



BUENAS PRÁCTICAS AMBIENTALES PARA LA MINERÍA

Primera edición:
noviembre de 2019

Editores:
Fundación MEDMIN
Better Gold Initiative — BGI
Iniciativa Oro Responsable

Diseño e Ilustración:
Douglas Rivera Córdova

Impreso en La Paz, Bolivia

**BUENAS PRÁCTICAS AMBIENTALES
PARA LA MINERÍA**

Presentación

Desarrollar el sector de la pequeña minería de manera armónica con el medio ambiente es un compromiso de la Better Gold Initiative. Es por eso que se inician acciones orientadas a concientizar la preservación del medio ambiente.

La presente guía tiene como objetivo orientar, apoyar e incentivar a los operadores mineros de la pequeña minería de Bolivia a evitar, minimizar, controlar y mitigar todos los impactos potenciales asociados a la minería.

Esta es una herramienta de planificación que establece lineamientos y procedimientos para una adecuada y oportuna implementación del manejo responsable con el medio ambiente.

Esperamos que esta guía sea de gran utilidad ya que es una herramienta que suma los esfuerzos por tener una pequeña minería competitiva y responsable con el medio ambiente.

1. Introducción

El medio ambiente es un sistema formado por elementos naturales y artificiales que están interrelacionados y que son modificados por la acción humana. Los seres vivos, el suelo, el agua, el aire, los objetos físicos fabricados por el hombre y los elementos simbólicos (como las tradiciones, por ejemplo) componen el medio ambiente. La conservación de éste es imprescindible para la vida sostenible de las generaciones actuales y de las venideras.



1.1 Clasificación de contaminantes

Contaminantes no degradables:

Son aquellos contaminantes que no se descomponen por procesos naturales. Por ejemplo, son no degradables el plomo y el mercurio. La mejor forma de tratar los contaminantes no degradables es por una parte evitar que se arrojen al medio ambiente y por otra reciclarlos o volverlos a utilizar.



Contaminantes de degradación lenta o persistente:

Son aquellas sustancias que se introducen en el medio ambiente y que necesitan décadas o incluso a veces más tiempo para degradarse. (Bermúdez, 2010).



Contaminantes biodegradables:

Son aquellos que descomponen completamente o se reducen a niveles aceptables mediante procesos naturales físicos, químicos y biológicos.



1.2 Tipos de Contaminación

Contaminación hídrica

Este tipo de contaminación puede definirse de muchas formas, una de ellas y la más común es que hace referencia a la acumulación de una o más sustancias ajenas al agua que se han recolectado hasta tal magnitud que van generando una gran cantidad de consecuencias; entre las cuales se incluye el desequilibrio en la vida de seres vivos como animales, plantas e incluso personas susceptibles de distintas enfermedades.



Contaminación atmosférica

Se aplica por lo general a las alteraciones que tienen efectos negativos en los seres vivos y los elementos materiales.

Los principales mecanismos de contaminación atmosférica son los procesos industriales que implican combustión, tanto en industrias como, calefacciones residenciales, que generan dióxido y monóxido de carbono, óxidos de nitrógeno y azufre, entre otros contaminantes.



Contaminación del suelo.

La contaminación del suelo consiste en la degradación en la calidad de la superficie terrestre asociada a múltiples causas; pero principalmente generada por sustancias químicas. Los principales contaminantes de los suelos son:

- Contaminantes metálicos
- Contaminantes orgánicos
- Fertilizantes
- Pesticidas
- Acidificación
- Salinización



2. LEGISLACIÓN AMBIENTAL PARA EL SECTOR MINERO METALÚRGICO



¿QUE REGULA LA LICENCIA AMBIENTAL?



