



BARRICK

Minería Responsable

Desarrollo de un Proyecto Minero

Sergio Peñailillo B.
Gerente de Minas – Pascua Lama

Curso de minería para periodistas
Junio 2009, Santiago - Chile

- La actividad minera se genera debido a :
 - La existencia de un mercado mundial que demanda metales (commodities)
 - La existencia geológica de especies minerales en la tierra.

- La Minería tiene características especiales, no comparables con la economía tradicional, debido al ambiente geológico de los depósitos minerales.

- El ambiente geológico de los depósitos minerales impacta en el negocio minero porque:
 - Son inicialmente desconocidos : *Hay que encontrarlos.*
 - Son fijos en tamaño: *Sujetos a agotamiento.*
 - Son variables en calidad : *Rentabilidad riesgosa.*
 - Son fijos en ubicación : *Alta inversión y costos.*

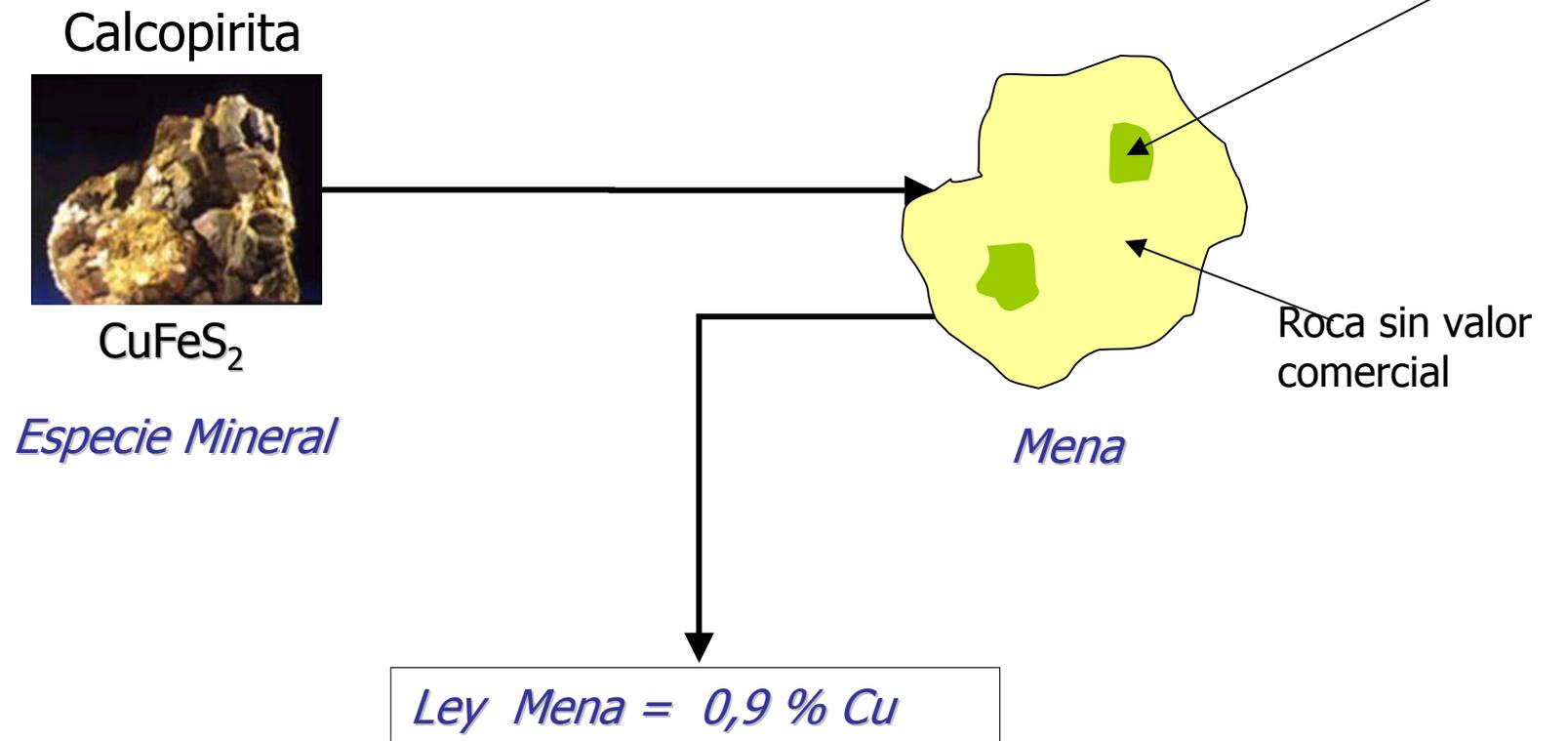
- Por lo tanto las características que definen el negocio minero son :
 - Es un negocio de duración finita.
 - Es un negocio geográficamente estático.
 - Tiene prolongados períodos pre-inversionales y de construcción.
 - Es intensivo y de alto riesgo en capital.
 - Requiere personal altamente calificado.
 - Tiene productividad decreciente en el tiempo.

