

MINERÍA



Descripción del sector

- mercado nacional
- comercio exterior

Químicos para la minería

- Niveles de consumo
- Tendencias

Proveedores destacados

- Distribuidores
- Fabricantes

En esta sección de la Guía de la Industria® Química encontrarás información específica del sector minero mexicano y su relación con la industria química. Descubre datos estadísticos, tendencias, nuevas tecnologías e información sobre proveeduría.

Texto especial: Polielectrolitos en microemulsión

Claves del sector minero mexicano en 2016



La minería ha sido, históricamente, una industria de gran relevancia en México. Durante el segundo trimestre de 2016, este sector aportó el 4.3% del PIB nacional, en precios corrientes. En años anteriores, el PIB minero ha variado desde el 3% hasta el 8%, aproximadamente, mostrando un gran dinamismo debido al creciente flujo de recursos de inversión y las nuevas operaciones mineras.

En términos generales, la industria mexicana de la minería ha atravesado, durante 2015 y 2016, tiempos complejos. De hecho, la Cámara Minera Mexicana (Camimex) considera que en 2015 la industria tuvo “uno de los peores años de su historia”. De acuerdo con la Cámara, esta situación se debe principalmente a la caída de los precios de los metales, los cambios en las obligaciones fiscales y la desaceleración económica de China.

En cuanto a inversión, la minería mexicana acumuló tres años de inversión a la baja. Situación que se atribuye a la carga tributaria del 48% de la utilidad fiscal. En los primeros seis meses de 2016, la Inversión Extranjera Directa (IED) cayó 74% frente al mismo período de 2013, año en que se realizaron las modificaciones fiscales.

En su reporte anual, la Camimex explica que los impuestos a este sector corresponden al 7.5% de los ingresos por actividad extractiva, un impuesto extraordinario del 0.5% por enajenación de metales preciosos, además del Impuesto sobre la Renta (ISR) y otros gravámenes.

Aun así, el país continúa siendo un destino importante de inversión puesto que anteriormente México era de los pocos países que no había adoptado un modelo de regalías.

México es el primer destino de inversión para exploración minera en América Latina y el cuarto a nivel mundial de acuerdo con el reporte publicado por la firma de investigación SNL Metals & Mining, 2015.



Situación mundial de los químicos destinados a la minería

Los químicos para minería juegan un papel fundamental en el mejoramiento de la productividad y la eficiencia del sector minero, sobre todo en términos de la recuperación y extracción de minerales dentro de la mena.

Global Industry Analysts (GIA) concluye que el mercado de los productos químicos para minería continuará creciendo, de acuerdo con los estudios de variabilidad que las empresas mineras generan desde hace varios años.

Las investigaciones de la empresa dedicada realizar estudios de mercado, IHS, muestran que los principales tipos de productos químicos utilizados en las actividades mineras son agentes de flotación, floculantes extractores de solventes y coadyuvantes de molienda. Otros químicos de especialidad utilizados en el sector son los inhibidores de corrosión, antiespumantes, anti-incrustantes, biocidas y supresores de polvo.

A nivel mundial, el principal consumidor de químicos para la minería es China, país que concentra aproximadamente el 35% del consumo, en segundo lugar están las regiones de Norte América y Latinoamérica y el Caribe con 15%, cada una. Otras regiones que consumen en menor medida son Asia (excepto China), con 12%; Europa con 8% y África y Medio Oriente con 10%, cada una (Figura 1).

El consumo de productos químicos ha crecido más que la producción minera. Se considera que la causa es la necesidad creciente de extraer minerales de menas más complejas y de menor calidad, de manera que los procesos de extracción de minerales se han vuelto más complicados lo que, usualmente, requiere de cantidades más elevadas de químicos.

En 2013, IHS reporta que los productos químicos más consumidos a nivel mundial fueron los coadyuvantes de molienda, colectores de sulfuro, floculantes y los espumantes. Como es de esperar los productos químicos más utilizados son aquellos utilizados en los procesos de molienda y purificación (Figura 2).

