

Guía para el manejo responsable y alternativas de **eliminación del mercurio en ambientes de trabajo** del sector minero



**SOMOS
TESORO**



ALIANZA POR LA
MINERÍA RESPONSABLE

Guía para el manejo
responsable y alternativas
de **eliminación**
del mercurio en
ambientes de
trabajo del sector minero

Director ejecutivo de la Alianza por la Minería Responsable:

Yves Bertran

Directora proyecto Somos Tesoro:

Diana Muratova

Coordinador de proyecto:

Ander Arcos Alonso

Coordinación técnica:

Jairo Alonso Cárdenas

Elaboración de contenidos:

Mignova, Jairo Alonso Cárdenas

Diseño, supervisión y asesoría pedagógica:

Ander Arcos Alonso

Diseño editorial:

Trendy - Branding, consultoría y diseño.

Corrección de estilo:

María del Pilar Hernández

ISBN:

Impresión:

Impregón S.A.

Primera edición. Mayo de 2017.

©Alianza por la Minería Responsable 2017.

Todos los derechos reservados.

<http://minasresponsables.org>

arm@minasresponsables.org

Calle 32B Sur No. 44A – 61 Envigado – Colombia

Agradecemos la participación, el apoyo y el compromiso del Viceministerio de relaciones laborales e inspección del ministerio de trabajo de Colombia, en especial, a la dirección de riesgos laborales, brindando durante el desarrollo de este proyecto.

Esta publicación hace parte del proyecto Somos Tesoro, financiado por el Departamento de Trabajo de los Estados Unidos. El contenido de este material no refleja necesariamente las opiniones o las políticas del Departamento de Trabajo de los Estados Unidos. La mención de nombres comerciales, productos comerciales u organizaciones no implica su aprobación por el gobierno de los Estados Unidos.

Las opiniones expresadas en esta publicación son exclusivamente de los autores y no necesariamente reflejan el punto de vista de la Alianza por la Minería Responsable, de su junta directiva o de su equipo técnico.

Contenido

- 1. Presentación..... 7
- 2. Definiciones..... 8
- 3. Aspectos conceptuales..... 9
- 4. El mercurio y la salud de los trabajadores..... 11
- 5. Prevención y control 13
 - 5.1. Medidas de control en los procesos de beneficio del oro..... 14
- 6. Manejo seguro del mercurio 18
 - 6.1. Herramientas 18
 - 6.2. Procesos 20
- 7. Alternativas para la eliminación del mercurio 23
- 8. Disposiciones legales sobre el uso del mercurio 26
- Bibliografía 27

1 Presentación

A lo largo de esta guía describiremos aquellos procesos de beneficio en la pequeña minería de oro que normalmente se desarrollan empleando mercurio. También detallaremos cuáles son las fuentes de contaminación con este elemento químico, a las que están expuestos los trabajadores mineros. También expondremos las principales afectaciones en la salud, tomando como fuente de información estudios y artículos en los que se han analizado los síntomas de las personas que presentan niveles importantes de mercurio en sus organismos. Lo anterior con el objetivo de brindar las herramientas y conocimientos para que realice de forma segura y responsable estos procesos.

Una de las principales herramientas que podrá consultar en esta guía son los procedimientos para la manipulación, el almacenamiento y la disposición adecuada del mercurio, así como las medidas de control que deben implementarse para minimizar los riesgos en materia de seguridad y salud en el trabajo al utilizar mercurio.

Finalmente, hablaremos acerca de los lineamientos normativos sobre el uso y eliminación del mercurio en la minería, que deben conocer y poner en práctica los empresarios mineros. Es importante saber que en el 2018 Colombia deberá tomar acciones para eliminar el uso del mercurio en la minería. Por esto, en la presente guía también le orientaremos sobre otras tecnologías libres de mercurio que puede implementar en sus procesos y que no necesariamente significan un mayor costo de operación.

2

Definiciones

A continuación, explicamos los términos más relevantes que debe conocer para aprovechar al máximo la información de esta guía:

- **Amalgamación:** es el atrapamiento del oro o la plata por el mercurio; por ser una operación bastante sencilla es muy empleada en la pequeña minería. La unión entre el mercurio y estos metales se llama amalgama.
- **Ataxia:** es la falta de coordinación o firmeza muscular debida a la incapacidad del cerebro para regular la postura del cuerpo, la fuerza y dirección de los movimientos de las extremidades.
- **Azogue:** término comúnmente empleado para referirse al mercurio.
- **Beneficio:** etapa posterior a la extracción del mineral, en la que por medio de procesos físicos y químicos se busca recuperar los minerales objetivos como el oro y la plata.
- **Cianuración:** Método para extraer oro o plata a partir de un mineral triturado o molido, mediante disolución en una solución de cianuro de sodio o potasio (Glosario Técnico Minero 2003).
- **Isquemia:** anemia local explicada por un impedimento del suministro de sangre, como, por ejemplo, estrechamiento de las arterias.
- **Mercurio elemental:** es el mercurio en su forma pura, esto es, como metal, brillante, de color gris plata y líquido a temperatura ambiente.
- **Mercurio inorgánico:** es el compuesto que se forma cuando el mercurio se combina con elementos diferentes al carbono, como el cloro, el azufre o el oxígeno.
- **Mercurio orgánico:** es el compuesto entre el carbono y el mercurio.
- **Metilmercurio:** es uno de los compuestos que forma el mercurio orgánico, es sumamente tóxico y ataca principalmente el sistema nervioso.
- **Retorta:** equipo utilizado para la recuperación de mercurio por evaporación y condensación.
- **Parestesia:** condición que genera una sensación de ardor, entumecimiento, hormigueo o picor al padecerla. Suele presentarse (Green Facts n. d.) en las extremidades.
- **Tremor:** desorden neurológico del movimiento; normalmente afecta las manos, pero también puede lesionar la cabeza y el cuello (causando temblor), la cara, la mandíbula, la lengua, la voz (causando un sonido tembloroso), el tronco, y más raramente, las piernas y los pies.

