

# Boletín de percepción de riesgos Fundición de cobre y riesgos respiratorios

## Introducción

La minería y la fundición de cobre de sus menas naturales es una tarea costosa. La mayoría de los depósitos conocidos del mundo contienen solo del 1 al 2 % de cobre: la mayoría de estas menas se componen de azufre, hierro, arsénico y otros metales pesados. Cerca del 80 % de la nueva producción del cobre utiliza menas de sulfuro de cobre, los procesos pirometalúrgicos y electrolíticos y los riesgos respiratorios asociados se resumen en este documento. Una protección respiratoria altamente efectiva puede ser indispensable durante la fundición de cobre, como parte de una serie de otras medidas de control. En el siguiente documento, encontrará una información general de los posibles riesgos respiratorios y del EPI adecuado para trabajar de manera segura en los diferentes pasos de la producción de cobre.

## Mena/minerales de cobre

El cobre se produce sobre todo al reducir el contenido metálico de las menas extraídas y procesadas con métodos de fundición, ya que aunque el cobre elemental se da con muy poca frecuencia en la naturaleza, es extremadamente raro.

La mayoría de minerales extraídos por su contenido en cobre son minerales de sulfuro de cobre, siendo los minerales restantes minerales de óxido de cobre. El material extraído solo contiene de un 0,5 a un 2 % de cobre, la mayoría de los materiales extraídos son compuestos de azufre no deseados, compuestos de arsénico y otros metales pesados (1) (2).

El cobre se puede encontrar con facilidad en una amplia gama de compuestos, normalmente en el estado de oxidación +1 (también llamado cuproso) o en el estado de oxidación +2 (también llamado cúprico).

Tipo	Mena	Fórmula química
Minerales de sulfuro de cobre	Bornita	$Cu_5FeS_4$
	Calcosina	$Cu_2S$
	Covellina	$CuS$
	Calcopirita	$CuFeS_2$
Minerales de óxido de cobre	Malaquita	$Cu_2CO_3(OH)_2$
	Azurita	$Cu_3(CO_3)_2(OH)_2$
	Crisocola	$(Cu,Al)_2H_2Si_2O_8(OH)_4 \cdot nH_2O$

Gran parte del cobre (80 %) se extrae y se refina a partir de sulfuros de cobre con los procesos de flotación, fundición y refinado. Con los sulfuros de calcopirita, bornita y calcosina como los más comunes y, por lo tanto, los más utilizados en la producción de cobre. El proceso de extracción, reducción y refinado son complejos y varían según el tipo de mena que se procesa. A continuación se detalla un breve resumen de los dos procesos principales (1) (2) (3).

### Métodos de extracción

Los minerales que contienen cobre se extraen principalmente de rocas ígneas de minería a cielo abierto (canteras), pero se sigue llevando a cabo la extracción por minería subterránea.

## Sulfuro de cobre: Proceso pirometalúrgico

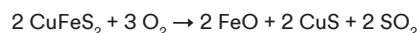
### Producción de concentrado/molituración

Las menas de sulfuro de cobre se someten a varios pasos de trituración y lijado para generar piezas de rocas de tamaño pequeño. A continuación, se muelen en húmedo hasta obtener partículas finas para la pronta formación de un lodo. Las menas de sulfuro de cobre molidas se mezclan con agua, tensioactivos y xantatos u otros reactivos para formar un lodo en el que las partículas de sulfuro se han vuelto hidrofóbicas. Mediante

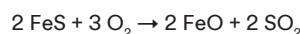
agitación o la generación de burbujas de aire con las células de flotación, las partículas de mineral de sulfuro de cobre flotan hasta la superficie en forma de espuma, que se retira, se manda para su purificación para eliminar minerales y silicio no deseado y, a continuación, se seca y se envía para el tostado y la posterior fundición.