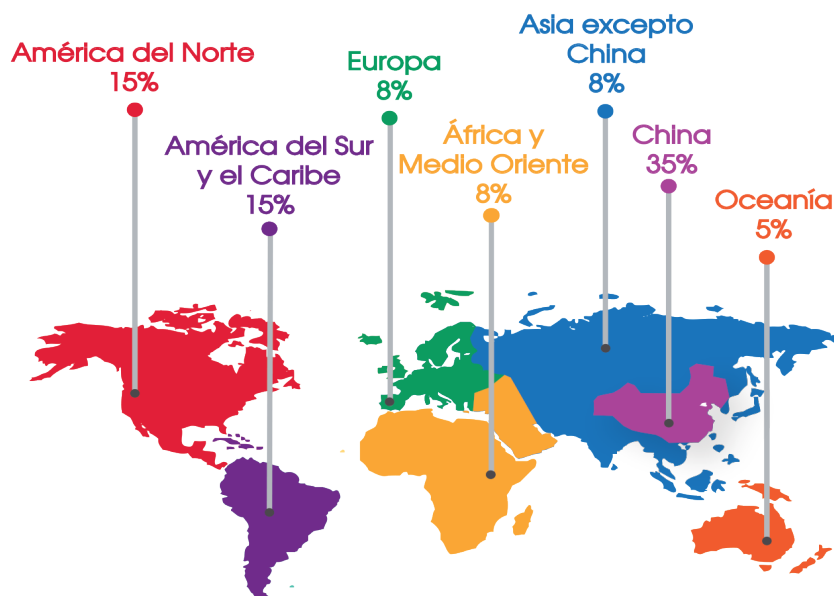


Figura 1. Consumo mundial de productos químicos para minería, 2013.

Fuente: Elaboración propia con datos de IHS *Los porcentajes son aproximados.

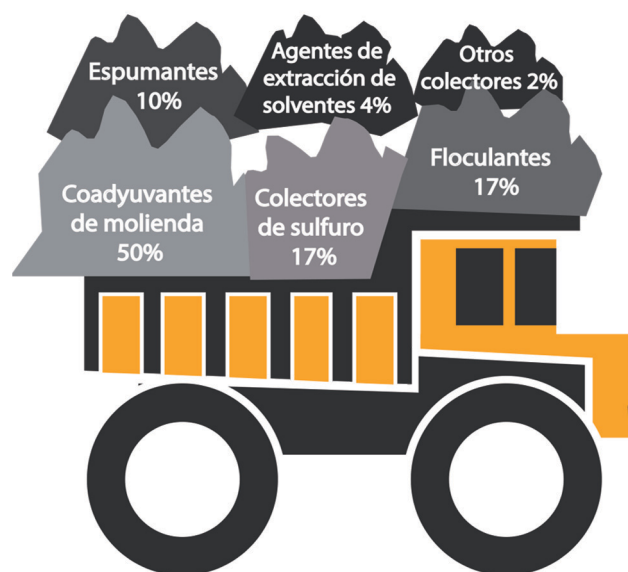
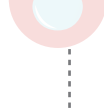


Figura 2. Consumo mundial de productos químicos para minería, 2013.

Fuente: Elaboración propia con datos de IHS *Los porcentajes son aproximados.



Tendencias en minería

Las nuevas tecnologías en productos químicos para minería se han desarrollado, principalmente, siguiendo tres enfoques: 1) reducción de costos y eficiencia de procesos, 2) desempeño en la recuperación del mineral y 3) mejora en la selectividad. Estos tres puntos se redefinen respondiendo a las necesidades del cuidado medioambiental y la salud humana (Figura 3).

Entre algunos ejemplos interesantes en reactivos para minería están la generación de colectores alternativos a los de sulfuro. Esta nueva generación de colectores resulta más efectiva y reduce los riesgos relacionados con la salud y el medioambiente.