3

Aspectos Conceptuales

El mercurio, también conocido como azogue, es un metal que se encuentra de forma natural en el medio ambiente, hace parte del grupo de los metales pesados y es muy tóxico para las personas y animales (PNUMA 2008). Por sus características, el mercurio ha sido empleado por los mineros de pequeña escala y de subsistencia en la explotación de oro y plata. A continuación, se describen de forma general los procesos que incluyen el uso de este metal:



Figura 1. Pasos del proceso de beneficio del oro en la pequeña minería.

En la figura 2, se puede observar que una parte importante del proceso de recuperación del oro es lo concerniente a la “Amalgamación”, siendo necesario explicar algunos de los diferentes procesos donde está involucrado directamente el mercurio:

Amalgamación

Es el proceso utilizado para separar y extraer el oro de las rocas en las que este se encuentra. El mercurio se une con el oro formando lo que se conoce como la amalgama. Para obtener el oro, la amalgama se calienta y evapora el mercurio.

Para el efecto se emplean diferentes métodos. Algunos de ellos liberan más cantidad de mercurio al ambiente que otros. Veamos (PNUMA 2008):

Amalgamación en la molienda: se aplica el mercurio a todo el mineral durante la molienda. Este método es muy contaminante, ya que solo una porción del mercurio se une con el oro, el resto se pierde, porque parte del mercurio queda en las colas, y si no se aplica un procedimiento correcto, terminan directamente en el ambiente.

Concentración gravimétrica o cribado: este es un proceso que utiliza el principio de la gravedad. Al ser más pesado que el agua, el oro se va al fondo del tanque o batea, al igual que otras partículas pesadas como arenillas. A esta concentración se le agrega el mercurio, para reunir las partículas de oro.

Plancha de amalgamación: se utiliza para la recuperación de oro fino. Luego de la molienda, la mezcla de agua y mineral se hace pasar a través de estas planchas, que son elaboradas con cobre o con una mezcla de cobre y zinc, además de una capa de plata a la que se le aplica mercurio o amalgama, para que atrape el oro. Periódicamente se debe poner mercurio a la plancha para que el proceso funcione (GAMA-Cosude 2000).

Los empleados encargados de este proceso están expuestos a un alto riesgo, debido a que cuando se aplica a las planchas el mercurio se evapora y si se inhala el operario puede intoxicarse (GAMA-Cosude 2000).

Quemado de la amalgama: los mineros calientan la amalgama para recuperar el oro. En algunos casos realizan este procedimiento al aire libre, lo que ocasiona que todo el vapor de mercurio pase a la atmosfera y sea inhalado por los trabajadores.

Colas de amalgamación

Luego de realizar el proceso de amalgamación, el residuo final, llamado “colas de amalgamación” contiene generalmente oro, amalgama y mercurio, que no se recupera completamente, por lo que debe pasar a un proceso posterior de cianuración o disposición final adecuado.

Reciclaje de mercurio

Con el uso continuo en la amalgamación, el mercurio va perdiendo la capacidad de atrapar el oro. De esta manera se convierte en un residuo que de no ser manejado de forma adecuada puede contaminar suelos y aguas.

Existen técnicas que permiten limpiar y reactivar el mercurio. Algunas de ellas son: pasar el mercurio a través de una tela, lavar con detergente, cal o ácido clorhídrico diluido o destilar en una retorta para eliminar contaminantes no volátiles (SERNAGEOMIN, SONAMI, BGR 2008).

4

El mercurio y la salud de los trabajadores

A lo largo de esta guía hemos resaltado el carácter tóxico del mercurio que afecta tanto la salud de los trabajadores de la pequeña minería y de subsistencia, como a las personas que no están relacionadas directamente con esta actividad. Para que pueda hacerse una idea sobre el riesgo que acarrea un mal manejo del mercurio, piense lo siguiente: a temperaturas de 20 °C y superiores, un recipiente abierto con mercurio metálico y expuesto en un ambiente cerrado, desprende vapor suficiente para saturar la atmosfera y exceder el límite máximo seguro de exposición en un ambiente de trabajo (Instituto Nacional de Salud 2012).

El mercurio se puede presentar en tres formas: elemental, inorgánica y orgánica. Para cada una, sus efectos adversos pueden variar; sin embargo, tienen en común que al ingresar al cuerpo humano, ocasionan daños a nivel neuronal (Instituto Nacional de Salud 2012).

El mercurio utilizado en las labores mineras puede ingresar al organismo de los trabajadores, de sus familias y de la población cercana por medio de:

Formas del mercurio:

Elemental:
o metálico

Inorgánica:
sales y óxido

Orgánico:
metilmercurio



La salud de los trabajadores mineros se afecta de forma considerable cuando inhalan el vapor de mercurio que se libera durante el calentamiento de las amalgamas a cielo abierto. Esta exposición puede ser perjudicial para los sistemas nervioso e inmunitario, el aparato digestivo, los pulmones y los riñones con consecuencias, en ocasiones, fatales. Se han observado trastornos neurológicos y de comportamiento en seres humanos tras inhalación de vapor de mercurio elemental. Algunos de los síntomas son: temblores, inestabilidad emocional, insomnio, pérdida de la memoria, cambios en el sistema neuromuscular y dolores de cabeza (Instituto Nacional de Salud 2012).