### Fundición

Los métodos modernos utilizan la fundición directa o instantánea. El primer paso es calentar el mineral en los hornos hasta aproximadamente 1200 °C con fundentes de caliza y silicio. Se eliminan las impurezas de hierro, azufre, sulfuro de hierro, óxido de hierro y otros minerales a medida que forman una escoria en la superficie del material fundido o del sulfuro de cobre, también conocido como la "mata".

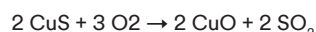
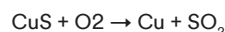


El sulfuro de hierro se oxida para formar óxido de hierro, liberando cantidades significativas de dióxido de azufre. A continuación, el óxido de hierro también reacciona con el silicio para formar una escoria menos densa que flota hasta la superficie de la "mata", que se puede retirar rápidamente.



### Conversión

El sulfuro de cobre se reduce a cobre oxidando el azufre con la inyección de aire. El cobre se conoce como "cobre negro" debido a las burbujas atrapadas de dióxido de azufre. El cobre negro tiene una pureza aproximada del 98-99 %. Habrá óxido de cobre presente o se perderá en la escoria, con otras impurezas metálicas.



### Refinado al fuego

Cualquier óxido de cobre restante se reduce a cobre mediante la inyección de gas metano, aumentando la pureza hasta un 99 %.



### Refinado electrolítico

El cobre fundido se vierte en moldes para formar ánodos de cobre, para la preparación para el refinado electrolítico. Los ánodos de cobre se sumergen en un electrolito de sulfato de cobre o de ácido sulfúrico. El cobre del ánodo se chapa gradualmente en láminas finas de cobre puro o acero inoxidable que actúa como el cátodo. Después de 7-14 días, los cátodos se retiran y se retira el cobre refinado de aproximadamente

99,9-99,99 % de pureza de los cátodos. Los contaminantes de metales nobles como, por ejemplo, la plata, el oro, el selenio y el telurio se asientan en el fondo del tanque electrolítico. Los contaminantes como el arsénico y el zinc permanecen en el electrolito.

## Óxido de cobre: Proceso hidrometalúrgico

### Lixiviación

Los óxidos de cobre simplemente se trituran para generar un agregado de amplia superficie, que se colocan con cuidado en una gran boina de lixiviación al aire libre o en los tanques de lixiviación. Se aplica ácido sulfúrico a la parte superior de la mena, disolviendo los minerales de cobre en una solución de sulfato de cobre. Se recoge la solución "cargada" de lixiviación y se manda para la extracción.

### Extracción

En la extracción de disolvente, el cobre se extrae de la solución cargada de lixiviación mediante un disolvente orgánico en una solución acuosa y se recupera la solución ácida.

### Electroobtención

La solución de cobre se somete a electrólisis, depositando cobre en los cátodos de arranque de lámina de cobre de muy alta pureza. Otros elementos contaminantes se acumulan en el fondo del tanque electrolítico y se pueden recuperar.

## Dióxido de azufre

El dióxido de azufre es un gas denso incoloro con un olor penetrante y se produce en cantidades significativas de la fundición de menas de sulfuro para general cobre elemental, zinc y otros metales.

Se recupera el dióxido de azufre (como ácido sulfúrico, dióxido de azufre líquido presurizado/refrigerado o incluso como azufre) como un subproducto en muchos procesos (3). El dióxido de azufre se utiliza frecuentemente en varios sectores, particularmente el químico, alimentario y de fabricación de papel debido a sus propiedades de blanqueamiento, biocidas y conservantes.

La principal vía de exposición para los trabajadores en los sectores de fundición y refinamiento de cobre, zinc y otros metales es con la inhalación de gas de dióxido de azufre (SO<sub>2</sub>). (4) (5)

### Efectos sobre la salud

Los efectos sobre la salud (6) (7) pueden incluir:

#### Efectos graves sobre la salud

- Irritación de los ojos y las vías respiratorias altas
- Posible activador de un ataque de asma en algunas personas
- Tos, sibilancias, disnea e incluso dolor en el pecho
- Edema pulmonar y muerte

#### Efectos crónicos en la salud:

- Enfermedad pulmonar obstructiva crónica con exposiciones de nivel bajo a largo plazo

Para obtener más información sobre el dióxido de azufre, consulte el boletín de percepción de riesgos de 3M: dióxido de azufre

## Arsénico

Se puede encontrar arsénico en forma elemental, pero en exposiciones de la industria general a compuestos de arsénico inorgánicos como el trióxido de arsénico, tricloruro de arsénico, trisulfuro de arsénico, arseniato de sodio, sales de arseniato y arseniuro de galio (8).

