

MINISTERIO DE INDUSTRIA Y ENERGIA
COMISARIA DE LA ENERGIA Y RECURSOS MINERALES

**INVENTARIO NACIONAL DE
RECURSOS DE COBRE 1981**



INSTITUTO GEOLOGICO Y MINERO DE ESPAÑA

TOMO I MEMORIA

10784

**MINISTERIO DE INDUSTRIA Y ENERGIA
INSTITUTO GEOLOGICO Y MINERO DE ESPAÑA**

INVENTARIO NACIONAL DE RECURSOS DE COBRE. 1981

TOMO I



El presente estudio ha sido realizado por la Empresa Economía y Comercialización para la Minería y la Industria, S.A. (E.C.O.M.I.N.S.A.) bajo normas, control, dirección y supervisión - del I.G.M.E.

Supervisión del I.G.M.E.: Juan Locutura Ruperez

Jefe de Proyecto: Leandro Llopis Trillo

Equipo de trabajo: Fernando Alfonso de Molina
Julio Collado Arranz
Carmen Gómez Menendez
Rosa López Sanchez-Aguililla
Tomás Martínez Retuerto
Miguel Angel Olaizola Anza
Alejandro Preller del Pozo
Guillermo Tabares Estéban

Colaboración y asesoramiento: Ana Calvo Esteban

Arsenio Otero Pérez

Vicente Soler Caturla.

INDICE GENERAL

TOMO I.-

- 0.- RESUMEN
- 1.- PLANTEAMIENTO GENERAL
- 2.- YACIMIENTOS Y MINAS DE COBRE

TOMO II.-

- 3.- APROVECHAMIENTO DE LAS MENAS DE COBRE
- 4.- DATOS ECONOMICOS SOBRE LA INDUSTRIA DEL COBRE

TOMO III.-

- 5.- ANALISIS DE LA MINERIA ESPAÑOLA DEL COBRE
 - 6.- EXPLOTABILIDAD Y ECONOMICIDAD DE LOS RECURSOS ESPAÑOLES DE COBRE
 - 7.- RECURSOS ESPAÑOLES DE COBRE
 - 8.- CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES
- BIBLIOGRAFIA

TOMO IV.-

FICHAS. Zonas 1^a, 2^a, 3^a, 4^a y 5^a

TOMO V.-

FICHAS. Zonas 6^a, 7^a 8^a y 9^a

.../...

TOMO VI.-

FICHAS. Zona 10^a

TOMO VII.-

FICHAS. Zonas 11^a y 12^a

INDICE DEL ESTUDIO

	<u>Páginas</u>
<u>TOMO I.- MEMORIA- 1^a PARTE</u>	
0.- RESUMEN.....	0. 1.
1.- PLANTEAMIENTO GENERAL.....	1. 1.
1.1. Introducción y objetivos.....	1. 2.
1.2. Plan de trabajo.....	1. 4.
2.- YACIMIENTOS Y MINAS DE COBRE.....	2. 1.
2.1. Clasificación de los yacimientos de cobre.....	2. 5.
2.2. Análisis de las principales minas del mundo.....	2. 34.
2.2.1. Canadá.....	2. 36.
2.2.2. Estados Unidos de América.....	2. 43.
2.2.3. Méjico.....	2. 52.
2.2.4. Perú.....	2. 61.
2.2.5. Chile.....	2. 70.
2.2.6. Zambia.....	2. 84.
2.2.7. Zaire.....	2. 97.
2.2.8. República de Sudáfrica.....	2.107.
2.2.9. Australia.....	2.112.
2.2.10. Papua Nueva Guinea.....	2.119.
2.2.11. Filipinas.....	2.122.
2.2.12. China.....	2.130.
2.2.13. Rusia.....	2.140.
2.2.14. Polonia.....	2.144.
2.2.15. Yugoslavia.....	2.147.
2.3. Resumen y conclusiones.....	2.152.

.../...

TOMO II.- MEMORIA-2^a PARTEPáginas

3.- APROVECHAMIENTO DE LAS MENAS DE COBRE.....	3. 1.
3.1. Mineralúrgia del cobre.....	3. 4.
3.1.1. Menas simples de cobre.....	3. 5.
3.1.2. Los sulfuros polimetálicos co- mo mena de cobre.....	3. 7.
3.1.2.1. Aprovechamiento Vía Todo-uno.....	3. 8.
3.1.2.2. Aprovechamiento Vía Flotación.....	3. 14.
3.1.3. Las piritas como fuente de co- bre	3. 23.
3.1.3.1. Aprovechamiento Vía Tostación.....	3. 24.
3.1.3.2. Aprovechamiento Vía Directa.....	3. 39.
3.1.4. Otras menas sulfuradas y oxida- das de cobre.....	3. 41.
3.2. Procesos metalúrgicos del cobre.....	3. 43.
3.2.1. Pirometalúrgia o fundición del cobre.....	3. 43.
3.2.2. Hidrometalúrgia del cobre.....	3. 64.
3.3. Plantas metalúrgicas existentes en el mundo.....	3. 68.
3.4. Plantas metalúrgicas españolas.....	3. 80.
3.4.1. Rio Tinto Minera, S.A.(Huelva)	3. 80.
3.4.2. Fundiciones de cobre secunda-- rio en España.....	3. 85.

.../...

	<u>Páginas</u>
4.- DATOS ECONOMICOS SOBRE LA INDUSTRIA DEL COBRE..,	4. 1.
4.1. Estructura de la industria básica del cobre.....	4. 4.
4.1.1. Producción minera mundial. Reservas.....	4. 7.
4.1.2. Producción metalúrgica mundial....	4. 13.
4.1.3. Comercio mundial de cobre. Consumo por países.....	4. 19.
4.1.4. Principales empresas del mundo....	4. 31.
4.2. Estructura de la industria básica española del cobre.....	4. 43.
4.2.1. Producción minera.....	4. 43.
4.2.2. Producción metalúrgica.....	4. 46.
4.2.3. Comercio exterior español. Consumo	4. 48.
4.3. El mercado del cobre. Análisis institucional.....	4. 55.
4.3.1. Figuras del mercado. Productos vendibles.....	4. 58.
4.3.2. Las Bolsas de Metales.....	4. 65.
4.3.3. El precio del cobre. Evolución....	4. 75.
4.3.4. Organismos con influencia sobre el precio del cobre.....	4. 84.
4.4. La compra-venta de concentrados. Sistemática de valoración.....	4. 87.
4.4.1. Gastos de tratamiento, fundición y refino.....	4. 89.
4.4.2. Penalizaciones y bonificaciones...	4. 92.
4.4.3. Otras cláusulas de un contrato a largo plazo.....	4. 95.

	<u>Páginas</u>
4.4.4. Concentrados limpios y sucios...	4. 98.
4.4.5. Valoración de los concentrados..	4.100.
4.4.5.1. Coeficiente de valoración.....	4.103.
4.5. Previsiones y tendencias.....	4.106.
4.5.1. Previsiones y tendencias a nivel mundial.....	4.106.
4.5.2. Previsiones y tendencias a nivel nacional.....	4.111.
4.6. Resumen y conclusiones.....	4.113.
4.6.1. A nivel mundial.....	4.113.
4.6.2. A nivel nacional.....	4.117.
ANEXO.- Contratos de compra-venta.....	a. 1.

TOMO III.-MEMORIA-3^a PARTE

5. ANALISIS DE LA MINERIA ESPAÑOLA DEL COBRE.....	5. 1.
5.1. Zona 1. Noroeste.....	5. 4.
5.1.1. Bosquejo geológico.....	5. 4.
5.1.2. Minería.....	5. 6.
5.1.2.1. Minas de Santiago....	5. 8.
5.1.3. Indicios.....	5. 17.
5.2. Zona 2. Asturias-León.....	5. 21.
5.2.1. Bosquejo geológico.....	5. 21.
5.2.2. Minería.....	5. 23.
5.2.3. Indicios.....	5. 26.

.../...

	<u>Páginas</u>
5.3. Zona 3. Cantábrica.....	5. 28.
5.3.1. Bosquejo geológico.....	5. 28.
5.3.2. Minería.....	5. 31.
5.3.3. Indicios.....	5. 34.
5.4. Zona 4. Pirineos.....	5. 35.
5.4.1. Bosquejo geológico.....	5. 35.
5.4.2. Minería.....	5. 39.
5.4.3. Indicios.....	5. 41.
5.5. Zona 5. Oeste.....	5. 50.
5.5.1. Bosquejo geológico.....	5. 50.
5.5.2. Minería.....	5. 52.
5.5.3. Indicios.....	5. 53.
5.6. Zona 6. Sistema Ibérico.....	5. 55.
5.6.1. Bosquejo geológico.....	5. 55.
5.6.2. Minería.....	5. 58.
5.6.3. Indicios.....	5. 61.
5.7. Zona 7. Cordillera Catalana.....	5. 65.
5.7.1. Bosquejo geológico.....	5. 65.
5.7.2. Minería.....	5. 67.
5.7.3. Indicios.....	5. 69.
5.8. Zona 8. Sistema Central.....	5. 71.
5.8.1. Bosquejo geológico.....	5. 71.
5.8.2. Minería.....	5. 73.
5.8.3. Indicios.....	5. 75.
5.9. Zona 9. Extremadura.....	5. 78.
5.9.1. Bosquejo geológico.....	5. 78.

	<u>Páginas</u>
5.9.2. Minería.....	5. 80.
5.9.3. Indicios.....	5. 83.
5.10. Zona 10. Sierra Morena.....	5. 84.
5.10.1. Bosquejo geológico.....	5. 84.
5.10.2. Minería.....	5. 86.
5.10.2.1. Minas de Cala.....	5.100.
5.10.3. Indicios.....	5.103.
5.11. Zona 11. Bética.....	5.106.
5.11.1. Bosquejo geológico.....	5.106.
5.11.2. Minería.....	5.113.
5.11.3. Indicios.....	5.115.
5.12. Zona 12. Cinturón Pirítico.....	5.119.
5.12.1. Bosquejo geológico.....	5.119.
5.12.2. Minería.....	5.120.
5.12.2.1. Mina de Aznalcollar..	5.130.
5.12.2.2. Minas de Río Tinto...	5.140.
5.12.2.3. Mina de Sotiel.....	5.158.
5.12.2.4. Minas de Herrerías...	5.164.
5.12.2.5. Otras minas.....	5.167.
5.12.3. Indicios.....	5.167.
6. EXPLOTABILIDAD Y ECONOMICIDAD DE LOS RECURSOS ESPAÑOLES.....	6. 1.
6.1. Planteamiento general.....	6. 5.
6.2. Explotabilidad de los recursos.....	6. 7.
6.2.1. Costos por tonelada de todo-uno	6. 10.
6.2.2. Coeficiente de valoración.....	6. 16.

.../...

	<u>Páginas</u>
6.2.3. Precio del cobre metal.....	6. 17.
6.2.4. Rendimiento de concentración...	6. 18.
6.2.5. Leyes de todo-uno.....	6. 18.
6.3. Economicidad de los recursos.....	6. 22.
6.3.1. Niveles de economicidad.....	6. 25.
6.4. Conclusiones.....	6. 29.
7. RECURSOS ESPAÑOLES DE COBRE.....	7. 1.
7.1. Introducción.....	7. 4.
7.2. Establecimiento de criterios para el -- cálculo de los recursos de cobre.....	7. 21.
7.3. Clasificación de los recursos españoles de cobre. Total nacional.....	7. 28.
8. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	8. 1.
8.1. Conclusiones.....	8. 2.
8.2. Recomendaciones.....	8. 5.
BIBLIOGRAFIA.....	b. 1.

TOMO IV.- FICHAS. ZONAS 1^a, 2^a, 3^a, 4^a y 5^a

TOMO V.- FICHAS. ZONAS 6^a, 7^a, 8^a y 9^a

TOMO VI.- FICHAS. ZONA 10^a

TOMO VII.- FICHAS. ZONAS 11^a y 12^a

INDICE DE CUADROS

	<u>Páginas</u>
Cuadro 2.1. Clasificación de los yacimientos de <u>cobre</u> de Routhier.....	2. 10.
Cuadro 2.2. Clasificación de los yacimientos de <u>cobre</u> del Mapa previsor de mineralizaciones de Cu (1972).....	2. 14.
Cuadro 2.3. Clasificación de los yacimientos de <u>cobre</u> de Pelissonier (1972).....	2. 17.
Cuadro 2.4. Nuevos tipos de yacimientos de cobre..	2. 20.
Cuadro 2.5. Clasificación de los yacimientos de <u>cobre</u> de Zakharov.....	2. 31.
Cuadro 2.6. Clasificación de los yacimientos de <u>cobre</u> de Jensen y Bateman.....	2. 33.
Cuadro 2.7. Características Minas descritas.....	2.153.
Cuadro 2.8. Minas mundiales de cobre.....	2.154.
Cuadro 3.1. Principales instalaciones mundiales -- productoras de cobre metal.....	3. 69.
Cuadro 4.1. Reservas mundiales de cobre.....	4. 8.
Cuadro 4.2. Evolución histórica de la producción - minera mundial.....	4. 10.
Cuadro 4.3. Producción mundial de concentrados de cobre.....	4. 12.
Cuadro 4.4. Producción mundial de cobre refinado..	4. 14.
Cuadro 4.5. Producción mundial de cobre refinado - secundario.....	4. 16.
Cuadro 4.6. Producción mundial de cobre blister...	4. 18.

.../...

	<u>Páginas</u>
Cuadro 4.7. Exportaciones mundiales de concentrados.	4. 21.
Cuadro 4.8. Importaciones mundiales de concentrados.	4. 22.
Cuadro 4.9. Exportaciones mundiales de cobre refinado.....	4. 24.
Cuadro 4.10. Importaciones mundiales de cobre refinado.....	4. 25.
Cuadro 4.11. Exportaciones mundiales de cobre blister	4. 27.
Cuadro 4.12. Importaciones mundiales de cobre blister	4. 28.
Cuadro 4.13. Consumo mundial de cobre refinado.....	4. 30.
Cuadro 4.14. Producción nacional de minerales de cobre.....	4. 44.
Cuadro 4.15. Producción nacional de cobre electrolítico.....	4. 47.
Cuadro 4.16. Comercio exterior de concentrados de cobre.....	4. 50.
Cuadro 4.17. Comercio exterior de cobre electrolítico	4. 51.
Cuadro 4.18. Comercio exterior de cobre blister.....	4. 52.
Cuadro 4.19. Consumo aparente de cobre electrolítico.	4. 54.
Cuadro 4.20. Extracto de normas AFNOR (Francia).....	4. 66.
Cuadro 4.21. Extracto de normas B.S. (Reino Unido)...	4. 67.
Cuadro 4.22. Extracto de normas DIN(Alemania).....	4. 68.
Cuadro 4.23. Extracto de normas ASTM (Estados Unidos)	4. 69.
Cuadro 4.24. Precios de cotización del cobre.....	4. 77.
Cuadro 4.25. Evolución de los precios del cobre.....	4. 83.

.../...

	<u>Páginas</u>
Cuadro 4.26. Capacidades adicionales previstas.....	4.110.
Cuadro 6.1. Producciones, capacidades, costos y leyes de todo-uno.....	6. 20.
Cuadro 6.2. Evolución de los precios del cobre.....	6. 27.
Cuadro 6.3. Niveles de economicidad en función de las leyes del todo-uno en % de Cu.....	6. 28.
Cuadro 6.4. Producciones, capacidades, costos y niveles de economicidad.....	6. 31.

INDICE DE FIGURAS

	<u>Páginas</u>
Figura 2.1. Principales depósitos de cobre del mundo.....	2. 24.
Figura 3.1. Aprovechamiento de mineral pirítico -- complejo Vía Todo-uno.....	3. 9.
Figura 3.2. Aprovechamiento de mineral pirítico -- complejo Vía Flotación.....	3. 16.
Figura 3.3. Esquema de flotación diferencial de mineral pirítico complejo.....	3. 21.
Figura 3.4. Aprovechamiento Vía Tostación de la pirita.....	3. 25.
Figura 3.5. Procedimiento de Tostación clorurante.	3. 31.
Figura 3.6. Aprovechamiento Vía Directa de la pirita.....	3. 40.
Figura 3.7. Diagrama de flujos de una fundición de cobre.....	3. 45.
Figura 3.8. Diagrama de flujos de la planta de Boliden A.B.....	3. 77.
Figura 3.9. Diagrama de flujos de la fundición de Rio Tinto Minera , S.A. en Huelva.....	3. 82.
Figura 3.10. Esquema de la planta de Electrólisis - del Cobre, S.A. de Palencia.....	3. 86.
Figura 4.1. Organización de la industria del cobre	4. 5.
Figura 4.2. Media anual de las cotizaciones del cobre en Londres. 1960-1980.....	4. 79.

Páginas

Figura 4.3.	Media anual de las cotizaciones del cobre en Nueva York. 1960-1980.....	4. 80.
Figura 4.4.	Evolución histórica de los precios del cobre. 1880-1968.....	4. 82.
Figura 4.5.	Producciones y consumo mundiales de cobre.....	4.115.
Figura 4.6.	Comercio exterior mundial de cobre....	4.116.
Figura 4.7.	Producción nacional de cobre.....	4.119.
Figura 4.8.	Comercio exterior de España en cobre..	4.120.
Figura 5.1.	Plano general de situación de las minas de Santiago.....	5. 11.
Figura 5.2.	Sección de trituración del concentrador de Arinteiro.....	5. 13.
Figura 5.3.	Círculo de molienda y flotación del concentrador de Arinteiro.....	5. 14.
Figura 5.4.	Espesado, filtrado y secado del concentrador de Arinteiro.....	5. 15.
Figura 5.5.	Esquema del proceso de fabricación para minerales de uranio y uranio-cobre de la Fábrica de uranio General Hernández-Vidal.....	5. 96.
Figura 5.6.	Perfil en zona de explotación de Aznalcollar.....	5.132.
Figura 5.7.	Esquema de trituración de Aznalcollar.	5.135.
Figura 5.8.	Diagrama de flujo de molienda y flotación del cobre pirítico de Aznalcollar	5.136.

.../...

Páginas

Figura 5.9. Diagrama de flujo de molienda y flotación de mineral piroclástico de Aznalcollar.....	5.137.
Figura 5.10. Espesado, filtrado y secado de Aznalcollar.....	5.139.
Figura 5.11. Sección transversal de la Masa San Dionisio.....	5.144.
Figura 5.12. Sección transversal Cerro Colorado Filón N-Filón S.....	5.147.
Figura 5.13. Sección longitudinal del complejo Planes-San Antonio.....	5.151.
Figura 5.14. Esquema de explotación y transporte de las cámaras de cloritas y Pozo Alfredo	5.154.
Figura 5.15. Cortas Cerro Colorado y Filón Norte...	5.156.
Figura 5.16. Diagrama de flujos del concentrador de Río Tinto.....	5.157.
Figura 5.17. Isométrica de las labores de preparación del Grupo minero Sotiel.....	5.161.
Figura 5.18. Disposición de la explotación a cielo abierto y subterránea del Grupo minero Sotiel.....	5.163.
Figura 7.1. Esquema de clasificación de Mc Kelvey.	7. 5.
Figura 7.2. Clasificación U.S.G.S./U.S.B.M. de — 1980.....	7. 14.
Figura 7.3. Esquema de clasificación.....	7. 22.

.../...

	<u>Páginas</u>
Figura 7.4. Recursos Zona 1.	Noroeste..... 7. 30.
Figura 7.5. Recursos Zona 2.	Asturias-León..... 7. 31.
Figura 7.6. Recursos Zona 3.	Cantabria..... 7. 32.
Figura 7.7. Recursos Zona 4.	Pirineos..... 7. 33.
Figura 7.8. Recursos Zona 5.	Oeste..... 7. 34.
Figura 7.9. Recursos Zona 6.	Sistema Ibérico..... 7. 35.
Figura 7.10. Recursos Zona 7.	Cordillera Catalana.. 7. 36.
Figura 7.11. Recursos Zona 8.	Sistema Central..... 7. 37.
Figura 7.12. Recursos Zona 9.	Extremadura..... 7. 38.
Figura 7.13. Recursos Zona 10.	Sierra Morena..... 7. 39.
Figura 7.14. Recursos Zona 11.	Bética..... 7. 40.
Figura 7.15. Recursos Zona 12.	Cinturón Pirítico.... 7. 41.
Figura 7.16. Recursos totales.....	7. 42.

0.- RESUMEN

1. El agotamiento de los recursos minerales a medida que se van explotando obliga a los países a establecer acciones que aseguren el suministro de minerales a sus propias industrias transformadoras.

En nuestro país, el conjunto de acciones para asegurar el abastecimiento de recursos minerales está recogido en el Plan Nacional de Abastecimiento de Materias Minerales no energéticas.

En el caso concreto del cobre, sustancia considerada como prioritaria dentro del P.N.A.M.P.M., un punto de partida importante para lograr un aprovechamiento adecuado de los recursos es la realización del "Inventario Nacional de Recursos de Cobre".

El objetivo básico que se pretende alcanzar con este inventario es la catalogación de los recursos y reservas de cobre que existen en el país, en cuanto a cantidad, calidad y economicidad de beneficio, en el momento presente, Diciembre de 1981.

2. El primer paso para lograr este objetivo es examinar los yacimientos mundiales de cobre, para conocer en qué forma se -

..../....

agrupan, sus características metalogénicas y geológicas, y - su distribución mundial.

A tal fin se revisan distintas clasificaciones de yacimientos de cobre, entre otros las de Routhier, Mapa previsor de mineralizaciones de cobre, Pelisonnier, U.S. Bureau of Mines y Colin J. Dixon con objeto de proporcionar un marco más completo y ordenado a las principales explotaciones de cobre.

Se describen 23 minas consideradas como las más representativas y/o importantes de Canadá; Estados Unidos, Méjico, Perú, Chile, Zambia, Zaire, República de Sudáfrica, Australia, Nueva Guinea-Papua, Filipinas, China, Rusia, Polonia y Yugoslavia, obteniendo un conocimiento general de la minería mundial del cobre, que aporta una serie de conclusiones interesantes para el aprovechamiento de los recursos nacionales.

3. Una vez contemplados los yacimientos y los minerales suscep-tibles de aprovechamiento industrial, la secuencia lógica es conocer los procedimientos mineralúrgicos y metalúrgicos pa-ra su beneficio, tanto los actualmente en uso como aquellos experimentales que puedan ser aplicables a los sulfuros poli-metálicos complejos del S.O. de nuestro país.

.../...

El método más efectivo de concentración de menas de cobre es el de flotación espumante. Los minerales molidos y flotados, se mantienen en una espuma estable en lo alto de las celdas de flotación de donde son separados mecánicamente para formar el concentrado.

Generalizada la concentración por flotación se analizan los procedimientos de concentración existentes a escala industrial, para menas simples de cobre, y sulfuros polimetálicos tanto vía todo-uno como vía flotación, aprovechamiento de piritas vías tostación y directa, y las de otras menas sulfuradas y oxidadas de cobre.

Dentro de los procesos metalúrgicos se distinguen los pirometalúrgicos y los hidrometalúrgicos, prestando mayor atención a los primeros debido a que el 90% del cobre se presenta en la naturaleza en forma de sulfuros, minerales a los cuales se les aplica la pirometalúrgica.

Se describe la tecnología metalúrgica, se enumeran las plantas existentes en el mundo, reflejando una serie de características de interés como tipo y capacidad teórica de instalación. De todas estas plantas se describen con más detalle -- las fundiciones primarias instaladas en Europa y muy espe--

.../...

cialmente la de Río Tinto Minera, S.A. en Huelva.

4. A continuación se recoge de forma global los datos económicos de la industria básica del cobre: producción minera, producción metalúrgica, consumo, productos vendibles, figuras del mercado y todos aquellos factores que intervienen en el mercado del cobre tanto a nivel mundial como nacional

Se estudia la sistemática de valoración de concentrados, tanto limpios como sucios, y los factores que influyen directamente en la fijación de los precios.

El aspecto mundial es la base para el establecimiento de previsiones en cuanto a precios y volúmenes de demanda, mientras que la situación nacional sirve para establecer las necesidades internas y recomendar acciones inmediatas.

Así, a nivel mundial, si se tiene en cuenta que la producción actual de concentrados de cobre es de 8,8 M de t. de cobre -- contenido, con una tasa media de crecimiento anual de 3,3% en el último decenio y que las reservas mundiales se cifran en 494 M. de t. de cobre contenido, no se prevee escasez de minerales en los próximos 50 años. Si se consideran los recursos no descubiertos (1.113 M de t. de cobre conteñido) las previsiones son mucho más optimistas.

.../...

Por países las mayores producciones futuras corresponderán a Estados Unidos, Chile, Perú, Canadá, y Filipinas, siendo además los que cuentan con más proyectos a la vista en un futuro próximo.

En lo referente a precios, las previsiones del Banco Mundial, fijan los precios del cobre en 3.890 \$/t. para 1985 y 6.818 - para 1990, en dólares corrientes.

A nivel nacional la producción minera se situará en 230.000 - 240.000 t./año de concentrados cuando se alcancen las ampliaciones en ejecución y en proyecto de Cerro Colorado y Pozo Alfredo y la mina de Sotiel se halle a pleno rendimiento.

La producción metalúrgica aumentará toda vez que la fundición de Río Tinto Minera tiene previsto aumentar su capacidad de tratamiento de concentrados a 1.500 t/día.

Con todo esto, nuestro país seguirá siendo importador de concentrados de cobre.

5. A fin de evaluar los recursos españoles, una vez examinados los sectores minero y la industria básica del cobre en su conjunto, se estudia exhaustivamente la minería española del cobre para lo cual se divide el país en 12 zonas: Noroeste, As-

.../...

turias-León, Cantábrica, Pirineos, Oeste, Sistema Ibérico, -
Cordillera Catalana, Sistema Central, Extremadura, Sierra Mo
rena, Bética y Cinturón Pirítico.

Para cada zona se hace un bosquejo geológico, una breve descripción de la minería del cobre que ha existido, y una reseña de los indicios de cobre más importantes, incluyendo en las zonas 1,10 y 12 únicas en las que actualmente existen explotaciones activas de cobre, una pequeña memoria de cada mina resaltando las características del yacimiento, reservas, -leyes, métodos de explotación y concentración, y producciones. Por último se recopilan en fichas, todos los indicios de cobre conocidos.

Con todo ello se obtiene una visión de la actividad minera actual, así como una serie de áreas donde se encuentran agrupadas la mayoría de los indicios, los cuales, en muchos casos han sido objeto de explotación, con más o menos intensidad, -en diversos épocas.

La única explotación activa que existe en Galicia es la de -- Río Tinto Minera, S.A. en Santiago de Compostela. Sus reservas se cifran en 23,2 M de t. con una ley media de 0,625% de Cu.- En 1980 la producción de concentrados de cobre ascendió a —

.../...

10.639 t de cobre contenido, teniendo previsto para 1981 una producción similar.

En Sierra Morena han estado en actividad hasta fecha reciente las minas de la J.E.N. de minerales de uranio con cobre y la Mina María Luisa. Actualmente sólo se encuentran en actividad las Minas de Cala con un proyecto de ampliación que contempla una producción de 12.000 t/año de concentrados de cobre.

La Mina de Aznalcollar cuenta con unas reservas de 43 M. de t. de pirita compleja, con leyes medias de 0,44% en Cu, 1,77% en Pb, 3,33% en Zn, 67 g/t. de Ag y 1 g/t. de Au, y 47 M t de piroclasto cuprífero con una ley media de 0,58% en Cu, 0,40% en Zn, y 10 g/t. de Ag.

En 1980 su producción fué de 25.430 t. de concentrados de cobre con un contenido de 5.235 t. de cobre metal y 38.548 Kg - de plata; 34.918 t. de concentrado de plomo con un contenido de 16.560 t. de plomo metal y 18.025 kg. de plata; y 60.335t. de concentrado de cinc con un contenido de 28.367 t. de cinc y 1.907 kg. de plata.

La sociedad Río Tinto Minera, S.A., mantiene actualmente dos explotaciones activas de minerales de cobre en el área de Río

.../...

Tinto: Pozo Alfredo y Cerro Colorado.

Pozo Alfredo explota desde Abril de 1981 las cloritas cuprifeas de la Masa San Dionisio cuyas reservas geológicas se cifran en 20 M. de t. con una ley media de 1,67% de Cu, 0,15 -- 0,2% de Pb, 0,8-1% de Zn, 10-15 g/t. de Ag, y 0,05-0,1 g/t. - de Au; esperando alcanzar una producción de 250.000 t. de cloritas, y arrancar en años sucesivos 750.000 t/año.

La operación Cerro Colorado, que se inició en 1969, proporcionó en 1980, 2,93 M de t. de mineral de cobre, esperando alcanzar en 1981, los 5 M de t. Las reservas geológicas de la masa de Cerro Colorado se cifran en 200 M. de t. con una ley media de 0,52% de Cu.

En 1980 la producción de concentrados de cobre de Río Tinto - fué de 107.650 t. con una ley media del 17% de Cu, y en 1981 tiene previsto obtener 181.740 t. con una ley media del 19% - de Cu.

La investigación minera llevada a cabo en la Mina de Sotiel - ha puesto de manifiesto que las reservas de mineral de este - yacimiento son: Mineral complejo 59,1 M de t. con unas leyes de 0,61% en Cu, 1,60% en Pb, 3,8% en Zn y 39 g/t. de Ag; Azu-

frones 13,2 M. de t., con unas leyes de 0,30% en Cu, 0,47% en Pb, 0,96% en Zn, y Pizarras 2,8 M. de t. con 0,49% de Cu.

La explotación se va a realizar en dos fases, la primera se - acomete por interior y la segunda se realizará a cielo abierto. La producción media anual, una vez se alcance la plena ca pacidad, será 10.000 t. de concentrado de cobre con una ley - media del 20% en Cu, 10.000 t. de concentrado de plomo con -- una ley media del 50% en Pb, y, 40.000 t. de concentrado de - cinc con una ley media del 50% en Zn.

6. Establecida ya una visión de la minería del cobre y conocida la existencia de depósitos e indicios es preciso determinar la explotabilidad de los recursos, es decir aquellos que pueden ser explotados, transformados y vendidos con beneficio económico en las condiciones tecnológicas y económicas vigentes en la actualidad.

Es evidente que el hallazgo de un yacimiento debe quedar complementado por una indicación de su bondad, que señale el interés de que se realize una investigación más detallada del - mismo, con vistas a su puesta en explotación o indicando sus posibilidades de cara a un futuro razonablemente previsible , para lo cual se definen unos índices de economicidad de un re

curso en función de las cambiantes condiciones del mercado.

La forma más racional de cuantificar la economicidad y explotabilidad de los minerales metálicos y en particular de cobre, es a través de la ley media del todo-uno que proporciona el yacimiento, calculada para el punto en que el beneficio es nulo, donde se igualan por tanto los costes totales al valor que alcanza el concentrado puesto a la venta. Se obtienen unos valores, de esta ley media, para cada tipo de yacimiento en función de la cotización del metal.

En base a ellos, se definen cuatro índices de economicidad ordenados del 0 al 3. En general un yacimiento con un índice de 3 tiene todas las probabilidades de que su explotación sea beneficiosa; por contra, si el índice es 0, seguramente no será económicamente rentable hasta que no se produzca un alza considerable en el precio del metal útil. En el cuadro que sigue se exponen los intervalos de leyes obtenidas para cada grado de economicidad.

7. Determinados ya los límites de explotabilidad y economicidad se establece una clasificación de los recursos españoles de cobre basada en el sistema "Principles of a Resource/Reserve Classification for Minerals" evaluando los recursos para cada

.../...