Las zonas mineras donde se ha utilizado el mercurio son áreas donde este metal afecta a los sistemas acuáticos y genera la contaminación por metilmercurio que es mucho más tóxico que el mercurio elemental. La contaminación alcanza los peces, la fauna y flora silvestres, con los efectos relacionados en la vida de miles de personas, tanto de las que participan directamente en las actividades mineras como de las que viven en las cercanías (Instituto Nacional de Salud 2012).

Este tipo de intoxicación se conoce con el nombre de “enfermedad de Minamata”, y ocasiona graves daños neurológicos como ataxia, temblor, parestesias, parálisis cerebral, disminución de capacidad visual y auditiva y alteraciones cardiovasculares, entre otros. Estas manifestaciones pueden darse también en niños de madres que han estado expuestas a metilmercurio, particularmente durante la última etapa de la gestación. Se dice que este contacto puede derivar, incluso, en malformaciones fetales (Instituto Nacional de Salud 2012).

Tabla 1. Síntomas presentados por las personas contaminadas e intoxicadas en Segovia durante

Estudios realizados en el departamento de Antioquia –en zonas con presencia de minería de pequeña escala y minería artesanal–, evidencian los problemas de salud que hoy padecen trabajadores y pobladores de municipios como Segovia, Remedios, el Bagre, Tarazá y Cáceres. En el 2012 un estudio reveló las consecuencias de un mal manejo del mercurio: se encontró una muestra significativa de personas contaminadas e intoxicadas con este metal, que incluía no solo a los trabajadores expuestos directamente durante los procesos de beneficio del oro, sino también a personas y animales que no tenían relación alguna con él (Onudi 2012).

Propiamente en el municipio de Segovia se presentaron los siguientes síntomas, producto de la contaminación e intoxicación (Onudi 2012):

Síntomas	Número de pacientes	Proporción
Cefalea	260	60 %
Mareo	212	49 %
Amnesia	199	46 %
Insomnio	187	43 %
Temblor distal	173	40 %
Concentración difícil	170	39 %
Depresión	154	36 %
Ansiedad	149	34 %
Llanto fácil	145	33 %
Nerviosismo	113	26 %
Temblor de párpados	104	24 %
Anorexia	102	24 %
Gingivitis	86	20 %
Micrografía	74	17 %
Dermatitis	73	17 %
Sialorrea	69	16 %
Úlceras gingivales	49	11 %
Dientes flojos	46	11 %
Caida de dientes	32	7 %
Temblor lingual	32	7 %
Granulomas	25	6 %
Ninguno	21	5 %
Ampollas	11	3 %

5

Prevención y control

El mercurio es un metal muy tóxico que produce lesiones irreparables en el sistema nervioso de los trabajadores mineros y de las personas vecinas a las operaciones de minería de pequeña escala y artesanal. Por ello, todas las medidas que se implementen para disminuir al máximo este riesgo, deben ser de carácter preventivo.

Como se explicó en el primer capítulo los procesos a los que frecuentemente se exponen los mineros en su trabajo con el mercurio en su trabajo son:

1

Amalgamación en el molleoda

4

Quemado de la amalgama

2

Concentración gravimétrica

5

Reciclaje de mercurio

3

Fleada de amalgamación

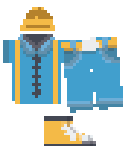
Estos procesos involucran el manejo, transporte, almacenamiento y disposición final de este metal. Por tanto, es muy importante implementar medidas preventivas para cada una de las actividades con el fin de evitar al máximo la exposición de los trabajadores y de la comunidad del área de influencia.

Veamos a continuación algunas medidas de prevención para un manejo adecuado y responsable del mercurio (Español Cano 2001):



Encuestas de autoevaluación ✓

Para saber cómo los empleados mineros perciben el riesgo inherente a su labor.



Vestuarios ✓

Es necesario separar muy bien la ropa sucia de la limpia y ubicarla en zonas claramente delimitadas.



Señalización ✓

Por zonas según niveles de exposición.



Lavado de ropa ✓

Ropa de trabajo se debe lavar en la empresa para no llevar ropa contaminada al hogar.



Casilleros ✓

Dobles, para separar la ropa de trabajo de la calle.



Manejo de sustancias peligrosas ✓

Incluir al mercurio en los protocolos de la mina para el manejo de estas sustancias.



Reglas específicas ✓

Para la prevención del riesgo en cada puesto de trabajo.

5.1 Medidas de control en los procesos de beneficio del oro

A continuación veremos cómo se deben realizar las medidas de control en los procesos de beneficio del oro:

1. Primero se deben analizar las condiciones mineralógicas de la zona donde está el mineral, es decir, contenidos de oro, plata, platino, etc. y la distribución granulométrica del depósito, con el fin de determinar el proceso adecuado para el beneficio y condiciones como el tamaño de la malla, —con el cual se recupera el mayor contenido de oro—, para determinar la cantidad ideal de mercurio necesaria para el proceso. De este modo se reducen los costos y se genera un menor impacto en la salud de los trabajadores y en el medio ambiente.

Los anteriores análisis no representan un elevado costo para la operación, ya que los beneficios económicos y ambientales aumentan cuando se recupera el metal objetivo.