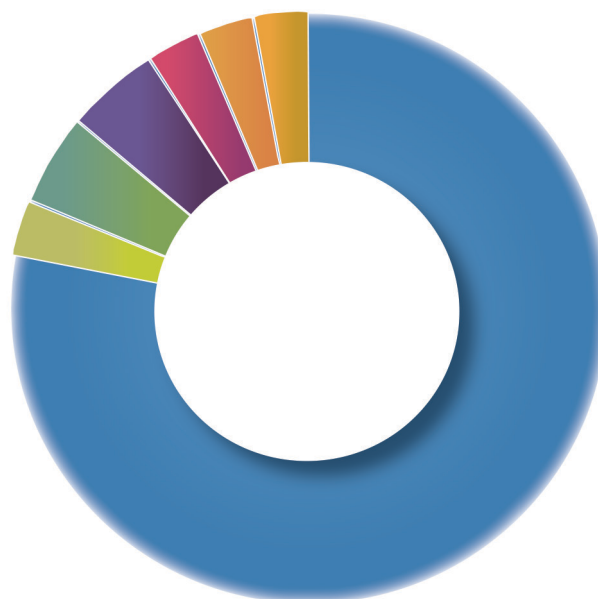
También están aquellas formulaciones químicas elaboradas específicamente para la recuperación de un mineral o grupo de minerales con altos niveles de rendimiento y las nuevas tecnologías en formulaciones que funcionan aún con bajos valores de pH de flotación.

En términos de aplicaciones específicas, los estudios de GIA señalan que las proyecciones apuntan a que el crecimiento más importante de los químicos para minería se verá en explosivos y químicos de perforación, seguido de químicos de proceso y productos para el tratamiento de aguas y desechos.



Figura 3. Ejes para las nuevas tecnologías en productos químicos para la minería.

Fuente: Elaboración propia con datos de Infomine, 2012.



- Tecnologías y métodos para mejorar y abaratar la extracción
- Mejora de la tecnología para la recuperación del mineral
- Colaboración para solucionar problemas complejos
- Modelos disruptivos de operación
- Soluciones colaborativas para la prospección
- Innovación para grupos de interés (stakeholders)
- Alianza con grupos de investigación para la innovación

Figura 4. Esfuerzos en innovación de la industria minera por tipo.

Fuente: PWC con información de Deloitte Monitor, 2016.

Por otra parte, de acuerdo con un informe de la compañía consultora PWC, las empresas mineras están adoptando prácticas surgidas en otras industrias. Por ejemplo, la manufactura esbelta. Así mismo, están prestando más atención a las soluciones para procesar y analizar grandes volúmenes de datos (Big Data), al trabajo colaborativo entre disciplinas y a la optimización de la cadena de suministro.

Como en otras industrias, la minería ha comenzado a tercerizar algunas actividades, sobre todo aquellas relacionadas con los recursos humanos, soluciones en tecnologías de la información (TIC) y finanzas.

Nuevamente, la innovación relacionada con una mejor extracción de minerales se muestra como la opción más importante en las empresas mineras. PWC explica que el 78% de los esfuerzos de innovación en las empresas mineras se centran en este tema (Figura 4).

Estadísticas del sector minero

Producción minera a nivel nacional

A nivel mundial, los países productores más importantes son China, país número uno en oro, plomo, molibdeno, zinc, estaño y hierro. Chile es el productor

de producción situándose en 213,462 millones de pesos (mdp). De 2005 a 2016, el valor más alto de producción se reportó en 2012, cuando el monto ascendió a 234,100 mdp.

En 2015, China mostró el peor crecimiento de los últimos 25 años, por ello, disminuyó su demanda de *commodities*, lo que generó un impacto negativo en la actividad minera mundial.



número uno de cobre a nivel mundial. Y México es primer productor de plata. Otros países de importancia minera son Australia, Estados Unidos, Perú, Rusia, Australia, Canadá e India.