Conceptos básicos



BARRICK

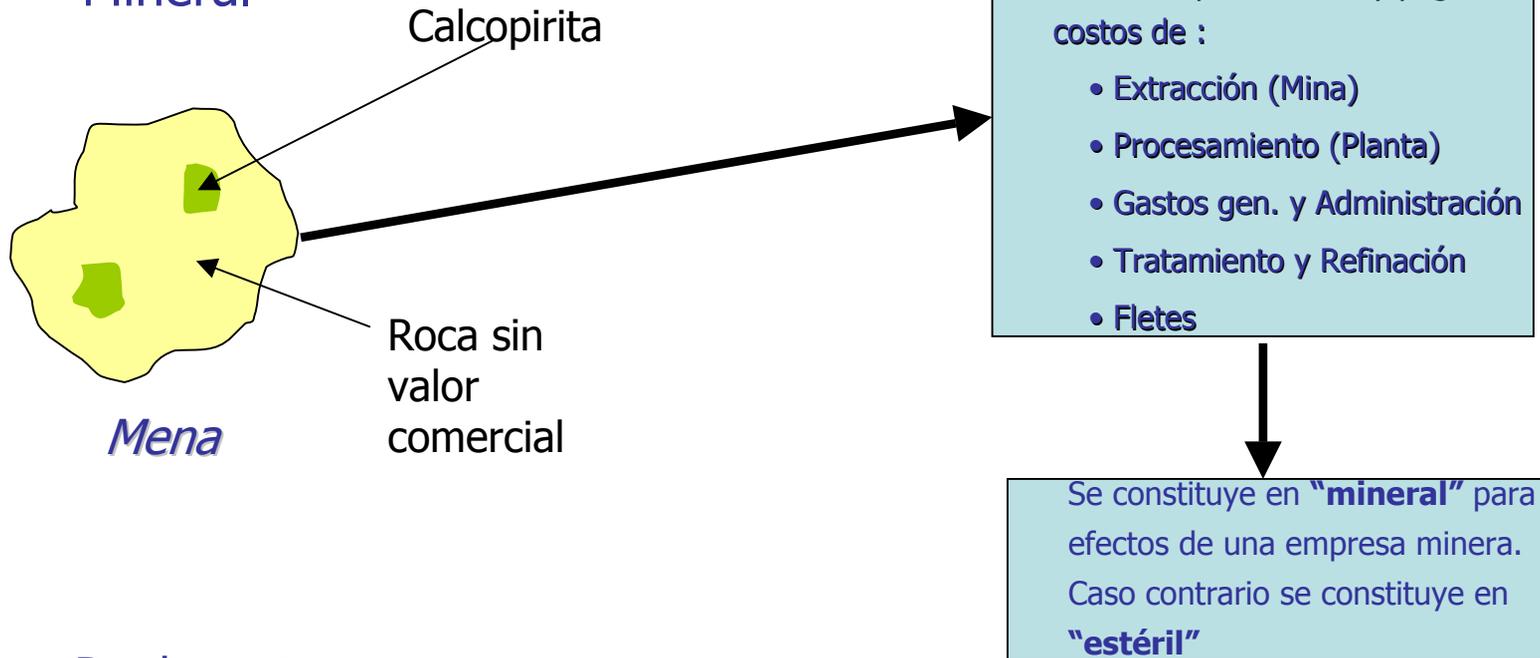
- Especie Mineral – Mena - Ley



La ley es el % de metal puro (Cu) contenido en una mena
"conocido como la ley del mineral"

Conceptos básicos

■ Mineral



Por lo tanto :

- El mineral no existe en la naturaleza, solo existen especies minerales en determinada concentración.
- El mineral es un concepto netamente económico.
- Cada empresa minera define con una ley de corte lo que constituye "su propio mineral".

Etapas de un Proyecto Minero



- Capital
 - Tiempo
 - Exactitud
 - Rigurosidad
 - Esfuerzo de un gran equipo humano
-
- Estas etapas son :
 - Prospección
 - Exploración
 - Evaluación del proyecto (estudio de factibilidad)
 - Desarrollo y construcción
 - Producción o explotación
 - Cierre de faenas.

Etapas de un Proyecto Minero

| Plazos asociados a un Proyecto Minero (Rajo abierto) | |
|--|------|
| Item | Años |
| Descubrimiento hasta exploración | 15 |
| Exploración hasta factibilidad | 6 |
| Factibilidad hasta puesta en marcha | 3,5 |
| Puesta en marcha hasta producción normal | 0,5 |
| TOTAL | 25 |

1º Etapa : Prospección



- Objetivo: Lograr un *conocimiento general* de un área de interés geológico.
- Consiste en: Localizar *anomalías geológicas* en la corteza terrestre, en donde *posiblemente* pueda existir un depósito mineral.
- Las técnicas mas usadas son:
 - Planos de Geología regional
 - Mapas, publicaciones, minas antiguas y presentes.
 - Geoquímica.
 - Geofísica.
 - Fotografías aéreas e imágenes satelitales.
- Tendremos éxito si tenemos un hallazgo de *anomalías minerales*.
- Es esta etapa desconocemos :
 - *El tamaño* del depósito mineral
 - *El valor* del depósito mineral.