Si no se realizan las anteriores prácticas, es difícil establecer el mejor proceso y las herramientas de beneficio para el mineral, lo que implicaría incurrir en usos excesivos de mercurio, cianuro, energía, equipos de molienda, agua, entre otros, y elevar los costos y las afectaciones al medio ambiente.

2. Como segunda medida, se debe hacer un adecuado transporte, ubicación y manipulación del mercurio. Para el transporte se deben utilizar recipientes sellados para evitar derrames o evaporaciones que puedan provocar problemas en las personas y en el ambiente.

Para la ubicación, se debe identificar un lugar alejado o protegido, con el fin de no contaminar fuentes hídricas superficiales o subterráneas, que tenga buena ventilación y al que puedan acceder solo las personas autorizadas, que por lo demás, deben usar los elementos de protección personal requeridos.

3. Los elementos de protección requeridos para la manipulación del mercurio son: guantes de látex, caucho o goma, largos en la manga, que cubran hasta los hombros; delantal largo hasta la mitad de la pantorrilla preferiblemente impermeable (vinilo); máscaras de carbono para evitar inhalaciones, absorciones por evaporación o contacto con este elemento químico.



Figura 2. Implementos de seguridad para el manejo seguro del mercurio.

Fuente: GEX Seguridad Industrial n. d.

En caso de ocurrir un derrame es importante que solo personal autorizado realice la limpieza, pasando por la recolección y ubicación segura del mercurio. No se deben utilizar escobas o aspiradoras. Se debe ventilar bien el lugar y utilizar los elementos de protección personal anteriormente mencionados.

Es importante no salir de las zonas de manipulación del mercurio con la ropa que se utiliza para esto, ya que contiene trazas de él.

4. Antes de que el mercurio se agregue a los procesos mineros es fundamental verificar el sellado de cada una de las máquinas presentes en la operación de beneficio del mineral. Esto con el fin de evitar derrames, contaminación de las fuentes de agua, afectaciones a las personas y al medio ambiente.

5. Se debe crear un proceso cerrado en el que el agua utilizada recircule. Adicionalmente, se deben seleccionar las máquinas acordes con el proceso presente en el proyecto minero –apoyadas en los principios gravimétricos (diferenciar por densidades)– para realizar una limpieza eficiente del mercurio presente tanto en el agua como en el material rocoso.

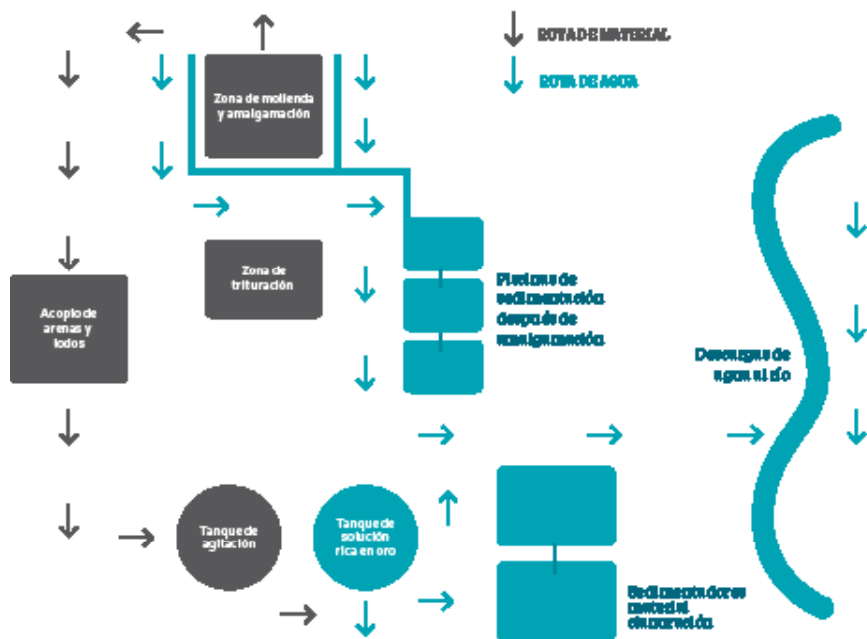


Figura 3. Circuito abierto de agua y mineral posterior al proceso de amalgamación.
Fuente: elaboración propia.