En 2015, y por tercer año consecutivo, la industria minera mexicana reportó una disminución en el valor

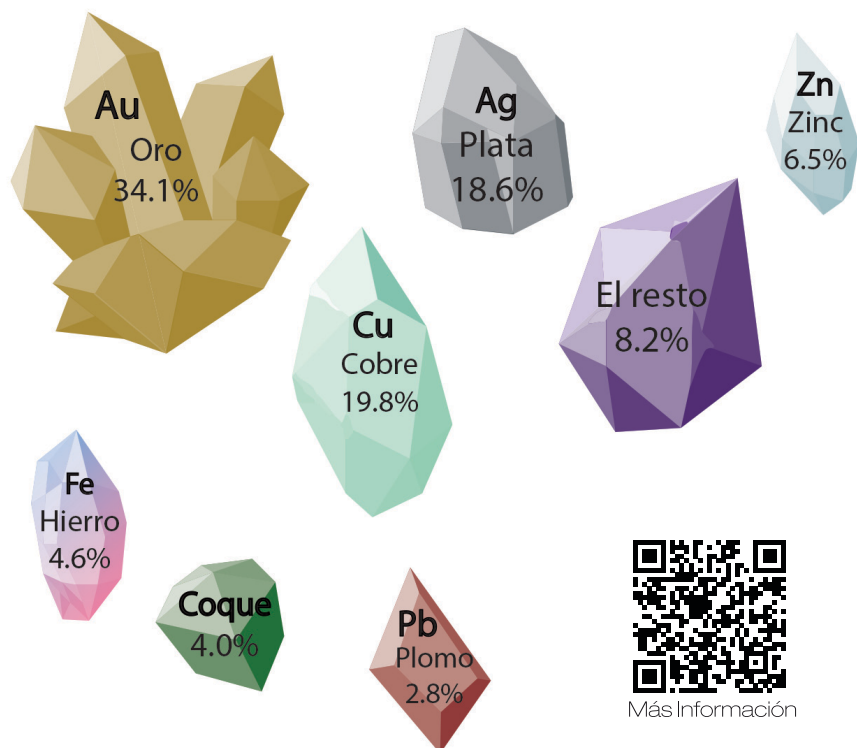
De acuerdo con el Inegi, los tres minerales nacionales más importantes en 2015 por su valor fueron el oro, el cobre y la plata. El primero reportó valores de producción de 72,845 millones de pesos (mdp), el cobre sumó 43,150 mdp, y la plata reportó 39,597 mdp. Estos tres minerales representaron en conjunto el 72.4% de la producción nacional de minerales (Figura 5).

Con datos parciales hasta julio de 2016, el sector minero sumaba un monto de producción de 129 mmdp. En términos de producción, los estados más importantes son Sonora, Zacatecas, Chihuahua, Durango y Coahuila.

Sonora se posicionó en 2015 como el productor número uno de oro en el país, con una participación de 42 toneladas. En total, México produjo 134 toneladas del mineral (Figura 6).

En cuanto a plata, Zacatecas produjo 2,000 toneladas de un total de 5,955 nacionales. De plomo, este mismo estado produjo 165 toneladas de un total nacional de 263. También reportó un volumen de producción de 338 toneladas de zinc, de un total de 786.

El productor más importante de cobre en México fue Sonora, con una producción de 483 toneladas, de un total nacional de 594. Por último, Coahuila produjo 3,421 toneladas de hierro de un total nacional de 13,461 toneladas.



Más Información

Figura 5. Valor de producción por principales minerales en México.

Fuente: Elaboración propia con datos del Inegi.





Las exportaciones mineras en 2015 tuvieron una variación negativa de 15% en relación con 2014. Las exportaciones tuvieron una reducción del 5.7% con respecto al año anterior.

Exportaciones e importaciones mineras

De acuerdo con la Camimex, en México, el oro, plata y platino fueron los tres metales preciosos más importantes en términos de valor de exportación. Mientras que los metales industriales más relevantes fueron el cobre, plomo y zinc.

En cuanto a importaciones, el oro, plata, platino y paladio fueron los principales productos. Los metales industriales más comercializados fueron el aluminio, el hierro y el cobre. Mientras que los minerales no metálicos más

importantes fueron el carbón, el sodio y las piedras preciosas. Así, la industria minera reportó en 2015 una balanza positiva de 14,000 millones de dólares.

A pesar de que la industria minera ha pasado por varios años de nuevos retos, cada vez más empresas hacen uso de la innovación y de diferentes estrategias para seguir apoyando el desarrollo y crecimiento del sector. En lo que a la industria química se refiere, ésta aporta su experiencia y conocimiento para mejorar el desempeño de la minería en años por venir.