El arsénico se utiliza en muchas aleaciones de metales pero también se encuentra en muchas menas de cobre y zinc. Los trabajadores del sector de los metales básicos no ferrosos están en riesgo de exposición al arsénico y a compuestos inorgánicos del arsénico (9). Los trabajadores en estos sectores pueden estar expuestos al arsénico o a compuestos del arsénico con la inhalación de polvo y humos, la ingestión, la exposición cutánea o el contacto con los ojos.

### Efectos sobre la salud

Los efectos sobre la salud pueden incluir (9) (10) (11) (12) (13) (14) (15):

#### Efectos graves sobre la salud

- Irritación de los ojos y las vías respiratorias altas
- Dermatitis alérgica.
- Problemas estomacales como gastroenteritis, náuseas y vómitos, que en altas dosis puede conllevar a una pérdida grave de fluido, gastritis hemorrágica, pérdida del conocimiento y la muerte.

#### Efectos crónicos en la salud:

- Afecciones cutáneas como, por ejemplo, la queratosis, descoloración, inflamación, lesiones, acné y cáncer
- Problemas circulatorios y cardiovasculares, en particular contracciones vasculares repentinas
- Daños al sistema nervioso
- Varias formas de cáncer como, por ejemplo, la fuerte asociación con el cáncer de pulmón laboral en la fundición de cobre, además de otros cánceres de las vías respiratorias, la piel, el hígado, los riñones y la vejiga

Para obtener más información sobre el arsénico, consulte el boletín de percepción de riesgos de 3M: arsénico

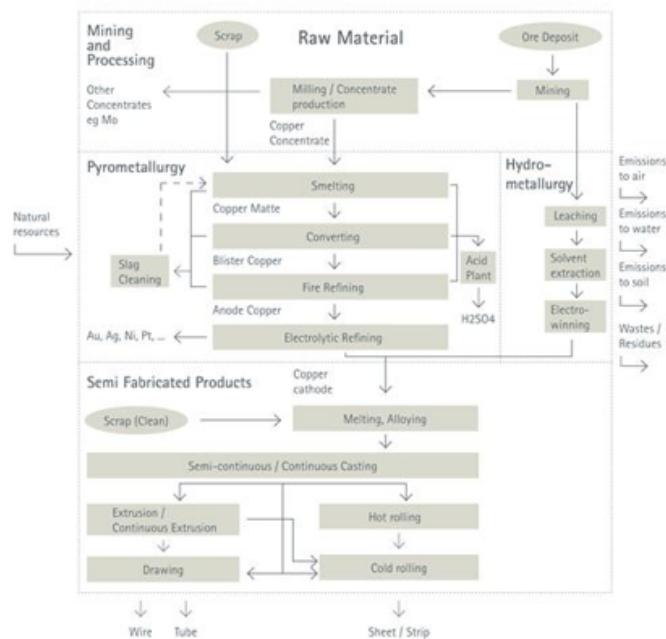


Imagen de (2)

## ¿Cuáles son los riesgos de la producción de cobre?

Se puede generar una amplia gama de emisiones aéreas durante la producción de cobre como, por ejemplo, el dióxido de azufre, el arsénico, el cadmio, el cobre, el plomo, el mercurio, partículas provenientes de la fundición además de partículas de otras fuentes (3).