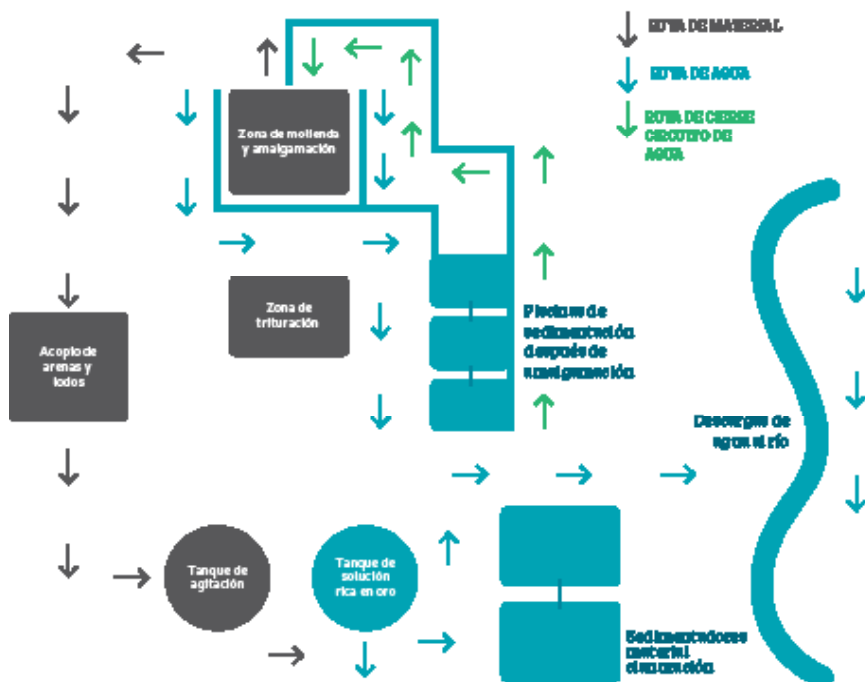


Figura 4. Circuito continuo o cerrado de agua posterior al proceso de amalgamación.
Fuente: elaboración propia.

Si los procesos mineros no pueden ser de circuito continuo o cerrado y no se cuenta con máquinas eficientes para la recuperación efectiva del mercurio, se debe construir un sedimentador para el agua utilizada y un acopio del material rocoso beneficiado con obras que impidan la filtración de mercurio a fuentes de agua limpia.

6. Es importante que el sedimentador permita, según los tiempos de la operación de beneficio, una sedimentación del 80 % de los sólidos en suspensión con los que sale de la planta.



Figura 5. Ejemplo de sedimentadores en tierra.

Fuente: Juan David Jaramillo.

7. El acopio de mineral no útil, previamente procesado, deberá ponerse sobre una cama de material muy fino, tipo arcilla, o descansar sobre plástico de alta densidad que evite filtraciones de mercurio al suelo. Además, también debe protegerse de las corrientes de aire para evitar la evaporación del mercurio.



Figura 6. Acopio de lodos y arenas tratados.

Fuente: Juan David Jaramillo.

6

Manejo seguro del mercurio

Aunque el mercurio garantiza la extracción fácil y de bajo costo del oro en la minería artesanal y a pequeña escala, es conveniente reducir la cantidad que se va a utilizar en el proceso de beneficio del mineral, para minimizar los riesgos para la salud y el medio ambiente y ahorrar el costo adicional de usar cantidades excesivas de mercurio. En esta sección expondremos las herramientas que deben usarse y los procesos que deben adoptarse para garantizar un manejo seguro y reducir al máximo la dosis de este metal.

6.1 Herramientas

Las herramientas que se deben utilizar para un manejo seguro de mercurio son las siguientes:

Retorta

Es un equipo utilizado para aplicarle calor a la amalgama con el fin de que el mercurio se vuelva gaseoso y se separe del oro, para que luego, mediante un proceso de enfriamiento, se condense y reutilice nuevamente en el proceso minero.



Figura 7. Retorta.
Fuente: UNU 2003.

Consiste en una bandeja pequeña de hierro o acero, sellada por una de igual forma, pero colocada hacia abajo. Algunos diseños pueden contener un tubo del mismo material en su parte superior con cierta inclinación que apunta hacia abajo como mecanismo para que el mercurio cambie de estado gaseoso a líquido separando el oro del mercurio. Lo más importante de este mecanismo es el sellamiento o hermetismo de la bandeja en la que se aplica calor con el fin de no dejar escapar el gas. Finalmente es importante mencionar que en la entrada del tubo se debería colocar una trampa con plástico reforzado para evitar fugas y explosiones por evaporación rápida del agua.

Hidroseparator

El hidroseparator o elutriador es un cono invertido al que se le aplica un chorro de agua ascendente para que separe el mineral molido de la amalgama por medios gravimétricos y para que arroje el mineral por una descarga lateral que permita atrapar la amalgama en el fondo.



Figura 8. Hidroseparator o elutriador.

Fuente: Meneses 2008.

Este equipo está conformado por varios recipientes metálicos: el primero se ubica en el centro (cono), es pequeño y en la parte de abajo tiene una descarga en forma de un cono invertido. Este recipiente está contenido en otro cono más ancho que alivia la entrada del mineral para evitar derrames en el cono central. Estos dos conos están contenidos en un recipiente más ancho con base plana y una tubería lateral (corona). Sujeto a la descarga del cono central se encuentra una tubería que tiene conectada una trampa para el mercurio recuperado y una tubería más delgada para la entrada de agua a presión.

Por debajo del equipo se envía un chorro de agua a presión para liberar el mercurio atrapado en el mineral molido que entra por el cono central en contracorriente. El mineral sale por rebose en el cono más ancho y cae en la corona para finalmente salir por la descarga lateral. El mercurio recuperado desciende hasta el fondo por la descarga del cono central pasando por la tubería hasta la trampa. Es importante mencionar que se debe cuidar la presión del agua que entra por debajo del elutriador para evitar pérdidas de mercurio por el rebose en el cono más ancho.

Trampa de mercurio

Se utiliza para alto flujo de agua en procesos continuos de beneficio minero. Consiste en una entrada de mineral, agua, mercurio y amalgama proveniente de la descarga directa del molino que se enfrenta a contracorriente con un flujo de agua a presión que hace que el mineral menos denso y el agua, salgan por la parte superior y el más pesado quede atrapado en el fondo del cono.