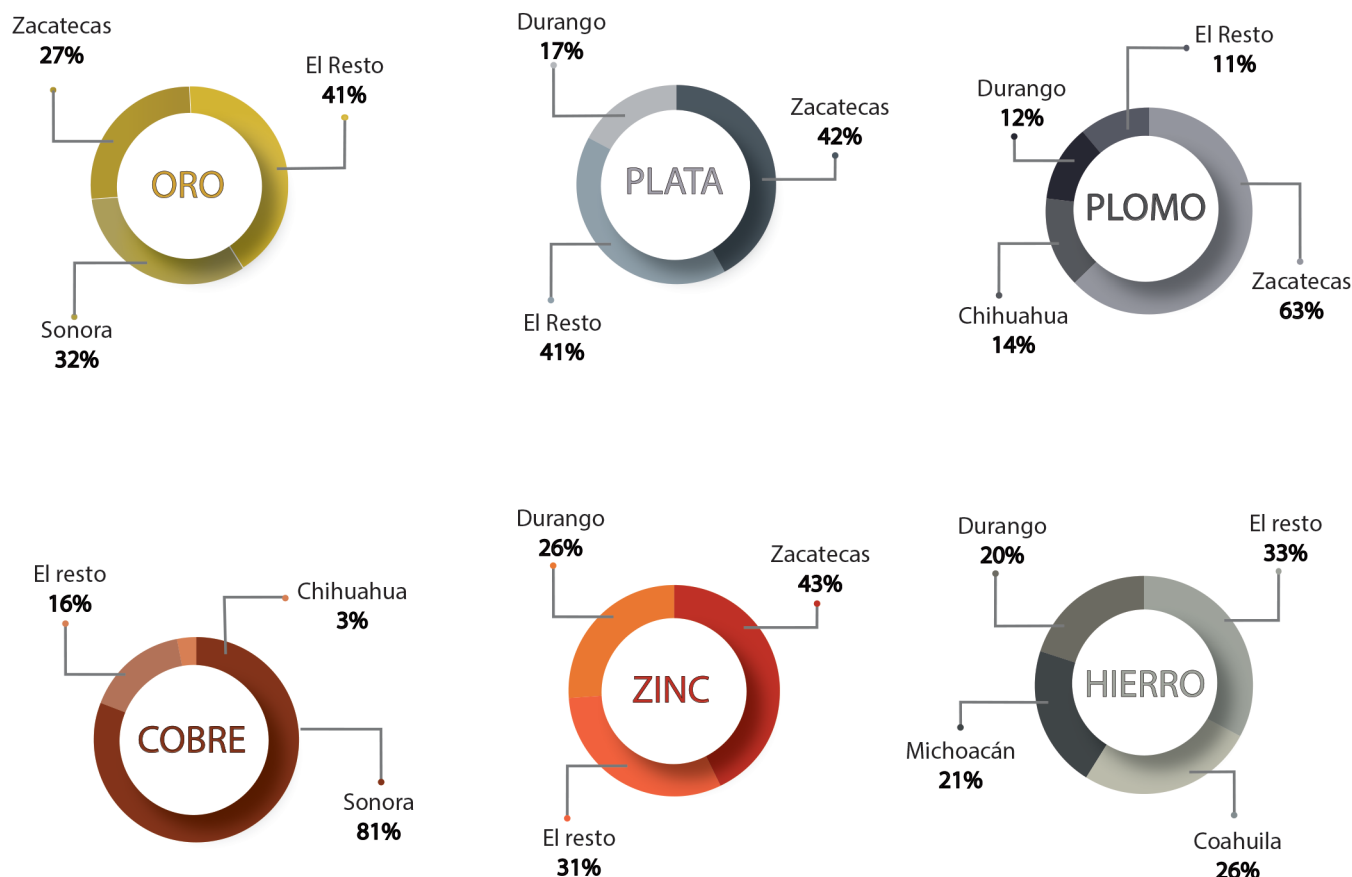


Figura 6. Producción minera por principales estados productores.

Fuente: Elaboración propia con datos del Inegi.