1º Etapa : Prospección



BARRICK

Fotos aéreas



Muestras superficie



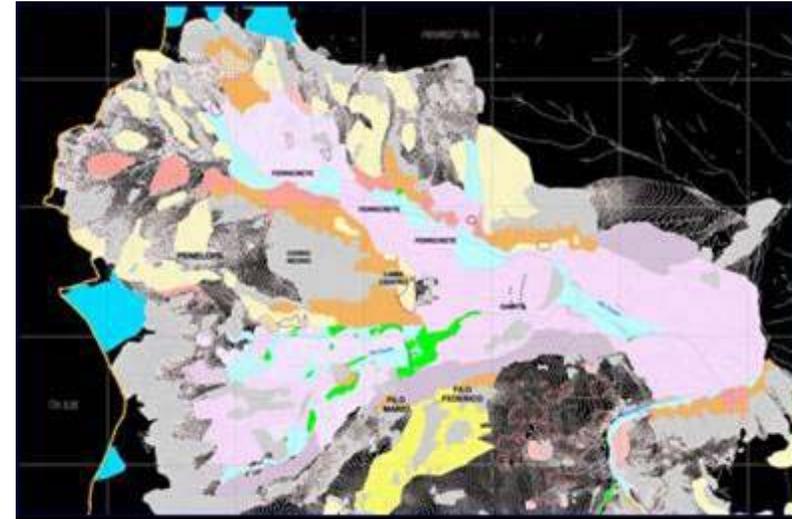
Muestras chips



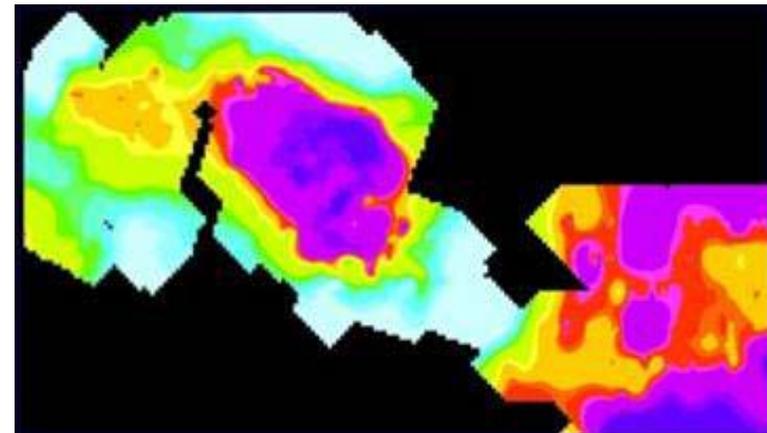
Imágenes satelitales



Plano geológico regional



Planos geofísicos de superficie



Reconocimiento en mulas



2º Etapa : Exploración



- Objetivo : Lograr un *conocimiento detallado* del depósito mineral descubierto en la etapa de prospección, limitado a un área mas restringida.

- Consiste en : Establecer las *dimensiones exactas* y el *valor* del depósito mineral.

- Las técnicas mas usadas son:
 - Sondajes diamantinos.
 - Muestreos de túneles, zanjas, caminos.

- Los productos generados en esta etapa son :
 - Un modelo geológico (génesis del depósito)
 - Un modelo de recursos del depósito.(inventario de recursos minerales)

- Decisión de continuar : Esta basada en un *estudio de pre-factibilidad* .
 - Resultados técnico-económicos *negativos* ; se detiene el proceso.
 - Resultados técnico-*económicos positivos* ; estamos en presencia de un *Yacimiento* y la compañía decidirá si invierte en las siguientes etapas.