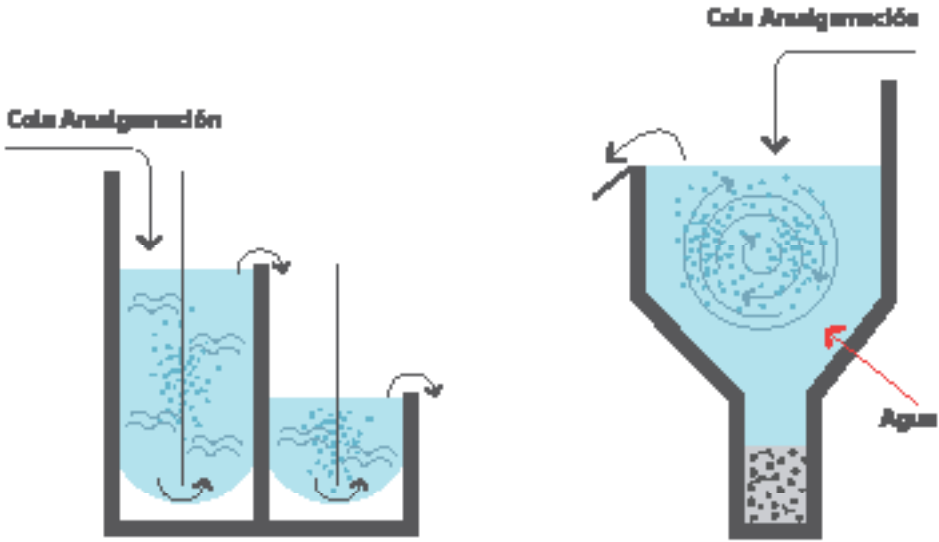


Figura 9. Trampas de mercurio.

Fuente: Sernageomin-Sonami-BGR 2003

Estas trampas funcionan en sedimentadores con recuperación en el fondo. También pueden ser canales revestidos con goma rugosa o tela gruesa. Algunas presentan laberintos y chorros de agua en contracorriente para soltar el mercurio amarrado entre la densa capa de material fino.

6.2 Procesos

A continuación, se describen las principales actividades que se deben implementar para un manejo seguro del mercurio en los procesos de beneficio de oro.

- Revisión de la mineralización. Primero se debe caracterizar el mineral y determinar qué elementos químicos tienen afinidad con el mercurio y pueden afectar la amalgamación de oro.
- Cuando se va a verter el mercurio en los molinos o granuladores, se deben hacer mediciones en centímetros cúbicos (cm³) o en unidades de peso en gramos (gr) de las cantidades agregadas a cada granulador, para llevar un control del mercurio que se utiliza en el proceso. De esta forma, en las etapas siguientes se podrá saber qué cantidad de mercurio se está recuperando y cuánto está en las colas del proceso para su posterior recuperación.
- Prevención de los contenidos de mercurio en las colas y aguas vertidas. Se debe recircular el agua utilizada en el proceso de beneficio, con el fin de evitar vertimientos continuos, a fuentes hídricas o al suelo, con contenidos de elementos metálicos como el mercurio y sólidos en suspensión que afectan la calidad del agua o causan daños al suelo.
- Se debe acopiar el mineral en condiciones de aislamiento del suelo y el aire con el fin de evitar contaminación por filtración o emisión de mercurio.



Figura 10. Proceso de molienda.

Fuente: Juan David Jaramillo.

- Durante la molienda del material se debe colocar recipientes a la salida del molino, ya que se pueden presentar derrames no controlados por error en el sellado o por gases generados durante la molienda.



Figura 11. Molinos de bolas.

Fuente: Juan David Jaramillo.

- Garantizar que los molinos no presenten grietas: estos deben tener tapas con los sellos de caucho amplios y no desgastados. Las tapas deben estar bien aseguradas durante la molienda, para evitar derrames de mercurio.
- Si se aplica una remolienda del material, previamente lavado y procesado con mercurio, este se debe depositar en los molinos con la ayuda de una guía o embudo, para evitar derrame de material con mercurio.

- El canal de descarga del material saliente del molino debe ser totalmente liso, sin hendiduras o grietas en las que pueda quedar atrapado el mercurio; además debe contener guías laterales que conduzcan la pulpa de material a los recipientes donde serán lavados.



Figura 12. Canal de descarga.

Fuente: Juan David Jaramillo.

- Después del proceso de molienda, se debe abrir cuidadosamente el molino para evitar expulsiones violentas de mercurio y lavar el acumulado de material en la tapa y el borde de la entrada del molino para retirar el mercurio que pueda contener.
- El material molido y procesado con mercurio se debe poner sobre una cama de material con granulometría fina como arcillas, caolinita o limonita. También se puede utilizar plástico grueso con el fin de no permitir el contacto con el suelo y proteger sus alrededores con tela costal y bajo techo para impedir el arrastre por aguas lluvia o viento.



Figura 13. Pila de material con aislamiento.

Fuente: Juan David Jaramillo.

- Al purificar el material recuperado (amalgama de oro y mercurio) se deben usar mascarillas para evitar la inhalación de vapores de mercurio; en la retorta se recupera la cantidad de mercurio presente en la amalgama, pero en caso de fugas por fisuras o algún otro daño en los dispositivos, se evita que el operario se intoxique por inhalar vapores de mercurio.

7 Alternativas para la eliminación del mercurio

En esta sección describimos las tecnologías alternativas para el beneficio mineral de oro, con el objetivo de mostrar opciones viables para la eliminación del uso del mercurio. Es importante saber que implementar estas tecnologías puede requerir una inversión de dinero, un mayor grado de organización y conocimientos técnicos. Sin embargo, las ventajas que genera para los mineros artesanales y de pequeña escala son amplias porque implican cuidar la salud, proteger el medio ambiente y mejorar aspectos económicos, porque en el mercado el oro “limpio” se vende a mejor precio, debido a que se minimiza la afectación al medio ambiente y a que está regido por prácticas comerciales leales (PNUMA 2008).