BENEFICIOS DE LA LICENCIA AMBIENTAL



CONSECUENCIAS DE NO TENER UNA LICENCIA AMBIENTAL

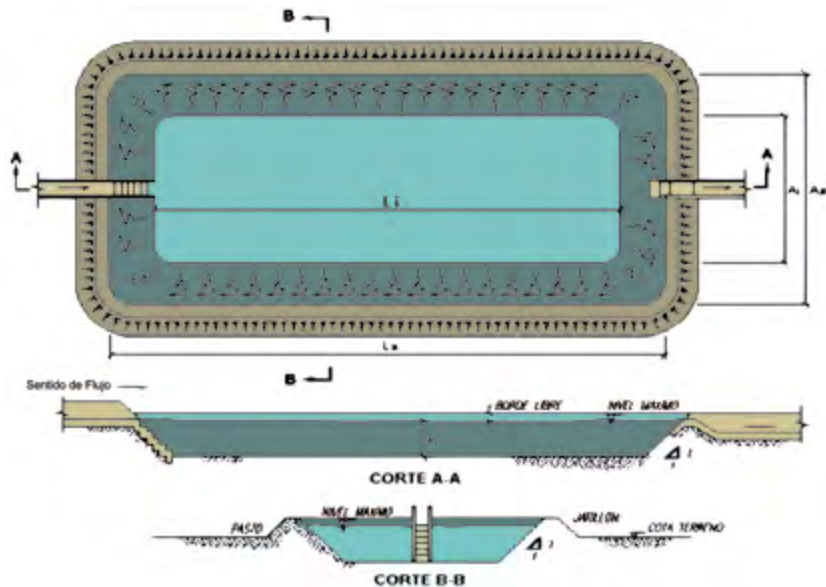


3. BUENAS PRACTICAS AMBIENTALES EN OPERACIONES MINERAS

3.1 PISCINAS DE SEDIMENTACIÓN

En el caso de colas estos deben pasar por un proceso de disminución de sólidos disueltos a través de unas piscinas de sedimentación en la cual los residuos sólidos se precipitarán.

Las piscinas de sedimentación deben ser construidas de acuerdo al volumen calculado de generación de colas. El interior de las piscinas de sedimentación debe estar cubierto con láminas de polietileno de alta densidad. El largo de la poza debe ser tres veces o más el alto para que en el trayecto la partícula tenga tiempo suficiente para desplazarse verticalmente (Gráfico 1).



Para el diseño se debe tomar en cuenta el caudal de descarga diario máximo de la operación minera, cabe recalcar que esta descarga es de agua además de un porcentaje de 5% extra por cualquier eventualidad. El tiempo de retención es un día.

Además, hay las piscinas de sedimentación no deben construirse en:



Las colas y lamas provenientes de la piscina de sedimentación serán instaladas en un área de secado cercana a esta, para facilitar su transporte. El agua proveniente del proceso de sedimentación puede ser recirculado para ser utilizada en el proceso de concentración del mineral. Se deberá extraer los sedimentos de estas piscinas cada 10 a 15 días, y se deberá realizar mensualmente un mantenimiento exhaustivo de las mismas.

DRENAJE ÁCIDO DE MINA (DAM)

PROCESO DE DRENAJE ÁCIDO DE LAS MINAS



El drenaje de una mina consiste en agua rica en metales, que se forma a través de la reacción química entre el agua y la roca que contiene minerales sulfurados.

El escurrimiento así producido en su mayor parte es ácido, y generalmente proviene de áreas de actividad minera donde rocas que contienen pirita han quedado expuesta a la lluvia o nieve (a la acción del agua en general).



El drenaje se forma debido a la oxidación de minerales que contienen azufre, principalmente pirita (FeS_2) y pirrotita (Fe_{1-x}S), que expuestos al aire y agua reaccionan formando ácido sulfúrico y hierro disuelto.



Parte del hierro se puede precipitar formando en el fondo de los lechos una capa roja, naranja o amarilla, que contiene el drenaje de la mina.

El DAM se puede presentar en:

- Trabajos en la superficie y subterráneos
- Los Desechos rocosos (provenientes de la planta chancadora)
- Sitios de acopio de estériles provenientes de la molienda u otro
- Desechos provenientes de embalses de relave, flotación, otros.

Una de las mejores defensas contra el drenaje ácido es prevenir que el material que

puede generarlo entre en contacto con el aire y el agua, porque una vez que la reacción comienza es casi imposible detenerla y continuará por varias décadas.

El control de la generación de ácido, se puede hacer a través de la remoción de uno o más de los componentes esenciales, azufre, aire, agua.

Algunas formas de control son:

Separación de los desechos y mezcla.

- En esencia se trata de mezclar la roca generadora de ácido con otro tipo de roca, cuya composición sea neutralizadora, creando un pH neutro.

Aditivos base.

- Material alcalino, tales como caliza, cal, ceniza de soda pueden ser agregados a la roca sulfurosa, con el fin de amortiguar las reacciones productoras de ácido.