2º Etapa : Exploración



BARRICK

Campamento exploración



Estación sondajes



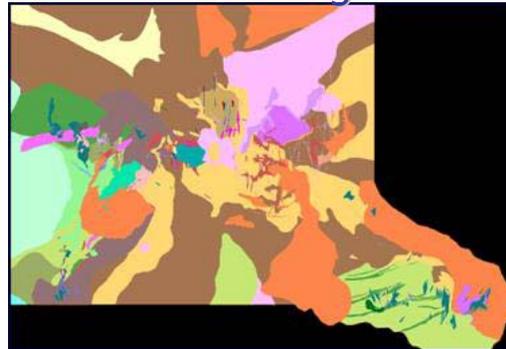
Sondaje interior mina



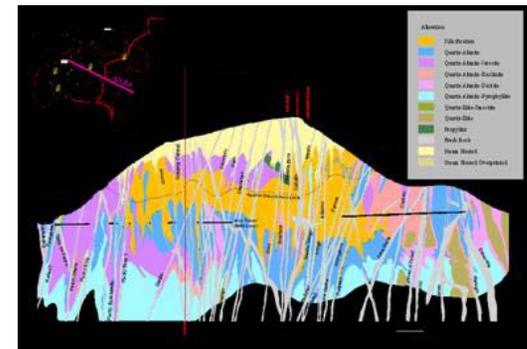
Testigo de Sondajes



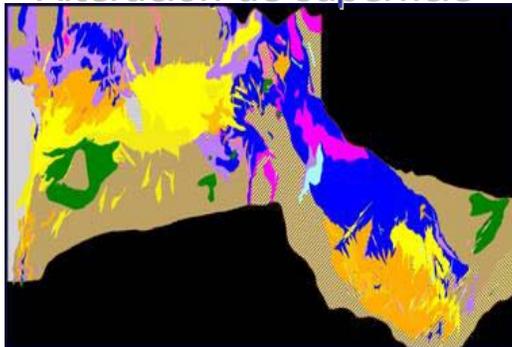
Plano de litología



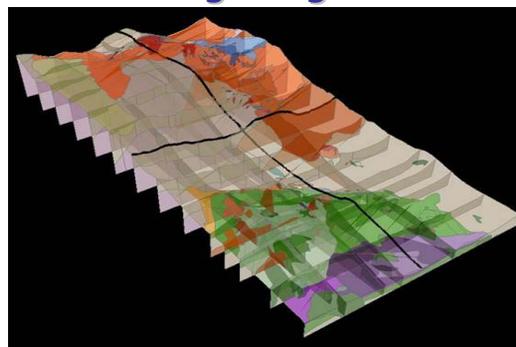
Sección de alteración



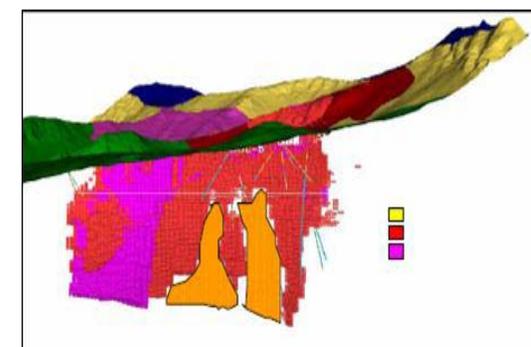
Alteración de superficie



Modelo geológico



Modelo de recursos



3º Etapa : Evaluación del Proyecto



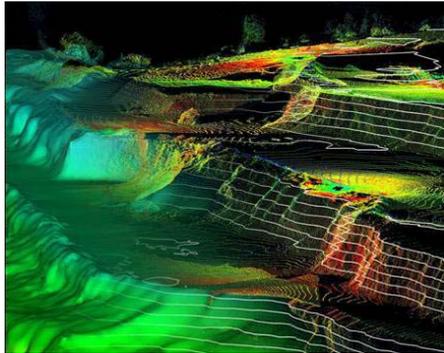
- Objetivo : Realizar un estudio técnico-económico o Estudio de Factibilidad del proyecto.
- Etapas de un Estudio de Factibilidad son:
 - Selección del tamaño de la mina y la planta.
 - Selección del método de explotación y procesamiento.
 - Determinación de las reservas (Recursos económicamente explotables)
 - Plan Minero (desarrollo – extracción - producción)
 - Determinación del equipamiento e infraestructura.
 - Determinación de inversiones.
 - Determinación de costos de operación y comercialización.
 - Determinación de flujo de caja y rentabilidad del proyecto.
 - Aspectos legales (propiedad, agua, energía, accesos, etc.)
 - Aspectos sociales.
 - Estudio de Impacto ambiental (EIA).
- El EIA debe demostrar a la autoridad que las operaciones que se realizarán no alteran el entorno y que los residuos que se produzcan, no contengan elementos nocivos mas allá de los permitidos por la ley.
- Si el Estudio de factibilidad es positivo, estamos en presencia de una *Mina*

3º Etapa : Evaluación del Proyecto



BARRICK

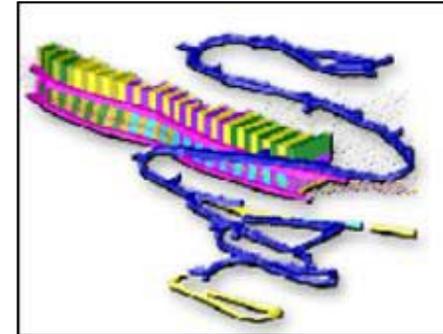
Topografía



Diseño Rajo



Diseño Subt.