Independiente de la tecnología que se emplee para el beneficio del mineral, el primer paso será realizar un proceso adecuado de triturración y molienda; el mineral debe molerse para ayudar a liberar las partículas de oro. Aquí se debe definir el grado de molienda apropiado y si se requerirá de otro tratamiento, como la oxidación (PNUMA 2008).

A continuación, se ilustra cómo puede implementarse un proceso de beneficio de oro, sin mercurio:

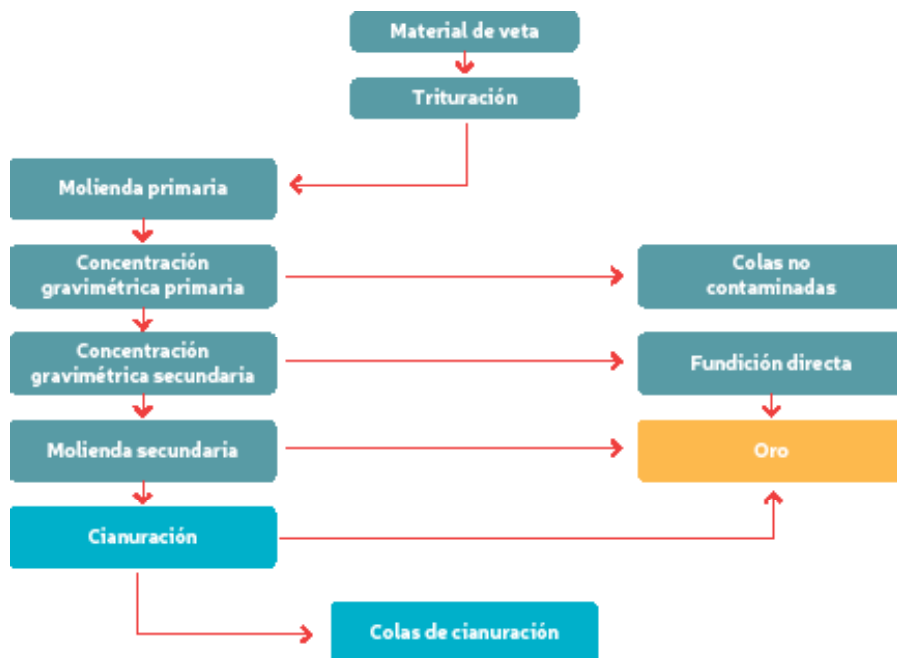


Figura 14. Proceso de beneficio de oro sin mercurio.

Fuente: (UPME 2007)

Una vez realizada la molienda del mineral, se procede a separar o concentrar las partículas de oro. Los métodos y equipos de separación o concentración por gravedad que ofrecen la posibilidad de eliminar el uso del mercurio son:

- **Mesa concentradora:** se utiliza para separar los materiales más pesados de los livianos. Todo esto es ayudado por una fuerza constante –y en dirección paralela al largo de la mesa– ejercida a través de un motor y un eje. Para un resultado óptimo en la concentración del mineral se deben identificar el caudal de agua, la inclinación de la mesa y la fuerza apropiada a la mesa.

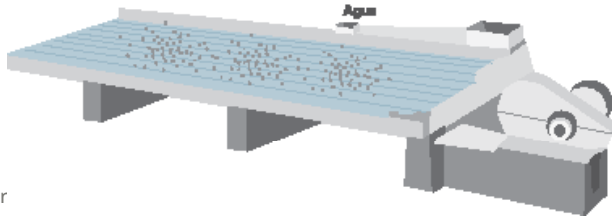


Figura 15. Cor

Fuente: Zhengzhou General Mining Machinery Co., Ltd. n. d.

Se pueden usar las mesas en el mineral de veta, para la recuperación de oro fino liberado y muchas veces de piritas/sulfuros auríferas como subproducto comercial de la carga bruta o de concentrados obtenidos por otros equipos gravimétricos como canaletas o espirales (UPME 2007).

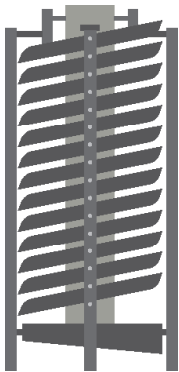


Figura 16. Concentrador centrífugo.

Fuente: G03.S.ALICDN n. d.

- **Concentrador centrífugo:** es utilizado para separar los diferentes materiales por su diferencia de densidades, lo que genera una fuerza hacia las paredes por su movimiento circular y deja el material de interés entre sus paredes con hendiduras. El material fino es ascendido hasta su descarga en la parte superior. Estos equipos son muy buenos por su alta recuperación de oro fino.

- **Concentrador en espiral:** este equipo usa el principio de separación por la aceleración tangencial de las partículas y su densidad, para separar los pesados de los livianos dejando los pesados en el centro de la espiral y los livianos en las paredes. Es importante revisar altura, ángulo de la espiral, caudal de agua y puntos de descarga del concentrado.

El espiral se utiliza principalmente para la preconcentración directamente después del molino.

