



MANUAL OPERATIVO PARA IMPLEMENTACIÓN DE TECNOLOGÍAS LIMPIAS



Schweizerische Eidgenossenschaft
Confédération suisse
Confederazione Svizzera
Confederaziun svizra

Embajada de Suiza

Cooperación Suiza en Bolivia

CRÉDITOS

Manual operativo para implementación de tecnologías limpias

Elaboración

Fundación Medio Ambiente Minería e Industria (MEDMIN)

Colaboración

Wildlife Conservation Society (WCS)

Equipo Gestión Integral del Agua

Luis Javier Zubieta Herrera
Dennis Alborta Rojas
Roy Córdova Salcedo
Javier Gonzáles Iwanciw
Marco Loma Zurita
Emilio Madrid Lara
Rigliana Portugal Escóbar
Claudia Rivadeneira Canedo
Humberto Sainz Mendoza
Cecilia Saldías Zambrana
Elizabeth Torrico Prada

Edición

Rigliana Portugal Escóbar

Ilustraciones

Jorge Hidalgo Aillón

Fotografías

MEDMIN

Impresión

Sukini Design

Esta publicación ha sido elaborada por la Fundación Medio Ambiente Minería e Industria (MEDMIN) en alianza con Wildlife Conservation Society (WCS) y Swiss Better Gold Initiative (SBGI). Ha sido financiada por el proyecto Gestión Integral del Agua de la Cooperación para el Desarrollo de la Embajada de Suiza en Bolivia, implementado por HELVETAS Swiss Intercooperation.

La Paz, noviembre de 2022

Disponible en

Embajada de Suiza en Bolivia
Cooperación Suiza en Bolivia
La Paz, Bolivia

Teléfono: +591 2 2751001

www.edaadmin.ch/lapaz

 Embajada de Suiza en Bolivia

 Cooperación Suiza en Bolivia



MANUAL OPERATIVO PARA IMPLEMENTACIÓN DE TECNOLOGÍAS LIMPIAS



Presentación

El mercurio, sustancia ampliamente utilizada en la recuperación del oro, posee un gran efecto contaminante, afectando la calidad ambiental, tanto de la atmósfera, los suelos, recursos hídricos y otros factores ambientales. Tiene además un potencial de afectar la salud y bienestar de los propios operadores mineros que lo manipulan y de los usuarios del agua en las cuencas mineras.

En este sentido, el proyecto Gestión Integral del Agua de la Cooperación para el Desarrollo de la Embajada de Suiza en Bolivia que implementa HELVETAS Swiss Intercooperation – Bolivia presenta la “Guía para la producción más limpia en el sector minero aurífero - manual operativo para implementación de tecnologías limpias”.

El material presenta la demostración de que con equipamiento y técnicas alternativas es viable y eficiente la disminución del uso del mercurio durante el procesamiento del oro, las cuales hacen parte de un “pool” de tecnologías desarrolladas junto a cooperativas mineras dedicadas a la explotación de yacimientos en el ámbito geográfico de la cuenca alta del río Suches. Además de su viabilidad técnica, es evidente el valor económico y ambiental adicional que puede resultar de la aplicación de tecnologías alternativas y mejores prácticas en la actividad minera aurífera de pequeña a mediana escala que, por sus características, requieren de una orientación práctica sobre métodos y equipos básicos en el proceso de beneficio del mineral a fin de evitar y minimizar los riesgos e impactos ambientales.

Agradecemos a la Fundación Medio Ambiente Minería e Industria (MEDMIN) que en alianza con Wildlife Conservation Society (WCS) y Swiss Better Gold Initiative (SBGI), elaboró este importante material.

Luis Javier Zubieta Herrera
Director del proyecto Gestión Integral del Agua
HELVETAS Swiss Intercooperation - Bolivia

SABLE
RL.

da en una actividad
ologías limpias y seg
ambiente?

JEJO DE
URIO

ION EN
ERRADO.
QUEMA DE

N DE
I DE

ION DE

CNOLOGICO
OGICO".



Beneficios de implementar tecnologías limpias

1

Reducción del uso anual de mercurio en un 98%

2

Cumplimiento con el Anexo C del Convenio de Minamata.

3

Reducción de riesgos de contaminación al medio ambiente y efectos en la salud.