PRODUCCIONES, CAPACIDADES, COSTOS Y NIVELES DE ECONOMICIDAD

TIPO DE YACIMIENTO		TIPO DE EXPLOTACION	PRODUCCION DE TODO-UNO SUPUESTA EN t/año	CAPACIDAD DE TRATAMIENTO EN t/día	COSTOS EN Pts/t DE TODO-UNO	NIVELES DE ECONOMICIDAD				
						SUBECONOMICO	0	1	2	3
Menas simples	Filones	subterránea	75.000 - 100.000	225-300	3.400	< 1,14	1,14-1,75	1,75-1,95	1,95-3,30	> 3,30
		cielo abierto	1 M - 1,25 M	2.800-3.500	1.350	< 0,45	0,45-0,69	0,69-0,77	0,77-1,31	> 1,31
	Capas	subterránea	0,6 M - 0,8 M	1.700-2.200	3.050	< 1,02	1,02-1,57	1,57-1,75	1,75-2,96	> 2,96
		cielo abierto	1,75 M - 2 M	4.800-5.500	1.300	< 0,43	0,43-0,66	0,66-0,74	0,74-1,26	> 1,26
	Masas	subterránea	0,75 M - 1 M	2.100-2.800	2.800	< 0,94	0,94-1,44	1,44-1,61	1,61-2,72	> 2,72
		cielo abierto	2,5 M - 3 M	7.000-8.300	2.950	< 1,74	1,74-2,68	2,68-2,99	2,99-5,06	> 5,06
Menas complejas	Masas	subterránea	0,75 M - 1 M	2.100-2.800	4.450	< 2,63	2,63-4,04	4,04-4,52	4,52-7,63	> 7,63

una de las zonas en que se dividió el país.

En los cuadros que siguen se recogen los resultados para cada zona y los totales del país.

En el momento actual las reservas españolas se cifran en 2,38 M de t. de cobre metal, el 91% de las cuales se encuentran en el Cinturón Pirítico, el 6,4% en Galicia y el resto en Sierra Morena y Guipúzcoa.

Más del 80% de estas reservas poseen grado de economicidad 3, es decir se encuentran en yacimientos económicamente explotables en las condiciones más adversas de mercado.

En cuanto a los recursos económicos inferidos, 227.000 t., -- aproximadamente el 60% de estos se encuentran también en el Cinturón Pirítico; el 33% en Sierra Morena, y el resto en Galicia y Guipúzcoa, que son las zonas cupríferas mejor investigadas del país.

Los recursos no descubiertos se estiman en 3,1 M. de t., cifra relativamente baja en comparación con más de los 4,6 M. - de t. de recursos indentificados, lo cual es reflejo de una dilatada, y antigua minería del cobre en el país.

.../...

RECURSOS ZONA 1. NOROESTE

	RECURSOS IDENTIFICADOS			RECURSOS NO DESCUBIERTOS	
	DEMOSTRADOS		INFERIDOS	GRADO DE PROBABILIDAD	
	MEDIDOS	INDICADOS		HIPOTETICOS	ESPECULATIVOS
ECONOMICOS	125.400	27.200	12.000		
ECONOMICOS MARGINALES		161.300	4.800	12.000	70.000
SUBECONOMICOS		220.700	10.000		

UNIDAD.- t. de Cu

RECURSOS ZONA 2. ASTURIAS-LEON

	RECURSOS IDENTIFICADOS			RECURSOS NO DESCUBIERTOS	
	DEMOSTRADOS		INFERIDOS	GRADO DE PROBABILIDAD	
	MEDIDOS	INDICADOS		HIPOTETICOS	ESPECULATIVOS
ECONOMICOS					
ECONOMICOS MARGINALES				80.000	30.000
SUBECONOMICOS			31.000		

UNIDAD.- t. de Cu

RECURSOS ZONA 3. CANTABRICA

	RECURSOS IDENTIFICADOS			RECURSOS NO DESCUBIERTOS	
	DEMOSTRADOS		INFERIDOS	GRADO DE PROBABILIDAD	
	MEDIDOS	INDICADOS		HIPOTETICOS	ESPECULATIVOS
ECONOMICOS					
ECONOMICOS MARGINALES				32.000	58.000
SUBECONOMICOS			24.000		

UNIDAD.- t. de Cu

RECURSOS ZONA 4. PIRINEOS

	RECURSOS IDENTIFICADOS		RECURSOS NO DESCUBIERTOS		
	DEMOSTRADOS		INFERIDOS	GRADO DE PROBABILIDAD	
	MEDIDOS	INDICADOS		HIPOTETICOS	ESPECULATIVOS
ECONOMICOS	10.200		4.700		
ECONOMICOS MARGINALES		2.600	6.000	35.000	30.000
SUBECO-NOMICOS	16.200		43.000		

UNIDAD.- t. de Cu

RECURSOS ZONA 5. OESTE

RECURSOS IDENTIFICADOS		RECURSOS NO DESCUBIERTOS		
DEMOSTRADOS		INFERIDOS	GRADO DE PROBABILIDAD	
MEDIDOS	INDICADOS		HIPOTETICOS	ESPECULATIVOS
ECONOMICOS				
ECONOMICOS MARGINALES				4.000
SUBECO-NOMICOS				

UNIDAD.- t. de Cu

RECURSOS ZONA 6. SISTEMA IBERICO

	RECURSOS IDENTIFICADOS			RECURSOS NO DESCUBIERTOS	
	DEMOSTRADOS		INFERIDOS	GRADO DE PROBABILIDAD	
	MEDIDOS	INDICADOS		HIPOTETICOS	ESPECULATIVOS
ECONOMICOS					
ECONOMICOS MARGINALES			1.000	85.000	80.000
SUBECONOMICOS			12.000		

UNIDAD.- t. de Cu

RECURSOS ZONA 7. CORDILLERA CATALANA

	RECURSOS IDENTIFICADOS		RECURSOS NO DESCUBIERTOS		
	DEMOSTRADOS		INFERIDOS	GRADO DE PROBABILIDAD	
	MEDIDOS	INDICADOS		HIPOTETICOS	ESPECULATIVOS
ECONOMICOS					
ECONOMICOS MARGINALES				40.000	50.000
SUBECO-NOMICOS	200		1.500		

UNIDAD.- t. de Cu

RECURSOS ZONA 8. SISTEMA CENTRAL

	RECURSOS IDENTIFICADOS			RECURSOS NO DESCUBIERTOS	
	DEMOSTRADOS		INFERIDOS	GRADO DE PROBABILIDAD	
	MEDIDOS	INDICADOS		HIPOTETICOS	ESPECULATIVOS
ECONOMICOS					
ECONOMICOS MARGINALES				65.000	80.000
SUBECONOMICOS			3.500		

UNIDAD..- t. de Cu

RECURSOS ZONA 9. EXTREMADURA

	RECURSOS IDENTIFICADOS			RECURSOS NO DESCUBIERTOS	
	DEMOSTRADOS		INFERIDOS	GRADO DE PROBABILIDAD	
	MEDIDOS	INDICADOS		HIPOTETICOS	ESPECULATIVOS
ECONOMICOS					
ECONOMICOS MARGINALES				55.000	30.000
SUBECONOMICOS			12.000		

UNIDAD.- t. de Cu

RECURSOS ZONA 10. SIERRA MORENA

	RECURSOS IDENTIFICADOS		RECURSOS NO DESCUBIERTOS		
	DEMOSTRADOS		INFERIDOS	GRADO DE PROBABILIDAD	
	MEDIDOS	INDICADOS		HIPOTETICOS	ESPECULATIVOS
ECONOMICOS		50.300	75.000		
ECONOMICOS MARGINALES		9.000	5.000	130.000	190.000
SUBECO-NOMICOS		6.000	43.000		

UNIDAD.- t. de Cu

RECURSOS ZONA 11. BETICA

	RECURSOS IDENTIFICADOS			RECURSOS NO DESCUBIERTOS	
	DEMOSTRADOS		INFERIDOS	GRADO DE PROBABILIDAD	
	MEDIDOS	INDICADOS		HIPOTETICOS	ESPECULATIVOS
ECONOMICOS					
ECONOMICOS MARGINALES				85.000	60.000
SUBECO-NOMICOS	6.000		56.000		

UNIDAD.- t. de Cu

RECURSOS ZONA 12. CINTURON PIRITICO

	RECURSOS IDENTIFICADOS			RECURSOS NO DESCUBIERTOS	
	DEMOSTRADOS		INFERIDOS	GRADO DE PROBABILIDAD	
	MEDIDOS	INDICADOS		HIPOTETICOS	ESPECULATIVOS
ECONOMICOS	1.715.900	451.000	136.000		
ECONOMICOS MARGINALES		460.000	110.000	1.050.000	680.000
SUBECO-NOMICOS		562.000	214.000		

UNIDAD.- t. de Cu

RECURSOS TOTALES

	RECURSOS IDENTIFICADOS		RECURSOS NO DESCUBIERTOS		
	DEMOSTRADOS		INFERIDOS	GRADO DE PROBABILIDAD	
	MEDIDOS	INDICADOS		HIPOTETICOS	ESPECULATIVOS
ECONOMICOS	2.380.000	227.700			
ECONOMICOS MARGINALES	632.900	126.800		1.777.000	1.362.000
SUBECONOMICOS	811.100	450.000			

UNIDAD.- t. de Cu

8. Como resultado de lo anteriormente expuesto, se llega a las siguientes conclusiones:

- 1.- Las reservas españolas de cobre se cifran en 2,38 M. t. , lo cual representa alrededor de la décima parte de las reservas europeas y menos del 0,5% del total mundial.
- 2.- Más de un 80% de estas reservas tienen nivel de economidad 3, es decir explotables en las condiciones más adversas del mercado del cobre (las habidas durante 1981).
- 3.- El 91% de las reservas se encuentran en el Cinturón Pirítico del S.O. español (más de la mitad están contenidas - en los sulfuros complejos y en las piritas ferrocobrizas); el 6,4% en Galicia; el 2,11% en Sierra Morena y el resto en Guipúzcoa. En las demás zonas del país no existen recursos económicos demostrados.
- 4.- La casi totalidad de las reservas españolas (aproximadamente el 99%) se localizan solamente en tres provincias : Huelva, Sevilla y La Coruña.
- 5.- Nuestro país cuenta con un potencial de recursos totales- importante , entre recursos identificados y no descubier-

.../...

tos - 7,76 M.t.- lo cual representa algo más de la quinta parte de los recursos europeos.

6.- Existen más de 1.100 indicios de cobre, repartidos por casi todas las provincias, sobre los que hay muy poca información, o la información existente es muy antigua.

7.- La producción española de concentrados de cobre en 1980, según la información facilitada por los centros productores (Arinteiro, Río Tinto, Cala y Aznalcóllar), ascendió a 51.900 t. de Cu contenido.

8.- Aproximadamente se exportó el 13% de esta producción, en su mayoría concentrados sucios procedentes de la flotación diferencial de sulfuros complejos.

9.- La principal empresa productora de concentrados de cobre es Río Tinto Minera, S.A., que en 1980 produjo el 87% de la producción nacional, transformándolos en la fundición que ésta empresa tiene en Huelva.

10.- La capacidad de producción de concentrados de cobre se situará en 230.000 t/año cuando se alcancen las ampliaciones en ejecución y en proyecto de Cerro Colorado y Po

zo Alfredo y la mina Sotiel se halle a pleno rendimiento.

11.- España es el segundo país europeo importador de concentrados de cobre. En 1979 las importaciones ascendieron a 47.000 t. de cobre contenido.

12.- Nuestro país cuenta con una sola fundición capaz de producir cobre electrolítico a partir de concentrados de cobre. Su capacidad de producción actual es de 105.000 t/año, y se verá incrementado en un futuro próximo.

Consecuentemente, y teniendo en cuenta la situación actual y futura previsible del sector, surgen las siguientes recomendaciones sobre las posibles actuaciones del I.G.M.E.

1.- Investigaciones mineras en áreas cupríferas que por su tipología de yacimientos y gran concentración de indicios, permitan poner en explotación otros yacimientos, con objeto de poder aumentar la producción nacional de concentrados limpios de cobre, de los que nuestro país es gran importador, e incrementar las reservas de este tipo de minerales.

.../...

En esta línea, las áreas más interesantes para esta actividad, son las siguientes:

ZONA 1.- Santiago de Compostela (La Coruña)

Moeche-Cerdido (La Coruña)
Cervantes (Lugo)

ZONA 4.- Amezqueta (Guipúzcoa)

Area del Río Urobi (Navarra)
Os de Civis (Lérida)
Pobla de Segur-Torre de Capdellá (Lérida)
Benasque (Huesca)
Canfranc (Huesca)
Benabarre (Huesca)

ZONA 12.- Cinturón Pirítico

Mineralizaciones con alto contenido en cobre que no presentan problemas de concentración como prueban los antecedentes existentes (Neves-Corvo, Portugal).

Otras posibles áreas de interés, en las restantes zonas son:

ZONA 2.- Sierra del Aramo (Asturias)

Area del Río Cares (Asturias)

Salas (Asturias)

Villamanín (León)

ZONA 3.- Cervera de Pisuerga (Palencia)

Reinosa (Santander)

Villarreal (Alava)

ZONA 6.- Area del Río Najaerilla (Logroño)

Pobar-Valdeureña-Borovia (Soria)

Calcena-Alpartir-Fombuena (Zaragoza)

Area del Río Guadalaviar (Teruel)

Garaballa-Talayuelas (Cuenca)

Tuejar (Valencia)

Villahermosa del Río (Castellón)

Sierra de Espadán (Castellón)

ZONA 7.- Area del Río Fréser (Gerona)

San Lorenzo de Muga (Gerona)

Tiana-Alella (Barcelona)

ZONA 8.- Otero de los Herreros (Segovia)

Buitrago (Madrid)

Colmenarejo-Galapagar (Madrid)

Campillo-Sevilleja de la Jara (Toledo)

ZONA 9.- Olivenza-Cheles-Zafra (Badajoz)
Fuente de Cantos-Berlanga (Badajoz)

ZONA 10.- Valle de los Pedroches (Córdoba)
Cazalla-Constantina-Peñaflor (Sevilla)
Andújar-Baños de la Encina (Jaén)

ZONA 11.- Sierra Parda (Málaga)
Sierra Alhamilla (Almería)
Sierra de Gador (Almería)
Area del Marquesado (Granada)
Santomera (Murcia)
Fornalutx (Mallorca)

2.- Investigaciones tecnológicas sobre tratamiento mineralúrgico y metalúrgico de los sulfuros polimetálicos complejos, para que en el futuro su aprovechamiento se pueda hacer en nuestro país y con tecnología propia.

1.- PLANTEAMIENTO GENERAL

1.1. Introducción y objetivos.-

El agotamiento de los recursos minerales a medida que se van explotando obliga a los países a establecer acciones que aseguren el suministro de minerales a sus propias industrias transformadoras. Estas acciones se pueden concretar fundamentalmente en :

- Aprovechamiento adecuado de los recursos propios
- Importación de recursos
- Establecimiento de stocks estratégicos

En nuestro país, el conjunto de acciones para asegurar el abastecimiento de recursos minerales está recogido en el Plan Nacional de Abastecimiento de Materias Primas Minerales no energéticas.

En el caso concreto del cobre, sustancia considerada como prioritaria dentro del P.N.A.M.P.M., un punto de partida importante para lograr un aprovechamiento adecuado de los recursos minerales de cobre es la realización del "Inventario Nacional de Recursos de Cobre".

El objetivo básico que se pretende alcanzar con este inventa-

.../...

rio es, entre otros, la catalogación de los recursos y reservas de cobre que existen en el país, en cuanto a cantidad, calidad y economicidad de beneficio, en el momento presente, Diciembre de 1981.

También, dado el carácter de centro de investigación que el I.G.M.E. posee, el inventario tiene como objetivo secundario proporcionar información sobre las medidas más recomendables a tomar en el campo de la investigación minera de cobre y servir de infraestructura básica a partir de la cual se puedan desarrollar acciones posteriores.

El presente inventario permitirá:

- Analizar los sectores minero y metalúrgico del cobre a nivel mundial.
- Examinar las explotaciones activas de cobre existentes en el país bajo el punto de vista de su potencial y perspectivas de desarrollo.
- Disponer de un fichero de indicios de cobre.
- Poseer una valoración global y regional de las reservas y recursos de cobre.

.../...

1.2. Plan de Trabajo.-

Para lograr la catalogación de los recursos y reservas de cobre existen en el país y proveer al IGME de información útil en el campo de la investigación minera de cobre se ha seguido un plan de trabajo que a grandes rasgos se puede resumir en:

- Examinar en primer lugar los yacimientos mundiales de cobre, para conocer en que forma se agrupan, sus características metalogénicas y geológicas, y su distribución mundial.
- Analizar la minería de los principales países productores de cobre para ver que yacimientos se explotan, - como se explotan y cuales son las minas más significativas.
- Conocer los procedimientos mineralúrgicos y metalúrgicos para el beneficio de los minerales de cobre actualmente en uso y aquellos que se están experimentando y puedan ser aplicables a los sulfuros polimetálicos complejos del SO de nuestro país.

.../...

- Recoger de forma global los datos económicos de la industria básica del cobre, producción minera, produc--ción metalúrgica, consumo, productos vendibles, figuras del mercado y todos aquellos factores que inter--vienen en el mercado del cobre tanto a nivel mundial como nacional.
- Estudiar la minería del cobre de nuestro país, la pa--sada y la presente, contemplando los proyectos de in--vestigación minera realizados por el IGME y por las -compañías mineras para conocer cantidades de recursos demostrados y los indicios de mayor interés donde el IGME pueda centrar su labor investigadora, recopi--lando en fichas la mayor cantidad de datos posibles -de los indicios del país.
- Determinar que recursos minerales de cobre pueden ser explotados, transformados y vendidos con beneficio --económico en las condiciones tecnológicas y económi--cas vigentes en la actualidad para poder marcar la separación entre reservas y recursos.
- Calcular y clasificar los recursos minerales de cobre

.../...

del país agrupados por regiones, incluyendo un análisis de las posibilidades sobre recursos no descubiertos.

- Extraer una serie de conclusiones y recomendaciones que sirvan de base al IGME y a otros organismos de la Administración para establecer acciones concretas en el sector minero del cobre.

2.- YACIMIENTOS Y MINAS DE COBRE

No se puede considerar como rara la presencia de cobre en la corteza terrestre, pero si se puede decir que en contraste con el hierro y el aluminio el cobre es un elemento geoquímicamente escaso. Mientras que el hierro y el aluminio se estiman constituyen el 5,80% y el 8,00% de la corteza terrestre continental, respectivamente, ésta contiene sólo alrededor de 0,0058% de cobre.

Los yacimientos de hierro comercialmente explotables contienen generalmente entre 22 y 55 por ciento de hierro y los depósitos de bauxita rentables contienen entre 22,5 y 27,5 por ciento de aluminio y los yacimientos de cobre explotables contienen actualmente entre 0,5 y 6 por ciento de cobre. Esto indica que el cobre para constituir un yacimiento debe presentar una concentración entre 100 y 1000 veces superior a la concentración que presenta normalmente la corteza terrestre, mientras que el hierro y el aluminio solo necesitan presentarse entre 3 y 10 veces más concentrados.

Parece que más del 99% del cobre en la Tierra se localiza en la litosfera, principalmente en rocas ígneas máficas y en rocas metamórficas. Solo una muy pequeña parte se presenta en

.../...

sedimentos.

También hay que mencionar que los nódulos de manganeso que se presentan en el fondo de los océanos contienen un porcentaje importante de cobre. Aunque la tecnología hoy existente no permite la explotación rentable de los nódulos localizados en las mayores profundidades oceánicas, -y las explotaciones marinas actuales se limitan a aguas poco profundas - los nódulos de manganeso constituyen una importante fuente potencial futura de cobre.

El origen del cobre es naturalmente el núcleo caliente del planeta desde el cual el elemento ha migrado hasta la corteza. Claramente hay abundantes trazas de cobre pero solo una pequeña fracción de este se presenta concentrado, en otras palabras, como yacimiento.

Un yacimiento de cobre es una zona localizada en la corteza terrestre que contiene en cantidades no usuales minerales de cobre. Un depósito de mineral de cobre se clasifica como yacimiento o reserva si los minerales que llevan el cobre están suficientemente concentrados como para ser extraídos con un cierto beneficio económico.

.../...

Desde el punto de vista económico los minerales de cobre más importantes son cobre nativo (Cu), calcopirita ($Cu Fe S_2$ con un 34,7% de Cu), calcosina ($Cu_2 S$ con un 79,9% de Cu), bornita ($Cu_5 Fe S_4$ hasta $Cu_3 Fe S_3$ con un 63,3-55% de Cu), covellina ($S Cu$ con un 66,5% de Cu), enargita ($Cu_3 As S_4$ con un 48,4% de Cu), tetraedrita ($Cu_3 Sb S_{3-4}$ con un 30-55% de Cu), cuprita ($O Cu_2$ con un 88,8% de Cu), tenorita ($Cu O$ con un -- 79,8% de Cu), malaquita ($CO_3 Cu_2(OH)_2$ con un 57,5% de Cu), azurita ($(CO_3)_2 Cu_3(OH)_2$ con un 55,3% de Cu), crisocola ($Cu SiO_3 \cdot nH_2O$ con un 40,4% de Cu), calcantita ($SO_4 Cu \cdot 5H_2O$ con un 25,4% de Cu). En total se conocen más de 150 especies minerales de cobre.

Los depósitos de mineral de cobre se forman solo bajo condiciones geológicas especiales y consecuentemente su distribución geográfica es limitada. Con el objeto de profundizar sobre esta idea se analiza a continuación la clasificación de los yacimientos de cobre y posteriormente se describen, agrupándolas por países, las principales minas de cobre del mundo.

2.1. Clasificación de los Yacimientos de Cobre.-

Cualquier objeto o individuo en el mundo natural presenta -- una serie de características, y la clasificación de los mismos ha sido siempre una parte integral de las ciencias naturales. Los depósitos minerales, entre ellos los de cobre, lógicamente han sido objeto de clasificaciones dentro del campo de la geología. Por lo tanto resulta obvio realizar un análisis de las clasificaciones de los yacimientos de cobre como paso previo a la elaboración del inventario de los recursos minerales de cobre del país.

Existen varios intentos de construcción de una clasificación de yacimientos de cobre y es importante estudiar en que están basadas y cual es el propósito que pretenden servir. Para que una clasificación de yacimientos tenga valor es necesario que incluya todos los depósitos minerales conocidos. El primer propósito de una clasificación es proporcionar un marco base para el estudio y discusiones de los yacimientos y - definir una terminología. El segundo propósito reconocido es que sea útil al investigador y al geólogo de exploración.

Para la realización de las diversas clasificaciones los autores se han basado en diversos parámetros, pudiéndose diferen-

..../...

ciar parámetros de base y parámetros elaborados. Se consideran parámetros de base los siguientes: el contenido químico-mineralógico (paragenésis), la morfología, las rocas encajantes y las rocas ígneas asociadas. Los parámetros elaborados son: el dominio de la temperatura de formación del yacimiento, la profundidad de formación del yacimiento y la posición en la evolución orogénica.

Dentro de los autores de clasificaciones, unos se muestran favorables a clasificaciones genéticas que, son las más tradicionales, y otros basan sus clasificaciones en información observable. Todas las clasificaciones pueden ser utilizadas en diversas facetas pero tienen muchas limitaciones.

En todo caso el objetivo de este apartado no es crear ni adoptar una determinada clasificación ya que ello constituye en sí la realización de un estudio geológico profundo de todos los depósitos minerales de cobre existentes en el mundo, lo cual se sale obviamente de los objetivos de este inventario de los recursos minerales nacionales. El propósito es sólo presentar un breve resumen de las principales clasificaciones con el objetivo de :

1º.- Tener una idea global de los distintos tipos de de-

.../...

positos minerales de cobre, y sus características, existentes en el mundo.

2º--Situar los yacimientos y recursos de cobre nacionales en el contexto mundial.

Entre las clasificaciones más antiguas hay que citar como las más importantes las de POSEPNY (1894) y LINDGREN (1933), sobre todo esta última. Estos autores no enfocaron cada sustancia en particular, es decir son clasificaciones generales de yacimientos, y presentan reagrupaciones basadas en los procesos metalogénicos.

Otras clasificaciones antiguas importantes son las de DELAUNAY (1913), basadas en tres parámetros principales y concurrentes que son la asociación con rocas ígneas, las rocas en cajantes y el contenido químico-mineralógico, siendo este último el parámetro esencial; la de BEYSCHLAG-KRUSCH-VOGT(1921) presentada dentro de una clasificación general de metales, introduce las condiciones de génesis; y la de SCHNEIDERHOHN -- (1944) que más que una clasificación es verdaderamente un análisis muy detallado realizado desde un punto de vista genético, aunque en el fondo los parámetros utilizados para las clases son los mismos utilizados por DELAUNAY.

.../...

Entre las clasificaciones más recientes sin duda las más importantes son las de ROUTHIER (1963) y PELISSONNIER (1972).- La de ROUTHIER introdujo una innovación importante dando un peso relativamente secundario al contenido químico-mineralógico y la de PELISSONNIER, basada en la información observable en un extenso inventario de todos los yacimientos de cobre del mundo, es uno de los trabajos más completos realizados sobre el tema.

En este apartado se analizan y resumen brevemente estas dos clasificaciones, como asímismo la clasificación de yacimientos de cobre incluida en el Mapa Previsor de Mineralizaciones de cobre (1972), la clasificación de yacimientos de cobre realizada por Colin J. Dixon (1979), la clasificación de los yacimientos de cobre del BUREAU OF MINES - (USA) y finalmente se incluyen las clasificaciones de Zakharov, Jacobsen, y Jensen y Bateman.

CLASIFICACION DE LOS YACIMIENTOS DE COBRE DE ROUTHIER.- La clasificación de los yacimientos de Cu realizada por Routhier en su obra "Les Gisements Metallifères", publicada en 1963 , está motivada según él por la pregunta: ¿en qué condiciones geológicas se puede esperar descubrir un yacimiento de cobre?. Routhier intenta responder parcialmente mediante un cuadro -

.../...

de tipos de yacimientos. El cuadro no pretende indicar todas las condiciones geológicas exigidas para descubrir un yacimiento de cobre, por la sencilla razón de que se está muy lejos de conocerlas todas, pero sí se llama la atención sobre las condiciones litológicas generales.

Según Routhier las clasificaciones existentes hasta entonces, es decir las clasificaciones "genéticas" resultantes de la definición geoquímica de yacimiento: concentración, no cumplían con los objetivos deseados, que él definió como:

1º.- Facilitar el conocimiento constituyendo agrupamientos sobre la base de las "analogías". Desde el punto de vista pedagógico, exponer evitando lo mejor posible las repeticiones.

2º.- Facilitar el descubrimiento de nuevos yacimientos, es decir, orientar la prospección. Para cumplir esta segunda meta es necesario también utilizar las analogías.

La clasificación de los yacimientos de cobre de Routhier se muestra en el cuadro 2.1. Este es un cuadro simplificado en el que solo se indica el nombre del tipo de yacimiento y al-

.../...

CLASIFICACION DE LOS YACIMIENTOS DE COBRE DE ROUTHIER

EN ROCAS SEDIMENTARIAS SIN RELACION VISIBLE - CON PLUTONES DOMINANTE ESTRATIFORME		1. Tipo en formaciones detriticas groseras, areniscas o esquistos arenosos sobre todo areniscas rojas (Red-beds).	Corocoro (Bolivia) Oudokan (URSS) Mufulira (Zambia)	OBSERVACIONES: Las combinaciones y tipos intermedios entre estos tres tipos de yacimientos son muy frecuentes. Las formas filonianas son muy frecuentes, ejemplo: Kipushi (Zaire). La oxidación y la cementación juegan un papel importante especialmente en Zambia y Zaire (Shaba).
		2. Tipo de pizarras, más o menos bituminosas, más o menos carbonatadas, eventualmente con Pb, Zn, Co, U.	Mansfeld (Alemania Polonia Luanshya, Nkana, Chambishi (Zambia)	
		3. Tipo en rocas carbonatadas o esquisto-arenosas dolomíticas	Shaba (Zaire) Mindouli-M'Passa	
		4. Tipo asociado a tobas volcánicas y otros sedimentos, en regiones volcánicas (andesitas, liparitas, etc.).	El Boleo (Mexico), Honshu (Japón)	
ASOCIADAS A PLUTONES GRA NITICOS, A - MENUDO MONZO NITAS	INTRAPLUTONICOS	5. Tipo filoniano, con Cu arseniado, Zn, Pb (mesotermal); frecuentemente redes filonianas apartadas y complejas	Butte (Montana, EE.UU.) Chuquicamata (Chile)	OBSERVACIONES: Yacimientos muy grandes con cementación importante.
		6. Tipo "porphyry copper" (o diseminado: retículo de filoncillos mineralizados en monzonita alterada, igualmente mineralizada, situados en cimas. No arseniado.	Globe, Miami, Ely, Nevada, Bingham, Utah (EE.UU) Kourirad (URSS)	OBSERVACIONES: Yacimientos muy grandes sobre todo si la cementación es importante
	MARGINALES Y PERIPLUTONICOS	7. Tipo filoniano. "Sub-tipos" a) Filones de calcopirita, pasando en profundidad a filones estanniferos (hidrotermales) b) Filones de calcopirita, scheelita, turmalina (transición - hipotermal-comienzo ácido). c) Filones de calcopirita, pirrotina, magnetita, molibdenita, turmalina (transición hidrotermal-comienzo ácido). d) Filones de cobre gris dominante, frecuentemente con Ni-Co, de ganga carbonatada	CORNOUAILLES (Gran Bretaña) Yakuoji (Japón) Cobar (NS de Gales)	OBSERVACIONES: Muy frecuentes pero poco importantes
		8. Tipo de depósitos dominantes, en rocas carbonatadas, en la zona pirometasómatica o en el exterior	Bingham, Clifton Morenci (EE.UU.) Tourinsk (Urales, URSS) Concepción del Oro (Méjico)	OBSERVACIONES: Yacimientos muy grandes.

.../...

CLASIFICACION DE LOS YACIMIENTOS DE COBRE DE ROUTHIER (CONTINUACION)

ASOCIADOS A ROCAS VOLCANICAS O SUBVOLCANICAS.	9. Tipo diseminado (cf. porphyry copper) en la cima de intrusiones volcánicas andesíticas	Majdan Pek (Yugoslavia)
	10. Tipo vulcano-sedimentario en lentejones y capas en tobas remontadas por coladas de riolita	Río Tinto (España) Mount Lyell (Tasmania) West Shasta County (EE.UU.)
	11. Tipo filones o red de filoncillos en lavas, sobre todo andesíticas, post-orogénicas. Las lavas están frecuentemente propilitizadas.	El Teniente (Chile) Bor (Yugoslavia) Cerro de Pasco (Perú) El Boleo (Méjico)
	12. Tipo asociado a lavas básicas (frecuentemente espilíticas).o a rocas básicas granulares de la fase geosinclinal (o fiolitas)	Monte Cantini (Italia) Lokken (Noruega) Saint-Veran (Francia)
	13. Tipo asociado a lavas entre ácidas e intermedias (dacitas, -keratofirás, riolitas) y a tobas de la fase geosinclinal. Metasomatismo de hastiales silíceos en rocas de sericitia, clorrita, andalucita, cordierita, estaveolita, almandino; lentejones calcáreos en skarns.	Boliden, Falun (Suecia) Rouyn-Noranda (Canada)
	14. Tipo de cobre nativo, con ceolitas, diseminado en basaltos - (frecuentemente espilíticas)="Formación cuprífera ceolítica", y concentrado en filones que se pierden en terrenos sedimentarios (concentración durante el enfriamiento de lavas, o durante plegamiento y metamorfismo).	Lago Superior (EE.UU.)
	15. Tipo vulcano-sedimentario (exhalativo), asociado con lavas básicas (frecuentemente espilíticas)	Ergani (Turquía) Leksdal, Stord (Noruega)
ASOCIADOS A ROCAS BASICAS GRANULARES: Noritas, Gabbros, algunas veces en trapps (Siberia)	16. Tipo-Ni-Cu-Et, en la base o en el borde de complejos fundamentalmente norítico, algunas veces gabros (con olivino), --frecuentemente transformados en anfibolitas sobre todo en escudos precámbricos.	Sudbury, Bird River (Canada) Petsamo, Montchegorsk (URSS) Inzizwa (Sudafrica) Varallo (Italia)
ASOCIADOS A ROCAS ULTRABASICAS	17. Tipo con un poco de Ni (y Co) en proximidad de serpentinas o gabros.	Outokumpu (Finlandia)
EN TERRENOS METAMORFICOS, SIN RELACION VISIBLE CON PLUTONES	<ul style="list-style-type: none"> - Muchos de los tipos precedentes podrían incluirse en las series metamórficas. - Por ejemplo muchos yacimientos de Zambia (tipos 1 y 2) llevan la traza de un ligero metamorfismo. - Las lavas de los tipos 12, 14 y 15, con o sin rocas básicas granulares, son -frecuentemente metamorfosadas en anfibolitas y rocas cloríticas y los del tipo 13 en leptitas. El tipo 16 está frecuentemente metamorfosado. - Es cierto que un gran número de mineralizaciones cupríferas en terrenos metamórficos presentan el problema de su relación: con plutones graníticos, con lavas, con el metamorfismo. 	

gunas indicaciones mineralógicas. Para la denominación de los tipos, Routhier utiliza una denominación mineralógica o una denominación geológica, o las dos a la vez.