## Cadmio

El cadmio se utiliza ampliamente con otros metales, para formar aleaciones o como una placa protectora. El cadmio también se utiliza con níquel para producir baterías de níquel-cadmio. Debido a su uso en aleaciones y al chapado de otros metales, los trabajadores del metal pueden estar expuestos al cadmio o al dióxido de cadmio (un humo marrón) al soldar o lijar determinados metales. La exposición al humo del óxido de cadmio también se suele asociar a las fundiciones de zinc y en menor medida a las fundiciones de cobre.

La inhalación de polvos y humos es el método principal de exposición laboral al cadmio y a los compuestos del cadmio, siendo el óxido de cadmio motivo de preocupación para las exposiciones agudas.

### Efectos sobre la salud

Los efectos sobre la salud pueden incluir (12) (16) (17) (18):

#### Efectos graves sobre la salud (óxido de cadmio)

- Irritación de los ojos y las vías respiratorias altas
- Síntomas parecidos a los de la gripe como, por ejemplo, tos, dolores de cabeza, mareos, escalofríos, fiebres, disnea e incluso dolor en el pecho.
- En caso de ingestión, se pueden experimentar problemas gastrointestinales como, por ejemplo, náuseas, diarrea, vómitos, calambres y salivación excesiva.

#### Efectos crónicos sobre la salud (todas las formas del cadmio):

- Daño respiratorio como, por ejemplo, la enfermedad pulmonar obstructiva crónica (EPOC)
- Lesiones renales
- Daño óseo
- Alteración de la fertilidad y del desarrollo del feto (Cloruro de cadmio)
- Hay pruebas suficientes de que el cadmio y los compuestos de cadmio son cancerígenos en humanos, asociado a los cánceres de pulmón, riñón y próstata (19), aunque las asociaciones con algunos compuestos es más débil.

Para obtener más información sobre el cadmio, consulte el boletín de percepción de riesgos de 3M: cadmio

## Cobre

El cobre tiene muchos usos debido a su conductividad térmica y eléctrica, en aleaciones metálicas, además de por su maleabilidad y resistencia a la corrosión.

En todas las aplicaciones y sectores, los trabajadores pueden estar expuestos al cobre mediante la inhalación de polvo y humo, la ingestión y la exposición cutánea a químicos líquidos. Puede que los trabajadores también estén expuestos a polvos y humo durante la fundición y refinado del cobre.

### Efectos sobre la salud

Los efectos sobre la salud se asocian habitualmente con efectos negativos severos en la salud a corto plazo, principalmente "fiebre por humos metálicos" proveniente de la fundición de aleaciones que contengan cobre (20).

#### Efectos graves sobre la salud:

- Irritación de los ojos y las vías respiratorias altas
- Síntomas parecidos a los de la gripe como, por ejemplo, tos, dolores de cabeza, mareos, escalofríos, fiebres, disnea e incluso dolor en el pecho.

#### Efectos crónicos en la salud:

- Se ha informado de problemas gastrointestinales como náuseas, diarrea y vómitos que se han asociado a exposiciones excesivas a largo plazo en el agua potable.

Para obtener más información sobre el cobre, consulte el boletín de percepción de riesgos de 3M: cobre

## Plomo

El plomo y las menas de plomo se suelen encontrar en las menas de cobre y puede ocasionar la exposición de los trabajadores durante los procesos de fundición y refinado. Los principales métodos de exposición son la inhalación de partículas, humos y vapores y la ingestión de partículas debido a prácticas de higiene deficientes, (p. ej., la contaminación por plomo en manos, comida, bebida y a través del tabaco).

### Efectos sobre la salud

El plomo puede introducirse con facilidad en el torrente sanguíneo desde los pulmones y después suele acumularse en los huesos del organismo con el tiempo. Es poco probable que se presenten efectos sobre la salud a corto plazo, pero las exposiciones a largo plazo pueden hacer que los niveles de plomo aumenten demasiado y los efectos sobre la salud se vuelvan evidentes.