4

Mayores ingresos económicos para las operaciones mineras.

5

Impacto positivo en salud, biodiversidad y fuentes de agua.



Las tecnologías limpias que se desarrollan en este manual, son la mesa de limpieza gravimétrica, la retorta a crisol abierto, el horno de fundición y el activador de mercurio.

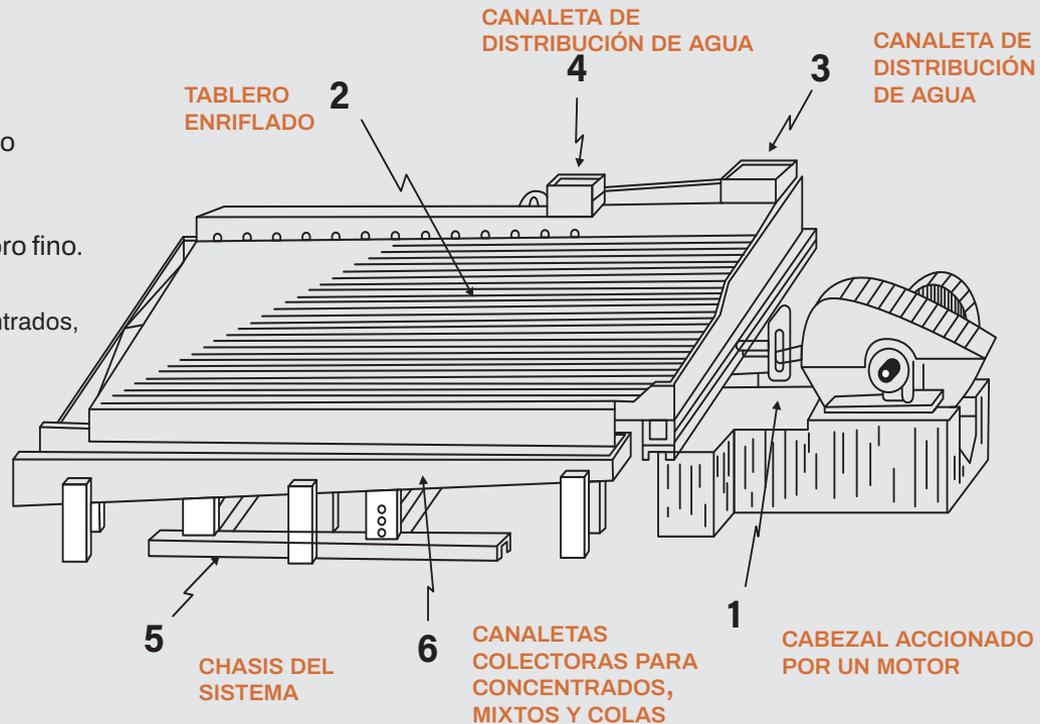
- Todos los equipos que se implementen en una operación minera deben ser construidos por expertos, bajo requerimientos técnicos de fabricación, montaje, implementación y correcta puesta en marcha.
- Se deben realizar pruebas metalúrgicas para asegurar una eficiencia y eficacia en el proceso.