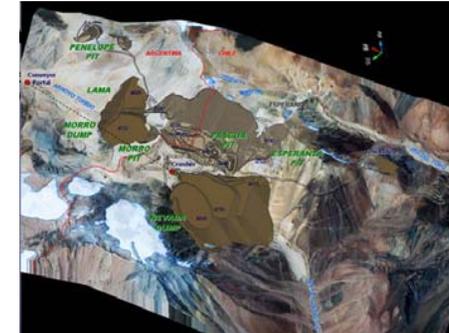
Equipamiento



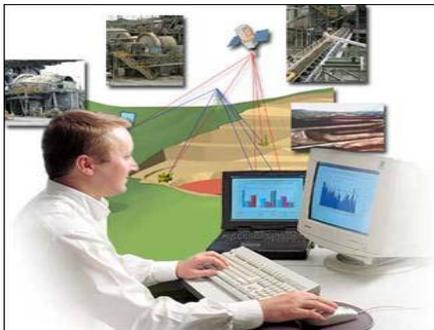
Procesamiento



Infraestructura



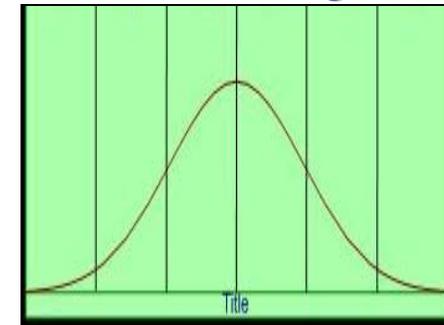
Comercialización



Evaluación económica

| Year | Revenue | Operating Costs | Capital Expenditure | Net Cash Flow |
|------|----------|-----------------|---------------------|---------------|
| 2008 | 1000000 | 800000 | 200000 | 0 |
| 2009 | 1200000 | 900000 | 300000 | 0 |
| 2010 | 1500000 | 1000000 | 500000 | 0 |
| 2011 | 1800000 | 1100000 | 700000 | 0 |
| 2012 | 2000000 | 1200000 | 800000 | 0 |
| 2013 | 2200000 | 1300000 | 900000 | 0 |
| 2014 | 2400000 | 1400000 | 1000000 | 0 |
| 2015 | 2600000 | 1500000 | 1100000 | 0 |
| 2016 | 2800000 | 1600000 | 1200000 | 0 |
| 2017 | 3000000 | 1700000 | 1300000 | 0 |
| 2018 | 3200000 | 1800000 | 1400000 | 0 |
| 2019 | 3400000 | 1900000 | 1500000 | 0 |
| 2020 | 3600000 | 2000000 | 1600000 | 0 |
| 2021 | 3800000 | 2100000 | 1700000 | 0 |
| 2022 | 4000000 | 2200000 | 1800000 | 0 |
| 2023 | 4200000 | 2300000 | 1900000 | 0 |
| 2024 | 4400000 | 2400000 | 2000000 | 0 |
| 2025 | 4600000 | 2500000 | 2100000 | 0 |
| 2026 | 4800000 | 2600000 | 2200000 | 0 |
| 2027 | 5000000 | 2700000 | 2300000 | 0 |
| 2028 | 5200000 | 2800000 | 2400000 | 0 |
| 2029 | 5400000 | 2900000 | 2500000 | 0 |
| 2030 | 5600000 | 3000000 | 2600000 | 0 |
| 2031 | 5800000 | 3100000 | 2700000 | 0 |
| 2032 | 6000000 | 3200000 | 2800000 | 0 |
| 2033 | 6200000 | 3300000 | 2900000 | 0 |
| 2034 | 6400000 | 3400000 | 3000000 | 0 |
| 2035 | 6600000 | 3500000 | 3100000 | 0 |
| 2036 | 6800000 | 3600000 | 3200000 | 0 |
| 2037 | 7000000 | 3700000 | 3300000 | 0 |
| 2038 | 7200000 | 3800000 | 3400000 | 0 |
| 2039 | 7400000 | 3900000 | 3500000 | 0 |
| 2040 | 7600000 | 4000000 | 3600000 | 0 |
| 2041 | 7800000 | 4100000 | 3700000 | 0 |
| 2042 | 8000000 | 4200000 | 3800000 | 0 |
| 2043 | 8200000 | 4300000 | 3900000 | 0 |
| 2044 | 8400000 | 4400000 | 4000000 | 0 |
| 2045 | 8600000 | 4500000 | 4100000 | 0 |
| 2046 | 8800000 | 4600000 | 4200000 | 0 |
| 2047 | 9000000 | 4700000 | 4300000 | 0 |
| 2048 | 9200000 | 4800000 | 4400000 | 0 |
| 2049 | 9400000 | 4900000 | 4500000 | 0 |
| 2050 | 9600000 | 5000000 | 4600000 | 0 |
| 2051 | 9800000 | 5100000 | 4700000 | 0 |
| 2052 | 10000000 | 5200000 | 4800000 | 0 |
| 2053 | 10200000 | 5300000 | 4900000 | 0 |
| 2054 | 10400000 | 5400000 | 5000000 | 0 |
| 2055 | 10600000 | 5500000 | 5100000 | 0 |
| 2056 | 10800000 | 5600000 | 5200000 | 0 |
| 2057 | 11000000 | 5700000 | 5300000 | 0 |
| 2058 | 11200000 | 5800000 | 5400000 | 0 |
| 2059 | 11400000 | 5900000 | 5500000 | 0 |
| 2060 | 11600000 | 6000000 | 5600000 | 0 |
| 2061 | 11800000 | 6100000 | 5700000 | 0 |
| 2062 | 12000000 | 6200000 | 5800000 | 0 |
| 2063 | 12200000 | 6300000 | 5900000 | 0 |
| 2064 | 12400000 | 6400000 | 6000000 | 0 |
| 2065 | 12600000 | 6500000 | 6100000 | 0 |
| 2066 | 12800000 | 6600000 | 6200000 | 0 |
| 2067 | 13000000 | 6700000 | 6300000 | 0 |
| 2068 | 13200000 | 6800000 | 6400000 | 0 |
| 2069 | 13400000 | 6900000 | 6500000 | 0 |
| 2070 | 13600000 | 7000000 | 6600000 | 0 |
| 2071 | 13800000 | 7100000 | 6700000 | 0 |
| 2072 | 14000000 | 7200000 | 6800000 | 0 |
| 2073 | 14200000 | 7300000 | 6900000 | 0 |
| 2074 | 14400000 | 7400000 | 7000000 | 0 |
| 2075 | 14600000 | 7500000 | 7100000 | 0 |
| 2076 | 14800000 | 7600000 | 7200000 | 0 |
| 2077 | 15000000 | 7700000 | 7300000 | 0 |
| 2078 | 15200000 | 7800000 | 7400000 | 0 |
| 2079 | 15400000 | 7900000 | 7500000 | 0 |
| 2080 | 15600000 | 8000000 | 7600000 | 0 |
| 2081 | 15800000 | 8100000 | 7700000 | 0 |
| 2082 | 16000000 | 8200000 | 7800000 | 0 |
| 2083 | 16200000 | 8300000 | 7900000 | 0 |
| 2084 | 16400000 | 8400000 | 8000000 | 0 |
| 2085 | 16600000 | 8500000 | 8100000 | 0 |
| 2086 | 16800000 | 8600000 | 8200000 | 0 |
| 2087 | 17000000 | 8700000 | 8300000 | 0 |
| 2088 | 17200000 | 8800000 | 8400000 | 0 |
| 2089 | 17400000 | 8900000 | 8500000 | 0 |
| 2090 | 17600000 | 9000000 | 8600000 | 0 |
| 2091 | 17800000 | 9100000 | 8700000 | 0 |
| 2092 | 18000000 | 9200000 | 8800000 | 0 |
| 2093 | 18200000 | 9300000 | 8900000 | 0 |
| 2094 | 18400000 | 9400000 | 9000000 | 0 |
| 2095 | 18600000 | 9500000 | 9100000 | 0 |
| 2096 | 18800000 | 9600000 | 9200000 | 0 |
| 2097 | 19000000 | 9700000 | 9300000 | 0 |
| 2098 | 19200000 | 9800000 | 9400000 | 0 |
| 2099 | 19400000 | 9900000 | 9500000 | 0 |
| 2100 | 19600000 | 10000000 | 9600000 | 0 |