Cubrimientos.

- Tierra, arcilla y coberturas sintéticas pueden ser puestas sobre la roca generadora de ácido, con el fin de minimizar la infiltración de agua y aire.

Bactericidas.

- La introducción de ciertos químicos que reducen la bacteria (*thiobacillus ferrooxidans*) que cataliza las reacciones de la generación de ácido ha sido probado como efectiva.

Colección y tratamiento de los contaminantes.

- Se trata de coleccionar el drenaje ácido y someterlo a tratamiento, a través de métodos pasivos o activos.

3.2 RESIDUOS SOLIDOS MINEROS METALÚRGICOS

¿Cuáles son los residuos sólidos mineros metalúrgicos?



- Los materiales de desescape.

- Los desmontes provenientes de la remoción de material estéril en minas subterráneas

- Los descartes de operaciones de preconcentración

- Las colas (arenas gruesas) de procesos de concentración

- Las colas (arenas finas) y lamas de procesos de concentración

- Las pilas o acumulaciones de residuos (roca triturada, barros, lodos y materiales lixiviados).

¿Cómo se clasifican los residuos sólidos mineros metalúrgicos?

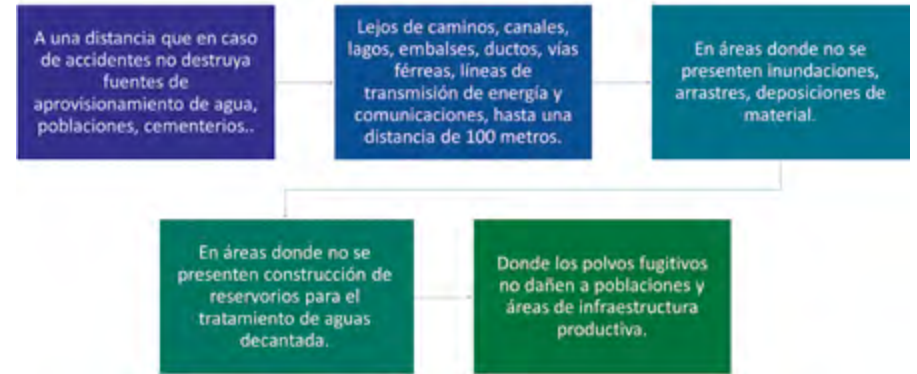


¡RECUERDA!

Que es prohibido botar, abandonar o depositar los residuos sólidos minerometalúrgicos en áreas no autorizadas.

El transporte de residuos desde el lugar de generación hasta el de almacenamiento o disposición final debe realizarse previniendo los riesgos.

¿Dónde ubicarlos?



¡Además!



3.3 RESIDUOS SÓLIDOS DOMÉSTICOS

Los residuos sólidos domésticos son materiales generados en los procesos de extracción, beneficio y transformación, producción, consumo, utilización, control, reparación o tratamiento, cuya calidad no permite usarlos nuevamente en el proceso que los generó.

¡NOSOTROS DEBEMOS PRACTICAR!



Aplicación de las 3R's.

Para realizar una buena clasificación de los residuos sólidos, es necesario primero modificar los hábitos de consumo a partir de las reglas conocidas como las 3R's.



Este proceso constará de 4 etapas, que se puede o no reciclar:



Beneficios que podemos obtener a través de las “3Rs” Reducir, Reutilizar y Reciclar



Ahorrar recursos.

Disminuir el riesgo de contaminación. (suelo, agua, aire).

Reducir el espacio que ocupan físico que ocupa la basura.

Facilitar la recolección, transporte y disposición final de los residuos.

Colaborar en la reutilización de Residuos sólidos.

Alargar la vida de los materiales a través de diferentes usos.

CLASIFICACIÓN DE LOS RESIDUOS SÓLIDOS

La clasificación de los residuos sólidos se la debe realizar en contenedores, señalizados debidamente para su correcto uso:



BASURA ORGÁNICA

Restos de comida, cascara de huevo, ramas y hojas secas, té, café, restos de fruta y verduras.



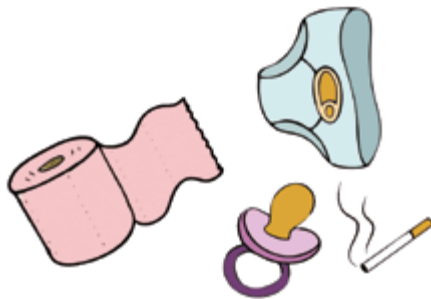
INORGÁNICOS RECICLABLES

Botellas de vidrio, botellas PET, latas de aluminio y conservas, envases de vidrio y plástico, bolsas y envases plásticos.



