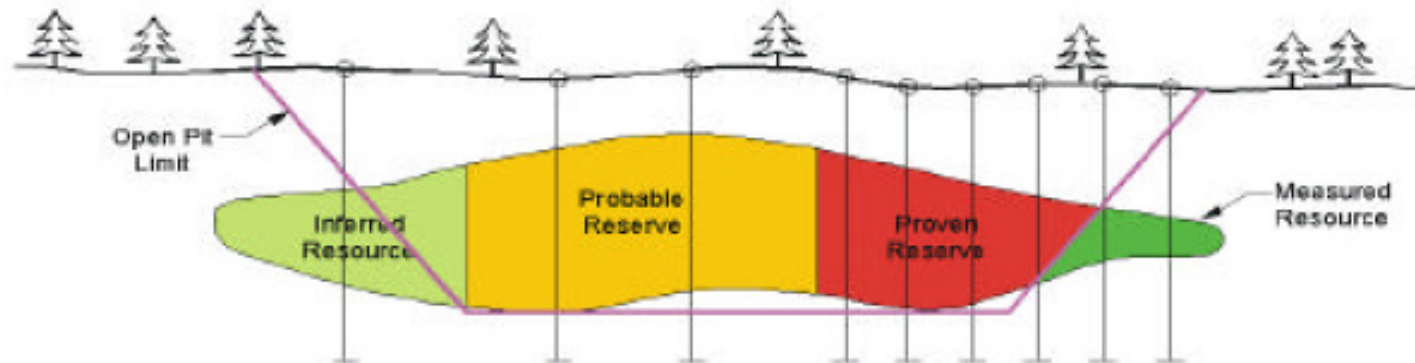
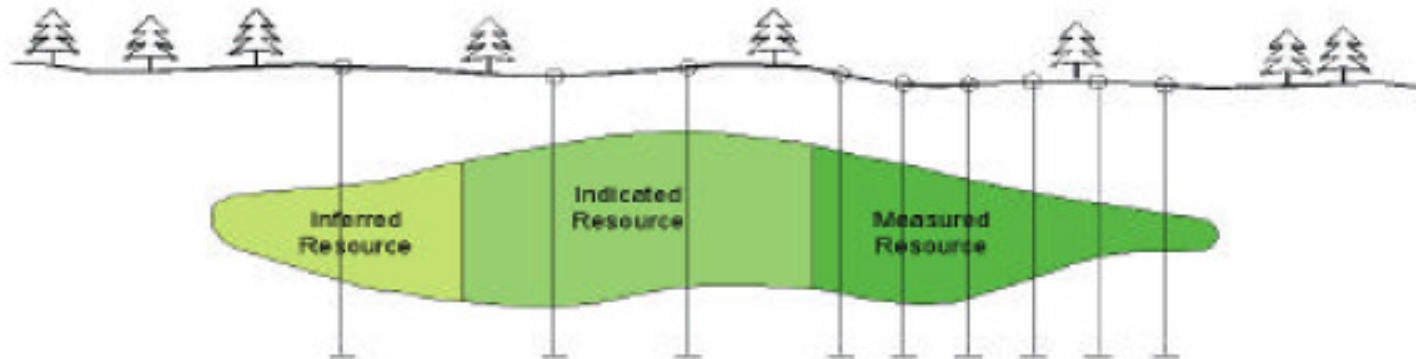
Según tipo de mineral:

- **Depósitos metálicos:**
 - Metales ferrosos (hierro, manganeso, molibdeno y tungsteno)
 - Metales básicos (cobre, plomo, zinc y estaño)
 - Metales preciosos (oro, plata, grupo del platino [rutenio, rodio, paladio, osmio, iridio, platino])
 - Minerales radioactivos (uranio, torio y radio)
- **Depósitos no metálicos** (minerales industriales):
 - Minerales no combustibles y no metálicos
 - Incluye: fosfatos, potasa, halita, arena, grava, areniscas, azufre y muchos otros.
- **Depósitos de combustibles fósiles:**
 - Sustancias minerales orgánicas que pueden ser utilizadas como combustibles
 - Incluye: carbón, petróleo, gas natural, metano, arenas bituminosas.