Polielectrolitos en microemulsión, tecnología química al servicio de la minería

La floculación es un proceso donde las partículas suspendidas en un líquido forman agregados por acción de un agente floculante que se absorbe en la superficie de las partículas.

Gracias a estas cualidades, los agentes floculantes son empleados en los tratamientos de separación de minerales en aguas industriales. Los floculantes utilizados por el sector minero son generalmente polímeros sintéticos de alto peso molecular conformados por moléculas con gran afinidad por las superficies sólidas.

Durante los últimos 30 años el 95% de los floculantes en el mercado se han sintetizado a partir del monómero acrilamida en conjunto con el ácido acrílico y el cloruro acriloxi-etil-trimetil-amonio. Cuyos procesos de producción tienen diversas desventajas como por ejemplo difícil obtención de productos estables y elevada exotermicidad.

La solución a muchos de los problemas tecnológicos referentes al aumento de eficacia de los procesos de separación sólido-líquidos del sector metalúrgico se encuentra en la utilización de productos poliméricos sintéticos de gran peso y tamaño molecular, y con carga iónica (aniónica o catiónica) en sus moléculas. Este tipo de moléculas se incluyen en el grupo de los polielectrolitos.

Polielectrolitos en microemulsión

Una microemulsión se define como un sistema disperso altamente estable. A diferencia de una

emulsión convencional, donde se requiere de energía mecánica y adición de tensoactivos para la estabilización, una microemulsión se forma de manera espontánea.

Gracias a la homogeneidad en el tamaño del tamaño micelar se obtienen polímeros con menor polidispersidad (amplitud de una campana gaussiana que representa los pesos moleculares de un polímero), lo que potencia las capacidades del floculante.

Las ventajas generales de la microemulsión son (Muñoz y colaboradores, 2005):

- Estabilidad termodinámica
- Tamaño micelar menor de 100 nm
- Emulsionamiento espontáneo
- Orden de adición de los componentes no afecta el resultado
- Menor viscosidad en formulaciones con polielectrolitos

La desventaja es, sin embargo, que se requieren cantidades más importantes en comparación con un floculante convencional, lo que afecta su aplicación.

Esta nueva generación de polielectrolitos ha mostrado tener mejores resultados en sistemas sólidos-líquidos con baja concentración de sólidos. Es decir, se trata de floculantes mucho más eficientes.

Esta tecnología ha sido estudiada ampliamente por la Universidad Alfonso X El Sabio y la Universidad del País Vasco, ambas en España con resultados interesantes.



Principales productos químicos

Producto	Aplicación
Aceite de pino	Agente espumante en el proceso de flotación y agente colector de molibdeno.
Acetato de plomo	Mejora la precipitación de la plata y el oro.
Acetileno	Utilizado para forjar y soldar.
Ácido clorhídrico	Tiene múltiples usos en el sector minero, como modificador de pH en el proceso de flotación para reducir o intensificar la acción de los colectores sobre la superficie del material.
Ácido cresílico	Agente espumante en el proceso de flotación y agente colector de molibdeno.
Ácido nítrico	Útil en el proceso de lixiviación para extracción de cobre.
Ácido oxálico	En procesos con agua regia para precipitación de oro.
Ácido sulfámico	Agente de limpieza que elimina óxido e incrustaciones de cal.
Ácido sulfúrico	Disolvente para separar los minerales de las menas.
Aluminio en polvo	Explosivo en minas subterráneas.
Cal química 90% (hidróxido de calcio)	Desprendedor de las partículas de ganga durante el proceso de flotación para remover su sedimentación.
Carbón activado	Permite un alto grado de absorción del oro y plata, desde las soluciones cianuradas ricas a la superficie.
Carbonato de calcio precipitado	Para tratamiento de aguas residuales mineras.
Cianuros	Disolvente para separar los minerales de las menas.
Cloruro de amonio	Para la recuperación de metales nobles.
Cloruro de calcio	Supresor de polvo en caminos.
Cloruro férrico 40%	Como coagulante y floculante para tratamiento de aguas residuales. También empleado como agente lixivante.
Colorantes al aceite	Para dar color a la pólvora.
Colorantes básicos	Como marcadores para la excavación.
EDTA alcalino	Para la extracción selectiva de metales preciosos.