PAPEL CARTÓN

Cartones, empaques para huevos, periódicos hojas y sobres



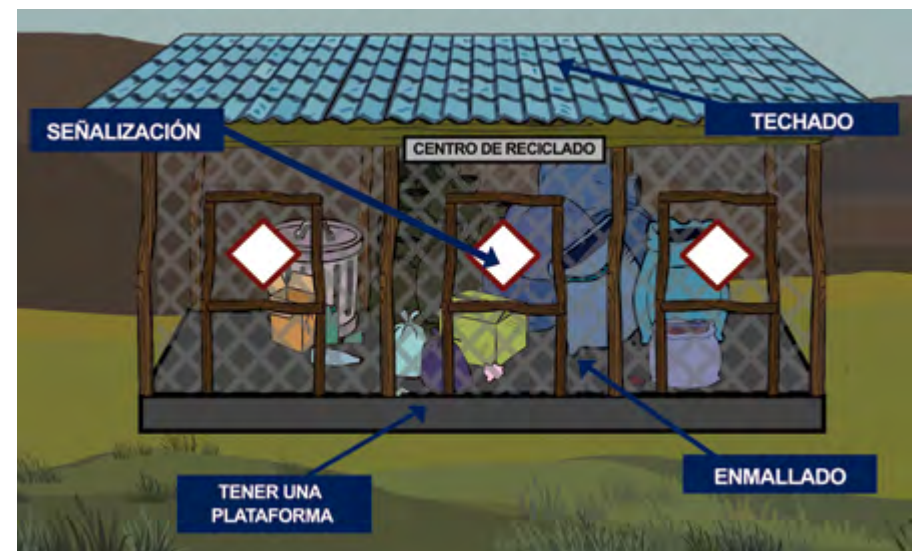
NO APROVECHABLE

Pañales desechables, colillas de cigarrillos, toallas desechables y residuos de barrido

RESIDUOS PELIGROSOS

Dentro de los residuos peligrosos se encuentran los aceites y grasas, combustibles, mercurio, envases de éstos sin uso y otros. El operador minero debe tratar los residuos, desechos y envases de estos insumos mediante sistemas que eliminen, neutralicen o reduzcan su peligrosidad, antes de su uso, reciclaje o disposición final.

Los residuos Peligrosos deben ser llevados hasta una empresa de aseo, donde serán depositados para su disposición final. Para tener un mejor control de este procedimiento deberá tener registros donde especifique la cantidad dejada y cada cuanto se la realiza. Las chatarras serán transportadas fuera de la operación minera para su venta, pero para un **almacenamiento temporal** se debe seguir lo siguiente:



MANUAL DE USO DE LA RETORTA



¿Se puede usar el mercurio?



¿Si lo uso es tóxico?



El mercurio es útil porque sirve para recuperar el oro, pero hay que saber usarlo: cuando se convierte en vapor con el calor, si se respira es un veneno. También hace mucho daño cuando esta en contacto con la piel.

¿El mercurio hace daño solo al que lo usa?

No, cuando pasa o sale al aire el mercurio se combina con otras sustancias que caen al agua y forma nuevas sustancias. Estas nuevas sustancias van a los ríos y así ingresan al cuerpo de los peces y de otros alimentos o plantas. Cuando se comen, nos podrían hacer mucho daño a la salud.



¿Qué puede pasarnos si respiramos aire con Mercurio o comemos peces con Mercurio?



Al comienzo sentirían nervios, angustia, miedo, perderían gradualmente la visión, la coordinación de movimientos iría reduciendo. Después de un tiempo, dolores de estómago, vómitos, dolores de cabeza, temblores, desmayamos y diarreas. También nos podemos enfermar del corazón.

¿Qué cosa es saber usar el Mercurio?



Jamás calentar directamente la amalgama con llama de un soplete o una cocina y menos en el lugar donde prepara sus alimentos o en la vivienda. Hay que usar una "retorta".

¿Qué es una retorta?