Conceptos básicos

- El desafío está en:
 - Encontrar recursos
 - Evaluar si es económicamente explotable
 - Determinar una forma de extraer las reservas
 - Recuperar el elemento de interés desde las rocas
 - Ponerlo en el mercado

Definiciones



Definiciones

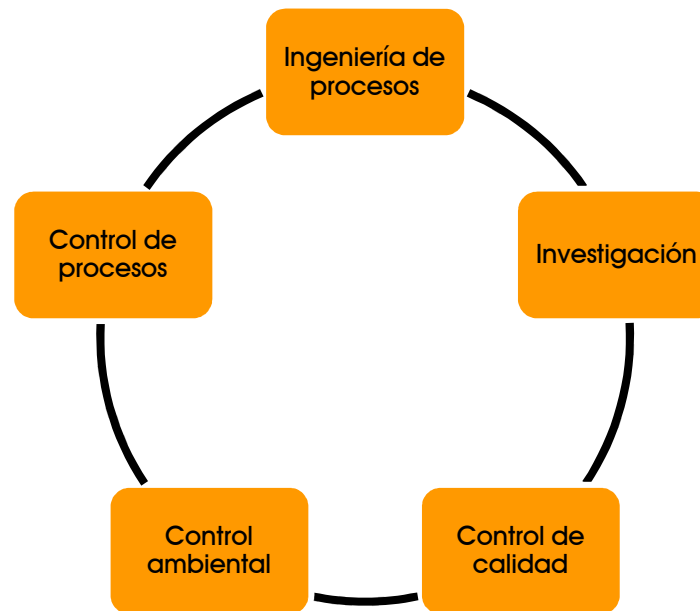


Antes de la explotación

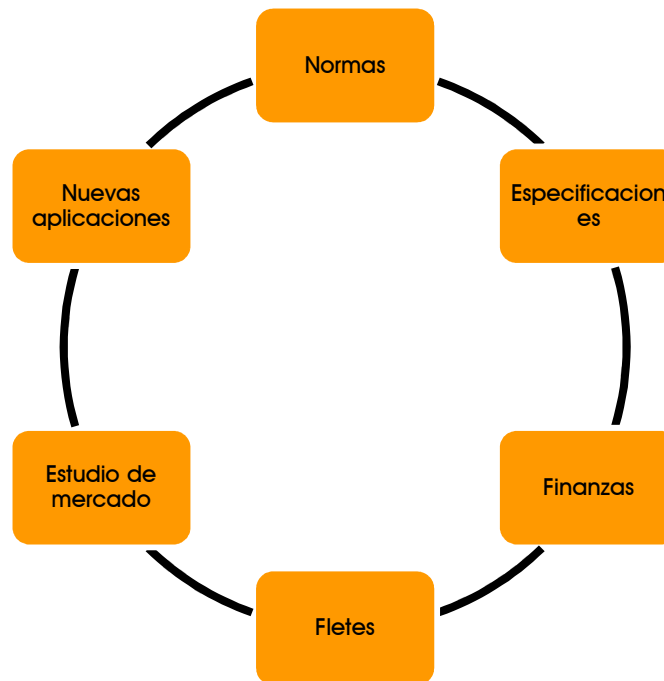
Definiciones



Definiciones



Definiciones



Antes de la explotación

Proyectos en minería...

La minería en Chile

- Levantar una mina toma tiempo y cuesta dinero

ETAPA	AÑOS											INVERSIÓN millones US\$
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	...		
EXPLORACIÓN												50 (+50)
FACTIBILIDAD												100 (+50)
INGENIERÍA												200 (+100)
CONSTRUCCIÓN												800 (+600)
OPERACIONES												1000 (+200)

Etapas de un proyecto minero

- **Prospección**

- Búsqueda de depósitos minerales, mediante la identificación de anomalías con métodos directos e indirectos
- Directos: Estudio de afloramientos, estudios geológicos de superficie, fotografías aéreas, mapeos estructurales, estudios de microscopía.
- Indirectos: Geofísica (métodos gravimétricos, sísmicos, magnéticos, eléctricos, electromagnéticos, radiométricos), geoquímica, geobotánica.

- **Exploración**

- Determinar de la mejor manera posible extensión (volumen) y calidad (ley) del mineral → valor económico
- Muestreo representativo + análisis químico y testeo metalúrgico.
- Muestras de mano, canales, túneles de exploración y sondajes.

Concluye con un **estudio de factibilidad**

Etapas de un proyecto minero

- **Desarrollo**
 - Acceso al mineral
 - Requiere una EIA previa
 - Adquisición de derechos sobre propiedad minera, derechos de agua, infraestructura eléctrica, caminos,...
 - Minería de superficie: extraer sobrecarga (pre-stripping)
 - Minería subterránea: construcción de galerías y piques → acceso a personal, equipos
 - Desarrollo continua una vez iniciada la explotación

Etapas de un proyecto minero

- **Explotación**

- Debe alimentar de manera ininterrumpida a la planta
 - Método de explotación depende de:
 - Forma
 - Tamaño
 - Emplazamiento (profundidad)
 - Factores económicos, tecnológicos, estratégicos, de seguridad
- superficial: rajo, cantera, placeres
- subterráneo: autosoportado, relleno, hundimiento

Etapas de un proyecto minero

- **Recuperación (cierre de minas)**
 - Devolver el medio a una situación cercana a la inicial: recuperar la topografía, vegetación, restaurar la calidad del suelo y del agua.
 - Es un proceso que debe pensarse desde el inicio de los desarrollos e integrarse en la planificación de la operación → concepto de sustentabilidad

“Satisfacer las necesidades económicas y ambientales actuales mejorando la habilidad de futuras generaciones de satisfacer las suyas”

Algunas nociones de la explotación...