Análisis riesgo



3º Etapa : Evaluación del Proyecto



- Finalmente : La empresa minera tomará la decisión de invertir , solo si :
 - Las condiciones políticas e impositivas del país estén claras.
 - El resultado económico del estudio de factibilidad sea atractivo bajo diferentes escenarios de precios de los metales contenidos.
 - Tiene aprobado el Estudio de Impacto Ambiental.
 - Tiene saneada legalmente las propiedades mineras y superficiales.

4º Etapa : Desarrollo y Construcción



- Objetivo : Desarrollar los trabajos necesarios en la mina para alcanzar el cuerpo mineralizado y asegurar la alimentación sostenida del mineral a la planta de procesos.
- En minas a cielo/rajo abierto, se realiza un trabajo llamado *pre-stripping*, que consiste en extraer la roca sin valor comercial (estéril) que está cubriendo las reservas minerales.
- Normalmente, en forma paralela se realiza la etapa de *Construcción*, destinada a establecer las instalaciones para:
 - La extracción (chancadoras, taller mantención equipos, etc.)
 - El procesamiento (planta de procesamiento)
 - El transporte (caminos, carreteras, vías férreas, puertos, aeropuertos, etc)
 - El abastecimiento energético (líneas alta tensión, plantas generadoras)
 - El personal (campamentos, casinos, oficinas, hospitales, policlínicos, etc)
- Las etapas de Desarrollo y la Construcción deben finalizarse al mismo tiempo para no tener infraestructura productiva ociosa.
- Al finalizar estas etapas; tenemos el proyecto en condiciones de comenzar su normal puesta en marcha.

4º Etapa : Desarrollo y Construcción

Pre-stripping



Campamentos



Caminos acceso

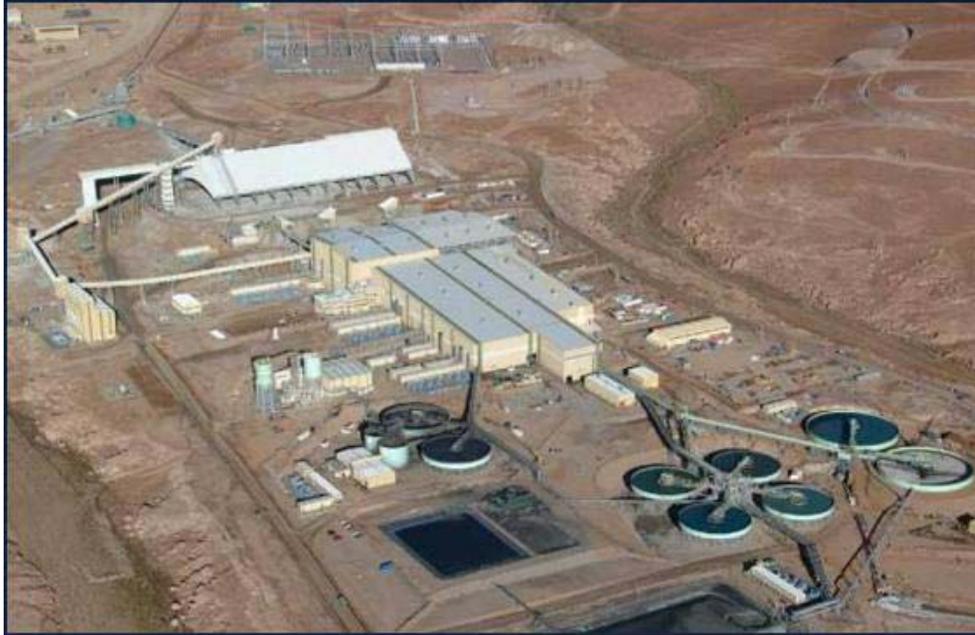


Infraestructura productiva



4º Etapa : Desarrollo y Construcción

PROYECTO PREPARADO PARA LA OPERACIÓN NORMAL



5º Etapa : Producción o Explotación



- Objetivo : Iniciar la *alimentación sostenida* del mineral a la Planta de procesamiento, de acuerdo a los requerimientos establecidos en los *planes de producción* del proyecto.
- Las principales procesos que componen esta etapa son:
 - Extracción
 - Extracción del mineral desde la mina hasta la planta de procesos.
 - Procesamiento
 - Reducción de tamaño por métodos físicos para liberar las partículas metálicas desde la roca.
 - Aumento de la concentración de los metales por métodos físico-químicos.
 - Fundición
 - Separación de los metales contenidos en los concentrados.
 - Refinación
 - Purificación de los metales producto de la fundición, para su transformación industrial.

1º Proceso - Extracción

- Objetivo : *Extraer la roca desde la mina* para ser enviada a la etapa siguiente de procesamiento (mineral) o a botaderos (estéril).
- Las principales subprocesos involucrados son:
 - *Perforación y tronadura* de la roca.
 - *Carguío y transporte* de los materiales a sus destinos.