Routhier define 17 tipos de yacimientos de cobre y un último grupo sin tipos. Indudablemente esta clasificación podría reducirse ya que existen algunos tipos muy similares ya señalados por el mismo autor como, por ejemplo, Tipo 4 similar al Tipo 2 y Tipo 13 similar al Tipo 10.

CLASIFICACION DE LOS YACIMIENTOS DE COBRE DEL MAPA PREVISOR
DE MINERALIZACIONES DE COBRE (1972)..- Esta clasificación fué realizada por el IGME con vista a la investigación minera. - Los parámetros fundamentales de clasificación utilizados por esta publicación son la morfología, el tipo de metalotecto - (litológico y geotectónico) y el proceso genético. La clasificación, basicamente, se divide en tipos y subtipos, pero haciendo una analogía, por ejemplo, con la clasificación de -- Routhier los términos "tipos" no se corresponden. El concepto de "tipo" expresado por Routhier corresponde más bien en esta clasificación al de los subtipos, y el término tipo corresponde a lo que Routhier llama grupos.

Se puede decir que ambas clasificaciones son similares y que

.../...

la diferencia fundamental es que los grupos asociados a rocas básicas granulares y asociados a rocas ultrabásicas de la clasificación de Routhier se incluyen ambos en la clasificación del Mapa en el grupo (aquí denominados tipo) de rocas plutónicas y "pórfidos".

El cuadro n° 2.2. ilustra la clasificación resumida del Mapa, es decir, sin indicar todas las características de los subtipos. No obstante es importante señalar que aunque esta clasificación es más reducida que la de Routhier y se puede decir que contenida en ella ya que no indica tipos de yacimientos basicamente nuevos, la clasificación publicada junto con el Mapa es más completa en cuanto a la descripción de los subtipos (tipos según Routhier) ya que describe las características de los mismos.

La clasificación del Mapa Previsor de Mineralizaciones de cobre está dividida en cinco grupos denominados tipo A,B,C,D y E, guardando la misma denominación utilizada en la clasificación de los yacimientos de plomo y cinc (por ejemplo, las masas piritosas se describen con E, en ambos casos). Cada tipo está dividido en subtipos, excepto el tipo D.

.../...

CLASIFICACION DE LOS YACIMIENTOS DE COBRE DEL MAPA PREVISOR

DE MINERALIZACIONES DE CU.(1972)

<u>TIPO A</u> Estratiforme de Cobertura	Subtipo 1.- Concordantes en areniscas y conglomerados. "Red Beds" con Pb y U.	Coro-Coro(Bolivia) Merchernich(Alemania del Este) Djez Kaz Gan(URSS)
	Subtipo 2.- Estratiformes con Pb en rocas arcillosas (Influencia volcánica más o menos directa) "Kupterschieter" con Pb y Ag.	Mansfeld(Alemania del Este) Alta Silesia(Polonia)
<u>TIPO B</u> En relación estrecha con rocas volcánicas	Subtipo 1.- Rocas volcánicas Postorogénicas	Fanska-Stiavnica(Checoslovaquia) El Soldado(Chile) Cartagena(España)
	Subtipo 2.- Rocas volcánicas recientes Sinorogénicos Zn > Pb	Kuroko(Japón)
	Subtipo 3.- Volcanismo submarino Anorogénico actual Zn >> Pb	Mar Rojo Salton Sea(U.S.A.)
	Subtipo 4.- Cobre nativo en Basaltos Post-Orogénicos	Lago Superior (USA) Alaska(USA) Isla Van Cauver(Canadá)
<u>TIPO C</u> En relación con rocas Plutónicas y -- "Pórfidos"	Subtipo 1.- Relacionado con "Pórfidos"(Vulcano-Plutones)."Porphyry Copper" Diseminado en roca alterada en Skarn, chimeneas, filones. Con Mo, Bi, Au.	Bingham(USA) Oeste de USA Noroeste de México Medet(Bulgaria) Bor-Maudempek(Yugoslavia)
	Subtipo 2.- En relación con, o incluido en intrusiones discordantes. Skarns, filones, Stockwork en general. Con Pb, Zn.	Butte(USA) Palabora(Sudáfrica) Cornwall(Reino Unido)
	Subtipo 3.- Incluido en rocas básicas intrusivas. Con Ni, Co, Au.	Sudbury(Canadá) Thomson Strarit(Canadá) Monclegaisk-Petchenga(URSS)
<u>TIPO D</u> Filones con relación dudosa con rocas Plutónicas o -- Volcánicas	No incluye Subtipos	Haut Atlas(Marruecos) Milterberg(Alemania) Slegerlan(Alemania) Alzen(Francia)
<u>TIPO E</u> En rocas plegadas o Metamórficas(filones y "Pórfidos" excluidos)	Subtipo 1.- Relacionado con Volcanismo Co-Orogénico. Masas pirítosas	Huelva Chipre Flin-Flon.Timmins(Canadá) Röros(Noruega) Monte Cotini(Italia) Murgul Ergani(Turquía)
	Subtipo 2.- En rocas Filíticas.	Katanga(Congo) Zambia White Pine(Canadá)

CLASIFICACION DE LOS YACIMIENTOS DE COBRE DE PELISSONNIER.-

La publicación en 1972 del libro "Les dimensions des gisements de cuivre du monde" fue la culminación de un importante trabajo de investigación realizado por Pelissonnier, cuyos principales objetivos fueron contribuir a :

- Predecir la importancia de un indicio mineralizado
- Apreciar la densidad de mineralización de una región para establecer racionalmente las prospecciones
- Aportar un punto de vista cuantitativo en metalogenia
- Ampliar el dominio cuantitativo en geoquímica
- Resolver la confrontación entre dimensiones y parámetros geológicos poniendo los yacimientos en fichas.. Pelissonnier realizó un registro de todos los yacimientos de cobre del mundo recogiendo en una ficha maestra del yacimiento las características geológicas y numéricas de los mismos.

En la realización de estas fichas destaca la cuantificación

.../...

de los parámetros muy importantes para la clasificación, que son: la asociación mineral y la morfología.

La clasificación geológica de los yacimientos de cobre es abordada por Pelissonnier de una forma muy empírica, buscando reagrupar los yacimientos por tipos según sus analogías.

El cuadro nº 2.3. muestra la clasificación de los distintos tipos, tipos paragenéticos según llama Pelissonnier, de yacimientos de cobre resultante. Los tipos nº 1,3,5,6,7,9 y el conjunto de tipos nº 2 y 4, son los que Pelissonnier denomina tipos principales y que resultan directamente del examen de los factores observables según las fichas de yacimientos. Esta primera agrupación de yacimientos alcanza el 93,5% del tonelaje total de los yacimientos de cobre inventariados por Pelissonnier. El resto, marginal en cuanto al cobre, pero no obstante importantes, ya sea como yacimientos de otras sustancias (Au, Fe, Pb-Zn, etc.) o ya sea como referencias en los grandes tratados de metalogenia, fueron mucho más difíciles de clasificar.

Los trece tipos finales abarcan el 99,85% del tonelaje total de los yacimientos inventariados. Esta clasificación reduce bastante el número de yacimientos no clasificados. Sin embargo, no incluye ni los yacimientos únicos tales como Palobora,

.../...

CLASIFICACION DE YACIMIENTOS DE COBRE DE PELISSONNIER (1972)

CUADRO N° 2.3.

Nº Tipo	Nombre de los tipos de yacimientos de cobre.	Elementos primarios y O.	Elementos primarios principales	Elementos menores frecuentes.	Minerales típicos primarios.	Yacimientos característicos.
*1	Masas de piritas asociadas a rocas volcánicas.	I		Zn, Pb, Ag, Au, Se, Te, Ba.	Pirita, calcopirita, blenda.	Huelva, Flin-Flon, Timmins, Chipre, Mount Lyell, Murgul Röros, Lökken.
2	Impregnaciones estratiformes asociadas a rocas volcánicas pobres en piritas.	II-III		Ag, Zn.	Bornita, calcosina.	Kosaka, Hanaoka, Cavallo, Bagacay, Mantos Blancos, Diablos.
3	Yacimiento de Cu nativo asociado a lavas básicas.	III		Ag	Cobre nativo, calcosina	Lago Superior.
4	Yacimientos estratiformes disseminados en sedimentos y pobres en S y Fe.	II		Ag, Co	Calcosina, bornita, calcopirita y cobre nativo.	Mansfeld, Dzhezkazgan, Zambia, Zaire, Boleo, White Pine, Timua, Corocoro.
5	Yacimientos de estaño cupífero.	II	Sn	Bi, W, Ag	Casiterita, estannita, calcopirita.	Cornouailles, Arenobe, Ashio, Mount Pleasant.
6	Yacimientos porfídicos con molibdeno.	II	Mo	Au, Re.	Pirita, calcopirita .	Bearden, Chuquicamata, Cananea, Bingham, Bisbee, Kounrad, Agarak, Medet, Majdanpek.
7	Yacimientos de enargita.	II	S, As	Ag, Pb, Zn.	Enargita, pirita.	Butte, Cerro de Pasco, Morococha, Bor.
8	Yacimientos de óxido de Fe y asociadas a rocas intrusivas básicas.	II (Óxidos metálicos)	O	Co, Ni, Au	Calcopirita, oligisto, magnetita.	Craigmont, La Africana, Tamaya, Messina O'Okiep, Cornwall.
9	Yacimientos asociados a intrusiones básicas y ultra básicas con abundante Ni.	I	Ni.	Pb, Co	Pirita, calcopirita, pentlandita	Sudbury, Norilsk, Petchenga, Kambalda, Empress
10	Yacimientos de cuarzo con calcopirita	II		Co, Au	Calcopirita, pirita, cuarzo	Allihies, Bou Skour
11	Yacimientos con Siderosa	II	Co, Fe, Sb. ₃	Ni, Ba, Ag, Bi, Hg	Siderosa, calcopirita, tetrahedrita, barita.	Mitterberg, Banca, Alzen.
12	Yacimiento de mispique o - pirrotina y oro	I-II	Fe, As	Au, Ag, Bi	Mispique, pirrotina, calcopirita.	Cobar, Boliden, Salsigne, Rossland
13	Yacimientos de Tennantita - con Germanio	III	Ge, As	Pb, Zn, Co, U, V, Mo, Ag, Cd	Tennantita, calcosina	Tsumeb, Kipushi

NOTA: -I- Pirita y/o pirrotina masiva con sulfuros de cobre; caracterizada químicamente por un exceso de Fe y S sin O₂.
 -II- Asociación de pirita o pirrotina, calcopirita y oligisto o magnetita; caracterizada por la concomitancia de Cu, Fe, S y O₂.
 -III- Asociación de uno o más de los minerales siguientes: bornita, calcosina, covellina, cobre nativo con calcopirita + pirita; caracterizada químicamente por deficit de S y Fe.

ni los yacimientos mal estudiados.

La numeración de los tipos paragenéticos no sigue un orden - cualquiera, en realidad se pueden reagrupar en tres series , según la profundidad en la que se formó el yacimiento; que - son :

1^a Serie: Tipos nº 1,2,3 y 4. Formados en superficie, emplazados singeneticamente con las rocas encajantes, - eventualmente con raíces epigenéticas.

2^a Serie: Tipos nº 5,6,7,8 y 9. Formados en profundidad con claras relaciones con rocas plutónicas, variando - de ácidas a básicas.

3^a Serie: Tipos nº 10,11,12 y 13. Formados en profundidad - sin clara relación con rocas ígneas.

Finalmente se debe agregar la modificación de esta clasificación de yacimientos que Pelissonnier ha realizado en 1975 y que explica la publicación del B.R.G.M. titulada "Les Dimensions Des Gisements de cuivre du Monde Nouvel Inventaire".

La nueva tipología de yacimientos consiste basicamente en un

.../...

reagrupamiento de los tipos de la clasificación original y - en la creación, dentro de algunos tipos, de subtipos. Los tipos más importantes, de la clasificación original se reagrupan de la siguiente forma:

- Tipo principal n° 1: Incluye los tipos n° 1,2 y parte del tipo n° 8 de la clasificación original.
- Tipo principal n° 2: Incluye los tipos n° 3 y 4 de la clasificación original.
- Tipo principal n° 6: Incluye los tipos n° 6,7 y parte del tipo n° 8 de la clasificación original.

Permanecen los tipos n° 5,9,11 y 13 de la clasificación original que ahora pasa a denominar "tipos marginales". El tipo n° 12 se reagrupa en el n° 11 como subtipo y el tipo n° 10 - original se elimina.

El cuadro n° 2.4. muestra la nueva tipología de yacimientos de Pelissonnier con las modificaciones mencionadas. Para facilitar la correspondencia con la original los números de -- subtipos o tipos principales corresponden a los números de - los tipos de la tipología original.

.../...

CUADRO N° 2.4.NUEVOS TIPOS DE YACIMIENTOS DE COBRE

NUMERACION	CARACTERES
TIPO PRINCIPAL 1 1 1-1 Con Teleruros Con Sulfosales 1-2 A veces con sulfatos 1-8	Masas piriticas asociadas a las rocas volcánicas de la serie calco-alcalina sensu lato. Sensu lato (sin designación de subtipos) Polo ácido asociado a la zona de subducción implicando un armazón sílico (miogeosinclinal) Polo básico asociado a la zona de subducción en medio muy oceánico en geosinclinal.
TIPO PRINCIPAL 4 4 4-3 4-4A 4-4B	Esquistos, margas y areniscas cupriferas, asociadas a discontinuidades intracrátónicas en distensión. Sensu lato. Unidos a volcanitas básicas, pobres en azufre y próximos al subtipo 4-A. Esquistos y margas cupriferas. Areniscas cupriferas.
TIPO PRINCIPAL 6 6 6-6 6-7 6-8 6-1	Pórfidos cupriferos asociados a las zonas de subducción. Sensu lato. Con Mo. e intrusiones monzoníticas; subducción de un armazón sílico. Con As (enargita) Con Au más pobre en Mo, asociado a las intrusiones dioríticas cuarcíferas; subducción de tipo Arco Insular con marcada influencia oceánica. Porfíricos precoces en la evolución orogénica.
TIPO MARGINAL 5 5 5-5 5-6	Cobre con estaño y/o tungsteno. Sensu lato. Cu-Sn Cu-W
TIPO MARGINAL 9 9	Cobre con níquel asociado a intrusiones básicas y ultrabásicas Sin subtipos
TIPO MARGINAL 11 11-11 11-12	Cobre asociado a sideritas y mispíquel o pirrotina aurifera. Cu con siderita. Cu con mispíquel aurifero.
TIPO MARGINAL 13 13	Tenantita con germanio, con carácter discontante muy acusado, sobre <u>dis</u> continuidades intracrátónicas. Sin subtipos.

CLASIFICACION DE LOS YACIMIENTOS DE COBRE DE COLIN J. DIXON

(1979).- Este autor en su obra "Atlas of Economic Mineral Deposits" agrupa los yacimientos de cobre en cinco grandes grupos :

1. Porphyry Coppers
2. Yacimientos del grupo volcánico
3. Yacimientos del grupo cobre-níquel
4. Yacimientos sedimentarios
5. Otros

Las principales características de estos grupos son:

Porphyry Coppers

- Se presentan en rocas ígneas porfíricas.
- La mineralización está representada por sulfuros de cobre en vetillas y diseminaciones en una zona de alteración derivada de una roca ígnea, frecuentemente granodiorita. Algunos yacimientos contienen cantidades importantes de molibdenita, oro y plata; otros contienen enargita, tetraedrita, tennantita y minerales de wolframio.

.../...

- Gran tamaño y relativamente baja ley, 0,5 a 1,5% de Cu. Los más pequeños contienen 2 M. de t. de cobre metal y los mayores 35 M. de t. de cobre metal.
- Agrupan el 52% de las reservas mundiales de cobre y una gran proporción de los recursos mundiales de molibdeno.

Yacimientos del Grupo Volcánico

- Sulfuros de cobre asociados a rocas volcánicas en grados muy diversos. Muchos de estos depósitos están situados en el límite entre las series volcánica y sedimentaria, algunos están completamente contenidos en rocas volcánicas o volcanoclasticas, mientras que otros se encuentran en sedimentos que contienen gran cantidad de material volcánico.
- Contienen cinc y metales preciosos.
- Los tamaños varian desde muy pequeños a 3,7 M. de t. de cobre metal. Leyes alrededor de 1,5% de Cu.
- Agrupan un 13% de las reservas mundiales de cobre.

.../...

Yacimientos del Grupo Cobre-Níquel

- Más conocidos como yacimientos de níquel, presentan mineralizaciones diseminadas o masivas que contienen pirrotina y calcopirita asociadas a rocas básicas y ultrabásicas.

Yacimientos Sedimentarios

- Los minerales de cobre se presentan en una gran variedad de rocas sedimentarias de grano grueso, que en una gran mayoría han sufrido deformación y metamorfismo.
- El cobalto está presente en algunos de estos depósitos. La mayor parte de la demanda de este metal proviene de yacimientos de este tipo.
- Leyes alrededor de 2-3% de Cu.
- Agrupan un 27% del total de las reservas mundiales de cobre.

En la figura nº 2.1. están recogidos los principales depósitos de cobre que existen en el mundo.

.../...

CLASIFICACION DE LOS YACIMIENTOS DE COBRE DEL BUREAU OF MINES (USA).

- Desde un punto de vista más minero que geológico, los yacimientos de cobre, de rendimiento económico, existentes en el mundo, se clasifican, según el Bureau of Mines -- (USA), en los siguientes grupos:

- a) Yacimientos de cobre nativo
- b) Depósitos de Pórfidos cupríferos
- c) Depósitos filonianos e intrusivos
- d) Depósitos de tipo Sudbury (cobre-níquel)
- e) Depósitos lenticulares en rocas esquistosas
- f) Depósitos de reemplazamiento en rocas sedimentarias.

A continuación se pasará revista a las principales características de cada uno de estos tipos, haciendo indicación de las principales minas existentes en el mundo pertenecientes a cada uno de ellos.

a) Yacimientos de cobre nativo

Se incluyen en este apartado aquellos criaderos en los cuales el cobre aparece en chimeneas o filones encima de flujos volcánicos, en conglomerados interestratificados -

.../...

con estos flujos, y en areniscas. Las rocas en las cuales aparece el cobre son characteristicamente rojas, por la presencia de los óxidos de hierro. El principal yacimiento de este tipo se encuentra en el Distrito cuprífero del Lago Superior (Michigan, USA), el distrito está actualmente casi agotado.

b) Depósitos de pórfidos cupríferos

En ellos están contenidos las mayores reservas de estimación comercial del mundo.

El término "depósitos de pórfidos cupríferos o cuprosos" no se usa solo para mineralizaciones en pórfidos, sino que se refiere a depósitos caracterizados por su gran tamaño y uniforme distribución de las mineralizaciones de cobre, dentro de la misma masa intrusiva o dentro de las rocas encajantes de la masa intrusiva. La mineralización aparece como partículas aisladas o en pequeños filoncillos.

Los depósitos en pórfidos son generalmente bajos en cobre contenido y pueden contener oro, plata, molibdeno y algunos otros metales en cantidad suficiente para justificar su recuperación.

.../...

Los más grandes depósitos de este tipo, en el mundo, se encuentran en el Suroeste y Oeste de los EE.UU., Chile, Perú y URSS; hay depósitos de este tipo también en Canadá, Méjico y Europa.

c) Depósitos filonianos e intrusivos

Constituyen, quizás, el yacimiento de tipo más simple, y los filones están formados por mineralizaciones que llenan las fisuras o junto a las paredes de deslizamiento de las rocas que han sido fisuradas o falladas.

Los filones más sencillos son aquellos que aparecen en una sola fractura. Los depósitos de este tipo existentes en el mundo son muchísimos, pero raramente explotables.

El caso más común de yacimiento de este tipo es el constituido por un sistema de filones complejo e intrincado. Como ejemplo de explotación en el mundo debe citarse el existente en Butte, Montana, donde se dice que este monte es el más rico de la tierra, siendo superados tan solo por los depósitos auríferos del Rand.

.../...

d) Depósitos de tipo Sudbury (níquel-cobre)

Los yacimientos de este grupo están constituidos por depósitos magmáticos en los que el cobre aparece asociado con la roca efusiva de caja, principalmente la norita.

Generalmente, las menas aparecen asociadas con fallas y/o cerca de las paredes de contacto entre la norita y la base volcánica o intercalada dentro de la norita.

Las menas aparecen diseminadas y tienen sulfuros típicos, principalmente pirrotina y calcopirita como principales minerales. Se encuentra oro y plata en estado nativo, así como los metales del grupo del platino.

El principal yacimiento de este grupo lo constituye la mina Frood, de Sudbury, Ontario (Canadá). Otros yacimientos importantes pertenecientes a este tipo, se encuentran en Insizwa (Sudáfrica) y Merenski Reef (Transvaal).

e) Depósitos lenticulares en rocas esquistosas

La mineralización primaria de estos yacimientos consiste en sulfuros de hierro, cobre y cinc que aparecen como re-

..../...

emplazamiento en rocas esquistosas. La esquistosidad puede ser el resultado de un metamorfismo intenso, pero los depósitos se encuentran a lo largo de las zonas de fractura. Estos yacimientos parecen haberse formado bajo condiciones que favorecieron la deformación por deslizamiento, en lugar de por brechificación o fractura. La solución -- que depositó las menas, se colocó en la charnela y reemplazó a las rocas fracturadas para tomar la forma de menas de sulfuros. Los depósitos pueden contener o no metales preciosos, e incluso en algunos casos plomo y cinc.

A este grupo pertenecen los yacimientos de la región de los Apalaches, de Granby (Columbia Británica), Ducktown (Tennessee) y la mayoría de los yacimientos de Huelva (España). Las leyes medias de contenido en Cu de los minerales oscilan entre el 1 y el 5%.

f) Depósitos de reemplazamiento en rocas sedimentarias

Se incluye en este grupo los yacimientos pirometasomáticos o de contacto que se formaron por reemplazamiento de rocas sedimentarias, generalmente caliza.

El típico yacimiento de contacto está constituido por re-

.../...

emplazamientos en caliza y dolomita por silicatos, óxidos y sulfuros de hierro y cobre. Suelen aparecer cerca de -- los contactos entre rocas sedimentarias y cuerpos intrusivos.

Parte del gran yacimiento de Bisbee, Arizona y del gran yacimiento de Binghan, Utah, son ejemplo de este tipo de depósitos.

- Otras clasificaciones de los yacimientos de cobre

El cuadro n° 2.5. refleja la clasificación de yacimientos de cobre de Zakharov (1960) basada esencialmente en la petrografía, de minerales y rocas del entorno.

Otra clasificación es la publicada por Jacobsen, J.B.E. - (1975) en "Copper deposits in time and space", que se basa en la relación de los yacimientos de cobre con las rocas del entorno. Las diferentes categorías son:

- Plutónicas: incluyen ultramáficas y complejos maficos, - carbonatita y complejos porfídicos, y skarns pirometasómaticos.

.../...

CLASIFICACION DE LOS YACIMIENTOS DE COBRE DE ZAKHAROV (1.960)

ROCAS DEL ENTORNO		FORMACION
YACIMIENTOS ENDOGENOS		
Magnéticos	Rocas básicas	Pentlandita, pirrotina, calcopirita, en gabros-noritas y piroxenitas.
Post-magmáticos.	Contornos metamórficos de contacto inmediato.	<ul style="list-style-type: none"> - De pirrotina, calcopirita, en skarns - De molibdenita, calcopirita en rocas silicatadas secundarias(minerales en vetillas e impregnaciones)
	Estructuras plegadas en rocas eruptivas y sedimentarias.	Piritas de Cu, Pb, Zn, en rocas efusivas frecuentemente silificados y seritizados.
	Estructuras plegadas en rocas sedimentarias.	En cuarzo calcopirita y cuarzo -- enargita.
	Conjunto(aparatos) volcánicos, estratos efusivos y -tobas.	Bornita + calcopirita, en areniscas cupriferas.
YACIMIENTOS EXOGENOS		
De alteración	Zonas de infiltración frecuentemente debajo de montaña y corteza.	Sulfuros Secundarios.
Sedimentarios		
YACIMIENTOS METAMÓRFICOS		
	Gneis y esquistos metamórficos.	Calcopirita, pirrotina y pirita en esquistos cristalinos.
	Conglomerados areniscas y cuarcitas(metamorfismo regional y metamorfismo magmático..)	Bornita y calcopirita en areniscas cupriferas.
	Rocas volcánicas con mucho metamorfismo regional y posible participación del metamorfismo magmático.	Pirita con calcopirita y blenda

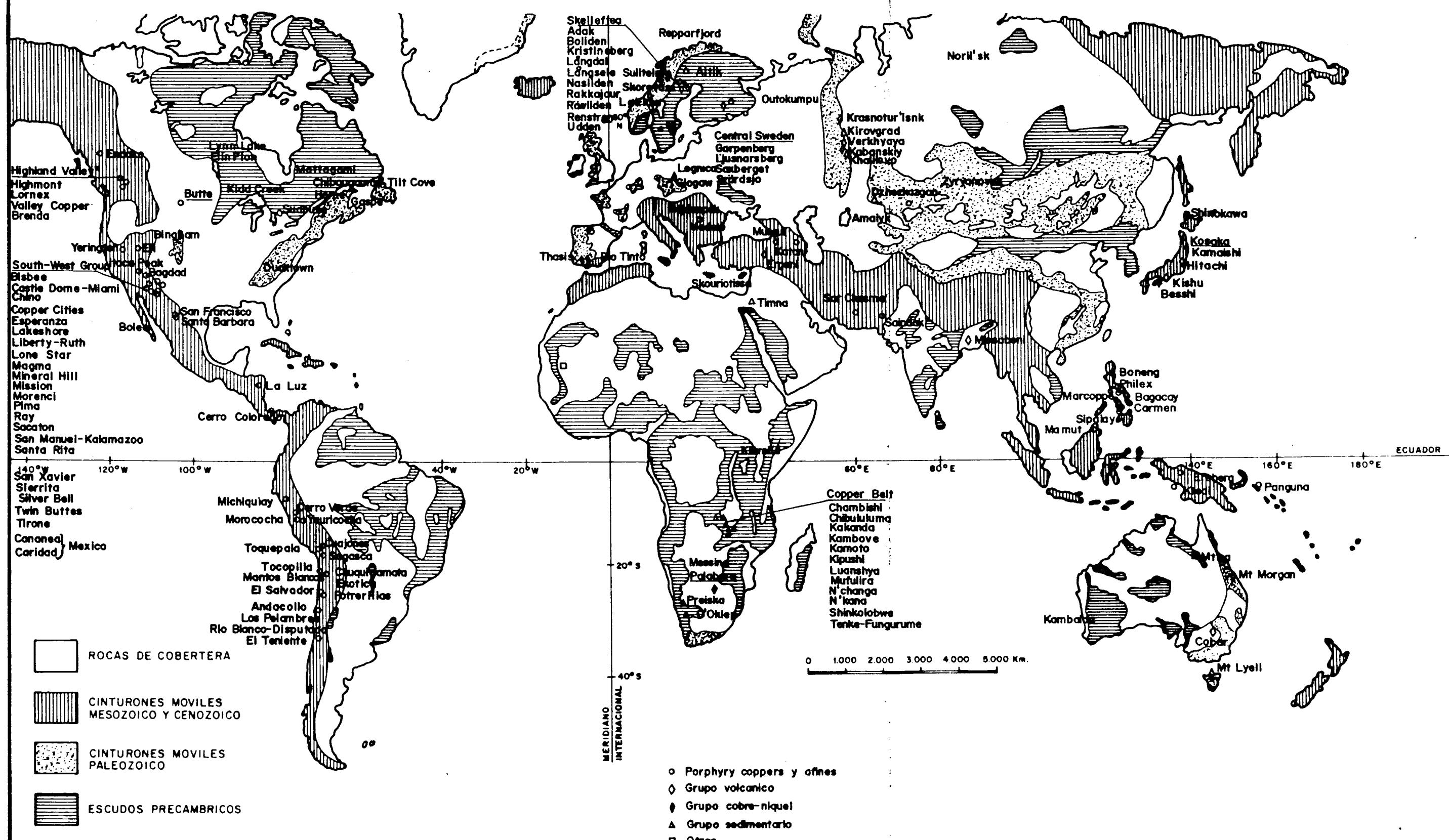
- Hidrotermales: incluyen vetas hidrotermales, menas de - reemplazamiento y brechas tubulares.
- Volcanogénicas: incluye stratabounds de sulfuros metálicos masivos y sulfuros diseminados en tobas y aglomerantes.
- Sedimentarias: incluyen yacimientos en facies "red beds" y areniscas cupríferas.

En el cuadro n° 2.6. se refleja la clasificación publicada - por Jensen y Bateman en la publicación "Economic Mineral Deposits" (1981), basada en la relación de los yacimientos con las rocas del entorno.

CLASIFICACION DE LOS YACIMIENTOS DE COBRE DE JENSEN Y BATEMAN (1981)

TIPO 1	MAGMATICOS Yacimientos Ni-Cu		Insizwa (Sudáfrica y Merensky-Reef (Transvaal)	
TIPO 2	METASOMATICO de contacto		Morenci-Bingham (USA). Cananea (Méjico)	
TIPO 3	HIDROTERMAL	RELLENO DE HUECOS	(1)Filón Fisural (2)Relleno de brechas (3)Relleno de cavidades. (4)Relleno de Poros (5)Relleno de Vacuolas.	Butte y Walker (USA) Nacozari (Mexico); Bisbee, Braden(USA) Bisbee (USA) Urales (URSS) Lago Superior (USA), Keweenawan
		REEMPLAZAMIENTO	(1)Masivo (2)Filoniano (3)Diseminado (4)Sedimentario (5)Origen Bacteriológico (6)Submarino Exhalativo (7)Enriquecimiento -- por Oxidación Superficial. (8)Enriquecimiento Supergénico Sulfuroso.	Bisbee, United Verd, Bingham Tintic, Duck Town(USA); Noronda, Flin Flon, Gramby(Canada); Río Tinto(España); Boliden(Suecia); Cerro Pasco(Perú); Outokumpu(Finlandia). Kennecott, Magma, Bisbee Butte(USA); Britannia(Canada). "Porphyry Copper", Bingham, Ely, Ray, Miami, Twin Buttes, Inspiration, Ajo, Clay, Morenci, Santa Rita(USA); Branden, El Salvador, Chuquicamata y Potrerillos(Chile) "Pizarras Cupríferas" - Monsfeld(Alemania Federal); Yacimientos "Red-Beds". Mount Isa(Australia); Sullivan(Canada); Cinturón de Cobre de Zambia; "Pizarras Cupríferas". Kidd Creek, Sullivan(Canada), Kuroko(Japón). Bisbee, Globe(USA); Shaba(Zaire); Chuquicamata(Chile). Cananea(Mexico); United Verd Extension (USA); algún "Porphyry Copper".

YACIMIENTOS DE COBRE EN EL MUNDO



2.2. Análisis de las Principales Minas del Mundo.-

En este apartado se quiere dar una visión de la minería del cobre en el mundo e ilustrar las clasificaciones anteriormente detalladas con algunos ejemplos de los distintos tipos de yacimientos explotados.

Con el objeto de proporcionar un marco más completo y ordenando de las principales explotaciones mineras de cobre se han agrupado estas por países. Obviamente se han elegido los principales países productores de cobre del mundo y, a la vez, se hace una breve reseña de las principales características y recursos de la industria minera del cobre de dichos países.

Se incluye una breve descripción de las minas más representativas y/o importantes de cada país. Esta descripción pretende, en general, proporcionar las características geológicas y mineras de las explotaciones así como su situación geográfica, producción, etc.