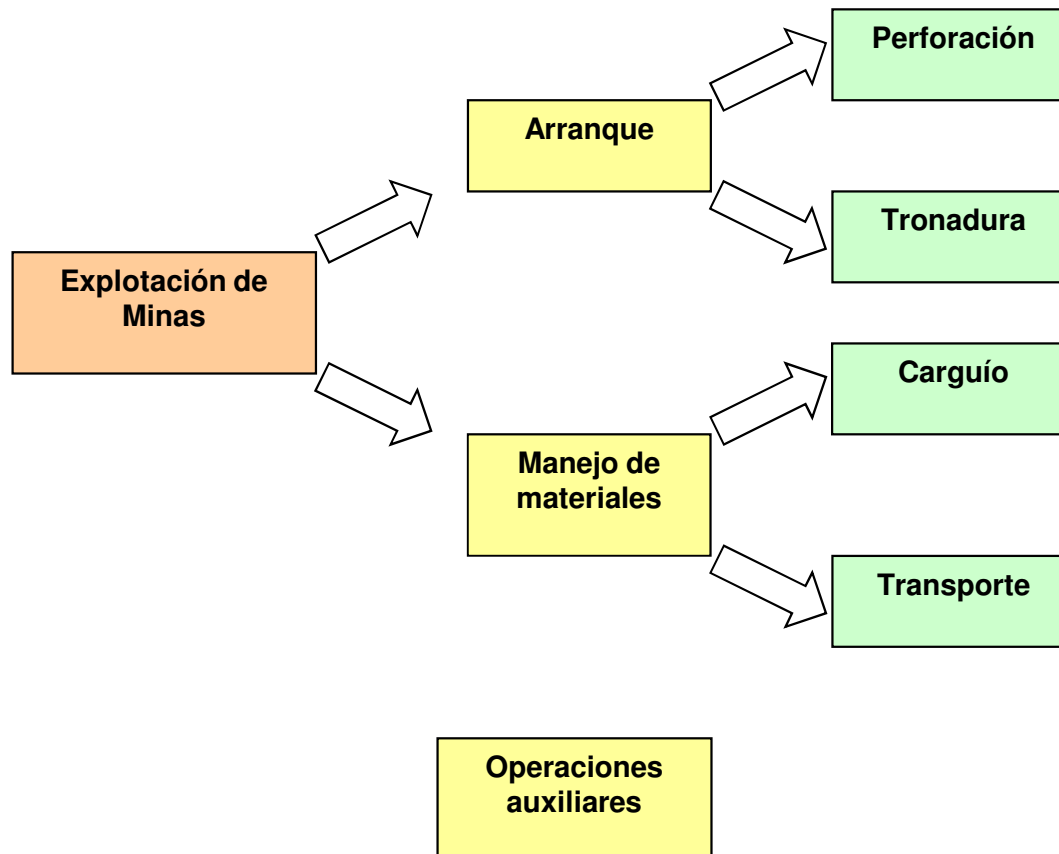
Definiciones

- Arranque
- Manejo de materiales
- Mineral
- Recursos geológicos
- Reservas mineras
- Yacimiento
- Mina