Los efectos sobre la salud pueden incluir (12) (21) (22) (23):

#### Efectos graves sobre la salud:

- Síntomas parecidos a los de la gripe (escalofríos, fiebre, dolor muscular) y puede causar daño respiratorio

#### Efectos crónicos en la salud:

- Anemia y otros trastornos asociados a los glóbulos rojos
- Enfermedades hepáticas, renales y pulmonares
- Problemas gastrointestinales
- Esterilidad
- Encefalopatía (estado mental alterado)
- Daños al sistema nervioso
- Problemas de desarrollo neurológico, en particular en las etapas iniciales del desarrollo fetal.

Para obtener más información sobre el plomo, consulte el boletín de percepción de riesgos de 3M: plomo

## Mercurio

Aunque se suele asociar más con la fundición de oro donde se utiliza el mercurio en el proceso de extracción, se puede encontrar el mercurio en algunas menas de cobre y se pueden producir emisiones y exposiciones en los procesos de fundición y conversión del cobre (24).

El principal método de exposición es la inhalación de vapores del mercurio elemental, es importante tener en cuenta que se pueden dar niveles significativos de mercurio a altas temperaturas. También es posible la inhalación de polvos como las sales de mercurio.

### Efectos sobre la salud

Los efectos sobre la salud pueden incluir (12) (25) (26):

#### Efectos graves sobre la salud:

- Irritación de las vías respiratorias altas
- Fiebre

#### Efectos crónicos en la salud:

- Daños al sistema nervioso: efectos psicomotrices
- Problemas gastrointestinales
- Anemia
- Enfermedades renales

Para obtener más información sobre el mercurio, consulte el boletín de percepción de riesgos de 3M: mercurio

## Partículas

Se pueden generar cantidades considerables de partículas (polvos y humos) en la mayoría de las etapas del proceso de producción. Desde la extracción del mineral, el triturado, lijado, molturación y manipulación, con los humos de materiales fundidos, con las emisiones de la limpieza de los lodos de los procesos electrolíticos además de los procedimientos de mantenimiento generales (limpieza de las chimeneas y los filtros, mantenimiento refractario, etc.).

Se han observado asociaciones epidemiológicas generales entre la exposición a partículas en suspensión (partículas atmosféricas con diámetros menores a 2,5 µm) y partículas PM10 (partículas con diámetros menores a 10 µm) y una amplia gama de efectos sobre la salud como, por ejemplo, la mortalidad y enfermedades pulmonares crónicas y cardiovasculares (27).