Principalmente se han seleccionado dentro de cada país las minas que poseen una capacidad de producción de más de 3 millones de toneladas de mineral por año. Sin embargo se han considerado también estos criterios para la selección de las prin-

.../...

cipales explotaciones de cada país, tales como, yacimientos de características geológicas o mineras sobresalientes, incluir una explotación a cielo abierto y una subterránea por país siempre que sea posible, incluir la mina más importante y grande de cada país, incluir en cada país distintos tipos de yacimiento, etc.

Es importante recalcar que la selección y descripción de las principales explotaciones mineras del mundo están limitadas por la disponibilidad de la información en el momento de realizar el estudio. Por ejemplo, es un hecho reconocido en los ambientes mineros internacionales la falta de información existente respecto a las explotaciones mineras en los países del Este.

Afortunadamente, y a pesar de estos problemas, la relación de minas realizada en esta sección es suficientemente completa y representativa de la industria minera del cobre en el mundo, actualmente.

El objetivo principal del análisis de las principales minas en el mundo es proporcionar una medida de las condiciones actuales de explotabilidad de los distintos tipos de yacimientos de cobre en los diferentes países. Una simple compara

.../...

ción de la situación española y las características de los recursos minerales de cobre españoles con la industria minera del cobre en el mundo puede aportar conclusiones importantes para el aprovechamiento de dichas riquezas nacionales.

A continuación se describen las principales minas del mundo empezando por las explotaciones localizadas en los países de América y se continua por orden con África, Australia, Asia y Europa.

2.2.1. Canadá.-

Según el informe preliminar "World Copper Reserves and Resources", elaborado en 1976 por el Centro de Recursos Naturales, Energía y Transporte de las Naciones Unidas, Canadá posee unas reservas estimadas en 20,4 millones de toneladas de Cu contenido, cifra que representa un 4,3% del total mundial de las reservas de cobre estimada.

En cuanto a producción, Canadá ocupa el cuarto lugar en el mundo, detrás de EE.UU., Rusia y Chile. La producción anual durante 1978, 1979 y 1980 fue de 659,644 y 728 mil toneladas de cobre, respectivamente. La producción de Canadá representa aproximadamente un 9% del total de la producción mundial.

.../...

Existen en Canadá alrededor de 20 compañías mineras importantes con producción minera de cobre. Alrededor de siete compañías producen algo más del 50% del total nacional. En 1976 - solo un 61% de la producción minera fue tratada en fundiciones. La capacidad de fundición de Canadá está concentrada en cuatro firmas que son Falconbridge, Noranda, Hudsom Bay e International Nickel. La capacidad de refinería está controlada por dos compañías, Canadian Copper que es una subsidiaria de Noranda e International Nickel.

Falconbridge explota los yacimientos de níquel-cobre en Sudbury, en Ontario, y produce concentrados de cobre proveniente de minas en Quebec y el Oeste de Canadá. La producción de Quebec se transporta hasta las plantas de Noranda para su -- fundición y refino.

International Nickel Company of Canada Ltd. (INCO) es el líder mundial en la producción de níquel pero, a la vez, es un gran productor de cobre gracias al contenido de cobre en los minerales en sus minas de Sudbury en Ontario.

Noranda Mines Ltd. es la compañía líder en la producción de cobre de fundición y refinados en Canadá y posee en propiedad, mayoritaria o minoritariamente, un gran número de empresas

.../...

sas mineras de cobre. La mayoría de sus concentrados de cobre son enviados a las plantas de Noranda.

Otras compañías productoras de cobre en Canada' son Hudson -- Bay Mining and Smelting (controlada por el grupo Anglo-American), Lornex Mining Corporation (controlada por Río Tinto- - Zinc) y Texasgulf Canada, Ltd., subsidiaria de la compañía americana del mismo nombre.

HORNE MINE, NORANDA (Noranda Mines Ltd.)

El depósito de Noranda, Horne Mine, está situado a 300 m. de altura sobre el nivel del mar en las costas del Lago Tremoy, en Timiskaming County, en el oeste de Quebec.

El complejo de sulfuros Noranda es famoso por haber dado nacimiento a una de las empresas mineras más grandes del mundo. Aunque geologicamente hablando no es el más claro de los -- ejemplos, Noranda es el yacimiento más conocido de este tipo diferente de cuerpos mineralizados que contienen sulfuros de hierro con cantidades importantes de cobre, oro y cinc, asociados con rocas volcánicas riolíticas. Presenta un contraste interesante con los yacimientos Kuroko, Río Tinto y Chippre los cuales pertenecen al tipo de depósito de sulfuros pi

.../...

ríticos.. Depósitos similares no solo ocurren en rocas del periodo Arcaico como las de Noranda, sino que también se presentan en rocas más jóvenes como los famosamente conocidos - en el distrito Skeleftea en Suecia.

Noranda está situado en el centro del limbo sur del gran cinturón del pliegue Abitibi, es una zona de apretados pliegues y fallas en rocas volcánicas arcaicas y sedimentarias que se extienden 200 km. a través de los distritos mineros de Kirkland Lake, Larder Lake, Noranda, Cadillac, Malartic y el Val d'Or.

La rica mineralización de la región incluye los depósitos masivos de sulfuros del tipo Noranda de vetas cuarcíferas de oro, y depósitos de oro en zonas de alteraciones.

El complejo de Noranda está formado por más de treinta cuerpos mineralizados que se presentan en una serie de rocas rílíticas, que buzan con una fuerte pendiente, contenidas en un bloque limitado por zonas de fallas. Las rocas que contienen el mineral forman una secuencia de flujos de riolita, -- riolita brechosa, tobas y unas pocas intrusiones de pórfido cuarcífero.

.../...

Hay varios tipos de minerales tales como piritas masivas, - con o sin cobre, cinc u oro, pero los principales cuerpos mineralizados estan formados por pirrotita masiva, calcopirita y magnetita con cantidades variables de oro y plata. También hay zonas de riolita alterada rica en sílice con algo de oro, entr 3 y 6 g/t.

Durante la vida de la mina Horne los cuerpos mineralizados - de Noranda han rendido 58 millones de toneladas de mineral - con una ley promedio de 2,4% de Cu y 5,5 g/t. de oro con can-
tidades menores de plata y otros metales. El mineral de pi-
rrotita-calcopirita presenta leyes de 7% de Cu y el mineral
de pirita tiene en promedio 0,7% de Cu y 6 g/t. de oro.

La mina Horne fue la propiedad original de Noranda Mines la cual se ha convertido después en una gran compañía minera. - La explotación subterránea se ha llevado principalmente me-
diante el método de rebanadas ascendentes con relleno. La mi-
na que ha llegado hasta una profundidad de 2.440 m. bajo la
superficie tuvo una capacidad máxima de producción de 5.000
toneladas diarias de mineral.

El mineral más rico se enviaba directamente a la fundición y el restante se sometía a un proceso de concentración por flo

.../...

tación. La mina poseía sus propios hornos de reverbero y convertidores, y que después de la extinción de la mina se utilizan actualmente para la fundición de otros minerales en el área.

MINA LORNEX (Lornex Mining Corp. Ltd.)

Esta mina localizada en Highland Valley, dentro del cuadrilátero de cobre de British Columbia es la mayor explotación de cobre a cielo abierto de Canadá.

El yacimiento Lornex, del tipo porphyry copper, se encuentra dentro del batolito Guichon, en la meseta interior de British Columbia.

La mineralización de calcopirita, bornita y molibdenita con pequeñas cantidades de pirita aparece principalmente como relleno de fracturas, vetas carbonatadas con más de 30 cm. de ancho, a lo largo de grietas, cruceros y pequeñas fracturas en una roca de grano medio a grueso disecada por varios diques más jóvenes. Hay también presente mineralización diseminada.

El cuerpo mineralizado es de forma elíptica de 1.200 m. de -

.../...

longitud por 490 m. de ancho y más de 600 m. de profundidad. Tiene una montera oxidada de unos 20 m.

Las reservas en Enero de 1981 se cifraban en 412 M.de t. con una ley de 0,382% de Cu y 0,015% de Mo. Además existen cerca de 180 M. de t. de baja ley que están siendo separadas seletivamente.

La corta tiene unas dimensiones de 2.590 m. (norte-sur) por 1.524 m., y una profundidad de 327 m. Los bancos tienen 12 m. de altura y las pistas un ancho mínimo de 25 m.

La perforación se hace con barrenos de 25 cm. de diámetro -- con malla de 80 x 80 cm. de roca dura y 90 x 90 cm. en roca más blanda, y la carga con excavadoras eléctricas de 16,8 m^3 y 11,5 m^3 de capacidad de cazo.

La planta de tratamiento de 43.500 t/día de capacidad, ha sído ampliada recientemente a 72.000 t/día. Se obtiene dos tipos de concentrados: un concentrado de cobre con una ley del 33% de Cu y un concentrado de molibdeno con una ley de 55% - de Mo, 1% Cu y 0,02% Pb. Este último es lixiviado a alta presión y temperatura para bajar la ley en cobre a menos de -- 0,1%, obteniendo cobre cementado.

.../...

En 1980 se trataron 16,03 M. de t. de mineral con una ley media de 0,411% de Cu y 0,017% de Mo. El metal contenido en los concentrados alcanzó 57.309 t. de cobre, 2.183 t. de molibdeno y 14.373 kg. de plata. La recuperación de cobre en el concentrado fue 89,8% y la de molibdeno 81,4%.

2.2.2. Estados Unidos de América.-

La producción de cobre de los Estados Unidos está principalmente concentrada en las manos de 18 compañías, las cuales operan 15 fundiciones primarias. La producción originada de unas 39 diferentes localizaciones cubre el 96% de la producción nacional y más del 50% de la misma proviene del estado de Arizona.

La minería a cielo abierto aporta la mayor parte del cobre extraído, alrededor de un 80% de la producción total.

La minería subterránea está dominada por dos productores: - San Manuel y White Pine. Además de estas dos operaciones, una producción significante de la minería subterránea aportan la mina Superior, en Arizona, y la mina de UV Industries en Bayard, Nuevo México.

.../...

Las reservas de cobre en los Estados Unidos son muy extensas. El Servicio Geológico de EE.UU. ha estimado las reservas en 90 millones de toneladas de cobre que equivalen a un 20% del total mundial de 450 millones de toneladas, cifra también estimada por el mismo Instituto.

Competitivamente hablando la posición de los Estados Unidos en el cobre es fuerte si se miran las reservas, la ingeniería, el transporte, las ventas en mercados nacionales crecidos y la habilidad de formación de capitales.

En 1925 los Estados Unidos producían un 51% de la producción minera mundial de cobre y los países en desarrollo alrededor del 31% (en su mayoría de Latinoamérica). La proporción declinó gradualmente y en 1976 los Estados Unidos producían sólo un 13% de la producción minera mundial (y los países en desarrollo el 40%). En 1976 el Bloque Soviético más la República Popular de China produjeron un 22% de la producción mundial de cobre. El 19% restante fue producido por Canadá - (9%), Europa Occidental (4%), Australia (3%), Sur Africa (3%) y Japón (1%). La producción de cobre refinado de Estados Unidos fue de 1.715.000 toneladas métricas en 1976.

A continuación se describen las características más importan

.... / ...

tes de Bingham Canyon, la mina a cielo abierto más grande -- del mundo, y San Manuel, la mina subterránea más grande de - Estados Unidos.

BINGHAM CANYON (Kennecott Copper Corp-Utah Copper Division)

El yacimiento de Bingham Canyon está situado en el estado de Utah a 35 kilómetros al Sur Oeste de Salt Lake City. Es uno de los primeros yacimientos del tipo "porphyry Copper" en -- ser explotado y en él se comenzó a desarrollar la tecnología y tradición de grandes explotaciones a cielo abierto de ex-- tensos yacimientos y bajas leyes.

En 1979 la producción alcanzó un record de 34,3 millones de toneladas de mineral de cobre, con una ley promedio de -- 0,586% Cu, siendo la producción más alta registrada hasta en tonces.

El yacimiento se presenta en la formación de Oquirrh Mountains compuesta por un complejo tectónico de rocas del Paleozoico. Las rocas principales del área son sedimentos, conocidos como el Grupo Oquirrh, compuestos de cuarcitas y calizas, sometidas a plegamientos durante el Mesozoico.

.../...

La mineralización está en una masa rocosa de granodiorita, o asociada a ella. De hecho existen dos masas rocosas, la de Bingham Canyon extensivamente alterada y, más al sur, la de Last Chance prácticamente sin alteraciones. Casi toda la mineralización está asociada con la primera de ellas mientras que la segunda parece estar desprovista de minerales importantes. La edad de las intrusiones data del Eoceno Medio.

El depósito de Bingham Canyon es aproximadamente una zona triangular de mineralización diseminada y en vetas de sulfuros de cobre, tiene una extensión en planta de 1,5 por 2,25 kilómetros y se sabe que continúa por debajo del actual fondo de corta ubicado a más de 300 m. bajo la superficie original. La mayor parte del mineral se presenta en las partes alteradas de la granodiorita, pero una proporción sustancial se encuentra también en las rocas encajantes.

La mineralización primaria consiste en sulfuros diseminados y finas vetas ocupando entre 1 y 4 por ciento de la roca. En la zona central de la mineralización son más abundantes la calcopirita, la bornita y la molibdenita. En la zona periférica existe una mayor variedad de minerales tales como enargita, galena, blenda y tetrahedrita. El mineral original explotado en Bingham fué la calcosina con una ley equivalente

.../...

a dos o tres veces la ley promedio del mineral primario subyacente. Asociados a la calcosina habían carbonatos y óxidos de cobre y cobre nativo.

Se sabe que se han extraído de la corta alrededor de 1.300 millones de toneladas de mineral con un contenido aproximado del 0,8 por ciento de cobre. Las reservas totales, aunque -- con una ley promedio menor a la señalada, deben exceder los 2.000 millones de toneladas de mineral. El mineral contiene también alrededor de un 0,05 por ciento de MoS_2 y cantidades recuperables de oro y plata.

La corta actualmente tiene 3 km. de largo por 2,5 km. de ancho y más de 300 metros de profundidad. La razón estéril a mineral es alrededor de 2,5 a uno. El mineral se lleva a través de un tunel hasta la planta de concentración y fundición. La recuperación de calcopirita y molibdenita se realiza mediante una flotación del mineral, y son separados por un proceso similar. Los metales preciosos son recuperados durante los procesos de refinado electrolítico del cobre fundido.

La capacidad efectiva de producción de Bingham, basada en datos del año 1980, es de 225.000 toneladas de cobre contenido. Según los actuales planes de expansión se espera que para --

.../...

1985 dicha capacidad sea de 250.000 toneladas de cobre contenido.

Desde hace muchos años Bingham posee el récord indiscutible de ser la mina de mayor producción de mineral y estéril del mundo.

SAN MANUEL. (Magma Copper Company)

La mina de San Manuel es una explotación por hundimiento de bloques, la mina subterránea más grande de los Estados Unidos, de la cual se han extraído por sus pozos más de 300 millones de toneladas de mineral de cobre.

Desde sus comienzos en 1956 la mina ha aumentado su capacidad de producción de 30 mil toneladas de mineral al día a 62.500 toneladas de mineral/día. La producción anual en 1979 fué de 22.266.825 toneladas de mineral, todo un récord en la minería subterránea en Estados Unidos.

Toda la producción proviene del yacimiento de San Manuel, -- sin embargo, se lleva a cabo trabajos de preparación en el yacimiento de Kalamazoo en los niveles 2.950, 3.440, 3.530 y 3.740.

.../...

La explotación profundizó progresivamente a partir del nivel de partida 1.475, a los niveles 1.775 y 2.075. Actualmente se explotan los niveles 2.375 y 2.675.

El yacimiento de San Manuel es un gran depósito diseminado - de leyes bajas. La mineralización primaria de calcopirita -- con una ley del 0,7% Cu se ha depositado formando como la "Cáscara" de un cilindro de sección elíptica. El eje longitudinal del cilindro sigue una dirección noreste y se hunde -- suavemente hacia el suroeste. El núcleo del cilindro es una zona de mineralización marginal y alterada.

La potencia de la "cáscara" mineralizada varía entre 30,48 y 304,80 metros .El conjunto de la mineralización y zona alterada tiene una dimensión longitudinal de 2.438 m. con ejes transversales mayores y menores de alrededor de 1.524 m. y -- 762 m., respectivamente.

Se cree que el yacimiento se ha formado en conjunción con la intrusión de una monzonita porfírica (Laramide) en una roca base de edad precámbrica (monzonita cuarcífera). Estas dos masas ígneas son las rocas principales que contienen el yacimiento.

.../...

Una vez formado el sistema cilíndrico del yacimiento este -- fué sometido a una rotación periódica hacia el noreste y al mismo tiempo fue bisectado por la falla de San Manuel, produciéndose dos segmentos. El segmento en la placa inferior es el cuerpo mineralizado de San Manuel y el segmento en la placa superior es el cuerpo mineralizado de Kalamazoo.

La mineralización está casi igualmente distribuida entre la monzonita cuarcífera precámbrica y la monzonita Laramide. El mineral en la primera tiende a tener una ley ligeramente superior. Los minerales primarios en los cuerpos mineralizados de San Manuel y Kalamazoo son pirita, calcopirita, molibdenita y bornita (muy raramente). Minerales de óxidos de cobre , principalmente crisocola, se presentan en la parte superior - del cuerpo mineralizado de San Manuel. Entre la zona oxidada y la zona de minerales primarios existe una zona mixta con - calcosina. Tanto la calcosina como los minerales oxidados -- son deficitarios en Kalamazoo. El total de reservas probadas asciende a 750 millones de toneladas con una ley promedio de 0,69% Cu.

Desde sus comienzos la explotación se realiza por el método de hundimiento de bloques y el mineral llega por gravedad -- hasta el nivel de transporte a través de chimeneas de extrac

.../...

ción y después chimeneas de transferencia, formando dicho nivel y ambas chimeneas la infraestructura básica de los bloques de explotación.

Por encima de las chimeneas de extracción se encuentra el nivel de corte o hundimiento formado por un reticulado de galerías y pilares. Dichos pilares son volados posteriormente para provocar el hundimiento del bloque, el que se puede controlar siguiendo una determinada secuencia en las voladuras.

El mineral que cae por las chimeneas de extracción pasa por unas parrillas donde se reducen mediante voladura secundaria las rocas de tamaño grande. El nivel donde se instalan las parrillas está 4,5 m. por debajo del nivel de hundimiento y 18,2 m. por encima del nivel de transporte y se denomina nivel de parrillas.

Es necesario la utilización de hormigón para el sostenimiento de las áreas de extracción y galerías de transporte. El mineral almacenado en las chimeneas de transferencia, de 55 toneladas de capacidad cada una, es cargado en vagones de 12,5 toneladas de capacidad y transportado en trenes de 15 vagones hasta uno de los cuatro pozos de extracción existentes en la mina.

.../...

En la superficie el mineral es sometido a un machaqueo primario y se almacena en silos de 10.000 toneladas de capacidad, desde donde se transporta en tren hasta la planta, situada a 9,65 kilómetros de la mina.

2.2.3. Méjico.-

Méjico pasará a ser el sexto país productor de cobre del mundo cuando se alcancen las metas de producción previstas en las dos minas de cobre más grandes del país: La Cananea y La Caridad. Ya en el pasado, Méjico fue uno de los países líderes en la producción de cobre en el Hemisferio Occidental. - Sin embargo en años recientes su producción ha estado por debajo del nivel alcanzado en el año 1929.

La producción anual de Méjico durante los años 1978, 1979 y 1980 fué de 87,110 y 160 mil toneladas de cobre, respectivamente. Estas cifras indican ya que en el plazo de estos tres años Méjico ha doblado prácticamente su producción.

En 1976 las reservas de Méjico se estimaban en 21,6 millones de toneladas de cobre contenido, cifra que representaba un - 5,1% de las reservas mundiales. Estas cifras indican también el gran potencial minero de cobre del país que el gobierno -

.../...

de Méjico se muestra ansioso por desarrollar.

CANANEA. (Cia Minera de Cananea)

La Compañía Minera de Cananea se ha embarcado en un programa de expansión de las explotaciones y planta de concentración para pasar de la producción actual de 30.000 toneladas de mineral/día a 70.000 toneladas de mineral/día en 1936.

La futura producción en Cananea provendrá de las cortas Kino -Colorada-Veta y Area Oeste que están siendo preparadas al noroeste de la Corte Cananea, la cual se encuentra extinguida desde 1980.

El distrito de Cananea tiene una extensión de 3 por 10 kilómetros y está situado en las montañas Cananea de Sonora a unos 210 kilómetros al norte de Hermosillo y 80 kilómetros al suroeste de Bisbee, Arizona (Estados Unidos). Es una localidad tipo para las chimeneas (conductos volcánicos) de brechas mineralizadas, de las cuales han sido identificadas unas 50 en el sector.

Este tipo de yacimientos han proporcionado el grueso de la producción de la mina Cananea desde el año 1900. Una de es-

.../...

tas chimeneas, la Colorada, rindió 7 millones de toneladas - de mineral de cobre con una ley de 0,6 por ciento y más de - 0,4 por ciento de molibdeno, mas oro y plata. La corta de Cananea se desarrolló sobre un área de siete chimeneas de brecha mineralizada.

Las chimeneas de brechas mineralizadas no son más que "la -- punta visible del iceberg". Las chimeneas suben a través de rocas volcánicas suprayacentes desde un cuerpo intrusivo único, masivo y mineralizado. Este cuerpo es el objetivo del actual desarrollo minero: la corta final de Kino-Colorada-Veta y Area Oeste que tendrá un diámetro de 2,5 kilómetros y su punto más bajo estará a 1.170 metros sobre el nivel del mar, estando el punto más alto en el desmonte a 2.100 metros sobre el nivel del mar.

Las actuales reservas totalizan 1.850 millones de toneladas de mineral basadas en una ley de corte de 0,5% de Cu. Las reservas se clasifican en probadas (47%), probables (32%) y posibles (19%). Las reservas explotables son 1.260 millones de toneladas con una ley de 0,657% de Cu y una ley de corte variable de alrededor de 0,45% de Cu. Estas cifras colocan a Cananea junto a los mayores yacimientos del tipo "porphyry - Copper" del mundo.

.../...

Toda la explotación y planificación actual está basada en métodos de explotación a cielo abierto aunque la planificación a largo plazo contempla el retorno a la minería subterránea. Se estima que la explotación a cielo abierto prevalecerá durante los siguientes 20 años.

En la corta se extraen hoy 26.000 toneladas de mineral/día, - 100.000 toneladas de estéril/día y 100.000 toneladas de mineral oxidado/día. Las cortas Kino y Colorada, con dos frentes cada una, son las actuales áreas de trabajo. Eventualmente - dichas cortas se unirán para formar una sola.

La mina es explotada por bancos de 15 metros de altura con - un patrón de perforación de 6 por 8 metros en mineral y de 8 por 8 metros en estéril. El equipo pesado de minería más importante consta de 3 palas de 9,88 a 11,5 m³, 3 palas de -- 12,6 a 12,9 m³, 3 palas de 19 a 20,5 m³, nueve perforadoras 60 R B-E - cuatro que perforan barrenos de 250 mm de diáme-- tro y cinco unidades nuevas que perforan barrenos de 311 mm. de diámetro- 47 camiones wasco de 120 toneladas de capacidad y 16 camiones wasco de 170 toneladas de capacidad.

Las operaciones mineras están dirigidas desde una torre de - control con una frecuencia de radio para los camiones y otra

.../...

para el resto del equipo. La expansión de la corta exigirá - seguramente sistemas aún más sofisticados para la supervisión de las operaciones, y que actualmente están siendo estudiados.

En cuanto a la planta de concentración cabe destacar las nuevas líneas de molienda instaladas en 1980 para tratar el mineral de las cortas Kino y Colorada que tiene mayor dureza - que el de la corta Cananea. La flotación se lleva a cabo en celdas de $11,32\text{ m}^3$ de capacidad.

También se ha construido una planta de precipitación y separación electrolítica para tratar las soluciones provenientes de las operaciones de lixiviación de los "stocks" de minerales oxidados de baja ley (0,15-0,30% de Cu). La planta entró en operación en septiembre de 1980 con una capacidad de extracción de 40 toneladas de cobre/día.

Dada la pureza de los concentrados de Cananea la fundición - es capaz de producir cobre blister de alta ley de 99,5 a -- 99,7% el cual es transportado hasta ciudad de Méjico para su refino.

.../...

LA CARIDAD. (Mexicana de Cobre, S.A.)

La Caridad entró en explotación durante la segunda mitad del año 1979, y con una capacidad diseñada de 72.000 toneladas - de mineral al día se colocó entre las minas a cielo abierto de "porphyry copper" más grandes del mundo. Durante los meses iniciales algunos problemas de puesta en marcha y mantenimiento limitaron la producción a 40.000 toneladas de mineral/día.

La Caridad está situada en el noroeste de Sonora, aproximadamente a 200 kilómetros de Hermosillo. El complejo minero está basado en unas reservas explotables de 680 millones de toneladas de mineral con una ley promedio de 0,6% de cobre y - 0,02% de molibdeno. La capacidad de producción será eventualmente ampliada a 90.000 toneladas de mineral diarias.

La Caridad es un yacimiento de características muy similares a los yacimientos de "porphyry copper" del suroeste de los Estados Unidos. Los patrones de las mineralizaciones y alteraciones están cercanamente asociados con pórfidos de monzonitas cuarcíferas, cuya textura y composición son típicas de las intrusiones asociadas con otros depósitos de "porphyry copper".

.../...

La ley de la mineralización se debe casi totalmente al resultado de un enriquecimiento de calcosina supergénica. La única diferencia importante con otros yacimientos similares es la migración lateral del enriquecimiento supergénico encontrada alrededor de los márgenes del depósito.

El enriquecimiento supergénico del depósito es de vital importancia porque es el que hace que el yacimiento de La Caridad sea rentable. El cobre contenido en la zona de la calcosina enriquecida es aproximadamente 3,5 veces el de la mineralización hipogénica subyacente. La mineralogía en la zona enriquecida es relativamente simple y consiste de calcosina, covellina y digenita, junto con pirita y calcopirita, siendo éste último el más abundante de estos minerales.

Con el objeto de recobrar la inversión del proyecto tan pronto como sea posible, la dirección de La Caridad ha decidido explotar la porción más rica del yacimiento durante los años de producción iniciales.

El fondo final de corta al que se estima llegar en 30 años - se encontrará en la cota 1.200 metros. Las dimensiones máximas de la corta según la planificación actual serán de 1950 metros en la dirección este-oeste y 2.700 metros en la direc

.../...

ción norte-sur. La corta final tendrá 32 bancos de 15 m. de altura. El talud de trabajo es de 37° y el talud final de la corta será de 45°.

La perforación en bancos se realiza con perforadoras rotatorias Bucyrus Erie 60R y unidades Chicago Pneumatic 750 H. Los barrenos se perforan 1.5 m. por debajo del nivel de bancos y con patrones de perforación de 10 por 8 metros y 6 por 6 metros.

El consumo de explosivos es de 170 gramos por tonelada de material arrancado. Se arrancan aproximadamente 3.012 toneladas por barreno, con pegas de 50 barrenos en promedio que arrancan aproximadamente 150.000 toneladas de mineral.

Se utiliza la combinación convencional de palas y camiones para el transporte del mineral y estéril arrancado. Se dispone de cinco palas P & H 2.100 BL y un cargador sobrerruedas DART 600. Las palas operan actualmente un 60% del tiempo en estéril. La flota de camiones está formada por 37 máquinas wasco Haulpak 120B de 108,86 toneladas de capacidad, de las cuales se utilizan normalmente 24 por turno, 10 en mineral y 14 en estéril.

.../...

El mineral pasa a la planta de machaqueo primario, ubicada unos 243,84 m. por debajo del actual nivel de explotación y fuera de la corta, donde se reduce a menos 203,2 mm. Posteriormente pasa por las instalaciones de machaqueo secundario que posee machacadoras de conos y localizadas 336 m. por debajo de los actuales niveles de trabajo de la corta.

La molienda se realiza en molinos de bolas de tipo rebalse y en una sola etapa. La planta de flotación aloja 168 celdas - de 14,15 metros cúbicos distribuidas en 12 filas de 14 celdas cada una, también hay celdas de repaso de 8,49 metros cúbicos.

El concentrado de cobre final es espesado, filtrado y secado antes de ser transportado al edificio almacén de 17.000 toneladas de capacidad. La mayor parte de la producción anual de La Caridad de 600.000 toneladas de concentrado de cobre será exportada mientras se termina la construcción de la fundición. Se estima que se retiene para usos internos del país - un 20%. Los concentrados destinados al extranjero son transportados 25 kilómetros en camión hasta Nazcori y desde allí en tren hasta el puerto de Guaymas en el Océano Pacífico. -- Aquellos concentrados exportados a Estados Unidos son transportados en tren directamente utilizando la ruta Nazori-Bisbee.

.../...

2.2.4. Perú.-

En Perú los proyectos de expansión de Cuajone y Cerro Verde elevaron la producción de cobre de 181.000 toneladas en 1975 a 366.000 toneladas en 1978, lo cual constituye el porcentaje de incremento más grande entre los países que forman -- CIPEC.

Desde 1966, cuando Southern Perú Copper Corporation comenzó el proyecto de Cuajone, no ha habido nuevas inversiones extranjeras en el país. Pero indudablemente esta situación puede hoy cambiar y nuevos acuerdos para construcción y puesta en marcha de nuevas minas pueden esperarse.

En cuanto a las empresas nacionales, Minero Perú llevó a cabo con éxito el proyecto de Cerro Verde y ahora está abocado a la expansión de la refinería de cobre de Ilo. Centromin, - la segunda compañía más grande del país, está trabajando en varios proyectos de expansión entre los que se incluyen la mina Cobriza (de 2.350 toneladas de mineral/día a 9.000 toneladas de mineral/día) y la capacidad de refinación en La Oroya.

En 1978, las producciones de Toquepala y Cuajone -las dos mi

..../....

nas operadas por empresas privadas- representaron el 74% de la producción total del Perú. Las empresas estatales Centro-min-Perú y Minero Perú aportaron el 13,2% y el 7,2% respectivamente.

Las producciones de cobre del Perú durante los años 1978, - 1979 y 1980 fueron de 366,397 y 355 mil toneladas de cobre , respectivamente. Perú es el séptimo productor de cobre del mundo. En 1976 sus reservas ascendían a 27,6 millones de toneladas de cobre, cifra que representaba un 6,6% del total -- mundial de reservas de cobre.

CUAJONE (Southern Peru Copper Corporation)

El yacimiento de Cuajone que comenzó a explotarse en 1976 es tá situado en el sur del Perú a 30 kilómetros al noreste de la ciudad de Moquegua y a 25 kilómetros al noroeste de la mi na Toquepala, al igual que esta última, se explota a cielo abierto.

Las evaluaciones del yacimiento de Cuajone, que se encuentra a 3.500 metros sobre el nivel del mar, estimaron unas reservas de mineral de aproximadamente 430,92 millones de toneladas de sulfuros con un promedio de 1% de cobre con una ley -

.../...

de corte de 0,45%, 22,68 millones de toneladas de óxidos de cobre de ley 1,35% y 108,86 millones de toneladas de sulfuros de bajas leyes con un promedio de 0,3% de cobre. El yacimiento también contiene un promedio de 0,0225% de MoS_2 . Las reservas actuales de mineral de sulfuros de cobre son aproximadamente 390 millones de toneladas.

La geología del distrito minero está caracterizada por un basamento Jurásico-Cretácico-Terciario de rocas de flujo volcánico homoclinales, que se extienden en dirección noroeste junto a la ladera oeste de los Andes, y son unidades continuas entre Toquepala y Cuajone.

Las rocas del basamento han sido plegadas e intruidas a lo largo de un cinturón noroeste por grandes masas de basalto - diorítico Andino. Las rocas presentes en la zona mineralizada son: basalto Cuajone, andesita Cuajone, pórfido cuarcífero Quellaveco y dolorita Toquepala.

El yacimiento de Cuajone está compuesto de una capa superior discontinua y apróximadamente plana de minerales óxidos de cobre que descansan sobre una capa tabular de un sulfuro enriquecido. Directamente debajo de estas capas se encuentra el grueso del cuerpo mineralizado compuesto de sulfuros pri-

.../...

marios.