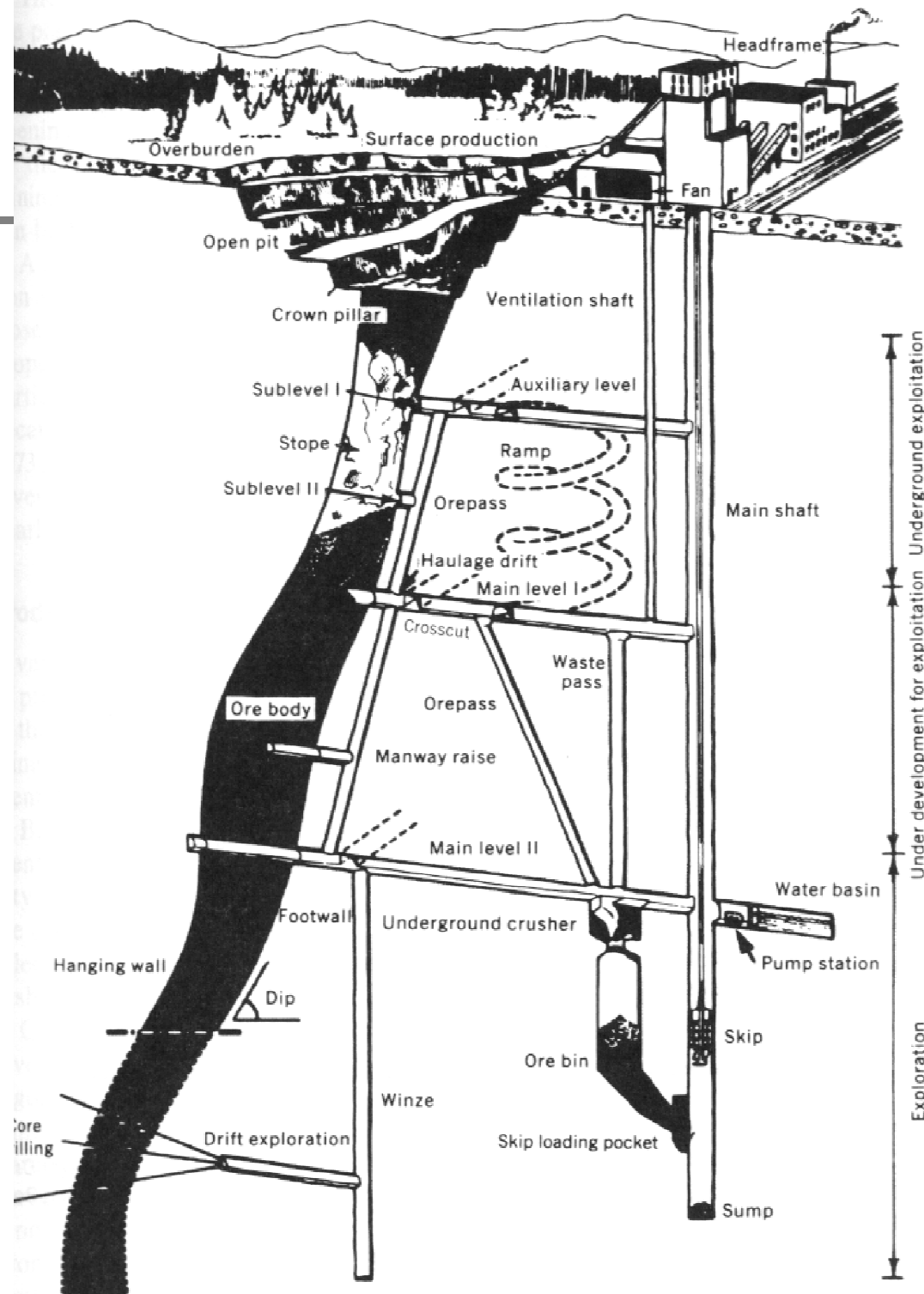
La explotación de minas

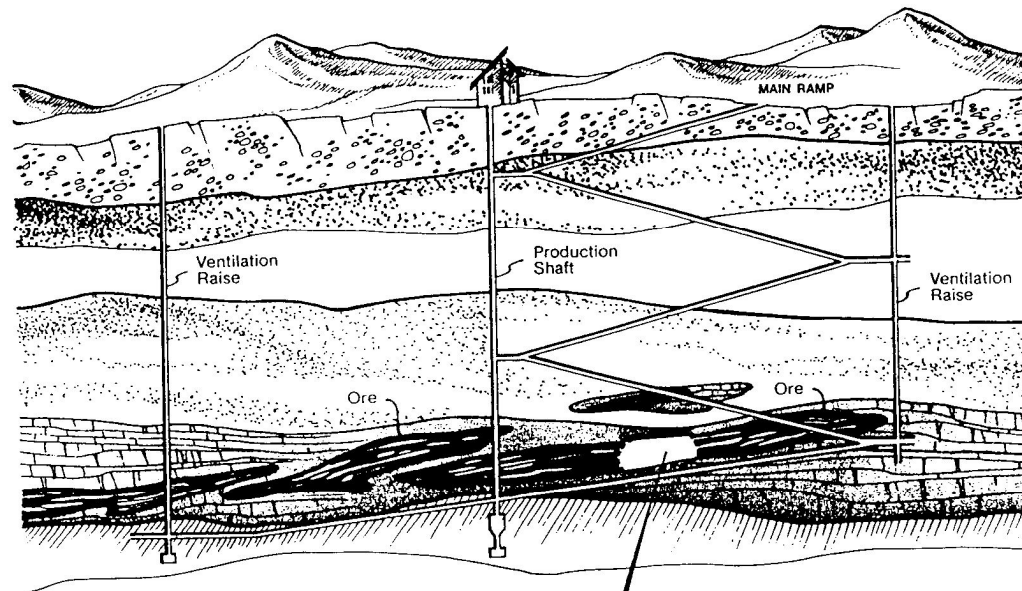
- Operaciones en la explotación de minas:



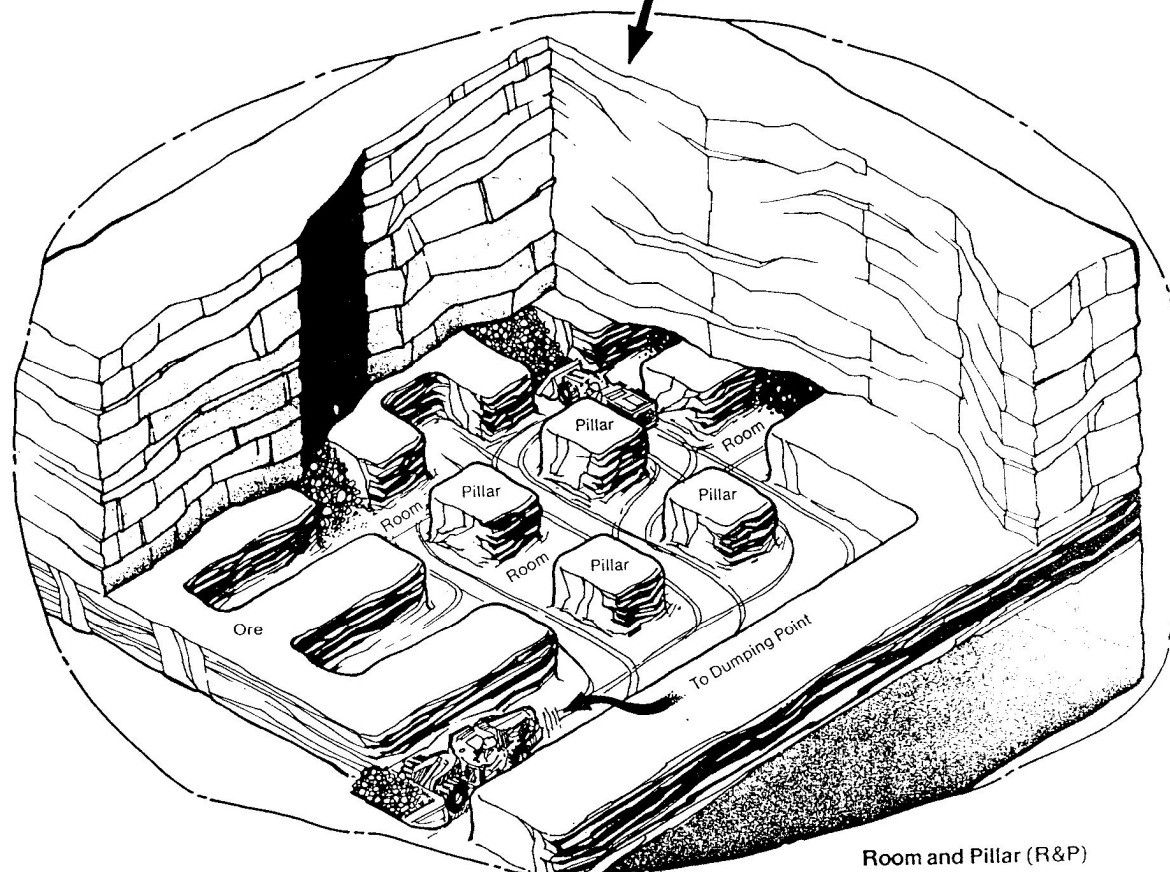
Métodos subterráneos

- Room and Pillar
- Shrinkage Stoping
- Sub-Level Stoping
- Cut and Fill
- Sub-Level Caving
- Block Caving