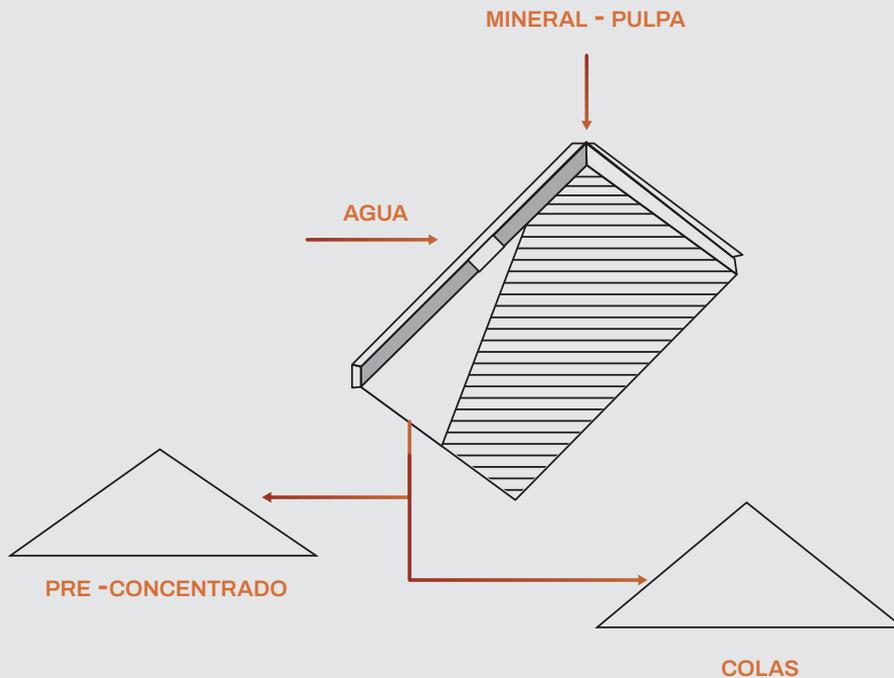
Mesa de limpieza gravimétrica

La mesa de limpieza gravimétrica facilita la limpieza de los concentrados de oro, reemplazando el uso de bateas, reduciendo el tiempo de trabajo y aumentando la eficiencia en la recuperación de oro.

Ventajas

- Fácil operación.
- Bajo requerimiento energético.
- Eficiente para recuperación de oro fino.
- Permite obtener productos (concentrados, mixtos y colas).
- Costo bajo para implementación.





MODO DE OPERACIÓN MESA CONCENTRADORA	
PASO 1	Regular el caudal del agua.
PASO 2	Verificar la amplitud de golpe a 17 mm.
PASO 3	Verificar el grano de la pulpa a malla # = 20 - 50. La alimentación de la pulpa deber ser homogénea .
PASO 4	Regular las goteras de agua en forma homogénea.
PASO 5	Verificar y regular el tablero de la mesa durante el funcionamiento.
PASO 6	Seleccionar constantemente el pre - concentrado y colas.

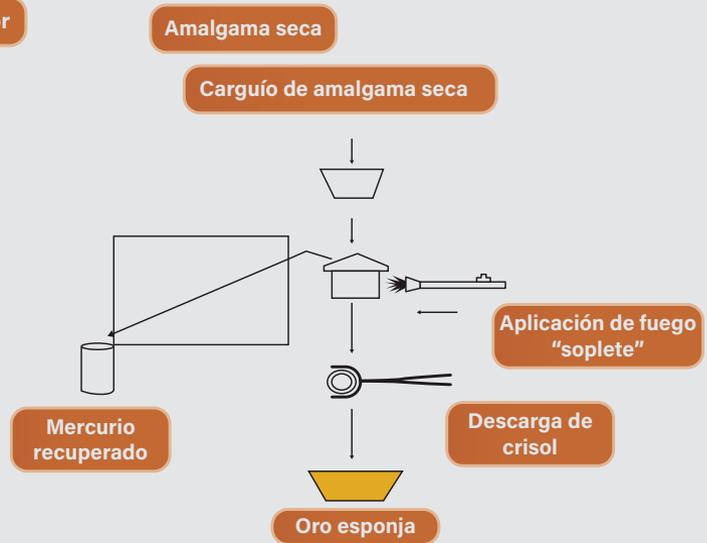
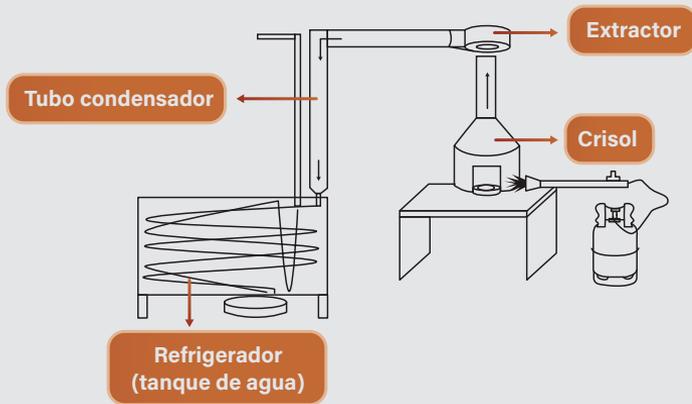


Retorta a crisol abierto

La retorta a crisol abierto recupera el mercurio utilizado en la etapa de amalgamación.