Visto en planta el yacimiento tiene forma ovalada con su eje mayor orientado en dirección noroeste y mide apróximadamente 1.200 por 900 metros y ocupa un área de 932.000 metros cuadrados. El yacimiento en profundidad tiene forma de embudo.

El mineral de sulfuro más abundante en Cuajone es la pirita y el principal sulfuro de cobre en la zona primaria es calcopirita. En la zona de sulfuros enriquecidos el principal mineral es la calcosina que, junto con la covellina en cantidades menores, se encuentra como reemplazo total o parcial de la calcopirita y pirita. En cantidades pequeñas y con una -- distribución irregular se presenta diseminada la molibdenita. En la zona oxidada el principal mineral es la crysocola, presentándose también tenorita y malaquita en cantidades meno--res.

Durante el periodo de desmonte (descubierta de la corta) entre 1970 y 1976 se movieron 263 millones de toneladas de material incluyendo 4 millones de óxidos. El estéril es transportado por trenes y/o camiones. Solo tres cortas más en Sur América utilizan trenes: Toquepala, Chuquicamata en Chile y Cerro Bolívar en Venezuela.

..../....

Según el diseño de la corta la máxima elevación de los bancos es 3.715 m. en el límite noreste de la corta y 3.850 metros en el límite sureste. Actualmente se encuentran abiertos 28 bancos en el sur de la corta y 14 en el norte. La altura de bancos es de 15 metros. El fondo final de corta según el plan de 30 años de explotación se localiza en la cota 3.100 metros. La razón estéril/mineral final se estima será de 2,7/1 incluyendo el desmonte inicial.

Diariamente se extraen en promedio 225.000 toneladas de material incluyendo 55.000 a 60.000 toneladas de mineral. Al mes se extraen apróximadamente 1,5 millones de toneladas de mineral, de las cuales alrededor de 500 mil son cargadas directamente a los trenes y el resto se transporta en camiones y -- posteriormente en trenes hasta la machacadora primaria. Según datos oficiales de producción en 1978 Cuajone es la mina que produce más mineral de cobre en el Perú.

Los patrones de perforación en bancos varían ampliamente en la corta, desde filas simples a dobles o triples de 6 por 6 metros a 14 por 14 metros, siendo el patrón promedio de 8 -- por 6 metros.

Se mantienen siempre ocho máquinas perforadoras en funciona-

.../...

miento y una en mantenimiento. El diámetro de perforación de los barrenos varía entre 63,5 mm. a 317,5 mm., según la perforadora utilizada.

El tamaño de las voladuras varía entre pegas de 90,72 mil toneladas y pegas ocasionales de 907,2 mil toneladas , pero en promedio las pegas son de 60 barrenos con rendimientos de -- 300 mil toneladas de material arrancado.

Para las operaciones de carga del mineral y estéril se dispone de 12 palas, las unidades de 11,5 m³ de capacidad son generalmente utilizadas en estéril y las de 6,84 y 6,08 metros cúbicos en mineral. La flota de camiones está formada por 20 unidades de 120 toneladas, 22 unidades de 100 toneladas y 8 unidades de 50 toneladas. Normalmente los camiones más pequeños se emplean en los bancos de mineral inferiores.

En cuanto a los trenes se utilizan 12 vagones, de 38 metros cúbicos por tren,tirados por una locomotora de 2.250 h.p., - que pueden ser cargados en 25 a 30 minutos utilizando palas de 11,5 metros cúbicos o en 45 a 50 minutos cuando se utilizan palas de 6,84 metros cúbicos.

La planta de concentración de Cuajone está a 6,43 kilómetros

.../...

de la corta y a 3.400 metros sobre el nivel del mar. Actualmente opera en exceso de la capacidad diseñada de 40.824 toneladas por día, pero se ampliarán las instalaciones para alcanzar una capacidad de 65.000 toneladas/día.

El concentrado que se obtiene con leyes entre 36% y 38% de cobre, es filtrado y secado antes de transportado en tren -- hasta la fundición de Ilo.

CERRO VERDE (Empresa Minera del Perú)

La explotación a cielo abierto de Cerro Verde está situada - a unos 15 kilómetros al sur de la ciudad de Arequipa en el - sur del Perú. La mina es un proyecto dividido en dos fases - realizado y operado por la empresa estatal Minero Perú.

La fase I produce cátodos de cobre por separación electrolítica de la solución proveniente de la lixiviación de los óxidos de cobre. La fase II explotará sulfuros de cobre a un -- ritmo de 20.000 toneladas/día que serán procesados en una - planta de flotación y que se espera poner en funcionamiento en 1984.

El yacimiento está formado por dos cuerpos mineralizados del

..../...

tipo "porphyry copper" que se denominan Cerro Verde y Santa Rosa. El primero tiene forma elíptica y mide 1.300 metros de largo por 800 metros de ancho, la forma de Santa Rosa es similar y sus dimensiones son 1.400 metros de largo y 650 metros de ancho. Ambos cuerpos están separados en superficie - por una zona de estéril, sin embargo alcanzan una profundidad de más de mil metros uniéndose en el fondo en una raíz - común.

Las reservas de mineral de óxidos lixiviable son de 61,4 millones de toneladas con una ley promedio de 1,01% de cobre - basadas en una ley de corte de 0,20% de cobre. Las reservas de mineral de sulfuros de cobre son de 1.200 millones de toneladas de 0,60 por ciento de cobre con una ley de coste de 0,35% de cobre. El mineral de óxido de cobre predominante es la brochantita.

La fase de desmonte del yacimiento de Cerro Verde comenzó en Julio de 1974. Los planes para los primeros 10 años, es decir la fase I, fijaron como meta la extracción de 61,4 millones de toneladas de mineral lixiviable y 110 millones de toneladas de estéril, además de 11 millones de toneladas de - sulfuros que se apilarán hasta que puedan ser procesados en la fase II. La razón estéril a mineral promedio es de 1,6:1.

.../...

Los bancos de explotación en la corta tienen 15 m. de altura y un ancho mínimo de 35 m. Las pistas tienen un ancho de 25 m. y una pendiente máxima de 8%. El talud de trabajo de la corta es 37° y el talud trial de la corta es 45°.

Para la perforación en bancos se emplean 3 perforadoras rotatorias con un rendimiento en promedio de 94 m. perforados -- por máquina y turno. Los barrenos tienen un diámetro de -- 250,85 mm. y siguen una malla patrón de 7 por 7 metros. El explosivo utilizado es ANFO y se coloca en los barrenos utilizando mezcladoras montadas en camiones.

Para la carga del mineral y estéril arrancados se utilizan 4 palas eléctricas de 8,36 metros cúbicos de capacidad. Cada pala puede cargar por turno aproximadamente 5.600 toneladas y la disponibilidad mecánica de las palas es 83,5%.

El transporte del mineral y estéril se realiza con una flota de 10 camiones de 85 toneladas de capacidad. Cada camión puede transportar 2.000 toneladas por turno sobre una distancia promedio hasta la trituradora primaria de 2 kilómetros. La disponibilidad mecánica de los camiones es en promedio 73,8%.

El mineral de la corta pasa por la trituradora primaria que

.../...

está calibrado a 177,8 mm. y se obtiene el 90% del producto a menos 228,6 mm. Desde allí el mineral se lleva en camiones de 100 toneladas hasta las bateas de lixiviación.

Las soluciones de la lixiviación se enriquecen en una planta para extracción por disolventes obteniéndose un electrolito relativamente fuerte para el posterior proceso de separación electrolítica. Esta solución acuosa contiene 45 gramos por litro de cobre y se bombea hasta la planta de separación -- electrolítica.

El producto de la separación electrolítica son cátodos comerciales y la producción nominal de cátodos asciende a 33.000 toneladas de cobre/año.

2.2.5. Chile.-

La producción minera de Chile alcanzó 1.070.000 toneladas de cobre en 1980 lo que le mantiene como el tercer mayor productor de cobre del mundo, por detrás de EE.UU. y Rusia. La mayor parte de dicha producción proviene de la Corporación del Cobre (Codelco) que aporta alrededor de 900.000 toneladas de cobre/año. Codelco controla además el 70% de las reservas de cobre del país. Codelco también opera las cuatro minas de co

.../...

bre más grandes del país, que son por orden de producción: - Chuquicamata, El Teniente, El Salvador y la Ondina.

El resto de la producción proviene en gran parte de minas pequeñas privadas que procesan el mineral en plantas propias o, muchas veces, en plantas de tratamiento y fundiciones centralizadas pertenecientes a la Empresa Nacional de Minería (Enami). Esta empresa estatal también asesora técnicamente y promociona el crecimiento de la pequeña y mediana minería.

Pero no solo la producción actual de Chile es importante, la característica fundamental es que Chile es el lugar en donde la puesta en marcha de nuevas explotaciones de cobre, y mo--libdeno como subproducto, se puede materializar más rápidamente que en cualquier otro país. Los recursos básicos de cobre son enormes y las grandes minas están entre las que poseen - los costes de explotación más bajos del mundo.

Aparte de las minas actualmente en operación Codelco-Chile - posee otros yacimientos los cuales podrían ser desarrollados con la participación de empresas privadas nacionales o ex--tranjeras. Actualmente Codelco se enfrenta con el problema - de una gradual disminución de las leyes en todos los yaci--mientos que explota, por lo cual, existen planes de expan--

.../...

sión para aumentar la capacidad de extracción, y consecuente ampliación de las plantas de tratamiento y fundiciones, para mantener así su capacidad productiva y reducir sus costes de operación.

En 1976 las reservas de Chile se estimaban en 78,1 millones de toneladas, cifra que representaba el 18,6% de las reservas mundiales estimadas y que le colocaba como el 2º país con más reservas de cobre en el mundo.

MINA CHUQUICAMATA (Corporación Nacional del Cobre de Chile)

La mina a cielo abierto de Chuquicamata es una de las más conocidas en los círculos internacionales de la minería. Está situada a 1.500 kilómetros al norte de Santiago y a 150 kilómetros al este del puerto de Tocopilla. Chuquicamata está a 2.700 metros sobre el nivel del mar en el Desierto de Atacama, el área más seca de la tierra.

En el año 1978 Chuquicamata batió todos los records de producción alcanzando las 500.635 toneladas de cobre comercial y alrededor de 8.900 toneladas de molibdeno contenido. Esta sola mina produce prácticamente el 50% del total de la producción de Chile, es la corta que más cobre produce en el -

.../...

mundo a partir de una fuente única.

Sin embargo durante 1978 se extinguió la "montera" de minerales oxidados de cobre y desde entonces produce solo sulfuros de cobre. Esto producirá una disminución gradual de la ley - de 2,07% de Cu en 1979 a 1,27% Cu en 1989 y posiblemente -- 1,02% de Cu en el año 2000. Para mantener la capacidad productiva en el futuro, ya se están llevando a cabo planes a - medio y largo plazo, entre ellos, a mediados de 1979 se volvió a poner en marcha la mina Sur (ex Exótica, 6 kilómetros al sur de Chuquicamata) para continuar así utilizando las -- instalaciones de tratamiento de minerales oxidados de Chuquicamata.

Las reservas probadas y probables han sido conservadoramente estimadas en 17,6 millones de toneladas de cobre contenido - en minerales con leyes superiores al 1,01 por ciento. Estas cifras no incluyen las reservas de la Mina Sur estimadas en 170 millones de toneladas de mineral de ley 1,36% de cobre , ni las reservas de Chuqui Norte calculadas en 242 millones - de toneladas de mineral de ley 0,7% de Cu. La mayor parte de las reservas de Chuqui Norte son óxidos ya que los sulfuros de cobre subyacentes no han sido completamente explorados.

.../....

Chuquicamata está en la zona de mineralización de "porphyry copper" más grande hasta ahora descubierta. Depósitos del tipo "porphyry copper" aparecen a todo el largo de los Andes - pero hasta cierto punto Chuquicamata está aislado.

La mayor parte de la mineralización está contenida en el extremo sur de la zona alterada y fracturada de Granodiorita - Chuquicamata. Esta roca es porfírica con grandes fenocristales de ortoclasa de hasta 50 mm. de largo en una masa de plagioclasa, hornblenda, cuarzo y biotita con un tamaño de grano de 1 cm. en promedio. Otros dos cuerpos intrusivos adjuntos, conocidos con los nombres de Elena y Fortuna, tienen -- una composición similar, y los tres son probablemente fases de un plutón múltiple.

Una gran falla separa Fortuna de la Granodiorita Chuquicamata pero el contacto con Elena es gradual. Las rocas intrusivas cortan un complejo de rocas sedimentarias y metamórficas algunas del Cretácico Superior, de modo que se presume que las granodioritas sean del Terciario.

La masa intrusiva Chuquicamata está extensamente fracturada y alterada, predominando la siliceficación y la sорicitización como tipos de alteración. La mineralización es de dos tipos:

..../....

sulfuros y óxidos. En la zona de sulfuros los minerales se encuentran en vetas y pequeños filones y no diseminado, los principales minerales que se presentan son enargita y calco-pirita. La calcosina se presenta en las partes superiores de la zona de sulfuros representando un enriquecimiento poco de sarrollado y más bien difuso.

La zona de óxidos es el rasgo más espectacular que presenta Chuquicamata, se muestra como una masa distinta por encima de los sulfuros y también mezclada en las partes superiores de la zona de sulfuros. El mineral dominante es la brochantita pero cerca de la superficie hay también presencia de antlerita, calcantita y atacamita. En diferencia con otro yacimiento del tipo "porphyry copper" los minerales de óxidos presentan una escasez general de carbonatos y óxidos.

Al sur del yacimiento y mina de Chuquicamata está la Mina -- Sur (ex Exótica) que es una zona de gravas del cuaternario cementadas por minerales de cobre, principalmente crisocola y atacamita, y otros óxidos de cobre y hierro y cobre y manganeso. Esta rara asociación de minerales presenta serios problemas en los procesos de lixiviación y purificación de la solución para obtener un electrolíto aceptable para la se paración electrolítica. Se cree que esta formación se produ-

.../...

jo por el efecto de aguas subterráneas en el pórfido Chuquicamata, causando una removilización y redepositación del cobre.

El tamaño de la corta es aproximadamente 3 kilómetros de largo por 1.600 metros de ancho. El banco más bajo está a 450 metros bajo la superficie y el fondo final de corta está programado a la profundidad de 850 metros. El actual programa de extracción es de 330.000 toneladas de mineral y estéril al día y 70.000 toneladas de todo uno de la Mina Sur.

Chuquicamata dispone de un equipo de 19 palas eléctricas, 2 de 21,28 metros cúbicos, 6 de 11,5 metros cúbicos, 4 de 9,2 metros cúbicos, una de 9,88 metros cúbicos y 6 de 6,08 metros cúbicos. Del total se utilizan 14 palas en cada relevo, de las cuales 6 trabajan en mineral obteniéndose una producción de mineral de 84.000 toneladas al día. La Mina Sur tiene un equipo de 6 palas de las cuales 4 están normalmente en operación en cada relevo, dos en mineral y 2 en estéril.

La flota de camiones de transporte asciende a un total de 95, 2 de 204 toneladas 35 de 154 toneladas, 35 de 109 toneladas y 23 de 90,7 toneladas de capacidad. Normalmente se mantienen 63 camiones en servicio en cada relevo. La Mina Sur dispone

..../....

de 33 camiones de 90,7 toneladas de capacidad.

En el fondo de la corta se ha instalado una machacadora de - 1.371,6 mm. y una cinta transportadora de 1.800 metros de -- largo por donde se extrae el mineral de la corta. Este sistema ha reducido las distancias a recorrer por los camiones -- aumentando a más del doble la productividad de los mismos.

El desarrollo de la corta se realiza por bancos de 13 metros de altura y un ancho mínimo de 24 metros en mineral, y bancos de 26 metros de altura en estéril. El talud de trabajo - es de 26 a 28° mientras que el talud final de corta es de -- 36 a 42°. El desarrollo de bancos en la Mina Sur es similar. La excavación de la Mina Sur es de aproximadamente de 1 kilo metro de diámetro.

El mineral de sulfuros proveniente de la corta Chuquicamata se somete a los procesos de machaqueo, molienda y concentración por flotación. Actualmente el mineral predominante en - la composición de sulfuros tratados es calcosina (Cu_2S). La capacidad de tratamiento de la planta es de aproximadamente 70.000 toneladas diarias.

Chuquicamata cuenta con una fundición construída en 1952 y -

..../....

la producción de la misma ha aumentado durante el tiempo hasta alcanzar 450.000 toneladas de cobre en 1978. De dicha producción aproximadamente 335.000 toneladas representan cobre nuevo y el resto proviene de chatarra generada internamente. De la producción de la fundición un 82% se consume en el proceso de refinado electrolítico y el 18% restante es reciclando como chatarra.

Las instalaciones de lixiviación y separación electrolítica de Chuquicamata se utilizan ahora para tratar los minerales oxidados de cobre provenientes de la Mina Sur. La capacidad potencial de producción de dichas instalaciones es de 6.000 toneladas de cátodos de cobre al mes, sin embargo el ritmo de tratamiento se limita a 4.000 toneladas al mes por la capacidad de producción de ácido sulfúrico. Toda la producción de la separación electrolítica es utilizada en la obtención de cobre en barras, para lo cual se emplean dos hornos pequeños de reverbero o un horno Asarco grande para fundir los cátodos.

Actualmente en Chuquicamata se está llevando a cabo un programa para aumentar la capacidad de producción de la corta y planta de concentración de 70.000 toneladas de mineral por día a 90.000 toneladas de mineral por día.

..../....

También hay un plan para transformar la fundición intensificando los procesos con utilización de oxígeno y tecnologías de fundición nuevas.

EL TENIENTE (Corporación Nacional del Cobre de Chile)

El Teniente es la mina subterránea de cobre más grande del mundo. Está situada 100 kilómetros al Sureste de Santiago de Chile y aproximadamente 50 kilómetros al este de Rancagua.

La explotación por el método de hundimiento de bloques proporciona un compuesto mineral de cobre de 1,54 por ciento a las plantas de concentración de Sewell y Colon, esta última puesta en marcha en 1970. Los concentrados de cobre son tratados en la fundición de Caletones que puede producir hasta 280.000 toneladas de cobre al año, en parte como cobre blister de 99,4% y en parte como cobre refinado a fuego de 99,9%.

La geología del área que rodea al yacimiento está caracterizada por rocas volcánicas con intercalaciones de capas de sedimentos continentales. La edad de estas rocas se situa entre el Cretácico Superior y el Cuaternario. La unidad más antigua es la formación plegada de Coya-Machalí, a la cual se superpone la formación de Farellones del Terciario.

.../...

rio Inferior. Por encima de esta última formación se presentan localmente brechas del Cuaternario y flujos andesíticos.

En el área mineralizada las dos formaciones son intruídas -- por un complejo de cuarzo-diorita que está relacionado con - la mineralización y alteración del área. Este complejo ígneo forma parte de un cinturón intrusivo de 80 kilómetros de largo que tiene dirección N-5°- O. El área mineralizada está -- cortada por la formación Braden que es una brecha y tiene - forma de un cono invertido de 600 m. de diámetro.

En el cuerpo mineralizado se han reconocido tres fases de alteración hipogénica y una fase de alteración supergénica. La mineralización hipogénica forma un patrón zonal con bornita en la porción central rodeada de una zona de calcopirita y - algo de pirita, pasando abruptamente a una zona marginal que contiene solo pirita.

Dentro del anillo exterior de la formación Braden hay una - zona de mineralización posterior compuesta de tennantita-te- traedrita, pirita, yeso y ankerita. La última característica importante en la historia de la formación del yacimiento es una etapa de enriquecimiento secundario que produce un importante incremento en la ley de cobre.

.../...

Las estimaciones del total de las reservas del yacimiento varían entre 43,9 millones de toneladas de cobre contenido en mineral de ley de 0,99%⁽¹⁾ y 10 millones de toneladas de cobre contenido en mineral de ley de 1,37%⁽²⁾. Las estimaciones varían principalmente según las leyes de cortes y áreas del yacimiento consideradas en las evaluaciones realizadas.

Actualmente la extracción subterránea se agrupa en torno a dos niveles principales de transporte y sus respectivas infraestructuras, el nivel Teniente 5 en la cota 2.283 m. que recoge el mineral proveniente de los bloques de la mina Norte y el Teniente 8 en la cota 1.981 m. donde se recoge el mineral proveniente de los bloques hundidos en la mina Sur. La producción del Teniente 5, unas 31.000 toneladas de mineral/día, se transporta por ferrocarril a la planta de Sewell y la producción del Teniente 8, unas 26.000 toneladas de mineral/día, se transporta también por ferrocarril hasta la planta de Colón situada a dos kilómetros de la bocamina.

Una tercera zona de producción en el yacimiento, la mina Futura, se encuentra actualmente en preparación y explotará bloques localizados en la zona de mineralización primaria.

(1) E & MJ, Noviembre 1979 p.75

(2) Córdoba, Nibaldo, "La mina El Teniente y su Futuro" Revisita del Colegio de Ingenieros de Chile N° 74, Santiago de Chile, 1977.

La explotación de las zonas de enriquecimiento secundario ha evolucionado hasta tener un método bastante normalizado. Generalmente los bloques de hundimiento tienen dimensiones horizontales de 90 por 120 m. ó 120 por 120 m. y una columna vertical de mineral de 100 a 180 m. de altura.

Dichos bloques contienen entre 2 y 5 millones de toneladas de mineral in situ siendo el promedio de 3,5 millones de toneladas. Normalmente hay aproximadamente 25 bloques en explotación y preparación que totalizan unos 38 millones de toneladas de mineral lo que equivale a unos dos años de producción.

La preparación de galerías que se requiere por cada millón de toneladas de mineral extraído es de 1.300 m. aproximadamente. El nivel de producción se encuentra entre 8 y 10 m. - por debajo del nivel de corte para producir el hundimiento y se comunican ambos mediante chimeneas. En el nivel de producción el mineral extraído pasa por parrillas para controlar el tamaño y es aquí donde se realiza también el control de extracción de cada bloque.

En la mina Norte el mineral pasa desde el nivel de producción hasta el nivel principal de transporte Teniente 5 por un sis

.../...

tema de chimeneas largas de recolección utilizando la gravedad. En la mina Sur por las características de la roca las chimeneas largas son impracticables y por esta razón hay un nivel intermedio de transporte a 20 m. debajo del nivel de producción. Desde el nivel intermedio hasta el nivel Teniente 8, 615 m. por debajo, se han construído dos pasos de transferencia del mineral con controles cada 60 m. para evitar la caída libre del mineral.

En los niveles de producción se emplean entibaciones de madera para el sostenimiento. Fuera de la zona de mineral se emplean entibaciones de acero y hormigón para el sostenimiento de galerías y túneles.

A medida que los niveles superiores de la mina, constituidos por mineral de enriquecimiento secundario principalmente, se extinguen, será necesario la explotación de las zonas de mineral primario. Además de la disminución en leyes de cobre que esto conlleva, las propiedades mecánicas de las rocas son distintas, el mineral primario es más duro y no se hunde espontáneamente con el grado de fragmentación alcanzado por el mineral secundario. La productividad excede 200 toneladas por hombre-relevo en el mineral secundario y solo es de 25 - toneladas por hombre-relevo en el mineral duro. Por esta ra-

.../...

zón nuevos métodos de explotación y extracción han sido examinados, tales como hundimiento de bloques con extracción -- por equipo diesel o métodos de explotación por subniveles. Actualmente parece que el método de hundimiento de bloques con modificaciones es el indicado para lograr mayor productividad y mayor recuperación.

Los actuales y futuros proyectos en el Teniente están por lo tanto encaminados a estructurar las instalaciones y métodos de acuerdo a las nuevas características del mineral como, -- asímismo, aumentar el ritmo de extracción. El proyecto más importante es la preparación de la mina Futura que contempla también la instalación de una machacadora subterránea.

2.2.6. Zambia.-

Zambia nacionalizó la industria del cobre en 1970 tomando el 51 por ciento en cada una de las dos grandes compañías del país, Nchanga Consolidated Copper Mines Ltd. cuyas principales pertenencias fueron desarrolladas por Anglo American Corp. y Roan Consolidated Mines Ltd. desarrollada principalmente por Amax y otros inversionistas americanos. Actualmente hay planes muy adelantados para una fusión de las dos grandes compañías.

La producción nacional de cobre aumentó a 718.000 toneladas de cobre en 1972 cuando se reabrió la mina Mufulira, después de la desastrosa inundación ocurrida en ella en 1970. Sin embargo desde 1972 la producción ha disminuido constantemente, siendo de 588.000 toneladas de cobre en 1979 y 600.000 toneladas de cobre en 1980. No obstante se sitúa como el quinto país productor de cobre del mundo después de Estados Unidos, Rusia, Chile y Canadá.

Nchanga Consolidated Copper Mines produjo 368.000 toneladas de cobre durante el año fiscal terminado el 31 de Marzo de 1979. Junto a dicha producción, inferior a los dos años previos, la producción de cobalto como subproducto fué de 1.470 toneladas, que aunque también inferior a 1978, contribuyó a más de la mitad de los beneficios de la empresa dado los altos precios del cobalto en esos momentos.

Roan Consolidated Mines produjo 255.543 toneladas de cobre durante el año terminado en Junio de 1979, también inferior a los años previos. La producción de cobalto fue de 1.209 toneladas proveniente de la nueva planta de Chambishi durante los primeros 6 meses de 1979.

En general las bajas en la producción se deben a la falta de

.../...

capitales y recursos técnicos que sufre el país para adecuar y modernizar su industria.

Las explotaciones de ambas compañías se localizan en el cinturón de cobre en el norte del país y que es el mismo que -- continúa en la provincia de Shaba (ex Katanga) en Zaire.

Los yacimientos de cobre y cobre-cobalto en Zambia y Zaire - forman un cinturón de 500 km. de largo por 30 km. de ancho - en la meseta alta de África Central. Los yacimientos se presentan en sedimentos del Precámbrico y metasedimentos de la formación Roan Inferior agrupados en el sistema de rocas Katanga.

Tres son los yacimientos en el cinturón de cobre-Rokana, Chibuluma y Baluba que contienen pequeñas cantidades de cobalto. El mineral de cobalto contenido en los concentrados es separado del cobre y refinado electrolíticamente.

Roan Consolidated Mines Ltd. opera las explotaciones de Luanshya, Baluba, Mufulira y Chibuluma. Nchanga Consolidated Copper Mines Ltd. opera las explotaciones de Chingola, Rokana, Konkola y Broken Hill.

.../...

MINA LUANSHYA (Roan Consolidated Mines Ltd.)

Luanshya está situada en el norte de Zambia a 35 km. al Sur-oeste de la ciudad de Ndola y a 1.250 m. sobre el nivel del mar. Es el yacimiento que está más al sur del Cinturón de Cobre. Luanshya es la mina más antigua del cinturón en Zambia , se ha explotado interrumpidamente desde 1931.

Las minas Luanshya y Baluba pertenecen a la División Luanshya de Roan Consolidated Mines Ltd. Se describen ambas dado que Baluba es una extensión del mismo yacimiento de minerales de Luanshya. La producción de ambas minas asciende a 19.000 toneladas de mineral/día y proveen unas 80.000 toneladas de cobre/año y 1.600 toneladas por año de cobalto contenido en el mineral.

Luanshya tiene su propia planta de concentración y fundición y envía los ánodos para refinar a la refinería de cobre de Ndola. La fundición produjo 126.000 toneladas de cobre en el año fiscal 1978-1979 recibiendo entre 30.000 y 40.000 toneladas de chatarra de cobre como parte de su alimentación.

Las mineralizaciones de Luanshya y Baluba se presentan en sedimentos clásticos de la formación Roan Inferior que han sido

..../....

plegados en una cuenca sinclinal que profundiza en dirección noroeste. Al igual que otras minas en el Cinturón de Cobre, los depósitos sobresalen por su gran extensión lateral con una corrida probada de 14,5 kilómetros en la mina Luanshya . En profundidad la mineralización alcanza 860 m. en promedio y su potencia promedio es de 7,6 m. El yacimiento está formado por dos cuerpos estratiformes separados por una mineralización de pirita variable en espesor. En la parte este del yacimiento se presenta solo el cuerpo mineralizado superior y en la parte oeste predomina el cuerpo mineralizado inferior.

En Luanshya la mineralización se presenta principalmente en forma de sulfuros diseminados, con calcosina, bornita y calcopirita como minerales predominantes. Las reservas totales ascendían en 1977 a 134 millones de toneladas de mineral con una ley de 2,52 por ciento de cobre, en las que se incluyen 65 millones de toneladas de Baluba con una ley de 2,58 por ciento de cobre y 0,16 por ciento de cobalto.

El cuerpo mineralizado de cobre-cobalto de Baluba está situado en el flanco norte de la cuenca sinclinal Roan Muliashi.- El cuerpo inferior es el dominante y tiene una corrida de 3 km. y una potencia media de 11 m. La mineralización está com

.../...

puesta fundamentalmente de sulfuros diseminados, pirita cobaltífera y carrollita.

En Luanshya la explotación del yacimiento se realiza en tres pozos excavados en el muro del mismo que se denominan 14, 18 y 28 (numerados según el orden de excavación). Por los pozos 14 y 18 se extrae el mineral hasta la superficie y después se envía por cinta hasta la planta de concentración. En el pozo 28 se extrae mineral solo hasta el nivel principal de transporte, en el nivel 580 m., y desde allí se transporta por ferroca --rril hasta los pozos 14 y/o 18. Parte del estéril se extrae también por el pozo 14 pero la mayor parte se extrae a superficie por el pozo 28.

La profundidad de los pozos es de 803 m. el 14, 796 m. el 18 y 1.231 m. el 28. Los pozos están conectados por dos tuneles paralelos de 6 km. de largo extendidos a lo largo de la corrida y que forman el nivel principal de transporte de la mina.

La mina Baluba tiene una rampa de acceso de 8° de pendiente - máxima que sirve para el transporte del personal y equipo. -- Hay un pozo de extracción de 334 m. de profundidad y se está excavando un segundo pozo que tendrá 617 m. de profundidad.

.../...

Tanto en Luanshya como en Baluba el mineral es explotado por el método de cámaras con pegas en abanico desde niveles con recuperación de pilares. En contadas zonas de la explotación se aplica a veces el método de explotación de hundimiento por niveles.

En el primero de los métodos mencionados las dimensiones promedios de las cámaras es de 18 m. de largo paralelo a la corrida, 10 m. de potencia y 45 m. de altura, dependiendo esta última medida de la inclinación de la capa. En la perforación de los barrenos en abanicos en las cámaras, el largo promedio de los barrenos es de 15 m. y alcanza un máximo de 25 m. El espaciamiento de los abanicos a lo largo de la corrida es de 1,6 a 1,8 m. Actualmente se están realizando pruebas con perforación de barrenos largos con el fin de eliminar preparaciones de subniveles de perforación.

En Luanshya la distancia vertical entre niveles principales varía entre 60 y 90 m. En Baluba la distancia es de 110 m.

En las áreas mecanizadas de la mina en donde la capa mineralizada es relativamente poco inclinada se desarrollan niveles intermedios entre los niveles principales con el objeto de reducir la distancia vertical entre los niveles de extracción.-

En ambas minas se emplean diferentes sistemas de extracción - del mineral desde la base de las cámaras, estos son: parri -- llas y compuertas, palas y tolvas sobre rieles y palas transportadoras sobre neumáticos.

Durante la década de 1960 se intensificó el empleo de equipo diesel sobre neumáticos hasta cubrir un 60% del total de la extracción. Pero debido a la escasez de repuestos por falta de capital y carestía del petróleo se ha vuelto a los sistemas de extracción con intensificación de la mano de obra. El sistema de extracción con equipo diesel se sigue utilizando - en cámaras de poca altura, en donde se requiere un avance rápido en el sentido de la corrida con el mínimo de preparaciones para la extracción.

En la mina Luanshya tanto la roca del mineral como la roca en cajante es generalmente débil por lo que la mayoría de las labores requieren sostenimiento. En la mina Baluba las rocas - son más competentes y, por lo tanto, las labores requieren menos sostenimiento artificial.

El mineral recolectado en los niveles de extracción es llevado por chimeneas de transferencia hasta los niveles principales de transporte, en donde es llevado por ferrocarril hasta

..../...

los pozos de extracción. El mineral es sometido a un proceso de machaqueo primario en instalaciones subterráneas antes de extraerse por los pozos.