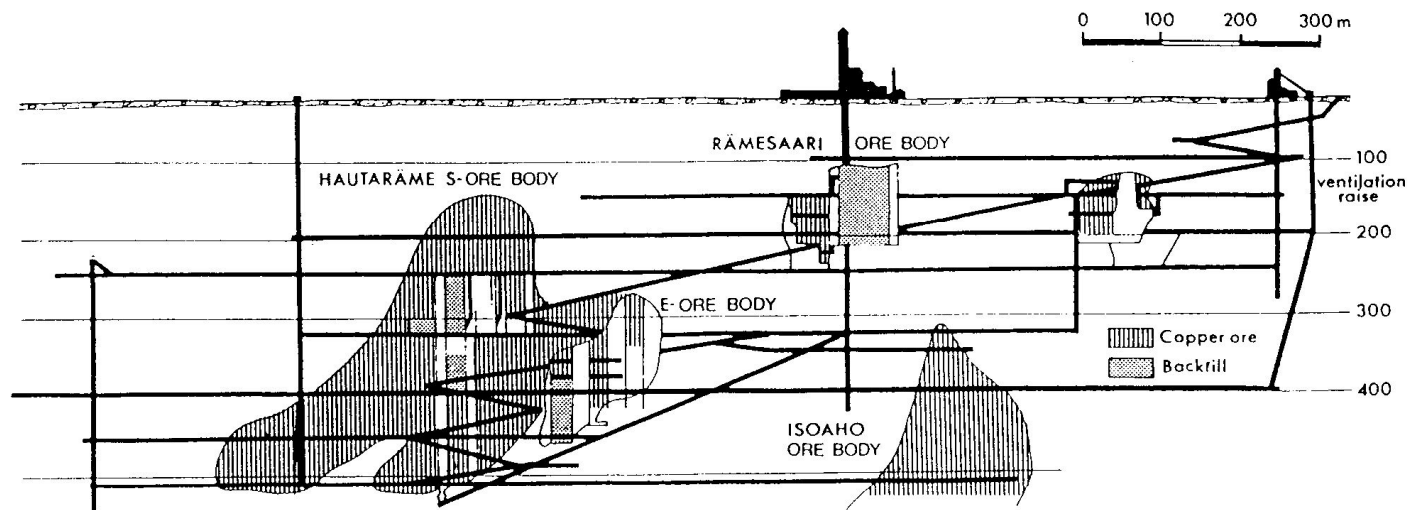




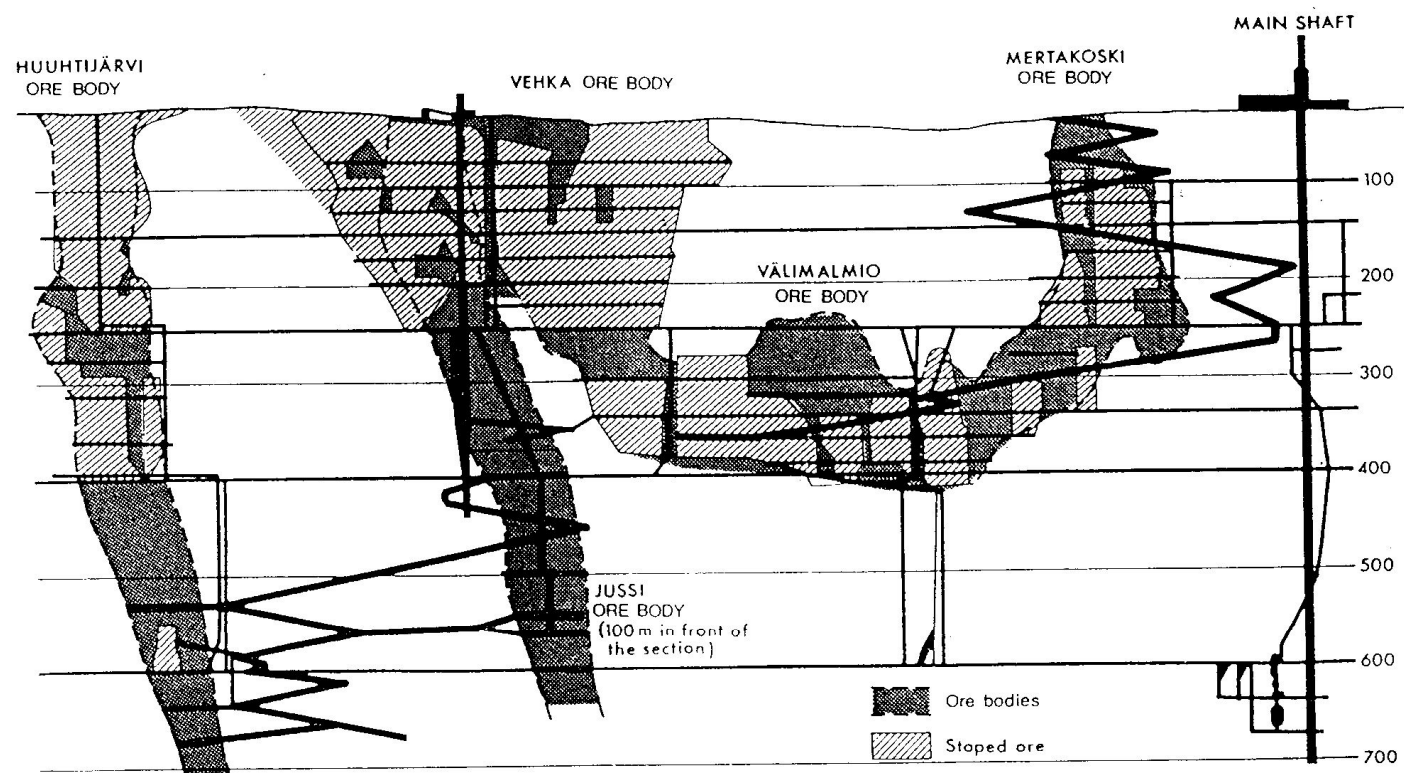
Production Pattern Illustration



Room and Pillar (R&P)



Longitudinal sections of the Vihanti mine.



Longitudinal section of the Kotalahti mine.

NORTE

HUINCHÉ 3557.00
HUNDIMIENTO
N-8 3638.78
S.N.V.

N-9 3585.55

N-10 3541.32

HUNDIMIENTO
N-11 3490.16
S.N.V.

N-12 3438.83

N-13 3387.37

N-14 3336.21

N-15 3284.88

N-16 3233.34

N-17 3181.92

N-18 3131.27

N-19 3070.35

HUNDIMIENTO DE BLOQUES
SISTEMA L.H.D.

HUNDIMIENTO DE BLOQUES
SISTEMA PARRILLAS

PIQUE DE
SERVICIO

PRIMER PANEL
SEGUNDO PANEL

PIQUES DE
TRASPASO

Ny. Producc. (Parrillas)

PIQUES RECOLECT.
Ny. Recolección (Correas)

ESTACION DE
CONTROL

TOLVA PRIMARIA SUR
(5.500 TONS.)

TOLVA PRIMARIA NORTE
(18.000 TONS.)

PTA. DE CHANCADO
SUR

CORREA 5 KM. A CONCENTRADOR

PTA. DE CHANCADO
NORTE

TOLVAS DE ALMACENAMIENTO

TTE. S4

SLOT

HDTO.

PROD.

LHD DIESEL 6 YDS
MARTILLO TEN-90
PARRILLA 40x40

ACARREO
TEN-6

SNV

PERFORACION #2.1/2"

PERFORACION #6.1/2"

BOCAVACION
(NARROW CUT)

Ø1.50m

CH. VENT. EXT.

PIQUE #3.50
364 TM

BUZON 64"
(LATERAL)