Reduce en un 50% a 70% el tiempo en comparación a una retorta convencional.

Reduce la emisión de vapores de mercurio.



Ventajas

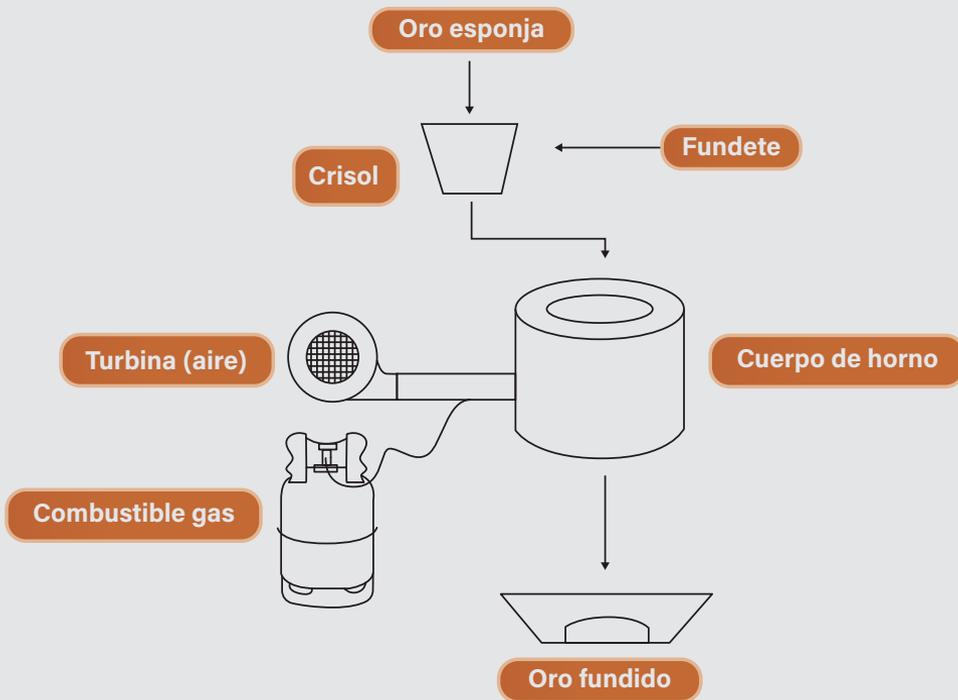
- Fácil operación.
- Bajo requerimiento energético.
- Eficiente para recuperación de oro fino.
- Permite obtener productos (concentrados, mixtos y colas).
- Costo bajo para implementación.

MODO DE OPERACIÓN RETORTA A CRISOL ABIERTO	
PASO 1	Utilizar el equipo de protección personal para realizar el proceso de refogado.
PASO 2	Cargar la amalgama seca envuelta en papel dentro del crisol de la retorta.
PASO 3	Aplicar calor con el soplete directamente sobre la amalgama, de manera ascendente.
PASO 4	Mantener el soplete sobre la amalgama de 3 a 5 minutos verificando la formación del oro esponja.
PASO 5	Retirar con una pinza el material (oro esponja) y colocarlo en una bandeja de acero inoxidable.

Horno de fundición

El horno de fundición realiza una refinación primaria y obtiene un oro más puro. Esto da mayores beneficios económicos y facilita su comercialización.





Ventajas

- Incrementa el valor económico del oro.
- Disminuye los descuentos al momento de la comercialización.
- Su implementación es de bajo costo.



MODO DE OPERACIÓN HORNO DE FUNDICIÓN

PASO 1	Utilizar el equipo de protección personal para realizar el proceso de refogado.
PASO 2	Verificar la condensación de gas, encendiendo el sistema de combustión de aire (turbina) durante 15 segundos.
PASO 3	Encender el horno con una llama de fuego.
PASO 4	Abrir el combustible de manera cuidadosa con una presión ascendente de 1 al 10.
PASO 5	Encender la turbina, abrir el combustible de manera gradual y ascendente, equilibrando muy bien el combustible y el aire para tener el fuego requerido en el interior.