La composición del mineral de Luanshya que alimenta la planta de concentración incluye un 57% de calcopirita, un 10% de bornita, un 8% de calcosina-covellina y un 25% de pirita.

El mineral de Baluba después de tratado en la planta de concentración produce un concentrado de cobre para la fundición de Luanshya y un concentrado de cobre y cobalto que se envía a la planta de cobalto de Chambishi.

La producción mineral actual de Luanshya es de 13.500 toneladas/día pero en el futuro disminuirá al agotarse la producción del pozo 14. Entre 1981 y 1985 la producción mineral de Baluba aumentará de 5.500 toneladas/día a 11.000 toneladas/-día, compensando de esta forma la disminución en Luanshya.

MINA MUFULIRA (Roan Consolidated Mines Ltd.)

La mina de Mufulira explotada por pozos está situada en el Cinturón de Cobre en el norte de Zambia, muy cerca de la frontera con Zaire. Mufulira es desgraciadamente conocida en los --

..../...

circulos mineros internacionales por la desastrosa inundación que sepultó 89 mineros y paralizó totalmente la producción en 1970. Un decidido esfuerzo de rehabilitación de las labores - inundadas de lodo y agua produjo resultados notables y en un plazo de tres años Mufulira volvió a nacer.

Actualmente Mufulira está produciendo 118.000 toneladas/año - de cobre contenido y su producción mineral es de 17.500 toneladas/día. Sin embargo la capacidad de producción está fijada en 160.000 toneladas/año de cobre y 20.000 toneladas/día de mineral. La División de Mufulira posee también una fundición con una capacidad de producción teórica de 230.000 toneladas/ año de cobre con un horno eléctrico y un horno de reverbero. La fundición también trata algunas cantidades de concentrado proveniente de otras divisiones de la compañía. El cobre blister de la fundición es refinado en la refinería de Mufulira que - posee una capacidad de 270.000 toneladas/año.

La mineralización de Mufulira se presenta en tres horizontes sedimentarios que forman parte del flanco sur de un sinclinal. Las formaciones minerales buzan al noreste con una pendiente promedio de 45° pero en algunas zonas varía entre 0° y 90°. El horizonte más inferior, cuerpo "C", es el más grande de los tres, tiene una corrida de aproximadamente 5,5 km. y una poten

.../...

cia media de 14 m. El cuerpo "B" que yace sobre la parte este del cuerpo "C" tiene 3 km. de corrida y una potencia promedio de 8 m. El espesor potencialmente explotable más grande se localiza en el este, donde las leyes son suficientemente altas como para explotar los cuerpos mineralizados "B" y "C" como una sola capa, incluyendo el material intermedio de baja ley.

El cuerpo mineralizado "A" más superior, y que también yace sobre el extremo este del cuerpo "C", tiene 2 km. de corrida y una potencia media de 6 m. La mineralización se presenta en forma de sulfuros de cobre diseminados, principalmente calcopirita, bornita y calcosina.

La formación de rocas Roan Inferior es muy competente y necesita poco sostenimiento. La formación Roan Superior que yace por encima de los cuerpos mineralizados está compuesta por dolomitas y pizarras que contienen acuíferos que es necesario drenar antes de la explotación.

Las reservas estimadas del yacimiento alcanzan casi 130 millones de toneladas de mineral con una ley de 3,13% de cobre.

Para llegar a la mineralización se han desarrollado ocho ni-

.../...

veles principales separados entre sí una distancia de 80 m. - en la vertical y, en la mayoría de los casos, se preparan cinco subniveles entre los niveles principales.

Los métodos de explotación actualmente utilizados incluyen el hundimiento por subniveles con retroceso hacia el techo o mu-ro, cámaras con pegas de barrenos largos y gran diámetro con recuperación de pilares, cámaras con pegas en abanico y relleno, cámaras con pegas en abanico en el sentido transversal y relleno y cámaras con pegas en abanico con retroceso continuo en cáscada.

El método de cámaras con pegas de barrenos largos y gran diá-metro fue experimentado por primera vez en Mufulira en 1974 y ahora se emplea en la sección oeste de la mina, la cuan no -- fué afectada por el desastre de 1970.

La necesidad de adoptar métodos con relleno bajo la zona hun-dida por la inundación redujo también las recuperaciones. Los métodos de hundimiento utilizados previamente tenían una recuperación de más del 85% del mineral disponible, mientras que la recuperación en áreas donde se necesita relleno es cercana al 70%. La disminución de la recuperación produce también un aumento de la preparación necesaria por tonelada producida.

/ ... / ...

El método de cámaras con pegas en abanico en sentido transversal fué desarrollado en 1970 para recuperar el mineral que ha bía sido ya preparado para su extracción por niveles hundidos en áreas donde el relleno, habia llegado después a ser necesario. El sistema ha tenido éxito con una recuperación del 70% del mineral y se ha aplicado a nuevos bloques preparados específicamente para ser explotados por este método. Las cámaras tienen dimensiones promedios de 30 m. en el sentido de la corriда con pilares de 6 m. Reservas de 100.000 toneladas por cámara pueden ser explotadas a razón de 30.000 toneladas/mes.

Cuando la extracción de una cámara se ha terminado se tapan las aberturas dejadas por las labores y se rellena con arenas clasificadas provenientes de las balsas. La cantidad de relleno requerida es de 150.000 toneladas/mes.

En los niveles principales de transporte se emplean locomotoras eléctricas y vagones tipo Granby para transportar el mineral hasta las estaciones subterráneas de machaqueo. Todos los pozos de extracción están equipados con maquinaria de doble - tambor excepto el pozo nº 9 que tiene tambor simple.

El mineral extraído pasa por las plantas Este y Oeste de machaqueo y seguidamente a la planta de concentración. La capa

.../...

ciudad de tratamiento de esta última es de 650.000 toneladas/mes, pero en la práctica recientemente se tratan un promedio de 500.000 toneladas/mes con una ley de 2,15 por ciento Cu.

La producción de concentrados es fundida en la fundición de Mufulira, la cual dispone de un horno eléctrico,(los hornos de reverbero no se utilizan y uno de ellos ha sido desmantelado) seis convertidores Peirce-Smith de 3,96 por 9,14 metros y un horno de ánodos. La producción actual es de 13.000 toneladas/mes de cobre, el cual se refina también en Mufulira. La capacidad teórica de producción, con el horno eléctrico y un horno de reverbero en operaciones, es de 230.000 toneladas de cobre al año.

2.2.7. Zaire.-

Zaire enfrenta serios problemas en la industria minera del cobre tales como bajos precios en los mercados, insuficiente disponibilidad de divisas, transportes poco eficientes y a veces inoperables, escasez de combustibles y piezas de recambio y la constante amenaza de la inestabilidad política como por ejemplo, la invasión de la provincia de Shaba (ex Katanga) por fuerzas rebeldes ocurrida en 1978.

.../...

Principalmente por estas razones su producción de cobre ha experimentado una disminución importante en 1978 y más aún en - 1979. Sin embargo Zaire se mantiene siempre en el sexto lugar de los países productores de cobre, por detrás de Zambia y -- por delante del Perú aunque muy igualadas.

La producción anual de cobre en los últimos años 1978, 1979 y 1980 fué de 424.000, 400.000 y 444.000 toneladas de cobre, -- respectivamente. Aunque ahora se nota una cierta recuperación todas estas cifras son inferiores a las alcanzadas en 1977 y años anteriores.

El principal productor de cobre de Zaire es Gecamines, es decir, La Generale des Carrières et des Mines, la empresa estatal que opera las minas localizadas en el Cinturón de Cobre - en la provincia de Shaba, en el sur del país. La producción - de cobre de Gecamines bajó de 451.000 toneladas/año en 1977 a 391.000 toneladas/año en 1978.

No obstante, a pesar de la opinión generalizada de que Gecamines no podrá recuperar sus antiguas cotas de producción, la - empresa está actualmente embarcada en un programa para que -- las minas y plantas recuperen su teórica capacidad de 470.000 toneladas de cobre al año y 16.000 toneladas de cobalto al --

..../...

año para finales de 1981.

La producción de cobalto como subproducto ha sido la salvación de Gecamines en el difícil periodo de los años 1978 y 1979. La teórica capacidad de producción de 16.000 toneladas/año representa la mitad de la capacidad de producción mundial sin contar a los países del Este. Gecamines que en 1978 y 1979 produjo alrededor de 13.000 toneladas de cobalto/año, fué el primer beneficiado por la escalada de precios en el mercado de aproximadamente 6 US \$ a 25 US \$ la libra de cobalto.

Gecamines ha organizado sus minas y plantas en tres grupos -- principales que son: el Grupo Sur con base en Lubumbashi la capital de la provincia de Shaba, el Grupo Central con base en Likasi localizado 150 km. al noroeste de Lubumbashi, y el Grupo Oeste con base en Kowelzi localizado aproximadamente 150 km al oeste de Likasi.

En el Grupo Sur la única mina en operación es Kipushi que explota un yacimiento producido por un reemplazamiento termal en una falla de gran pendiente, el único de tales características geológicas en el Cinturón de Cobre.

El Grupo Central opera la mina subterránea de Kambove y la pe-

..../....

queña explotación a cielo abierto de Kakanda. También opera los talleres centrales, los laboratorios de investigación y el departamento de geología de Gecamines.

El Grupo Oeste que aporta el 75% de la producción total de Gecamines opera la mina subterránea de Kamoto y seis explotaciones a cielo abierto.

MINA KAMOTO (Grupo Oeste de Gecamines)

La mina subterránea de Kamoto, localizada a unos pocos kilómetros al Suroeste de Kolwezi aporta 3 millones de toneladas de mineral al año a la producción total de 11 millones de toneladas del Grupo Oeste. La mineralería proviene de seis explotaciones subterráneas situadas todas a pocos kilómetros de Kolwezi.

Los minerales de cobre-cobre en el área de Kolwezi se presentan en dos horizontes sedimentarios completamente plegados y fallados en la formación Dian, la cual es una sucesión de microareniscas incompetente alternando con dolomías, pizarras y areniscas dolomíticas.

Dichos horizontes tienen entre 10 y 12 m. de potencia cada uno.

..../...

uno y están separados por una capa de estéril de 12 a 14 m. - de potencia. Las formaciones de mineral tienen una corrida de 1,5 km. en el sentido este-oeste. Hasta una profundidad entre 425 y 450 m. bajo la superficie, la inclinación de las formaciones varía entre pendientes fuertes y moderadas y por debajo de los 450 m. las formaciones se ponen horizontales.

Las leyes del mineral de Kamoto son de 4,2% de Cu y 0,35% de cobalto.

La mina subterránea de Kamoto está catalogada entre las minas más modernas del mundo. Sistemas mineros altamente mecanizados utilizan perforadoras jumbo, cargadores frontales y camiones de descarga trasera tipo Kiruna y Wagner de 22,68 toneladas de capacidad. El principal método de explotación utilizado es el método de niveles hundidos, pero también se emplean en parte el método de realces con relleno en sentido longitudinal y transversal.

El movimiento del personal, equipo y materiales se realiza -- por dos planos inclinados paralelos, uno para el tráfico de salida y el otro para el tráfico de entrada. Dichos planos inclinados tienen 6 m. de ancho por 5,5 m. de alto y una pendiente del 8% en casi toda su extensión y ocasionalmente del

.../...

10%.

Hay un pozo de extracción del mineral con una estación de ma-chaqueo que aloja un machacador giratorio en el nivel 345 m. Se ha desarrollado una segunda estación de machaqueo en el ni-vel 545 m., que enviará el mineral por cinta a través de una rampa de 25% hasta el pozo de extracción.

El mineral extraído es procesado en la planta de concentra-ción de Kamoto que tiene una capacidad nominal de tratamiento de 4,5 millones de toneladas de mineral al año. En esta plan-ta también se tratan minerales, mezcla de óxidos-sulfuros y -los sulfuros, provenientes de las explotaciones a cielo abier-to.

Los concentrados resultantes de Kamoto son enviados a través de conductos hasta las instalaciones metalúrgicas de Luilu, -distante 5 km., donde son espesados y filtrados.

Hay que agregar que muy cerca de Kamoto el Grupo Oeste opera 6 minas a cielo abierto que son: Dikuluwe, Mashamba, Kamoto-Este, Kamoto Norte, Musonoi y Mutoshi. El primero nombrado es el más grande de los seis y junto con Mashamba son los desa--rrollados más recientemente. La ley del mineral en las minas

.../...

a cielo abierto es de 4,3% de Cu y el porcentaje de cobalto - varía.

Las explotaciones a cielo abierto se desarrollan en bancos de 10 m. de altura con rampas de pendientes del 8%. Las cortas - están a veces bajo el nivel freático por lo que son necesario instalaciones de bombeos, sobre todo en la estación de las lluvias entre Noviembre y Abril.

Durante los últimos años las explotaciones a cielo abierto -- han cumplido generalmente con los programas de producción de mineral, pero desde 1975 el movimiento de estéril en decubiertas ha caido por debajo de los niveles programados. Todos los minerales oxidados de las cortas se tratan en la planta de Kowelzi, los óxidos-sulfuros y sulfuros van a la planta de Kamoto.

MINA KIPUSHI (Grupo Sur de Gecamines)

La mina Kipushi explota un yacimiento geológicamente distinto al resto de los explotados por Gecamines y al resto de los yacimientos existentes en el Cinturón de Cobre (de Zaire y Zambia). Todos estos cuerpos mineralizados se producen en capas sedimentarias, es decir sin yacimientos estratiformes de co-

..../...

bre. Kipushi sin embargo está basado en un cuerpo mineralizado complejo de cinc y cobre, y otros minerales en cantidades menores, formado por un reemplazamiento hidrotermal.

Kipushi está situada apróximadamente 25 km. al Suroeste de Lubumbashi, muy cerca de la frontera con Zambia. La mina produce alrededor de 1,4 millones de toneladas de mineral al año y se encuentra en operación desde 1926. Es una mina subterránea que en años recientes ha cambiado de método de explotación, pasando del método de rebanadas horizontales unidescendentes (toop-slicing) al método más mecanizado de niveles hundidos.

La planta de concentración de Kipushi produce alrededor de -- 75.000 toneladas al año de cinc contenido en concentrados y - 60.000 toneladas al año de cobre contenido en concentrados. - Los concentrados que contienen también algo de plomo, plata y oro, son tratados en las instalaciones metalúrgicas de Lubumbashi para producir cobre blister. Los concentrados de cinc - son exportados o enviados a la planta Shiturn de Gecamines pa - ra la tostación. El producto de la tostación se transporta - hasta la planta electrolítica de cinc de Kolwezi, donde se ob - tienen 60.000 toneladas al año de cinc y 300 toneladas al año de cadmio.

.../...

El yacimiento de Kipushi tiene una corrida de alrededor de -- 457 m. en la dirección norte-sur y buza con una pendiente con tinua de 70° desde su afloramiento hasta una profundidad de - al menos 1.425 m. Los principales minerales son calcopirita , bornita y blenda, aunque se han identificado en la explota -- ción más de 130 minerales.

El espesor del mineral varía entre 100 m. en el norte y 13 m. en el sur; así mismo las leyes varían ampliamente a lo largo de todo el yacimiento. Los dos tipos de minerales explotados son: minerales de alto contenido en cobre con leyes del 7% de cobre y 10% de cinc y minerales de alto contenido en cinc con leyes del 1% de cobre y hasta 40% de cinc.

El acceso al mineral se realiza por cinco pozos, cuatro excavados en el muro cerca de la mineralización y un quinto a -- 1.500 m. de distancia y que alcanza una profundidad de 1.150 m. y que servirá de nuevo nivel principal de transporte. El anterior nivel principal de transporte está situado en el ni- vel 850 m. bajo la superficie. El quinto pozo fué excavado -- distante del cuerpo mineralizado para evitar rocas poco compe- tentes que originaron algunos problemas en los pozos anterio- res.

..../....

El pozo nº 1 se utiliza para la extracción de mineral desde el nivel 500 m. y se opera conjuntamente con un pozo interior entre los niveles 500 m. y 800 m. El pozo nº 2 se emplea para el transporte de personal y materiales y también llega hasta el nivel 500 m. y se opera con un pozo interior que llega hasta el nivel 800 m. El pozo nº 3 se utiliza para bombear agua desde el nivel 710 m. y el pozo nº 4 se emplea para ventilación.

Los pozos de Kibushi extraen actualmente 120.000 toneladas de mineral al mes, de las cuales 30.000 toneladas se extraen por el nuevo pozo nº 5.

En cuanto a la conversión del método de explotación hay que destacar que el paso del método de rebanadas horizontales uni descendentes al método de niveles hundidos redujo notablemente la tasa de accidentes de 67/mes en 1976 a 12/mes en 1978.- Todavía se practica en algunas áreas de la mina el método de realces con relleno.

La planta de concentración de Kipushi produce un concentrado de cobre del 30% que contiene alrededor de un 3% de cinc y un concentrado de cinc del 57% que contiene alrededor de un 1% - de cobre.

.../...

2.2.8. Repùblica de Sudáfrica.-

El cobre es uno de los seis minerales más importantes de Sudáfrica. Alrededor de un cuarto del cobre extraído es vendido localmente y el resto es exportado.

Hasta 1966 la Repùblica de Sudáfrica importaba la mayor parte de sus necesidades de cobre, pero la puesta en marcha a plena producción de la corta de Palabora en dicho año hizo de Sudáfrica un exportador neto de cobre. Actualmente sus principales mercados son Europa Occidental, Estados Unidos y Japón.

Desde hace muchos años se explota cobre en la Repùblica de Sudáfrica y las principales explotaciones han sido y son : Messina en el norte de Transvaal con una ley promedio de 1,3 por ciento, O'Okiep en el noroeste de la provincia del Cabo - con una ley promedio de 1,5 por ciento; Palabora en el noreste de Transvaal con una ley promedio de sus reservas de 0,7 - por ciento; y Prieska en el norte de la provincia del Cabo -- con una ley promedio de sus reservas de 1,74 por ciento. También se recupera cobre del grupo de metales del Platino explotados en el Complejo Igneo de Bushveld. Asimismo se esperan cantidades importantes de concentrados de cobre producidos -- por la explotación del yacimiento Black Mountain de sulfuros

.../...

de plomo-cinc-cobre en Aggeneys en Namaqualand.

Las reservas conocidas de cobre metal de la República de Sudáfrica se estiman en 6,4 millones de toneladas, es decir un - 2 por ciento de las reservas totales del mundo.

Las producciones anuales de cobre de la República de Sudáfrica durante 1978, 1979 y 1980 fueron de 209.000, 203.000 y -- 211.000 toneladas/año, respectivamente.

MINA DE PALABORA (Palabora Mining Company Ltd.)

Palabora Mining Company opera una de las cortas, explotada - por método convencional de palas y camiones, más grandes del mundo. La mina está en Palabora, unos 400 km. al noreste de - Johannesburgo, en el borde del parque nacional de Kruger, a - 478 m. sobre el nivel del mar.

El complejo de Palabora es importante por sus características geológicas y su variada producción que incluye vermiculita, - uranio, cobre, ZrO_2 , y hasta hace poco magnetita. Además de - rocas ricas en apatito, minerales de hierro y trazas de minerales radioactivos que este yacimiento incluye, Palabora es - único por contener un gran cuerpo mineralizado de sulfuro de

..../...

cobre en la carbonatita y por una zona sustancial de roca rica en vermiculita. Puede que no sea el complejo de carbonatita -- más típico pero sí el más importante económicamente.

La producción minera fue incrementada no hace mucho de 300.000 a 355.000 toneladas de todo uno al día. Esta producción requiere un equipo de maquinaria minera importante formado por 13 -- perforadoras rotatorias, 23 camiones de 90 toneladas de capacidad, 52 camiones de 150 toneladas de capacidad y 16 palas cargadoras entre 4,6 y 19 m³ de capacidad, relación que habla por si sola de la magnitud de la operación.

La producción de Palabora en el año 1979 se puede resumir de - la siguiente forma: 27.076.914 toneladas de mineral tratado, - una ley del 0,49% de cobre, una recuperación del 84,84%, --- 111.014 toneladas de cátodos de cobre, 121.252 kilogramos de - U₃O₈, 4.452 kilogramos de ZrO₂, 22.537 kilogramos de metales - preciosos y 173.877 kilogramos de vermiculita.

El complejo de Palabora está situado en un área de rocas graníticas arcaicas y gneis que forman el borde este expuesto del Escudo Transvaal. El complejo tiene forma de un óvalo alargado y en su mayor parte consiste de piroxenita, está rodeado de pe_ queños cuerpos de sienita que probablemente pertenecen al mis-

.../...

complejo. Dentro del complejo hay tres centros de rocas diferentes, de los cuales el más importante es el complejo Loolekop donde se localiza la mineralización, y por tanto la explotación. También se explota el centro norte donde se localiza la vermiculita.

El complejo Loolekop consiste en olivino, magnetita, apatito localmente llamado "phoscorita", y en el centro es atravesado por un complejo de carbonatos. La proporción de los minerales es muy variable pero en general hay aproximadamente un 35% de magnetita, un 25% de apatito y un 18% de carbonatos.

La corta en Loolekop empezó con unas reservas de 300 millones de toneladas de mineral con leyes de 0,69% de cobre y 27% de magnetita, pero desde entonces las reservas sobrepasan ahora los 400 millones de toneladas. Las reservas de vermiculita en la parte norte del complejo son también bastante grandes.

El nuevo plan de explotación aprobado a finales de 1979 contempla aumentar los límites y profundidad originales de la corta, con lo cual se extenderá la vida de la corta en cinco años, hasta 1997. Dicho plan dobla también el material a mover entre 1980 y 1992 de 60 millones de toneladas a 1.270 millones de toneladas.

.../...

Los límites en la corta se extenderán hasta una profundidad - de 775 metros, es decir 110 metros más de la planificada --- originalmente, la profundidad actual de la corta es de aproxi madamente 300 metros. Dicha extensión permitirá una produc ción extra de 625.000 toneladas de cobre después de 1992.

Otro hecho a destacar en la explotación de la corta es la de cisión de instalar un sistema eléctrico de trolley para ser - utilizado por la flota de camiones de 150 toneladas de capaci dad, con el objeto de ahorrar consumo de combustibles. La pri mera fase de este proyecto de Palabora contempla la instalaci ón de 2,7 kilómetros de líneas de trolley aéreo en la rampa principal que sale de la corta y se espera completar a finales de 1981. El sistema ha sido diseñado de tal forma que la línea puede extenderse a medida que la corta profundiza.

Mediante un cuidadoso mapeo geológico y muestreo, el yacimiento es explotado selectivamente de acuerdo a los contenidos de co bre, fósforo y titanio. Los sulfuros y el apatito se recupe ran mediante flotación y los concentrados de cobre son fundidos para obtener cobre blister, parte del cual es refinado -- electroliticamente.

.../...

2.2.9. Australia.-

Australia es uno de los países del mundo más rico en recursos minerales. Los esfuerzos realizados por Australia en exploración le han asegurado ser 100% autosuficiente en la mayoría de los minerales, entre ellos el cobre.

En 1976 Australia poseía unas reservas estimadas en 6,2 millones de toneladas de cobre contenido, cifra que representaba un 1,5% de las reservas mundiales totales. La producción minera de cobre de Australia durante los años 1978, 1979 y 1980 fué de 222, 235 y 245 mil toneladas de cobre, respectivamente.

En 1976 un 65% del total nacional de la producción fué aportado por Mount Isa y Mt. Lyell, la segunda mina de cobre más grande de Australia, produjo un equivalente a un 12% del total nacional. Mount Isa posee fundición y refinería con capacidad suficiente para tratar todos los concentrados provenientes de su producción minera, pero menos de la mitad de los concentrados producidos por otras compañías son tratados en el país.

En el Northern Territory de Australia, la mina Gecko de Peko - Wallsend cerca de Tennant Creek está actualmente en producción y se espera para el periodo 1980/81 una producción de 385.000

.../...

toneladas de mineral con la nueva puesta en marcha de la fundición Tennant Creek. No muy lejos de Tennant Creek se halla la mina de cobre/oro Warrego, donde se puso mayor énfasis en la producción de oro mientras la fundición estuvo parada por modificaciones, desde mediados de la década de los 70, pero la producción de cobre está aumentando hasta un total programado de 500.000 toneladas de cobre para 1981.

También está Attutra en el Jervois Range unos 270 km. al noreste de Alice Springs que entrará en explotación muy pronto. Además en la categoría de prospección está la mineralización de cobre de Redbane, en el límite de Queensland a unos 650 km. al nor-noroeste de Mount Isa, donde se dice hay probadas 4 millones de toneladas con una ley del 2% de cobre.

MOUNT ISA (Mount Isa Mines Ltd.)

Mount Isa está situada en el noroeste de la provincia de Queensland en Australia. Mount Isa puede considerarse como dos minas en una, produce un promedio de 20.000 toneladas diarias de mineral de cobre proveniente de la explotación de un yacimiento grande masivo de sulfuros de cobre; y produce además 9.000 toneladas diarias de mineral de plata-plomo-cinc proveniente de cuerpos lenticulares paralelos estrechos y de fuerte pendiente

.../...

de inclinación.

El cuerpo masivo de mineral de cobre se encuentra en la mitad sur de la mina y se conoce como cuerpo mineralizado 1.100. Los cuerpos lenticulares están situados en el extremo norte de la mina.

Mount Isa es un prolífico productor de metales. Durante el año fiscal 1977 (que termina el 30 de Junio) se recuperaron más de 139.000 toneladas de cobre refinado, 131.000 toneladas de plomo crudo, 194.000 toneladas de concentrado de cinc y casi --- 328.000 kg. de plata. Las producciones minerales correspondientes fueron 4,9 millones de toneladas de mineral de cobre con una ley del 3,1% y 2,36 millones de toneladas de mineral con leyes promedios de 7,9% de Pb, 6% de Zn y 212 gr/t. de Ag.

El yacimiento de Mount Isa puede sin duda catalogarse como uno de los más importantes del mundo. Geologicamente está cerca del extremo oeste del escudo Precámbrico de Queensland Noroeste, y la mina, más exactamente, está en un flanco del Río Leichhardt.

El mineral está contenido en sedimentos del Bajo Proterozoico. La corrida regional de los sedimentos tiene dirección norte- -sur, y las capas buzan al este con una inclinación de alrede--

.../...

dor de 65°. El grupo Mount Isa consiste en una secuencia de bandas alternadas de pizarras dolomíticas y limolitas de unos 4 kilómetros de ancho. Están limitadas al este por los sedimentos volcánicos de Eastern Creek y al oeste por la falla -- Mount Isa, más allá de la cual, se encuentran esquistos y rocas metamórficas.

Los cuerpos mineralizados conocidos se hallan en la pizarra - Urquhart, una formación estratiforme poco ancha, la dolomita pirítica y la pizarra volcánica de unos 1.000 m. de potencia. Los cuerpos mineralizados de cobre y Ag-Pb-Zn se encuentran - en unidades contiguas pero discretas.

La galena, blenda, pirita y sulfuros asociados de menor importancia se encuentran en bandas concordantes distintivas a todo lo largo de las pizarras Urquhart. En donde quiera que dichas bandas se agrupan con una densidad suficiente ellas constituyen los cuerpos mineralizados de Ag-Zn-Pb, teniendo anchos de 6 a 40 m. Depósitos individuales persisten por muchos cientos de metros en concordancia con la corrida y buzamiento de las pizarras adyacentes.

La intersección de estas capas con ejes de plegamiento producen zonas locales de enriquecimiento, en caso contrario el mi-

.../...

neral contenido en los cuerpos mineralizados de Ag-Pb-Zn varía solo levemente en toda la extensión de su corrida y buzamiento.

El único mineral primario de cobre importante en el grupo -- Mount Isa es la calcopirita, la cual está asociada con pirita y pirrotita en diseminaciones y relleno de vetas dentro de zonas de forma irregular de dolomita y brechas silíceas. Dichas zonas, llamadas dolomita-sílice, transgreden ampliamente los estratos de pizarra y confinan toda la mineralización significante de cobre, hasta la virtual exclusión de la mineralización - de Ag-Pb-Zn. En algunos sitios la percolación hacia abajo de las aguas ácidas a través de fallas y cizallamientos originó - una extensa lixiviación de los carbonatos hasta profundidades que exceden los 600 m. Sin embargo la mayor parte de la sílice dolomita permanece sin lixiviar y forma una roca competente.

El cuerpo mineralizado 1.100 tiene unas reservas que exceden - los 100 millones de toneladas de mineral con más del 3% de Cu. El total de las reservas de mineral denunciadas en 1977 fué de 131 millones de toneladas de mineral primario de ley 3,2% y - 1,5 millones de toneladas de mineral secundario de ley 3,8% de cobre, 57 millones de toneladas de mineral primario de plomo - de 6,6% de Pb, 6,5% de Zn y 150 gr/t. de plata.

.../...

Junto con estar situada en una de las mayores zonas mineralizadas del mundo, Mount Isa es una de las mismas con más amplios arreglos de métodos de explotación, utilizados tanto en la explotación de mineral primario como en la recuperación de pilares. Los métodos empleados durante los últimos diez años son :

- Cámaras de gran altura con pegas en abanicos desde niveles.
- Niveles hundidos.
- Realces con relleno
- Voladura masiva de pilares

En todo caso la lista no es completa debido a que existen muchas variaciones de los métodos mencionados como así mismo de los sistemas de extracción.

El complejo minero está altamente mecanizado con más de 83 unidades diesel LHD y más de 17 unidades diesel auxiliares. La mina está también equipada con 6 perforadoras de chimeneas Robbins.

La mina se desarrolla a partir de un sistema central de dos pozos de extracción del mineral, una para el mineral de cobre

.../...

denominado U62 y otro para el mineral de plomo conocido por - R62, y un pozo de servicio llamado P61. Dicho sistema de pozos se localiza justo en el centro de la mina entre los extremos sur y norte. También hay un cuarto pozo de servicio localizado en el muro del cuerpo mineralizado 1.100. Además hay 9 pozos de ventilación esparcidos de norte a sur a lo largo de 3.100 m.

La mayor parte del mineral de plomo explotado está al norte del sistema central de pozos. Los principales cuerpos mineralizados de plomo son los depósitos Blackstar 2 y 5 y las zonas Racecourse 6 al 14.

Minerales de cobre han sido explotados tanto al sur como al norte del sistema central de pozos. La zona de mineral 650 es tá virtualmente extinguida. Al sur de los pozos centrales están los cuerpos mineralizados 400, 1.100 y 1.900. Actualmente la producción de cobre proviene solamente del cuerpo 1.100, y está programado que proveerá la mayor parte de la producción durante los próximos 15 años. La producción de cobre será complementada por la explotación del cuerpo 1.900 localizado al muro del cuerpo 1.100.

En Mount Isa se ha desarrollado un sistema de chimeneas de --

.../...

transferencia del mineral desde los niveles de extracción hasta los niveles principales de transporte y que manejan separa-damente los minerales de cobre y plomo. El mineral de cobre - es recolectado en el nivel principal 19 que está en la cota - 960 m. bajo la superficie. El mineral de plomo es recolectado en los niveles 13 y 15 que están en las cotas 611 m. y 728 m. bajo la superficie, respectivamente.

Por dichos niveles principales de transporte se lleva el mineral hasta el sistema central de pozos por donde es extraído - previo machaqueo realizado en estaciones subterráneas.

2.2.10. Papua Nueva Guinea.-

La producción total de cobre de Papua Nueva Guinea proviene - exclusivamente de la explotación a cielo abierto de Bougainville. El gobierno posee el 20% de la compañía Bougainville Co-pper Ltd. que es una subsidiaria de Cozinc Riotinto de Australia que, a su vez, es subsidiaria de Rio Tinto-Zinc Corpora-tion of London.

Toda la producción se exporta en forma de concentrados de co-bre. La producción anual durante 1978, 1979 y 1980 fué de 199, 171 y 147 mil toneladas de cobre contenido, respectivamente.-

.../...

La disminución progresiva de la producción durante estos años se debe a la disminución de las leyes de cobre sufrida por -- los minerales de Bougainville.

En 1976 las reservas de Papua Nueva Guinea se estimaban en - 6,7 millones de toneladas de cobre contenido, cifra que representaba el 1,6% de las reservas totales del mundo. En ese mismo año el gobierno llegó a un acuerdo con Broken Hill Pty. para el desarrollo del yacimiento de cobre-oro de Ok Tedi que se encuentra en la región de Star Mountains, en la provincia oeste.