Perforación



Disparo perforado



Tronadura



Planta (Mineral)

Transporte

Botaderos (Estéril)



Carguío

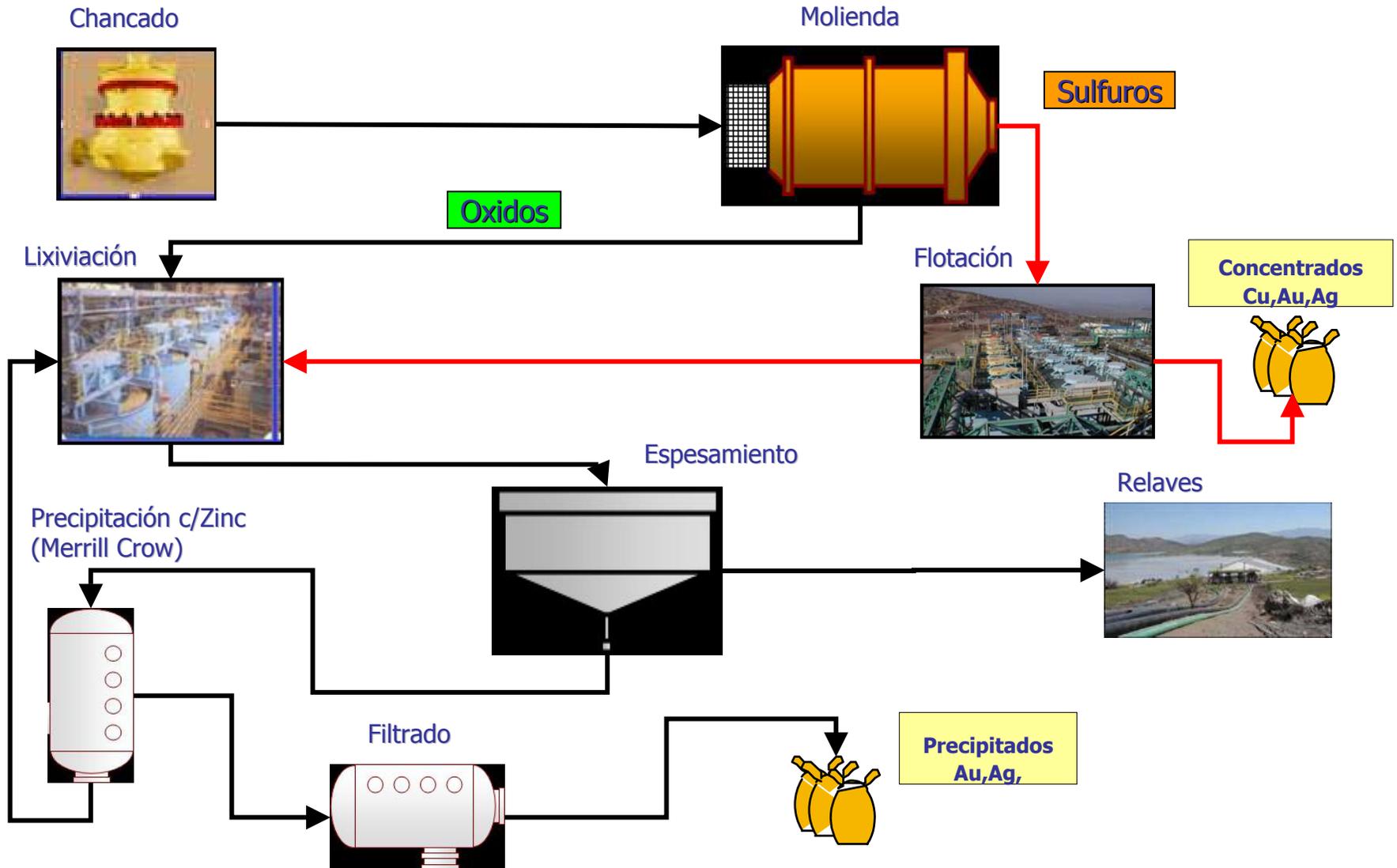
2º Proceso - Procesamiento



- Objetivo : El mineral se somete a varios procesos que tienen por finalidad *aumentar su concentración (contenido metálico)* para hacer posible su venta o prepararlo para el proceso de fundición y refinación.
- Existe una gran diversidad de procesamientos metalúrgicos, dependiendo de las características del mineral.
 - Sulfuros (contienen azufre) : Flotación
 - Oxidos (contiene oxígeno) : Lixiviación
- A modo de ejemplo, tomaremos el *caso específico de los minerales de oro del Proyecto Pascua-Lama.*