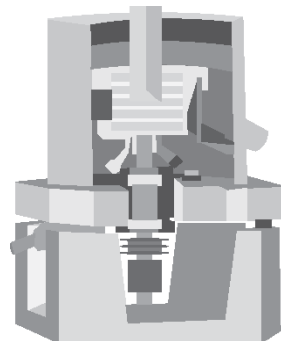
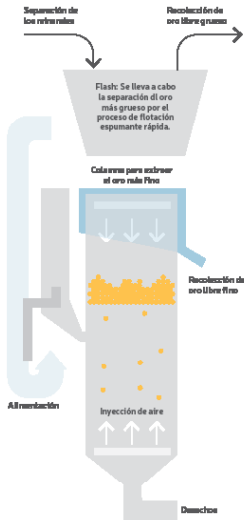


Figura 17. Método de flotación espumante.

Fuente: Florez 2011



- **Flotación espumante:** esta técnica utiliza la propiedad de algunos materiales de no tener simpatía por el agua. Cuando se les inyecta cierta cantidad del líquido con reactivos biodegradables cubren el mineral de oro en finas burbujas, lo hacen ascender y lo extraen por la parte superior, mientras los demás minerales se desechan en la pulpa resultante del proceso (Ruiz Pérez 2011).

Figura 18. Método de flotación espumante.

Fuente: Florez 2011

8

Disposiciones legales sobre el uso del mercurio

En el 2013 Colombia adoptó el tratado ambiental conocido como Convenio de Minamata, que busca proteger la salud humana y el medioambiente de las emisiones y liberaciones de mercurio y sus compuestos. Ese año se definió el marco de acción para reducir la exposición de las personas y el medio ambiente al mercurio, por medio de la regulación del comercio de este elemento químico, esperando que progresivamente se llegue a su desaparición y a la de los procesos que lo utilizan (MinMinas 2016).

Paralelo a esto, se expidió la Ley 1658 del 2013, que tiene por objetivo proteger y salvaguardar la salud humana y preservar los recursos naturales renovables y el ambiente, reglamentando en todo el país el uso, la importación, la producción, la comercialización, el manejo, el transporte, el almacenamiento, la disposición final y la liberación al ambiente del mercurio en todas las actividades industriales (MinMinas 2016).

Esta Ley ordena que debe erradicarse el uso del mercurio de la minería en un plazo máximo de cinco (5) años, es decir, que al 2018 no se podrá utilizar mercurio en actividades mineras. Si llegado este año, se está utilizando, se impondrán fuertes sanciones.

Bibliografía

Español Cano, Santiago. Toxicología del mercurio. Actuaciones preventivas en sanidad laboral y ambiental. 2001.

G03.S.ALICDN. Concentrador centrífugo. n. d. <http://g03.s.alicdn.com/kf/HTB1BldMK-FXXXXa9XVXXq6xXFXXXO/220509796/HTB1BldMKFXXXXa9XVXXq6xXFXXXO.jpg>.

GAMA-Cosude. Manejo ambiental en la pequeña minería. Lima, 2000.

Gex Seguridad Industrial. Ropa contra ácidos. n. d. <http://www.gex.mx/ropa-contra-acidos.htm>.

Green Facts. n. d. http://www.greenfacts.org/_images/studies/big/7.jpg.

Instituto Nacional de Salud. «Contaminación con mercurio por la actividad minera.» Biomédica, 2012.

Meneses, José Francisco. Tecnologías apropiadas para disminuir la contaminación con mercurio en la minería del oro a pequeña escala. 2008. <https://es.slideshare.net/epetrilli/brazilia-2008-version-2-presentation>.

Ministerio de Minas y Energía. Glosario Técnico Minero. Bogotá D.C, 2003.

MinMinas. Plan estratégico sectorial para la eliminación del uso del mercurio. Bogotá D.C., 2016.

Onudi. «Evaluación sanitaria preliminar sobre afectaciones a la salud relacionadas con el uso del mercurio en los municipios de Remedios, Segovia y Zaragoza.» Medellín, 2012.

PNUMA. El uso del mercurio en la minería del oro artesanal y en pequeña escala. 2008.

Rio Suerte. Day 64, Placer Gold Recovery Methods IV, a review. n.d. <https://riosuerte.com/in-the-beginning-there-was-gold/day-64-placer-gold-recovery-methods-iv-a-review/>.

Ruiz Pérez, Gimena. «Extraen oro sin mercurio.» UN Periódico, 12 de Noviembre de 2011.

SERNAGEOMIN, SONAMI, BGR. Guía de Buenas Prácticas Ambientales para la Pequeña Minería. 2008.

UNU. Unidades de demostración y campaña de educación para mineros artesanales de oros. 2003. <http://projects.inweh.unu.edu/inweh/inweh/content/1223/IWLEARN/Venezuela/uniidades-de-demonstracion-y-campana-de-educacion-para-mineros-artesanales-de-oros.html>.

UPME. Producción más limpia en la minería del oro en Colombia mercurio, cianuro y otras sustancias. Bogotá D.C., 2007.

Wikipedia. Cianuración. n. d. <https://es.wikipedia.org/wiki/Cianuración>.

Zhengzhou General Mining Machinery Co., Ltd. Concentrador del espiral de la explotación minera de placer (5LL). n. d. http://es.made-in-china.com/co_zztyjq/image_Placer-Mining-Spiral-Concentrador-5LL-_heyieogsy_ZvaEFpuAACGn.html.



© Alianza por la Minería Responsable (ARM)
www.responsiblemines.org
www.somostesoro.org

**SOMOS
TESORO**




ALIANZA POR LA
MINERÍA RESPONSABLE


FONDO
ACCION



Apoyado por



UNITED STATES DEPARTMENT OF LABOR