La compañía Ok Tedi Mining Ltd., de la cual el gobierno posee el 20%, espera comenzar la producción de oro en 1984 y la producción de concentrados de cobre y oro en 1986.

BOUGAINVILLE (Bougainville Copper Ltd.)

La mina a cielo abierto de Bougainville se encuentra en la isla del mismo nombre en Papua Nueva Guinea. Es una de las minas más grandes del mundo, en 1978 alcanzó una producción -- anual de 38,1 millones de toneladas de mineral, que midieron 658.587 toneladas de concentrados con un contenido de 198.603 toneladas de cobre, 23.367 kilogramos de oro y 52.525 kilogra

.../...

mos de plata.

La producción de la corta de Bougainville comenzó en Abril de 1972. En 1978 las leyes promedios fueron de 0,60% de cobre -- 0,82 gr/t. de oro y 1,80 gr/t. de plata. La producción diaria programada es de 105.000 toneladas de mineral utilizando una flota de 43 camiones Euclid R170, nueve palas P81H 2.100, cinco perforadoras rotatorias BE45R y cerca de 150 vehículos -- auxiliares.

La corta opera las 24 horas del día, en un sistema de 3 relevos diarios, los siete días de la semana. Las operaciones de la mina están controladas por un ordenador instalado a 1 km. de la corta, de igual forma la programación y planificación - de la producción se realiza con la ayuda de la informática.

El mineral proveniente de la corta pasa a una planta de concentración por flotación donde primeramente es sometido a -- tres procesos consecutivos de machaqueo y a un proceso de molienda. El circuito de flotación consta de 333 celdas con una capacidad total de 2.166 m³.

El 30 por ciento de los concentrados es preparado en espesador de 64 m. de diámetro para su transporte por tuberías, por

.../...

las que es impulsado por bombas una distancia de 25 km. hasta el puerto de Loloho. El concentrado es comercializado, generalmente, en los mercados de China, Japón, Alemania y España.

2.2.11. Filipinas.-

Es notable e importante el surgimiento y crecimiento de la minería del cobre an las Filipinas a partir del final de la 2^a Guerra Mundial. Antes de la guerra, Filipinas era un productor de cobre sin importancia con casi toda su producción proveniente de las minas Hixbar y Lepanto. Pero en los últimos 30 años Filipinas ha pasado a ser el noveno productor de cobre - del mundo con una producción de 330.535 toneladas de cobre en 1979.

El grueso de la producción minera de Filipinas proviene de -- cinco empresas mineras privadas que son Atlas Consolidated, Lepanto, Marcopper, Mariduque y Philex, siendo Atlas la que produce alrededor del 40% del total.

En 1976 las reservas de Filipinas se estimaban en 13,7 millones de toneladas de cobre contenido, cifra que representaba - el 3,3% de las reservas mundiales.

.../...

MINA CARMEN (Atlas Consolidated Mining and Dev. Corporation)

La mina Carmen, que inició su producción a mediados de 1977 y cuya construcción se realizó en un periodo récord de 13 meses, está localizada en la isla de Cebú, en Filipinas. La corta y su planta de concentración forman parte del complejo minero - en una extensa área minera que se compone de tres depósitos - principales con unas reservas totales estimadas en 1.500 millones de toneladas de mineral.

El yacimiento es un depósito típico de pórfido cuprífero. La roca matriz es una diorita biotítica de grano medio intruida en un basamento complejo de andesita, flujos andesíticos, metasedimentarios intercalados, grauvaca y otras rocas piroclásicas.

La mineralización de cobre se presenta en forma de calcopirita y pirita con mayor concentración cerca de los contactos y dentro de las andesitas. También se ha encontrado algo de bórbita y cobre nativo. La concentración de magnetita es relativamente alta con una ley del 3,0 por ciento, mientras que oro y plata se presentan en trazas y sin recuperados en los concentrados de cobre. También hay molibdenita. La mineralización no presenta ningún problema en el proceso de concentración.

..../...

ción por flotación y en el proceso metalúrgico.

La capacidad de producción de la corta y la planta de concentración es de 35.000 toneladas de mineral por día. El diseño de los límites de la corta, basado en unas reservas de mineral de 367 millones de toneladas con una ley de 0,41 por ciento de cobre, abarcan un área de $3,20 \text{ km}^2$ con un perímetro de 5,3 kilómetros y el banco superior e inferior tienen una elevación de 609,6 metros y 30,48 metros sobre el nivel del mar, respectivamente. La razón estéril a mineral final calculada es de 3,61:1. El talud final de la corta diseñada es de 45° y 33° y los taludes de trabajo de los bancos entre 56° y 60° . La altura de bancos es de 15 metros.

El equipo de perforación utilizado para la voladura primaria en bancos está formado por 4 perforadoras rotatorias eléctricas MARION M4. Los barrenos son perforados verticalmente en líneas escalonadas con espaciamientos de hasta 12 m. entre ellas.

El equipo de carga del mineral en los bancos está formado por tres palas MARION 201 M de $17,48 \text{ m}^3$ de capacidad del balde, dos palas P&H 2.100 BL de $12,92 \text{ m}^3$ de capacidad del balde y una P&H 1.600E de 6.08 metros cúbicos de capacidad del balde, todas ellas eléctricas.

.../...

La flota de transporte del mineral consiste en 32 camiones -- Wasco de 120 toneladas de capacidad.

El mineral es sometido en la planta de concentración a tres fases de machaqueo -que reduce el 95 por ciento del todo uno a menos 10 mesh-a una fase de molienda y a un proceso de flotación. Los concentrados obtenidos tienen una ley de 30-35% - de cobre.

DIZON (Benguet Consolidated)

Dizon es una mina a cielo abierto localizada en San Marcelino Zambales, 160,9 kilómetros al noroeste de Manila y a 32,18 kilómetros de Subic Bay. La primera producción de concentrado - se realizó hacia finales de 1979 y es la primera planta en Filipinas en utilizar molienda semi-autógena y celdas de flotación de $28,31 \text{ m}^3$. Es una mina de cobre pero con una recuperación de oro de gran importancia económica.

El área de Zambales contiene una gran masa de rocas ultramáficas; serpentinas en las cuales se localizan grandes yacimientos de cromo y níquel muy importantes. El yacimiento de Dizon está solo a unas pocas millas al este del extremo sur de este cinturón.

El yacimiento de Dizon es un "porphyry copper" típico con sul

.../...

furos en vetas de cuarzo, re lenos de fracturas y diseminaciones en una masa rocosa ("sto kwork") intruida en una toba intensamente alterada y andesita. Las vetas de cuarzo aparecen mejor desarrolladas en la toba. Las rocas del muro parecen -- pertenecer al Eoceno. La fumarola de la mineralización es una intrusión de diorita que no flora pero que ha sido detectada por sondeos de exploración profundos.

Los sulfuros minerales principales en el yacimiento son pirita, calcopirita, bornita, tefraedrita y, en menor cantidad, molibdenita. Bajo el recubrimiento lixiviado hay una zona de enriquecimiento secundario de poco espesor de calcosina. Las vetas de cuarzo que intersectan posteriormente el yacimiento contienen galena y blenda. Las reservas probadas son de casi 100 millones de toneladas de mineral con una ley de 0,45-0,50 por ciento de Cu, 0,622 a 0,733 gramos de oro y 0,933 a 1,55 gramos de plata por tonelada.

La elevación base se encuentra a 304,8 metros y es donde se localiza el punto de descarga del mineral proveniente de la mina. El punto de elevación más alto de la corta final se encuentra a 655,32 m. A la altura de 487,68 m. se preparó un banco que se utilizó para el montaje de las perforadoras y paletas y que actualmente sirve de área de servicio. Desde estas elevaciones principales se construyó la pista de acceso a la

..../...

corta con una pendiente uniforme del 8 por ciento.

El desarrollo de la corta y el equipo minero se planificó para una capacidad de producción de 19.000 toneladas de mineral por día. A este ritmo de producción se estima en 14 años la vida de la mina con una ley de corte programada del 0,3 por ciento de Cu. Sin embargo los 4 bancos superiores de la corta se llevaron hasta una ley de corte del 0,20 por ciento de Cu con el objeto de que si decide en el futuro rebajar la ley de corte a un 0,20 por ciento no sea necesario llevar nuevamente las grandes palas a los 4 bancos superiores de la corta.

Según el diseño realizado el fondo final de la corta estará - en la cota 134,11 m. y el talud final de la corta será de 40°. La altura de los bancos es de 12,80 m. Los barrenos se perforan hasta 2,43 m. por debajo del nivel del pie de banco y en filas paralelas a la cara del banco con espaciamientos de -- 15,84 m. entre barrenos y 7,92 m. entre filas. El 90% del explosivo utilizado en las voladuras es ANFO.

No hay circuito de machaqueo y el mineral pasa directamente a un circuito de molienda semiautógena, que de acuerdo a la experiencia operativa acumulada hasta ahora puede tratar hasta 22.000 toneladas de mineral blanco por día. El concentrado seco es transportado 24,13 km. en camiones hasta la terminal de

.../...

almacenaje y embarque de la compañía, localizado en la costa norte de la Bahía Subic.

KENNON MINE. (Black Mountain, Inc.)

La mina Kennon es un ejemplo de explotación subterránea por bloques hundidos de un yacimiento de los más pequeños del mundo y bajas leyes que, a pesar de las adversidades del mercado y costes altos, ha desarrollado un programa para triplicar su producción y llegar a tratar 10.000 toneladas diarias y agregar un circuito de recuperación de molibdeno para aumentar sus beneficios.

La mina está en Camp 6, en la isla de Luzón, al lado mismo de la autopista entre Manila y Baguió, muy cerca de esta última ciudad y a 4 horas por carretera al norte de Manila.

La geología del yacimiento es básicamente una combinación de andesitas y dioritas cuarcíferas muy fracturadas y entrelazadas con rellenos de calcopirita con inclusiones de oro, plata y molibdenita. El yacimiento contiene 3 cuerpos mineralizados siendo el llamado Yacimiento Principal el primero en explotarse. Los tres cuerpos mineralizados forman una "U" de mineral con leyes de 0,35 a 0,45 por ciento de Cu. Los concentrados de cobre tienen leyes de 5,28 a 15,86 gramos de oro por tone-

.../...

lada y generalmente 46,65 gramos de plata por tonelada. Los contenidos de molibdeno medidos en el concentrado han sido de 0,3 a 0,4 por ciento de Mo, que ahora se planifica recuperar.

La explotación se realiza por el método de hundimiento de bloques utilizando un sistema de arrastre con "scrapers" que descargan a cintas mediante chimeneas cortas como sistema de transporte primario del mineral de la mina a la planta. El tamaño de los bloques varía entre 36,57 a 60,96 metros de largo y 39,62 a 45,72 metros de ancho. El nivel de corte está 5,48 metros por encima del nivel de arrastre. El hundimiento se provoca volando sistemáticamente los pilares formados en el nivel de corte, retrocediendo diagonalmente a través del bloque.

Después de 5 años de explotación fué necesario preparar un segundo pozo y profundizar el pozo de servicio n° 1 para continuar con la explotación desde niveles inferiores. Los nuevos bloques tienen una altura de hundimiento de 60,96 metros. La explotación de este segundo nivel mejoró la producción de cobre gracias a la mayor limpieza del mineral en los bloques inferiores.

En este segundo nivel también se utiliza un sistema de trans-

.../...

porte por cintas. Sólo se utilizan trenes de trocha angosta - de 45,72 cm. con vagones de una tonelada para el transporte - de estéril proveniente de las labores de preparación. Una de las mayores ventajas del sistema de cintas se observa durante la estación de lluvias (381 a 762 mm. por día), cuando la cantidad de agua en los túneles inutilizaría la línea férrea y, sin embargo, las cintas se mantienen en funcionamiento.

Las tres primeras fases del machaqueo se realizan en instalaciones subterráneas. Los concentrados se transportan en camiones hasta el puerto de embarque de San Fernando distante 64,36 kilómetros.

Desde marzo de 1969 se han extraído de la mina Kennon 10 millones de toneladas de mineral con una ley promedio de 0,38% de Cu que han dado una producción de 27.000 toneladas de Cu, 5.038 kilogramos de plata y 870 kilogramos de oro.

2.2.12. China.-

En Junio de 1979 el director del Servicio de Investigaciones Geológicas de China declaró que las reservas de Cu ascendían a 10 millones de toneladas de metal en la Provincia Jiangxi - solamente. En su mayoría debidas a los depósitos de tipo "por

.../...

phyry copper" en Dexing.

En China existen varios tipos principales diferentes de yacimientos de cobre. Estos son, y no en orden de importancia, -- los siguientes :

- Yacimientos hidrotermales en estratos del Precámbrico, conocidos como yacimientos del tipo Tungchuan y localizados en las provincias de Yunnan y Sichuan.
- Yacimientos en contactos metamórficos de tamaño medio y pequeños, conocidos como yacimientos del tipo Tungk-vanshan. Estos tipos de yacimientos contienen también minerales de hierro, plomo, cinc, molibdeno, etc. y están en las provincias Anhui, Huebei, Hebei, Liaoning y Jilin.
- Yacimientos de cobre cupríferos llamados del tipo Pai-yinchang por el localizado en la provincia de Gansu. Se presentan en rocas igneas ácidas e intermedias y en andesitas y basaltos.
- Yacimientos de vetas hidrotermales también conocidos - como del tipo Luchiang Chaoyun. Son los más numerosos pero su contenido en cobre es menor que otros tipos an-

.../...

tes mencionados. Muchos contienen oro en cantidades -- más valiosas que el cobre.

- Yacimientos cobre-níquel de varios tipos.
- Yacimientos de cobre "red bed" en el borde de la Cuenca Luchang en la provincia Sichuan. La mineralización se presenta en capas delgadas y en pequeños lentes.
- Yacimientos tipo "porphyry copper", estos son los más importantes.

La producción china de cobre en el año 1978 alcanzó entre 185 a 200 mil toneladas de Cu metal. China aún debe importar cobre y seguramente necesitaría también de dichas importaciones en el futuro, incluso cuando se complete la expansión del -- gran yacimiento de Dexing.

DEXING (Jiangxi Copper Province)

Dexing es la explotación de uno de los depósitos del tipo -- "porphyry copper" más grande actualmente conocidos. Aunque descubierto hace más de mil años, datos concretos sobre el yacimiento y su explotación solo se han dado a conocer a fina--

..../...

les de 1978. Está localizado en el extremo norte de la provincia Jiangxi y al sur de la provincia Anhui en China Oriental.

La producción actual de la mina es de 10.000 toneladas de mineral por día. A principios del año 1965 la producción era de 2.500 toneladas de mineral por día, la totalidad proveniente de extracción subterránea por el método de hundimiento de bloques. En años siguientes la producción ascendió a 3.300 toneladas/día y en 1970 alcanzó las 6.400 toneladas de mineral/día. La producción actual se logra al iniciarse la explotación de la nueva corta. Las explotaciones subterráneas fueron cerradas en 1978.

Estudios geológicos y exploraciones extensas realizadas entre 1975 y 1977 confirman la existencia de tres cuerpos mineralizados. El más grande es Tongchang, también llamado "A". Los restantes son Fugiaiwu ("B") que aflora aproximadamente 3,21 kilómetros al suroeste de Tongchang, y Xhushong ("C") que se localiza a unos 914 metros hacia noroeste. Los tres cuerpos mineralizados se encuentran en la zona de una importante fractura de dirección noroeste, con los ejes principales de las masas intrusivas de granodiorita de dichos cuerpos a lo largo de la fractura. Las graanodioritas del Jurásico intruyen filitas y tobas del Proterozoico.

.../...

El yacimiento "A" es notablemente el más grande y en él se en cuentran las minas subterráneas y la actual corta. El yaci-miento "B" es el siguiente más grande y se sitúa en un terre-no más alto y montañoso, en él realizaron algunas explotacio-nes en el pasado. El yacimiento "C" se considera muy pequeño para incluirlo en las reservas.

Actualmente se estima un total de reservas de 1.500 millones de toneladas de mineral con una ley del 0,47% de Cu. Además el mineral contiene entre 0,0047 y 0,0091 por ciento de molibdeno, 0,248 gr. de oro/tonelada y 0,777 gr. de plata por tonelada.

La mineralización se presenta tanto en la granodiorita como - en las filitas y tobas, aproximadamente un 65% del total en - estas últimas. El yacimiento "A" se caracteriza por una mine-ralización periférica fuerte alrededor de la masa de granodiorita. Este yacimiento es diferente a muchos "porphyry copper", no se mantiene en profundidad y la mineralización se presenta en bandas gruesas, disminuyendo de espesor hacia el oeste, se paradas por zonas de baja ley. El yacimiento buza hacia el noroeste entre 20° a 35°. El yacimiento "B" tiene casi la forma de un cono y es casi vertical.

.../...

El yacimiento "A" tiene aproximadamente 2.438 metros de largo y 1.828 metros de ancho en su parte central. El extremo este tiene un ancho aproximado de 1.219 metros y está conectado al centro por un "cuello" más estrecho.

La corta planificada tiene forma elíptica, con unas dimensiones de 2.743 metros de largo por 2.133 metros de ancho. El punto más alto de la corta estará en la elevación 614 metros, actualmente el banco de explotación principal está en la cota 343 metros. El fondo de la corta planificada se situa en la elevación menor 175 metros.

La razón estéril a mineral final de la corta se calcula será de 1,5 a 2 toneladas de estéril por una tonelada de mineral.- El talud final de la corta será de 38 a 46°.

Actualmente el mineral ha sido expuesto en una serie de bancos planos de unos 1.524 metros de largo, un ancho máximo de 487 metros y una altura de 12,80 metros. Los barrenos de perforación en bancos, de 152,4 mm. de diámetro y 14 metros de largo, se sitúan formando una red 4,57 por 4,57 metros y son inclinados. Cuando las nuevas perforadoras BE 45R entren en operación a lo largo de 1981 se podrán perforar barrenos verticales de 250,82 mm. de diámetro lo que contribuirá a una me

.../...

jor fragmentación del mineral, sobre todo en el pie de los -- bancos.

La carga del mineral en los bancos se lleva a cabo mediante - palas de 4,6 m³ de capacidad de fabricación china y se trans- porta en camiones de fabricación rusa de 30 toneladas de capa- cidad. El mineral se lleva hasta el extremo oeste de la corta actual en donde se descarga a chimeneas de paso de 5,48 me- tros de diámetro que comunican con un túnel principal de -- transporte. Aquí el mineral es cargado en vagones de 14 tone- ladas y en trenes de 14 vagones cada uno, es transportado a -- una distancia de 5,63 kilómetros hasta la planta. Este siste- ma de transporte es clásico en china dada la topografía monta- ñosa en que se encuentra la mayoría de las cortas y la esca-- sez de camiones de gran capacidad para transportar el mineral hasta la planta.

En la planta el mineral pasa por un circuito de machaqueo y - molienda para obtener un 90 por ciento de menos de 200 mallas. Las celdas de flotación tienen 7,07 metros cúbicos de capaci- dad. La recuperación de cobre es del 85%. El concentrado es - filtrado, almacenado y cargado en camiones para transportarlo hasta la línea férrea en Xiangture, o hasta Leping situado a 64,36 kilómetros de distancia.

.../...

Finalmente hay que destacar que existen ambiciosos planes de expansión y aumento de la producción. El plan original anunciado hacia finales de 1978 hablaba de alcanzar un tratamiento de 195.000 toneladas de mineral/día en 1983. Sin embargo desde el anuncio del plan, el objetivo se ha reducido a -- 135.000 toneladas de mineral/día, y en 1980 el gobierno de China ha anunciado que el proyecto DEXING tendría que ser - postergado por unos dos años. No obstante no hay dudas sobre la expansión de la explotación en el futuro.

MINA DE HONGTUSHAN

La mina de Hongtushan está localizada en la ladera de una montaña, 136,76 kilómetros al noreste de Sheyang en la provincia Liaoning. La ladera de la montaña presenta un color rojo anaranjado debido a la oxidación, distinguiéndose notablemente sobre el color negro grisáceo de las rocas encajantes de edad Precámbrica.

La excavación de los pozos, la preparación de la mina y la construcción de la planta comenzaron en 1958. La primera producción de mineral tratado en la planta se realizó en 1960. Hongtushan se conoce también con el nombre de Cerro Colorado, incrementándose así la lista de minas y yacimientos de cobre que llevan este mismo nombre en otros países como España, -

.../...

Chile, Estados Unidos, Tailandia y Panamá.

De la mina se extraen unas 2.000 toneladas diarias de mineral, utilizandose tres métodos de explotación diferentes. La producción anual de los concentrados de la planta contienen 7000 toneladas de Cu y 4.500 toneladas de Zn.

El yacimiento es un dique mineralizado que buza entre 70° y - 80°, tiene entre 2,13 y 30,48 metros de ancho pero con un pro medio de apróximadamente 10 metros. El yacimiento se conoce - por sondeos extendidos hasta una profundidad de 1.066 metros. La corrida es de aproximadamente 1.200 metros. La mineralización está formada por pirita con un 19% de S en el todo uno , blenda con una ley de 1,9 por ciento de cinc, y calcopirita - con una ley de 1,5 por ciento de Cu.

La mina se ha desarrollado a través de 4 pozos. El pozo principal que sirve para la extracción del mineral es del tipo -- Koepe y tiene 5,48 metros de diámetros y 609 metros de profun didad. Un segundo pozo que se utiliza para transporte del per sonal y servicio que es de sección cuadrada de 2,43 por 3,65 metros. Los dos pozos restantes se utilizan para ventilación y ubican en los extremos este y oeste de la explotación.

.../...

La mina se explota por niveles dejándose una distancia de 61 metros entre ellos. Se aplican tres métodos de explotación diferentes dependiendo de la potencia del yacimiento. Se utiliza el método de cámaras de almacén cuando la potencia es menor de 5,48 metros. El segundo método de explotación utilizado, y que fué el de mayor aplicación, es un método de rebanadas ascendentes con barrenos horizontantes largos. En este método se practican chimeneas entre niveles, distanciadas 41,14 metros desde las cuales se perforan los barrenos horizontales en abanico, espaciados 3,65 metros en la vertical. Pero este método produce una mala fragmentación del mineral y problemas de hundimiento de los pilares que contienen las chimeneas.

El tercer método es el rebanadas ascendentes con relleno y es el más importante porque minimiza los problemas de hundimiento de pilares y cajas. El relleno compuesto de arena y estéril proveniente de la planta se lleva hasta las cámaras por métodos hidráulicos.

El mineral pasa por chimeneas al nivel principal de transporte situado en la cota 609 metros y pasa por un circuito de maquaqueo primario antes de ser extraído a superficie.

En la planta, después del machaqueo secundario y molienda, el -

.../...

mineral se reduce al tamaño menos 200 mallas. Estos procesos están siendo automatizados con el empleo de un ordenador. La primera flotación se realiza en un banco de 18 celdas de 2,83 m^3 de capacidad donde se obtiene un concentrado de calcopirita-pirita y una cola de blenda. Posteriormente la calcopirita se separa de la pirita por un nuevo proceso de flotación en un banco compuesto por 12 celdas. Así mismo la cola de blenda es sometida a un proceso de flotación. Cada uno de los concentrados es filtrado, almacenado y transportado por ferrocarril a las fundiciones en el área de Sheyang. Los concentrados de cobre tienen una ley del 18 por ciento de Cu y los de cinc -- una ley de 45 por ciento de Zn. También se producen apróximadamente 17.000 toneladas anuales de concentrado de pirita con una ley en azufre de 45 por ciento.

2.2.13. Rusia.-

La principal fuente de cobre en la Unión Soviética la constituyen los minerales diseminados. Estos se presentan en depósitos grandes y poco profundos que permiten su extracción mediante una mecanizada minería a cielo abierto.

Existen grandes depósitos de sulfuros minerales en la región de los Urales, sin embargo la mayor parte de la producción de

.../...

cobre de Rusia se obtiene de yacimientos de minerales de cobre diseminados situados en Kazakh y en Asia Central.

Actualmente los mínimos contenidos de cobre en los minerales soviéticos económicamente explotables varían entre 0,4% y 7% - pero, más frecuentemente, entre 0,5% y 2%.

La flotación es el método básico de concentración del cobre, pero tanto los métodos gravimétricos como los electromagnéticos son ampliamente utilizados. Los métodos magnéticos han sido -- aplicados con éxito en combinación con la flotación en el tratamiento de minerales de sulfuros de cobre-níquel.

Una tendencia importante en Rusia en la separación por gravedad fué el uso de hidrociclones. Estos son también utilizados como clasificadores en los procesos de machaqueo de los minerales de cobre y plomo-cobre.

En Enero de 1980 Rusia operaba 40 plantas de concentración con una capacidad total de tratamiento de 5 millones de toneladas de concentrado al año. La producción de concentrados de cobre en 1979 se ha estimado en 4 millones de toneladas con un contenido promedio de 20% de cobre.

.../...

Uno de los aspectos más positivos de Rusia ha sido su capacidad de engrandecer la industria minera del cobre con relativa rapidez y la falta de sensibilidad en los precios proporciona seguridad a la industria lo que permite la planificación a largo plazo.

Los yacimientos en Rusia, y por tanto la concentración de minerales de cobre, se dividen en minerales de cobre, minerales de cobre-cinc, minerales de cobre-molibdeno, minerales de cobre-níquel y minerales de cobre-plomo-cinc.

Las principales minas de mineral de cobre son: Kounrad y Sayak, Kalmakir y Dzhezkazgan. Las principales minas de minerales de cobre-cinc son: Uchaly, Mezhozernyy, Gay Krasnouralsk, Kaban, Tercera Internacional, Belorechenka, Degtyarka, Pyshmin-Klyucher y Gumyshev.

En general los depósitos soviéticos de minerales de cobre-cinc se caracterizan por su alto contenido de pirita, la estrecha asociación de los sulfuros de cobre y cinc y un bajo contenido en cobre con un relativo alto contenido en cinc. De forma que la obtención de concentrados de una determinada calidad, con una alta recuperación del metal, presenta un difícil problema.

.../...

Los minerales de cobre-molibdeno de Armenia difieren de los encontrados en el resto de la Unión Soviética por su relativamente alto grado de oxidación y descomposición, una razón molybdeno-cobre más alta y depósitos relativamente más pequeños. Una de las principales minas de mineral de cobre-molibdeno es la corta Sorsk.

Las principales minas de mineral de cobre-níquel son: Norilsk nº 1, Talnakh, Oktyabr, Zhdanov y Kaula. El Instituto de Investigación de Tratamiento Mecánico de Minerales ha desarrollado los procesos de flotación y electromagnético para minerales de sulfuros de cobre-níquel utilizados en la industria soviética del níquel.

Las principales minas de minerales de cobre-plomo-cinc son: - Maslyan, Zyryanov, Zavodin, Grekhov, Zolotushin, Leninogor, - Sokolnoye, Belousov, Globochan, Beresov, Buron, Sadonsk, Zgil, Kholstin y Arhon.

Por falta de información no es posible incluir la descripción de ninguna de las explotaciones mineras mencionadas.

Finalmente, aunque no se dispone de cifras de reservas de Rusia, según el informe preliminar "World Copper Reserves an Re

.../...

"sources" elaborado por las Naciones Unidas en 1976, el total de reservas de los países socialistas se estimaba en 63 millones de toneladas de cobre contenido, cifra que representaba - el 15% de las reservas mundiales y gran parte de las reservas europeas que, según el mismo informe, eran de 71,1 millones - de toneladas de cobre contenido.

2.2.14. Polonia.-

La industria minera del cobre en Polonia está concentrada al suroeste del país en la Cuenca Cuprífera Legnica-Glogow. Polonia es uno de los países productores de cobre de más rápido crecimiento en el mundo. Las minas subterráneas localizadas - en dicha cuenca fueron desarrolladas en un periodo de tiempo muy corto, los trabajos iniciales empezaron alrededor de 1957.

Actualmente existen tres minas relativamente nuevas en producción, que son Rudna, Polkowice y Lubin, y una cuarta en preparación denominada Sieroszowice. Hay una quinta mina, la mina Konrad, que es más antigua pero todavía se encuentra en fase de producción.

La mina de Sieroszowice cuya construcción empezó en 1978 será la mina de cobre más grande de Europa cuando entre en produc-

.../...

ción, la cual se ha programado en 15 millones de toneladas al año de mineral.

Los planes de producción del total de las minas se sitúan en 29 millones de toneladas de mineral en 1980 para llegar a 42 millones de toneladas de mineral en 1990. De acuerdo con informes más recientes de producción Polaca en 1980 se estima fué de 350.000 toneladas de cobre metal, es decir 25.000 toneladas menos de la producción programada.

Los depósitos minerales de cobre del suroeste de Polonia se estiman como unos de los más grandes en el mundo, yacen en un área de unos 30 km. de largo, 8 km. de ancho y están a una profundidad entre 390 m. a 1.350 m. Los depósitos están bien investigados hasta una profundidad de 1.200 m. La potencia media de los mantos es 4,5 m. y la ley promedio es 1,5% de cobre.

Los minerales de cobre, de origen sedimentario y de potencias de los mantos variables, se encuentran en una zona de contacto de calizas Pérmicas y areniscas rojas jóvenes, y están formados por areniscas, pizarras y dolomias mineralizadas.

Los principales minerales son calcosina, bornita y calcopiri-

.../...

ta. Otros componentes importantes de la mineralización son -- plata nativa y minerales de plata de 30 a 80 gr/t. de ley, galena, blenda y pirita. Casi todos los minerales son sulfuros excepto unos pocos minerales oxidados.

Las minas subterráneas de la cuenca son relativamente profundas, con labores hasta los 900 m. profundidad, y todas poseen sistemas de pozos verticales para la extracción del mineral.- El método de explotación que se considera más idóneo para este tipo de depósitos y el más utilizado es el método de cámaras y pilares, aunque hay variaciones en el equipo utilizado.

La mayor y más reciente de las minas es Rudna que produce 12 millones de toneladas de mineral al año. La mina Lubin cuyos trabajos comenzaron en 1957 produce 7,5 millones de toneladas de mineral al año.

La mina Polkowice produce alrededor de 22.500 toneladas de mineral al día provenientes de siete diferentes frentes de trabajo y cuatro en preparación. En esta mina la mineralización se presenta en dolomias y por lo tanto el mineral requiere una molienda muy fina (90% menos de 0,043 mm.).

El tratamiento del mineral en las plantas de concentración --

.../...

consiste en una molienda convencional, y flotación. En Lubin se obtienen concentrados de 17% de Cu con una recuperación de 89%. En Polfowice la ley del concentrado es de 23-24% de Cu con -- una recuperación del 90%.

No se ha podido incluir la descripción de ninguna mina en particular por no disponer de la información suficiente.

Finalmente hay que decir que Polonia es el sexto o séptimo -- país productor de cobre del mundo y que también tiene una producción de plata como subproducto importante que en 1980 se estima fué de 760 t.

2.2.15. Yugoslavia.-

La producción de cobre en Yugoslavia es importante dentro de Europa y asciende a unas 150.000 toneladas de cobre al año. Pero es quizás más importante el potencial minero de cobre que este país posee.

Actualmente la industria minera del cobre en Yugoslavia está pasando por un periodo de expansión con dos nuevas minas en producción. Primero Veliki Krivelj, un yacimiento de tipo -- "porphyry copper" justo al norte de Bor y con unas reservas -

.../...

de 600 millones de toneladas de mineral de 0,4% de Cu de ley.

La segunda localizada en Macedonia, en la zona mineralizada más importante de Lece/Zletovo, es la mina Bucim cuyas reservas se estiman en 900.000 toneladas de cobre. También se encuentran en esta área el depósito de Borov Do aún sin desarrollar.

La mina de cobre probablemente más conocida del país es la mina Bor. Este yacimiento actualmente en explotación contiene tanto sulfuros masivos como "stockworks" mineralizados.

Otra mina actualmente en expansión es la mina Majdanpek localizada 36 kilómetros al norte de Bor. Aquí se está preparando una nueva corta al norte de la que se encuentra en explotación que proveerá una producción adicional.