CARGUÍO DE MATERIAL A CRISOL

PASO 1	Cargar el material (oro esponja) en el interior del crisol conjuntamente con el fundente (bórax).
PASO 2	Incorporar el crisol al interior del horno reduciendo la combustión de fuego.
PASO 3	Tapar el horno .
PASO 4	Estabilizar el crisol adicionando el fundente (bórax) hasta llegar a su punto de fusión del Oro. (1160 °C).



Reactivador de Mercurio

Este equipo reactiva el mercurio usado en la etapa de amalgamación y permite reutilizarlo para darle mayor vida útil.

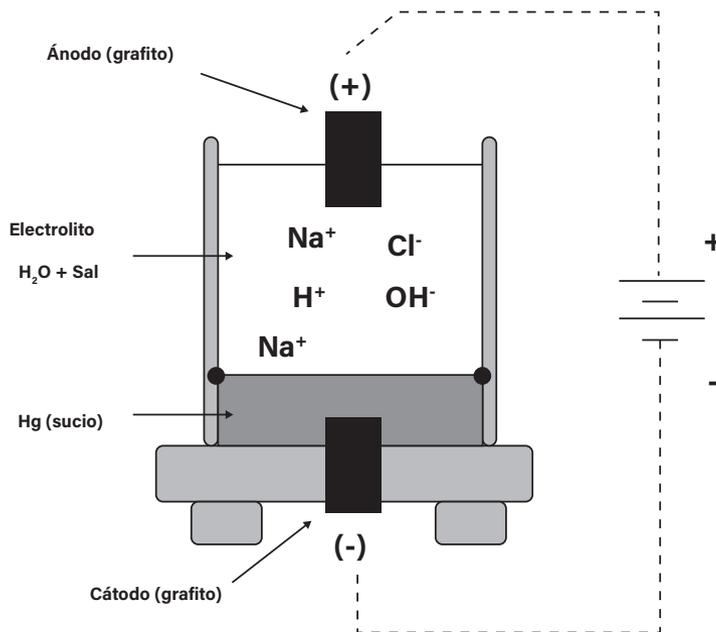
El mercurio reactivado trabaja nuevamente en el proceso de amalgamación.

Su uso permite bajar costos del mercurio utilizado en el proceso.



Ventajas

- Mejora la recuperación de oro en la amalgamación.
- El mercurio activado atrapa mejor el oro y amalgama.
- Evita la disposición final al medio ambiente.
- No hay formación de la llamada “harina de mercurio”.
- Equipo de diseño sencillo y de bajo costo.



MODO DE OPERACIÓN REACTIVADOR DE MERCURIO

PASO 1	Se coloca el mercurio cansado en el recipiente de manera que cubra totalmente el carbón inferior (electrodo de grafito).
PASO 2	Luego se vierte sobre el mercurio una solución al 10 o 15 % de sal de mesa (cloruro de sodio).
PASO 3	Se enchufa el transformador a una tomacorriente, de manera que el polo positivo (+) esté conectado al carbón superior que está en contacto con la solución salina y el polo negativo (-) al carbón inferior que está en contacto con el mercurio.
PASO 4	De esta manera se descargan los iones de sodio (Na^+) sobre la superficie del mercurio formando amalgama de sodio.
PASO 5	Del polo positivo se desprende gas cloro (Cl^-) en forma de pequeñas burbujas con su olor típico. Después de 10 a 15 minutos se alcanzan concentraciones suficientes. El mercurio activado tiene un brillo fuerte.

ADVERTENCIA:

¡Nunca poner en contacto el polo positivo con el mercurio, el carbón se quemará!

¡Nunca intercambiar los polos, el mercurio activado se transformará en algún tipo de compuesto, perdiendo su capacidad de amalgamar!



HELVETAS Swiss Intercooperation Bolivia
c. Gabriel René Moreno N° 1367
Edificio Taipi. Oficina 1. Pisos 2 y 3
Urbanización San Miguel, Bloque H. Zona Calacoto
Casilla 2518
Telef./Fax: (591 - 2) 279 44 87 / 279 08 26 / 277 27 16
La Paz, Bolivia

www.helvetas.org/bolivia

bolivia@helvetas.org

 @Helvetas.bo

 @HelvetasBolivia

 Helvetas Bolivia

 helvetas_bolivia

 helvetas-bolivia