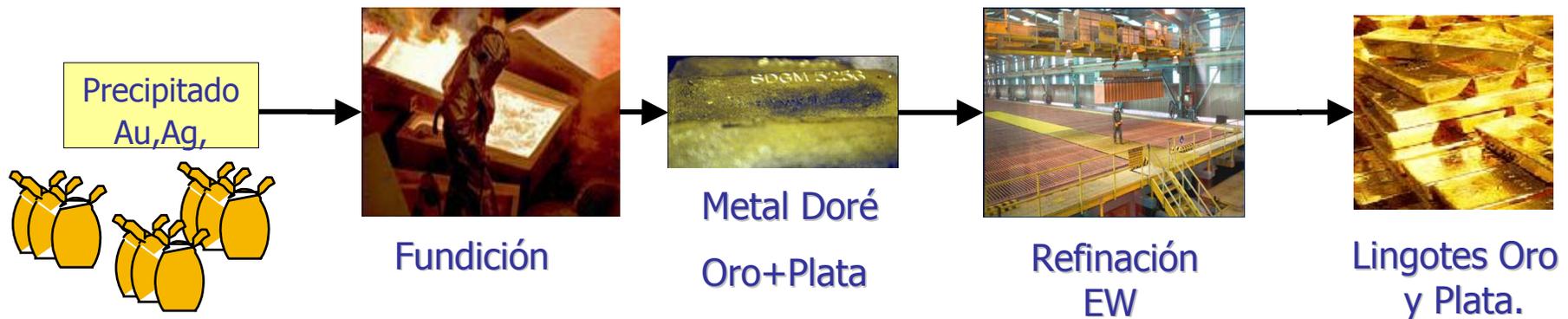
2º Proceso - Procesamiento

- Procesamiento de minerales de oro (Pascua Lama)



3º Proceso : Fundición y Refinación

- Proceso de *Fundición* : Consiste en la *separación de los metales* contenidos en los concentrados.
- De este proceso se obtienen *metales en forma impura*, con contenidos altos de metales. Ej. Cobre Blister – 99,2% Cu / Metal Doré – 99% Au y Ag.
- Proceso de *Refinación* : Consiste en la obtención de los metales en un estado de *pureza* tal, que están *aptos para su transformación industrial*. Ej. Cátodos Cobre – 99,999% Cu ; Lingotes de oro – 99% Au.
 - Refinación a fuego (Pirometalúrgica)
 - Refinación por Electro-obtención (EW)



6° Etapa y final : El Cierre



- **Objetivo** : Consiste en la preparación y ejecución de actividades necesarias (*desde el inicio de las operaciones*) para restaurar las áreas afectadas por la explotación minera.

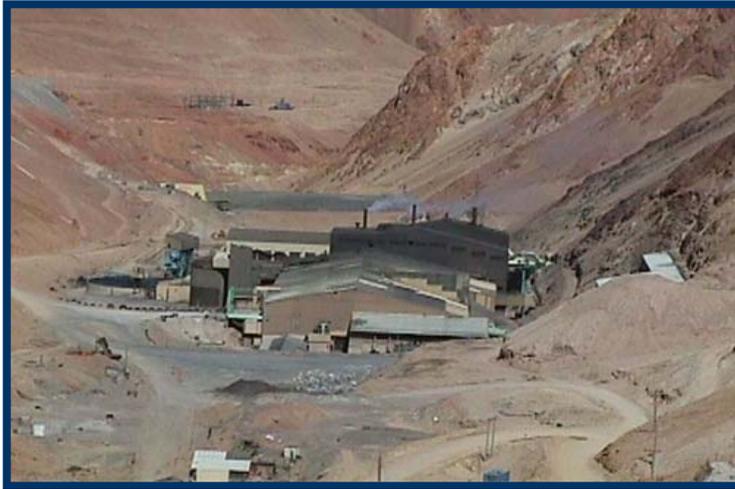
- La mejor forma de dejar un *legado positivo* en la actividad minera es comenzando el proyecto por el final (diseñar para el cierre)

- En Chile ,a excepción de la mina El Indio, no existen precedentes de cierres de minas. El cierre ambiental de El Indio fue un acuerdo voluntario inédito entre Barrick, las autoridades y las comunidades cercanas del Valle del Elqui, Cuarta Región.

- Barrick implementó las siguientes estrategias con el objetivo de mitigar eventuales impactos posteriores. Estos son:
 - Inversión cercana a 70 millones de dólares.
 - Desmantelamiento de instalaciones.
 - Recuperación de las geo-formas.
 - Compactación del terreno.
 - En algunos casos, reforestación
 - Monitoreo permanente y tratamiento de efluentes de la mina.

Ejemplos : Cierre de El Indio - Chile

- El proceso de cierre ambiental de El Indio es pionero con estándares medioambientales, únicos en la minería chilena.



Las instalaciones de la planta mina fueron desmanteladas...

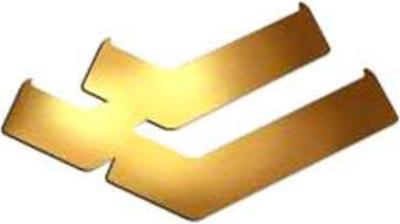
Y la evidencia de la explotación desaparece.....

Ejemplos : Cierre de El Indio - Chile



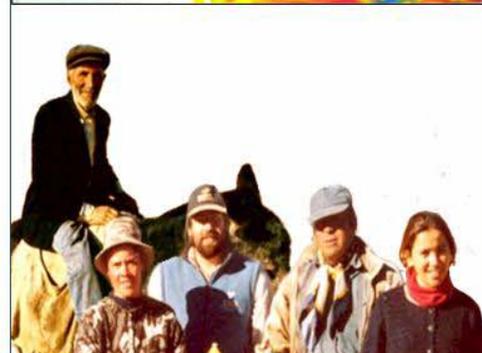
Las instalaciones del
tranque son retiradas y las
aguas canalizadas....

Y la evidencia de la
explotación desaparece.....



BARRICK

Minería Responsable





BARRICK

Minería Responsable

Desarrollo de un Proyecto Minero

Sergio Peñailillo B.
Gerente de Minas – Pascua Lama

Curso de minería para periodistas
Junio 2009, Santiago - Chile