También existe un número importante de yacimientos complejos tales como el de cobre-níquel de Lipovac y los depósitos de cobre-pirita de Lajkovaca, Tolismica y Stanca. Ninguno de estos depósitos se encuentra actualmente en explotación.

A continuación se describe el proyecto en marcha de la mina - Bucim.

..../...

BUCIM (Rudnick Za Bakar)

El proyecto de la mina de cobre Bucim, situada cerca de Radovis en el sureste de Macedonia, empezó en el año 1979. La meta de producción fijada para Bucim se cifra en 20.000 toneladas de cátodos de cobre al año a partir de 100.000 toneladas de concentrados al año.

El proyecto de la mina y planta de concentración tiene como objetivo la producción de concentrado a partir de tres explotaciones a cielo abierto en las cuales la ley de cobre bajará gradualmente de 0,70% a 0,38% durante los primeros siete años de producción. Los tres depósitos incluidos en el proyecto son Cukar, Vrsnik y Bucim que serán explotados sucesivamente y con montos de producción progresivamente en aumento para producir concentrados de cobre que serán tratados en la fundición de Bor.

El depósito Bucim es el más grande de los tres y contiene alrededor de 73 millones de toneladas de mineral con una ley promedio de 0,38%. El desarrollo de este depósito está programado para 1983 y será explotado a un ritmo anual de 7,2 millones de toneladas. Este depósito contiene cantidades recuperables de magnetita que se procesarán para su concentración.

.../...

El primer depósito en ser desarrollado en 1981, será el Vrnisk que contiene alrededor de 21 millones de toneladas de mineral de 0,50% de cobre.

Las reservas del depósito Cukar ascienden a 11 millones de toneladas de mineral de 0,70% de cobre que constituye el depósito con leyes más altas de los tres. La explotación de este depósito está programada para 1982 a un ritmo anual de 3,72 millones de toneladas de mineral. Como se ha dicho anteriormente la explotación se realizará a cielo abierto y métodos de tratamiento de minerales convencionales.

Los depósitos de Bucim se presentan en una secuencia de rocas metamórficas al parecer de edad Precámbrica. El tipo de roca dominante es el gneis con menores cantidades presentes de esquistos y anfibolitas. Estas fueron intruidas por stocks de andesita porfírica que produjeron condiciones estructurales favorables para la subsecuente mineralización por una actividad hidrotermal asociada con otros intrusivos profundos.

El cuerpo mineralizado de Bucim está formado por calcopirita, pirita, hematites, trazas de molibdenita, oro y plata. El depósito de Cukar es una zona de enriquecimiento secundario y un depósito subyacente de mineral primario de baja ley, y la mayor

..../....

ría del cobre se presenta en calcosina y covellina secundarias. El depósito de Ursnik consiste principalmente de calco-pirita primaria y pirita diseminadas en un gran stock de andesita.

La razón mineral de estéril de la corta variará entre 1,0:1 y 1,25:1. Actualmente se dispone de dos perforadoras eléctricas de 228,6 mm. de diámetro para la perforación en bancos. También se cuenta ya con 3 palas y 8 camiones de 120 toneladas - de capacidad, y maquinaria rodante auxiliar.

El valor de la inversión para la construcción del Proyecto Bucim es de 85 millones de dólares, de los cuales se han aportado 29 millones en US dólares y 56 millones equivalentes en dinares yugoslavos. El proyecto ha sido financiado en su totalidad a través de préstamos bancarios y pagos diferidos.

2.3. Resumen y Conclusiones.-

En el cuadro nº 2.7. se observan los datos más característicos de las minas anteriormente analizadas. No se han hecho cuadros resumenes por países, pues estos están recogidos en el capítulo cuatro.

En el cuadro nº 2.8. se observan todas las minas de cobre existentes en el mundo en 1980, citándose el nombre de la mina, en localización geográfica, método de explotación, orientación de tonelajes y productos en ellas obtenidos.

Del análisis realizado se puede llegar a las siguientes conclusiones:

- Todos los yacimientos de cobre los podemos agrupar en dos únicos tipos: a) grandes yacimientos con mineralización en masa o diseminada cuyos contenidos en cobre oscilan entre el 0,5 y el 5% como medias, b) pequeños yacimientos con mineralización generalmente de origen filoniano, y cuyos contenidos en cobre oscilan entre el 2% y el 5% como medias.
- En la mayoría de las minas el cobre aparece en forma de

..../...

CARACTERISTICAS MINAS DESCRIPTAS

PAIS	NOMBRE DE LA MINA	TIPO	METODO DE EXPLOTACION	RESERVAS	LEY MEDIA	PRODUCCION
Canada	HORNE-MINE(NORONDA LORNEX	Sulfuros Complejos Porphyry Copper	Rebanadas ascendentes con relleno Cielo abierto	412 M.t.	0,38% Cu-0,015% Mo	5.000 t/d 72.000 t/d mineral
USA	BINGHAM CANYON SAN MANUEL	Porphyry Copper Depósito diseminado de leyes bajas	Cielo abierto Hundimiento de bloques	2.000 M.t. 750 M.t.	0,6% Cu-0,05% Mo 0,69% Cu	34,3 Mt/año mineral 30.000 t/d mineral
Méjico	CANANEA LA CARIDAD	Porphyry Copper Porphyry Copper	Cielo abierto Cielo abierto	1.260 M.t. 680 M.t.	0,657% Cu 0,6% Cu y 0,02% Mo	126.000 t/d mineral 72.000 t/d
Perú	CUAJONE CABO VERDE	Porphyry Copper	Cielo abierto Cielo abierto	390 M.t. 1.200 M.t.	1% Cu y 0,0225% Mo 0,6%	55.000/60.000 t/d
Chile	CHUQUICAMATA EL TENIENTE	Porphyry Copper Porphyry Copper	Cielo abierto Hundimiento de bloques	430 M.t. 53,9 M.t.	0,9% 1,2%	70.000 t/d 57.000 t/d
Zambia	LUANSHYA	Sedimentario	Cámaras con recuperación de pilares	134 M.t.	2,52%	
	MUFULIRA	Sedimentario	Hundimiento por subniveles. Cámaras con relleno	130 M.t.	3,13%	118.000 t/a de Cu contenido
Zaire	KAMOTO KIPUSHI	Sedimentario Sedimentario	Niveles hundidos Niveles hundidos	S.d. S.d.	4,2% Cu y 0,35% Co 2 tipos de mineral - 7% Cu-10% Zn - 1% Cu-40% Zn	3 Mt/a de mineral 1,4 Mt/a
Sudáfrica	PALABORA	Palabora	Cielo abierto	+400 M.t.	0,69% Cu	27.076.914 t mineral tratado 0,49% C
Australia	MOUNT ISA	Masivo	Cámaras de gran altura niveles hundidos Realces con relleno	131 M.t.	3,2% Cu	20.000 t/d sulfuros de Cu
Nueva Guinea Papua	BOUGAINVILLE	-	Cielo abierto	6,7 M.t.Cu		38,1 Mt/a mineral
Filipinas	CARMEN DIZON	Porphyry Copper Porphyry Copper	Cielo abierto Cielo abierto	367 M.t. 14 años vida(1980)	0,41% Cu 0,3% Cu	35.000 t/d 19.000 t/d
	KENNON MINE	Porphyry Copper	Hundimiento de bloques			10.000 t/d
China	DEXING HONGTUSHAN	Porphyry Copper -	Cielo abierto Cámaras almacén Rebanadas ascendentes con relleno	15.000 M.t.	0,47%	10.000 t/d 2.000 t/d
Yugoslavia	BUCIM	-	Cielo abierto	73. M.t.(0,38% Cu)+11 Mt(0,7% Cu) + 21 Mt(0,5% Cu)		100.000 t/a de concentrados

MINAS MUNDIALES DE COBRE

MINA	LOCALIZACION	METODO DE EXPLOTACION	TAMAÑO DE LA OPERACION	PRODUCTOS
<u>CANADA</u>				
Equity Silver	British Columbia	C.A.	B	Ag, Au, Cu
Bell Copper	British Columbia	C.A.	A	Cu
Craigment	British Columbia	S.	B	Cu
Henderson	Quebec	S.	E	Cu
Copper Mountain	British Columbia	C.A.	B	Cu
Afton	British Columbia	C.A.	B	Cu, Au
Abderson Lake	Manitoba	S.	E	Cu, Ag, Au
Bethlehem	British Columbia	C.A.	A	Cu, Mo
Brenda	British Columbia	C.A.	A	Cu, Mo
Buchans	Newfoundland	S.*	D	Cu, Zn, Pb
Centennial	Manitoba	S	E	Cu, Zn, Au, Ag
Copper Mountain	Quebec	S	A	Cu, Mo
Copper Rand	Quebec	S	C	Cu, Au, Ag
Flin Flon (Main)	Monitoba/Sask	S	C	Cu, Zn, Pb, Au, Ag
Fox	Manitoba	S	B	Cu, Zn
Geco	Ontario	S	B	Cu, Pb, Zn, Ag
Granduc	British Columbia	S	B	Cu
Granisle	British Columbia	C.A.	A	Cu, Ag, Au, Mo
Island Copper	British Columbia	C.A.	A	Cu, Mo
Lake Dufault	Quebec	S	D	Cu, Zn, Au
Little Chief	Jukon	S	C	Cu, Au, Ag
Lornex	British Columbia	C.A.	A	Cu, Mo
Mc Leese Lake	British Columbia	C.A.	A	Cu, Mo
Madelaine	Quebec	S	C	Cu, Ag
Mattagami Lake	Quebec	S	B	Cu, Zn, Ag
Ming	Newfoundland	S	E	Cu, Au, Ag
Needle Mountain	Quebec	C.A.	B	Cu, Mo
Openiska	Quebec	S	C	Cu, Au
Orchan	Quebec	S/C.A.	D	Cu, Zn, Ag
Osborne Lake	Manitoba	S	E	Cu, Zn, Ag, Au
Ruttan Lake	Manitoba	S	B	Cu, Zn
Schumacher	Ontario	S	C	Cu, Au
South Bay	Ontario	S	E	Cu, Au, Ag
Stall Lake	Manitoba	S	E	Cu, Zn, Au, Ag
Thierry	Ontario	S	B	Cu, Ni
Westarm	Manitoba	S	E	Cu, Zn, Au, Ag
Brunswick No.6	NB	S	C	Zn, Pb, Cu
Brunswick No.12	NB	S	A	Zn, Pb, Cu, Ag
Chisel Lake	Manitoba	S	E	Zn, Ag, Cu, Pb, Cd
Little River	NB	S	B	Zn, Pb, Cu
Kidd Creek	Ontario	S	A	Zn, Cu, Pb, Au, Ag
Lemoine	Quebec	S	E	Zn, Cu, Au, Ag
Mattabi	Ontario	C.A.	B	Zn, Cu, Ag, Pb
Western Mines	British Columbia	S	E	Zn, Cu, Ag, Pb
Gays River	N.S.	S	D	Zn, Pb, Cu
Birchtree	Manitoba	S*	B	Ni, Cu
Clarabelle	Ontario	C.A.	B	Ni, Cu
Coleman	Ontario	S	B	Ni, Cu
Copper Cliff North	Ontario	S*	B	Ni, Cu
Copper Cliff South	Ontario	S	B	Ni, Cu
Crean Hill	Ontario	S*	B	Ni, Cu
Creighton	Ontario	S	A	Ni, Cu
Falconbridge	Ontario	S	C	Ni, Cu
East Falconbridge	Ontario	S	D	Ni, Cu
North Falconbridge	Ontario	S	E	Ni, Cu
Frood Stobie	Ontario	S	A	Ni, Cu
Carson	Ontario	S	B	Ni, Cu
Levack	Ontario	S	B	Ni, Cu
Little Stobie	Ontario	S	B	Ni, Cu
Lockerby	Ontario	S	C	Ni, Cu
Mc, Creedy West	Ontario	S	B	Ni, Cu
Murray	Ontario	S*	C	Ni, Cu
Onaping	Ontario	S/C.A.	D	Ni, Cu

.../...

MINAS MUNDIALES DE COBRE (Continuación)

MINA	LOCALIZACION	METODO DE EXPLOTACION	TAMANO DE LA OPERACION	PRODUCTOS
Pipe	Manitoba	C.A.	B	Ni, Cu
Shebandowan	Ontario	S	C	Ni, Cu
Soab	Manitoba	S*	B	Ni, Cu
Strathcona	Ontario	S	B	Ni, Cu
Thompson	Manitoba	S	B	Ni, Cu
Totten	Ontario	S*	C	Ni, Cu
Tasu	British Columbia	S	B	Fe, Cu
<u>ESTADOS UNIDOS</u>				
Battle Mountain	Nevada	C.A.	C	Au, Ag, Cu
Black Pine	Montana	S	E	Ag, Cu
Corur	Idaho	S	E	Ag, Cu, Sb
Galena	Idaho	S	E	Ag, Cu
Ajo	Arizona	C.A.	A	Cu, Au, Ag
Bagdad	Arizona	C.A.	A	Cu, Mo
Berkeley	Montana	C.A.	A	Cu, Ag
Bluebird	Arizona	C.A.	C	Cu
Carr Fork	Utah	S	A	Cu
Chino	Nuevo Mexico	C.A.	A	Cu, Ag, Mo
Christmas	Arizona	C.A.	B	Cu
Continental	Nuevo Mexico	C.A./S	B	Cu, Au, Ag, Zn
Copperhill	Tennessee	S	B	Cu, Fe, Zn
Esperanza	Arizona	C.A.*	A	cu, Mo
Inspiration	Arizona	C.A.	A	Cu, Mo
Johnson (Benson)	Arizona	C.A.	B	Cu
Lakeshore	Arizona	S	B	Cu
Metcalf	Arizona	C.A.	A	Cu
Miami	Arizona	C.A.	B	Cu
Mineral Park	Arizona	C.A.	A	Cu, Mo, Ag
Mission	Arizona	C.A.	A	Cu, Mo, Ag
Morenci	Arizona	C.A.	A	Cu
Nacimiento	Nuevo Mexico	C.A.*	B	Cu
Ox Hide	Arizona	C.A.*	B	Cu
Palo Verde	Arizona	C.A.	A	Cu
Pina	Arizona	C.A.	A	Cu, Mo, Ag
Pinto Valley	Arizona	C.A.	A	Cu, Mo
Ray	Arizona	C.A.	A	Cu, Ag, Mo
Ruth Pit	Nevada	C.A.*	A	Cu, Mo, Re
Sacaton	Arizona	C.A.	A	Cu, Ag
San Manuel	Arizona	S	A	Cu, Mo, Au, Ag, Re
San Xavier	Arizona	C.A.	B	Cu
Territa	Arizona	C.A.	A	Cu, Mo, Ag
Silver Bell	Arizona	C.A.	B	Cu
Superior	Arizona	S.	B	Cu, Au, Ag
Twinkie	Arizona	C.A.	A	Cu, Ag, Mo
Tyrome	Nuevo Mexico	C.A.	A	Cu, Ag
Bingham (Utah Cooper)	Utah	C.A.	A	Cu, Mo, Au, Ag, Re
Victoria	Nevada	C.A.*	D	Cu
White Pine	Michigan	S	A	Cu, Ag.
Yerington	Nevada	C.A.*	A	Cu
Brushy Creek	Missouri	S	B	Pb, Zn, Cu
Magmont	Missouri	S	B	Pb, Zn, Cu, Ag
Sunnyside	Colorado	S	E	Pb, Zn, Cu, Ag
Viburnum	Missouri	S	B	Pb, Zn, Cu, Ag
Blue Hill	Maine	S*	B	Zn, Cu
Idorado	Colorado	S*	D	Zn, Pb, Cu, Au, Ag
<u>CENTRO Y SUR DE AMERICA</u>				
<u>BOLIVIA</u>				
Corocoro	Corocoro	S	D	Cu

.../...

MINAS MUNDIALES DE COBRE (Continuación)

MINA	LOCALIZACION	METODO DE EXPLOTACION	TAMAÑO DE LA OPERACION	PRODUCTOS
<u>CHILE</u>				
Andina	Aconcagua	S	A	Cu, Mo
Chuquicamata	Antofagasta	C.A.	A	Cu, Mo
Disputada (Los Bronces)	Santiago	S	B	Cu
El Salvador	Atacama	S	A	Cu, Mo, Ag, Au
El Teniente	O'Higgins	S	A	Cu, Mo
La Africana	Santiago	S	E	Cu
Lo Aguirre	Santiago	C.A.	C	Cu
Mantos Blancos	Antofagasta	C.A.	B	Cu
Ojancos	Copiapo	C.A./S	E	Cu
Sagasca	Tarapaca	C.A.	B	Cu
Soldado (El Cobre)	Aconcagua	S	B	Cu
<u>CUBA</u>				
Matahambre	Pinar del Río	C.A.	D	Cu
<u>HAITI</u>				
Sedren	Meme	S	E	Cu, Au
<u>MEXICO</u>				
Cuale	Jalisco	C.A./S	D	Au, Ag+Pb, Zn, Cu
Avino	Durango	S	E	Ag, Cu, Au
Cananea	Sonora	C.A.	A	Cu
Inguaran	Michoacan	S	C	Cu, Ag, W
La Caridad	Sonora	C.A.	A	Cu
La Negra	Queretaro	S	E	Cu, Ag, Pb, Zn
Tecolote	Sonora	S	E	Cu, W, Zn, Ag
Fresnillo	Zacateca	S	C	Pb, Zn, Ag, Cu
Minera Frisco	Chihuahua	S	C	Pb, Zn, Ag, Cu
Parral	Chihuahua	S*	D	Pb, Zn Cu
Santa Barbara	Chihuahua	S	B	
Macocozac	Chihuahua	C.A./S	D	Cu, Ag, Au
Taxco	Guerrero	S	C	Pb, Zn, Cu, Ag
Naica	Chihuahua	S	C	Zn, Pb, Ag, Cu, Au
San Martin	Zacatecas	S	D	Zn, Cu, Ag
<u>NICARAGUA</u>				
Vesubio	Zelaya	S	E	Zn, Pb, Cu, Au, Ag
<u>PERU</u>				
Casapalca	Casapalca	S	C	Ag, Zn, Pb, Au, W, Cu
Madrigal	Arequipa	C.A.	D	Ag, Zn, Cu, Pb
Raura	Huanuco	S	D	Ag, Zn, Pb, Cu
San Juan de Lucanas	Ayacucho	S	E	Ag, Au, Cu, Pb
Aguila	Cerro de Pasco	C.A.	B	Cu, Mo
Cerro Verde	Arequipa	C.A.	A	Cu
Chapi	Arequipa	S	E	Cu
Cobriza	Huancavelica	S	C	Cu, Ag
Cuajone	Moquegua	C.A.	A	Cu, Mo, Ag
Morococha	Morococha	S	C	Cu, Zn, Pb, Ag
Quiruvilca	Cajamarca	S	D	Cu, Zn, Pb, Ag, Au
Toquepala	Moquegua	C.A.	A	Cu, Mo, Ag
Yauricocha	Yauricocha	S	D	Cu, Zn, Pb, Ag
Cerro de Pasco	Cerro de Pasco	S/C.A.	B	Zn, Ag, Pb, Cu
Huanzala	Huanzala	S	D	Zn, Pb, Cu
Huaron	Huayllay	S	D	Zn, Pb, Cu, Ag
San Cristobal	San Cristobal	S/C.A.	C	Zn, Pb, Ag, Cu
Santander	Canta	S	D	Zn, Pb, Cu

.../...

MINAS MUNDIALES DE COBRE (Continuación)

MINA	LOCALIZACION	METODO DE EXPLOTACION	TAMANO DE LA OPERACION	PRODUCTOS
<u>OCEANIA</u>				
Burra	S. Australia	C.A.	E	Cu
CSA (Cobar)	NSW	S	C	Cu, Pb, Zn
Kanmantoo	S. Australia	C.A.*	C	Cu
Mammoth	Queensland	S*	D	Cu
Mt. Gunson	S. Australia	C.A.	D	Cu
Mt. Isa	Queensland	S	A	Cu, Zn, Pb
Mt. Lyell	Tasmania	S	B	Cu, Piritas
Mt. Morgan	Queensland	C.A.	B	Cu, Au, Piritas
Warrego	N. Territory	S	E	Cu, Au, Bi
Woodlawn	NSW	C.A.	C	Cu, Pb, Zn, Ag
Rosebery	Tasmania	S	C	Zn, Pb, Cu, Ag
Greenvale	Queensland	C.A.	B	Ni, Cu, Co
Kanbalda	W. Australia	S	B	Ni, Cu, Co
Scotia	W. Australia	S*	E	Ni, Cu, Co
Windarra	W. Australia	S/P*	B	Ni, Cu, Co
<u>PAPUA NUEVA GUINEA</u>				
Bougainville	Papua Nueva Guinea	C.A.	A	Cu, Au, Ag
<u>EUROPA</u>				
<u>ALEMANIA</u>				
Rammelsberg	Niedersachsen	S	E	Zn, Pb, Cu
<u>CHIPRE</u>				
Cyprus Sulphur	Limni	C.A.	D	Cu, Piritas
Geominco	Trobbili	C.A.	E	Cu
Hellenic Mining'	Kalavassos	S/C.A.	E	Cu, Piritas
Kampia Mines	Peristerka	C.A.	E	Cu, Piritas
<u>ESPAÑA</u>				
Cerro Colorado	Huelva	C.A.	A	Cu, Au, Ag
La Zarza	Huelva	S	D	Cu, Piritas
Río Tinto	Huelva	S/C.A.	B	Cu, Piritas
Arineteiro	La Coruña	C.A.	B	Cu
Tharsis	Huelva	C.A.	C	Cu, Piritas
Aznalcollar	Sevilla	C.A.	A	Zn, Cu, Pb, Piritas
<u>FINLANDIA</u>				
Hammaslahti	Pyhäsälka	S	D	Cu
Keretti	Outokumpu	S	C	Cu, Zn, Co
Lui Konlahti	Kaavi	S	D	Cu, Zn, Co
Pyhäsalmi	Pyhäjäry	S/C.A.	B	Cu, Zn
Virtasalmi	Virtasalmi	S/C.A.	D	Cu
Vuonos	Outokumpu	S	B	Cu, Co, Zn
Vihanti	Vihanti	S	C	Zn, Cu, Pb
Hitura	Nivala	C.A.	D	Ni, Cu
Kotalahti	Leppävirta	S	D	Ni, Cu
<u>IRLANDA</u>				
Avoca	Wicklow	S/C.A.	C	Cu, Piritas
<u>ITALIA</u>				
Torrente Otro	Vercelli	S	E	Cu
<u>NORUEGA</u>				
Bleikyassli	Bleikvassli	S	E	Cu, Zn
Grong	Joma	S	D	Cu, Zn, Piritas

.../...

MINAS MUNDIALES DE COBRE (Continuacion)

MINA	LOCALIZACION	METODO DE EXPLOTACION	TAMAÑO DE LA OPERACION	PRODUCTOS
<u>NORUEGA (Continuación)</u>				
Orkla	Lokken	S	D	Cu, Zn
Repparfjord	Hammerfest	C.A.	E	Cu
Skorovas	Skorovatn	S	E	Cu, Zn
Sulitjelma	Sulitjelma	S	D	Cu, Zn, Piritas
Tyerrfjellet	Hjerkinn	S	C	Cu, Zn, Fe
Mofjell	Moi Rana	S	E	Zn, Cu, Pb, S
Fos Dalen	Malm	S	C	Fe, Cu, Piritas
<u>PORUTGAL</u>				
Ajustrel	Alentejo	S	D	Cu, Piritas
Lousal	Alentejo	S	E	Cu, Piritas
Beralt (Panasqueira)	Beira Baixa	S	C	W, Sn, Cu
<u>REINO UNIDO</u>				
Wheal Jane	Cornwall	S	E	Sn, Cu, Zn, Ag
<u>SUECIA</u>				
Aitik	Gällivare	C.A.	A	Cu
Falun	Falun	S	E	Cu, Pb, Zn, Piritas
Kristineberg	Kristineberg	S	D	Cu, Zn, Piritas
Langsele	Bolidan	S	D	Cu, Zn, Piritas
Naslinden	Mala	S/C.A.	E	Cu, Zn
Ravlidens-Rävlidmyran	Kristineberg	S	E	Cu, Pb, Zn, Piritas
Renström	Renström	S	E	Cu, Pb, Zn
Luddem	Norsjö	S/C.A.	D	Cu, Zn, Piritas
Garpenberg	Garpenberg	S	D	Zn, Pb, Cu, Ag
Stekenjokk	Vilhelmina	S	C	Zn, Cu
Yxsjöberg	Horken	S	E	W, Cu
<u>AFRICA</u>				
<u>BOTSWANA</u>				
Pikwe	Pikwe	S/C.A.	B	Cu, Ni
<u>CONGO</u>				
M'Passa	M'Passa	S	E	Cu, Zn, Pb
<u>MOZAMBIQUE</u>				
Edmundian	Manica	S	E	Cu
<u>SUDAFRICA</u>				
Messina	Transvaal	S	C	Cu
Carolus Berg	Cape Province	S/C.A.	B	Cu
Nababeep	Cape Province	S	C	Cu
Palabora	Transvaal	C.A.	A	Cu, Fe, U, Zr
Spektakel	Cape Province	S	D	Cu
Broken Hill	Cape Province	S	B	Pb, Zn, Cu, Ag
Prieska	Cape Province	S	B	Zn, Cu
Amandelbult	Transvaal	S	A	Pb, Ni, Cu
Bafokeng North	Bophuthatswana	S	A	Pb, Ni, Cu
Bafokeng South	Bophuthatswana	S	A	Pb, Ni, Cu
Rustenburg	Bophuthatswana	S	A	Pb, Ni, Cu
Wildefeestfontein North	Bophuthatswana	S	A	Pb, Ni, Cu
Wildefeestfontein South	Bophuthatswana	S	A	Pb, Ni, Cu
<u>NAMIBIA(Africa del Sudoeste)</u>				
Klein Aub	Reho Both	S	E	Cu, Ag
Kombat	Tsumeb	S	D	Cu, Pb
Oamites	Windhoek	S	C	Cu, Ag
Otjihase	Windhoek	S	B	Cu, Piritas
Tsumeb	Tsumeb	S	D	Cu, Pb, Zn, Ag

.../..

MINAS MUNDIALES DE Cobre (Continuación)

MINA	LOCALIZACION	METODO DE EXPLOTACION	TAMAÑO DE LA OPERACION	PRODUCTOS
ZAIRE				
Dikuluwe	Shaba	C.A.	B	Cu, Co
Kakanda	Shaba	C.A.	A	Cu, Co
Kambove	Shaba	S	C	Cu, Co
Kamoto	Shaba	S/C.A.	A	Cu, Co
Kipushi	Shaba	S	B	Cu, Zn
Mashampa	Shaba	C.A.	B	Cu, Co
Mupine	Shaba	C.A.	B	Cu, Co
Musonoi	Shaba	C.A.	A	Cu, Co
Musoshi	Shaba	S	B	Cu, Co
Mutoshi	Shaba	C.A.	A	Cu, Co
Tshinsenda	Shaba	S	D	Cu, Co
ZAMBIA				
Baluba	Luanshya	S	B	Cu, Co
Bwana Mkubwa	Ndola	C.A.	C	Cu
Chambishi	Kalulushi	S	C	Cu, Co
Chibuluma	Kalulushi	S	C	Cu, Co
Kansanshi	Kansanshi	C.A.	D	Cu
Konkola	Chililabombwe	S	B	Cu
Mufulira	Mufulira	S	A	Cu
Nchanga	Chingola	S/C.A.	A	Cu
Rokana	Kitwe	S/C.A.	A	Cu
Luanshya	Luanshya	S	A	Cu, Co
ZIMBABWE				
Invati	Headlands	S	E	Cu, Au, Ag
Mangula	Mangula	S	B	Cu
Norah	Mangula	S	D	Cu
Shackleton	Sinoia	S	C	Cu
Empress	Gatooma	S	C	Ni, Cu
Madziwa	Bindura	S	D	Ni, Cu
Trojan	Bindura	S	C	Ni, Cu
UGANDA				
Kilembe	Kilembe	S*	E	Cu, Co
ASIA				
INDIA				
Chandmari	Rajasthan	C.A.	E	Cu
Ingaldhol	Karnataka	S	D	Cu
Khetri	Rajasthan	S	A	Cu
Kolihan	Rajasthan	S	D	Cu
Mosaboni	Bihar	S	C	Cu
Pathargora	Bihar	S	E	Cu
Rakha	Bihar	S	D	Cu
Surda	Bihar	S	D	Cu
Lapso Kyanite	Bihar	C.A.	A	Cu
Jadugada	Bihar	S	D	U, Cu, Mo
INDONESIA				
Gunung Bijih	Irian Jaya	C.A./S	A	Cu, Au, Ag
IRAN				
Minakan	Quale Zari	S	D	Cu
Sar Chesmeh	Sar Chesmeh	C.A.	A	Cu
Merjed	Yazd	S	E	Pb, Zn, Cu

.../...

CUADRO N° 2.8.MINAS MUNDIALES DE COBRE (Continuación)

MINA	LOCALIZACION	METODO DE EXPLOTACION	TAMAÑO DE LA OPERACION	PRODUCTOS
<u>JAPON</u>				
Akenobe	Hyogo	S	D	Cu, Zn, Sn
Ezuri	Ohdate	S	E	Cu, Zn
Hitachi	Ibaraki	S	D	Cu
Kosaka	Akita	S	C	Cu, Zn, Pb
Matsumine	Akita	S	C	Cu, Zn, Pb
Shimokawa	Hokkaido	S	D	Cu, Au, Ag, Zn
Shakanai	Akita	S	D	Cu, Zn, Pb, Piritas
Yaguki	Fukushima	S	C	Cu, Fe
Yanahara	Okayama	S	D	Cu, Fe, Piritas
Akagane	Iwate	S	E	Fe, Cu
Kamaishi	Iwate	S	B	Fe, Cu, W
<u>COREA DEL SUR</u>				
Yeon Hwa	Kyungsang	S	C	Zn, Pb, Cu
<u>FILIPINAS</u>				
Benguet Cons	Benguet	S	C	Au, Ag, Cu
Basay	Negros Or	C.A.	B	Cu
Carmen	Cebu	C.A.	A	Cu, Au, Ag
Cons. Mines (Mogpog)	Marinduque	C.A.	C	Cu
Frank	Cebu	C.A.	A	Cu, Au, Ag
Biga	Cebu	C.A.	A	Cu, Au, Ag
Kamanlangan	Davao del Norte	C.A.	B	Cu
Kennon	Benguet	S	B	Cu, Au, Ag
Lepanto	Benguet	S	B	Cu, Au, Ag
Lutopan	Cebu	S	A	Cu, Au, Ag
Marcopper	Marinduque	C.A.	A	Cu, Ag, Au
Marinduque (Sipalay)	Negros Or	C.A.	A	Cu, Au, Ag, Mo
San Marcelino	Zambales	C.A.	A	Cu, Au, Ag
Santo Nino	Mt. Prov.	C.A.	B	Cu, Au, Ag
Santo Tomas	Mt. Prov.	S	A	Cu, Au, Ag
Western Minolco	Baguio	C.A.	B	Cu, Au
Acoje	Zamboles	S/C.A.	D	Cr, Cu, Ni
<u>TAIWAN</u>				
Chin-Qua-Shih	Keelung	S	D	Cu, Ag, Piritas
<u>TURQUIA</u>				
Bakibaba	Kure	S	E	Cu, Piritas
Ergani	Maden	C.A.	B	Cu
Murgul	Murgul	C.A.	D	Cu

FUENTE DE INFORMACION.- Mining Magazine

ABREVIATURAS.-

- A= más de 3.000.000 t/año
- B= de 1.000.000 a 3.000.000 t/año
- C= de 500.000 a 1.000.000 t/año
- D= de 300.000 a 500.000 t/año
- E= de 150.000 a 300.000 t/año
- C.A.= Cielo abierto
- S= Subterránea
- *= Parada

sulfuros, siendo acompañado por otros minerales, principalmente plomo, cinc, plata, oro, níquel y molibdeno.

- Se suele emplear tanto minería subterránea como a cielo abierto. En la minería subterránea es frecuente la utilización del método "Cámaras y pilares" a veces con relleno y recuperación de pilares.
- La vida media de las minas suele estar entre 20-30 años, aunque con relativa frecuencia pueden sobrepasar esta cifra.