Es un aparato que sirve para separar el oro del mercurio que está en la amalgama, sin que el mercurio se pierda en el aire. El costo de la retorta es recuperado porque NO se pierde el mercurio, pero lo principal es que con su uso no nos envenenamos y hacemos un gran ahorro en medicinas.

¿Cómo funciona la retorta?

La retorta tiene un crisol donde se coloca la amalgama. El crisol tiene una tapa con un hueco, donde se suelda un tubo. Por este tubo sale vapor de mercurio cuando se calienta el crisol.

El tubo pasa por un recipiente lleno de agua llamado "Refrigerador" que lo enfría y sirve para que el mercurio vuelva a ser líquido. El extremo del tubo se mete dentro de un vaso con agua para asegurarnos de que ni una sola gota de mercurio se vaya al aire.



Se ha visto que el objeto de la retorta es poder recuperar el oro, pero sin perder el mercurio que usamos en la amalgama, sin contaminar el ambiente (aire o ríos) y sin correr ningún riesgo de intoxicación para nosotros mismos.

Bien utilizada, la retorta nos permite recuperar el oro en el fondo del crisol, mientras el mercurio en forma de gas sale por el tubo, se enfría en la caja de agua y gotea otra vez líquido en el recipiente que ponemos a la salida del tubo. De esta manera, no hemos perdido nada y podemos usar nuevamente el mercurio en la próxima amalgama.



USO CORRECTO DE LA RETORTA

Para conseguir una buena quemada y una recuperación completa del oro y la amalgama usando nuestra retorta, conviene seguir estos consejos:



1. Colocar la amalgama en el crisol presionándola hacia el fondo para que tenga mejor contacto con el calor.
2. Cerrar bien la retorta, usando la cuña o el tornillo, para que el gas del mercurio no se escape.
3. Llenar de agua fría la caja del "Refrigerador" para que enfríen los gases del mercurio en el tubo.
4. Colocar un recipiente con agua a la salida del tubo, donde caerán las gotas de mercurio líquido.
5. El quemado de la amalgama con el soplete debe hacerse al aire libre, para evitar accidentes.
6. Cuando el crisol se pone al rojo por el calor del soplete, a los pocos minutos comienza a salir el mercurio de la retorta, se enfría en el tubo y caen las primeras gotas en el depósito con agua.

7. Cuando ya no sale más mercurio, hay que mantener el fuego del soplete unos 5 o 10 minutos más, para asegurarse de que todo el gas ha salido. Entonces ya se puede retirar el depósito del agua con el mercurio recuperado.

8. Cuando la retorta se ha enfriado, se abre la tapa y se golpea suavemente el tubo, para que salgan las últimas "perlas" de mercurio.

9. La "esponja" de oro queda en el fondo del crisol. Si parece sucia, se puede lavar con ácido nítrico diluido.

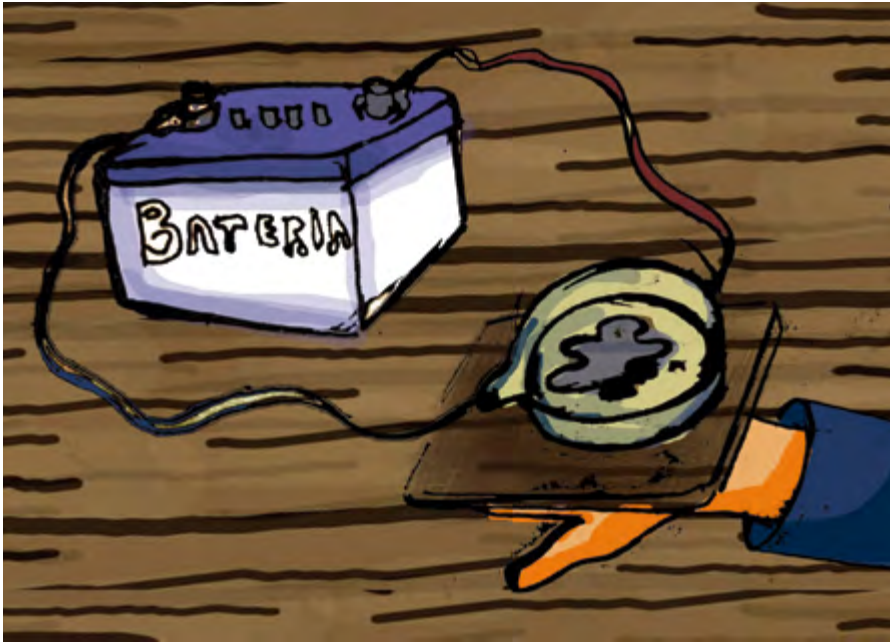
¿CÓMO PREPARAR BIEN LA AMALGAMA?