## Referencias

1. Manufacturing Process of Copper. The Balance. [En línea] [consultado el 21 de septiembre de 2018]. <https://www.thebalance.com/copper-production-2340114>.
2. European Copper Institute. Processes: copper mining and production. Copper Alliance. [En línea] [consultado el 21 de septiembre de 2018]. <https://www.copper.org/education/copper-production/>.
3. World Bank Group. Pollution and Prevention and Abatement Handbook 1998. 1999.
4. Pulmonary Impairment from Chronic Exposure to Sulfur Dioxide in a Smelter. Smith, T J, et al. 1, 1977, American Review of Respiratory Disease, Vol. 116.
5. Arsenic exposure and mortality: a case-referent study from a Swedish copper smelter. Axelson, O, et al. 1978, British Journal of Industrial Medicine, Vol. 35, pp. 8-15.
6. Sulfur dioxide (SO<sub>2</sub>) - Air quality fact sheet. Australian Government - Department of Environment and Energy. [En línea] [consultado el 24 de septiembre de 2018]. <http://www.environment.gov.au/protection/publications/factsheet-sulfur-dioxide-so2>.
7. Agency for Toxic Substances and Disease Registry (ASTDR). Toxic Substances Portal - Sulfur Dioxide. [En línea] [consultado el 26 de septiembre de 2018]. <https://www.atsdr.cdc.gov/substances/toxsubstance.asp?toxid=46>.
8. Health and Safety Executive (HSE). INDG441 - Arsenic and you. Working with arsenic - are you at risk?
9. —. RR595 - The burden of occupational cancer in Great Britain - Technical Annex 6: Cáncer de pulmón. [En línea] 2007 <http://www.hse.gov.uk/research/rrpdf/rr595ann6.pdf>.
10. International Agency for Research on Cancer (IARC). Monograph - Arsenic and Arsenic Compounds. 2018.
11. Occupational Health and Safety Administration (OSHA). Health and Safety Topics - Arsenic. [En línea] [consultado el 24 de septiembre de 2018]. <https://www.osha.gov/SLTC/arsenic/index.html>.
12. Smedley, J, Dick, F and Sadhra, S. Oxford Handbook of Occupational Health (segunda edición). 2013.
13. National Occupational Health and Safety Commission (Worksafe Australia). Arsenic and its compounds. 1989.
14. Health and Safety Executive (HSE). RR858 - The burden of occupational cancer in Great Britain - Lung Cancer. 2012.
15. Agency for Toxic Substances and Disease Registry (ASTDR). Toxic Substances Portal - Arsenic. [En línea] [consultado el 26 de septiembre de 2018]. <https://www.atsdr.cdc.gov/substances/toxsubstance.asp?toxid=3>.
16. Health and Safety Executive (HSE). INDG391 - Cadmium and you. Working with cadmium: Are you at risk?
17. Occupational Safety and Health Administration (OSHA). Safety and Health Topics - Cadmium. [En línea] [consultado el 24 de septiembre de 2018]. <https://www.osha.gov/SLTC/cadmium/healtheffects.html>.
18. Agency for Toxic Substances and Disease Registry (ASTDR). Toxic Substances Portal - Cadmium. [En línea] [consultado el 26 de septiembre de 2018]. <https://www.atsdr.cdc.gov/substances/toxsubstance.asp?toxid=15>.
19. International Agency for Research on Cancer (IARC). IARC Monograph - Cadmium and Cadmium Compounds. 2018.
20. Agency for Toxic Substances and Disease Registry (ASTDR). Toxic Substances Portal - Copper. [En línea] [consultado el 26 de septiembre de 2018]. <https://www.atsdr.cdc.gov/phs/phs.asp?id=204&tid=37>.
21. Occupational Safety and Health Administration (OSHA). Safety and Health Topics - Lead. [En línea] [consultado el 24 de septiembre de 2018]. <https://www.osha.gov/SLTC/lead/>.
22. Health and Safety Executive (HSE). INDG305 - Lead and you. Working safely with lead.
23. Occupational Safety and Health Administration (OSHA). Safety and Health Topics - Lead.
24. International Labour Office (ILO). Smelting and Refining Operations. Encyclopaedia of Occupational Health & Safety. [En línea] [consultado el 1 de octubre de 2018]. <http://www.iloencyclopaedia.org/part-xiii-12343/metal-processing-and-metal-working-industry/content/smelting-and-refining-operations>.
25. Occupational Safety and Health Administration (OSHA). Safety and Health Topics - Mercury. [En línea] [consultado el 24 de septiembre de 2018]. <https://www.osha.gov/SLTC/mercury/index.html>.
26. Health and Safety Executive (HSE). CRR76 - Mercury and its Inorganic Divalent Compounds. 1995.
27. Organización mundial de la salud (OMS). Health effects of particulate matter. 2013.

Todas las declaraciones, la información técnica y las recomendaciones se basan en las evaluaciones que 3M considera fiables a fecha de publicación de este documento, pero no se garantiza ni su exactitud ni su integridad. Los usuarios deben garantizar la adecuación del uso previsto del EPI en función de la evaluación de riesgos del lugar de trabajo, según las leyes y normativas. 3M no acepta responsabilidad alguna (salvo la de falsa declaración fraudulenta) como resultado de, o vinculada con el uso del producto o con la confianza depositada en dicha información.

División de Seguridad  
Personal de 3M

3M España, S.L.  
Juan Ignacio Luca de Tena, 19-25  
28027 Madrid

© 3M 2019. Todos los derechos reservados.