Producto	Aplicación
Hidróxido de amonio	Para la disolución de plata y metales reactivos como aluminio y zinc, en el proceso de lixiviación.
Hipoclorito de calcio	Tratamiento de aguas residuales por clarificación alcalina para destrucción de cianuro.
Hipoclorito de sodio	Utilizado en tratamiento de aguas residuales por cloración alcalina para destrucción de cianuro.
Mercurio	Disolvente para separar los minerales, como el oro, de las menas.
Metabisulfito de sodio	Es un depresor para sulfuros de zinc y hierro, particularmente en minerales con contenido de plata, en el proceso de flotación.
MIBC (metil-isobutil-cetona)	Espumante.
Nitrato de amonio	En minas subterráneas se usa como explosivo.
Nitrato de plomo	Mejora la velocidad de lixiviación del oro y su cantidad recuperada.
Nitrato de sodio	Lixiviante energético para recuperar elementos nobles de concentrados o minerales auríferos.
Peróxido de hidrógeno	Destrucción de cianuros en el tratamiento de aguas residuales mineras.
Persol	Para la oxidación de productos indeseados en las plantas de minerales.
Petróleo combustible (ANFO)	En minas subterráneas se usa como explosivo.
Petróleo diesel	Colector de molibdeno.
Sal lavada	Es utilizada en la lixiviación.
Sosa cáustica	Modificador de pH en el proceso de flotación para reducir o intensificar el potencial de los colectores sobre la superficie del material.
Sulfato de aluminio	Agente clarificante para tratamiento de aguas residuales.
Sulfato de amonio	Se emplea en soluciones para obtención de cobre.
Sulfato de cobalto	Catalizador en el proceso electrolítico para obtener cobre.
Sulfato de cobre	Solución de la que se extrae el cobre.
Sulfato de zinc	Es un depresor que se utiliza para la flotación selectiva de minerales de cobre y plomo de la esfalerita.
Sulfuro de sodio	Reactivo más común en el proceso de flotación para sulfuración.



Proveedores



Encuétralos en Proveedores destacados de productos químicos (pág. XVII)

Principales equipos

Equipo	Descripción
Alimentadores	Máquinas que regulan el flujo de material hacia otros procesos de tratamiento (trituración, clasificación, etcétera).
Camiones de transporte	Empleados tanto en operaciones de minas a cielo abierto y subterráneo. Transportan piedras minerales a las trituradoras de pozos abiertos o en almacenes de material de desecho.
Celdas de flotación	Máquina diseñada para la agrupación de pulpas minerales.
Concentradores	Máquina diseñada para la agrupación de pulpas minerales.
Excavadoras	Máquinas pesadas típicamente usadas para excavar zanjas.
Grillas vibratorias	Especializadas en la separación de áridos en bandas granulométricas definidas.
Hidrociclón	Máquinas empleadas en la industria minera para el lavado de arenas, recuperación de arenas finas o espesado de pulpas con sólidos en suspensión.
Minador	Máquina para las excavaciones subterráneas.
Molinos (a bolas, a barras y a martillos)	Máquinas empleadas en procesos de reducción de material a tamaños finos.
Niveladores	Utilizados en operaciones de minería para construir caminos removiendo rocas y escombros, además, brindan soluciones en obras de recuperación de tierra.
Palas mineras	Utilizadas en la mayoría de operaciones de minería a cielo abierto, se emplean para cargar el mineral y material de desecho en los camiones de transporte.
Planta fija de clasificación	Apta para procesar áridos o minerales.
Planta móvil de clasificación	Maquinaria apta para procesar áridos o minerales.
Roscas lavadoras	Máquinas para la limpieza de arenas y áridos contaminados con arcillas o restos orgánicos.
Rozadora	Equipo utilizado en la construcción de túneles y galerías subterráneas.

Proveedores



Componentes y Equipos
CABA, S. A. de C. V.

Electromecánica Internacional de Monterrey, S.A. de C.V.

Encuétralos en Proveedores destacados de productos químicos (pág. XVII)