TREN METALERO
320 TM

CH. VENT. INT.
Ø1.50m

TOLVA
7500 TM

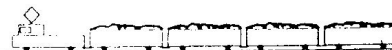
PIQUE #5.00m

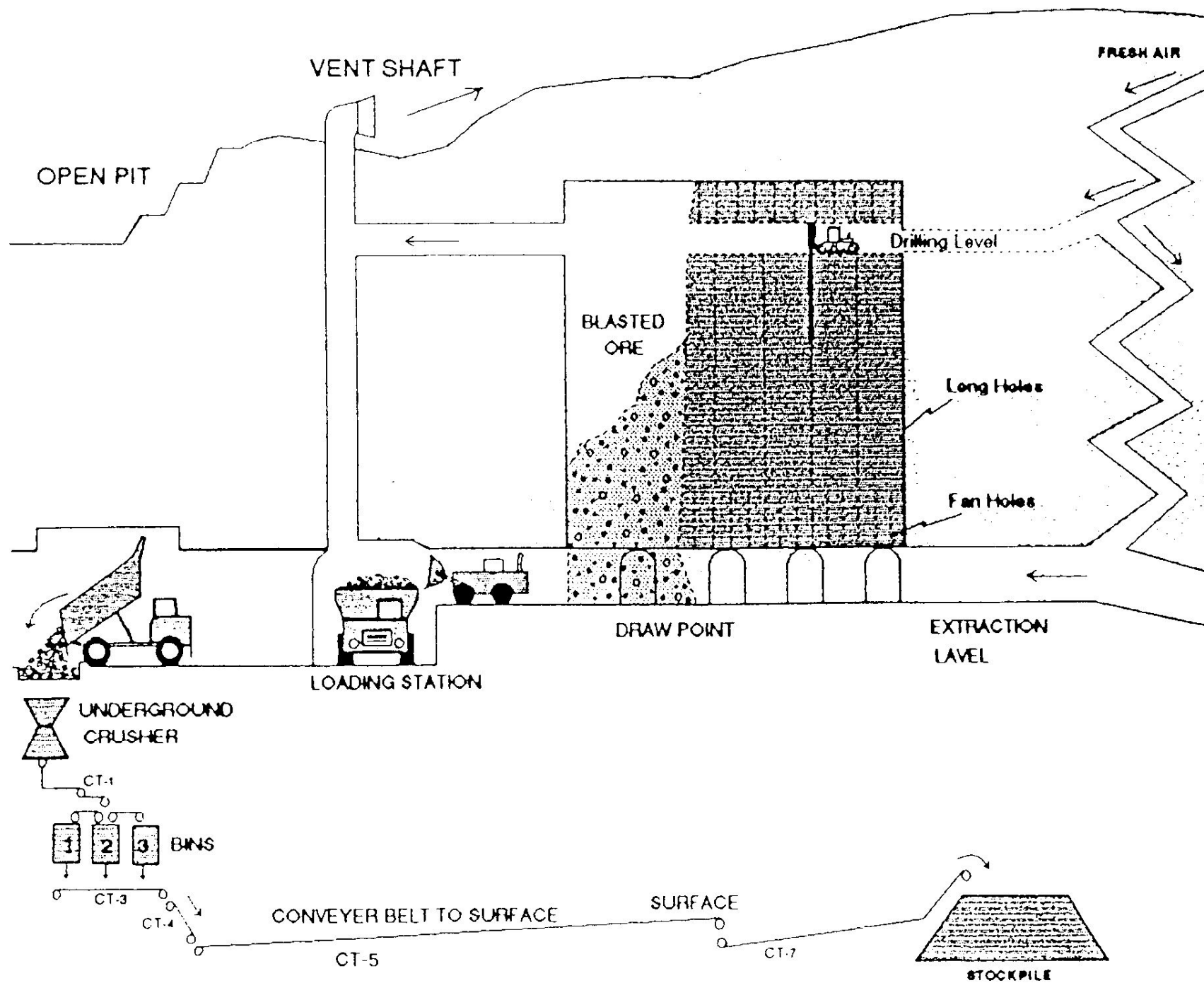
ESTACION
INTERMEDIA

BUZON 100"
(LATERAL)

TEN-8

← A CONCENTRADOR COLON
TREN METALERO 1200 TON.

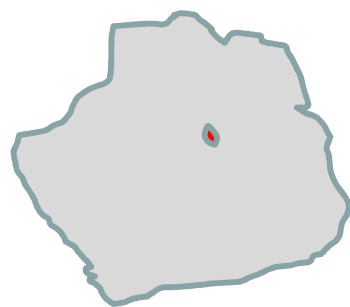




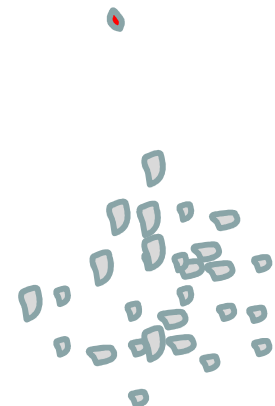
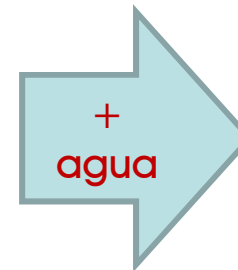
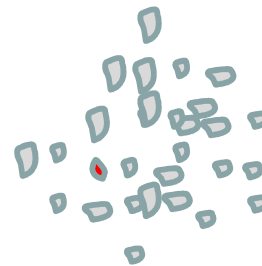
Algunas nociones del proceso...

Etapas

- La mina entrega rocas
- Se debe “liberar” el mineral de interés de la roca
 - Preparación mecánica
 - Conminución (reducción de tamaño de las partículas)
 - Separación o clasificación
 - Concepto de liberación
 - Concentración de minerales
 - Separación selectiva de minerales
 - Se agrega agua
 - Separación sólido / líquido



$10^4 - 10^2$



Etapas

- Ya tenemos el mineral (p. ej. Calcopirita)
- Ahora queremos recuperar el elemento de interés (p. ej. Cobre)
 - Minerales sulfurados
 - Flotación
 - Fundición
 - Refinación
 - Minerales oxidados
 - Lixiviación
 - Extracción por solvente
 - Electro obtención

Referencias / Datos

- <http://minerals.usgs.gov/minerals/pubs/commodity/>
- <http://www.eia.doe.gov/>
- <http://www.cochilco.cl/>
 - Anuario de estadísticas del cobre y otros minerales 1988-2007
- Natural Resources Canada