Se recomienda que antes del quemado, lavemos bien la amalgama, con un poco de detergente o jugo de limón. Un segundo lavado, con ácido clorhídrico (diluido, no puro) mejora los resultados.

Se aconseja también envolver la amalgama en papel de periódico, para que el oro no se pegue a la retorta.

¿SE PUEDE USAR VARIAS VECES EL MISMO MERCURIO?



Después de haberse utilizado varias veces, el mercurio se ensucia y pierde una parte de sus propiedades. Para volver a usarlo es necesario limpiarlo.

Para limpiar el mercurio se puede utilizar el "reactivador de mercurio".

El mercurio reactivo permite atrapar mejor el oro en la amalgama, aún en los granos más pequeños, evitando cualquier desperdicio.

El equipo de reactivación de mercurio (que actúa por electrolisis conectado a una batería de carro) permite volver a utilizarlo, libre de impurezas y en toda su potencia.

El procedimiento es sencillo y asegura la más completa regeneración del mercurio, eliminando pequeñas "perlas" de mercurio aisladas.

INTOXICACIÓN POR MERCURIO

Si tenemos que atender a una persona intoxicada por mal uso del mercurio (respiración de gas, contacto con la piel, daño a los ojos, etc.) debemos actuar de inmediato:

- Llevar a la víctima hacia un área ventilada y fresca, haciéndola respirar profundamente en una tela o pañuelo empapado en alcohol de farmacia o éter. Se debe aflojar la camisa y correa para que respire con libertad.
- Si la intoxicación es por haber tragado mercurio, dar de beber agua abundante y procurar que vomite. Luego, si es posible, hacerle ingerir huevos crudos y leche; o bien, huevos crudos mezclados con aceites comestibles.
- Si la parte afectada por mercurio es la piel o los ojos, deben lavarse con agua corriente y fresca, durante largo tiempo, hasta estar seguros de que no queda ninguna partícula de mercurio.



COMO FABRICAR UNA RETORTA

La fabricación de una retorta no es muy complicada, si es que disponemos de un taller que nos facilite:

- Torno y sierra de metal
- Perforadora y dobladora de tubos
- Equipo de soldadura eléctrica.

Con estas herramientas y algunos materiales, nosotros mismos podemos fabricar la retorta.

Los materiales para la retorta son fáciles de obtener:

Un trozo de eje de acero, de 3 pulgadas, para el crisol.

El mismo eje de acero para tomar la tapa del crisol

Plancha de calamina para formar la caja de agua o refrigerador.

Tubo de acero inoxidable de $\frac{1}{4}$ de pulgada, con unos 50 centímetros de largo.

Equipo de soldadura eléctrica para soldar las piezas.

El torneado y soldado de las piezas debe hacerse con precisión, a fin de que el vapor de mercurio, al calentar la amalgama en la retorta, no se escape al aire y pase obligatoriamente por el tubo de acero inoxidable del sistema de refrigeración. Este sistema nos permite recuperar el mercurio, que podremos usar otra vez.

QUE TAMAÑO NOS CONVIENE

Las retortas se producen en tres tamaños:

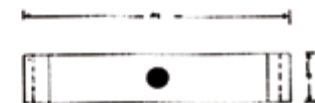
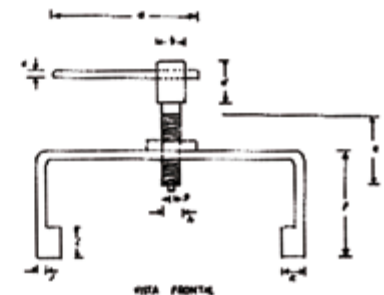
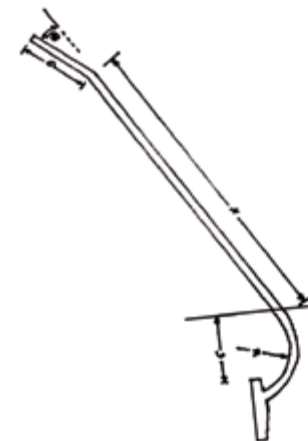
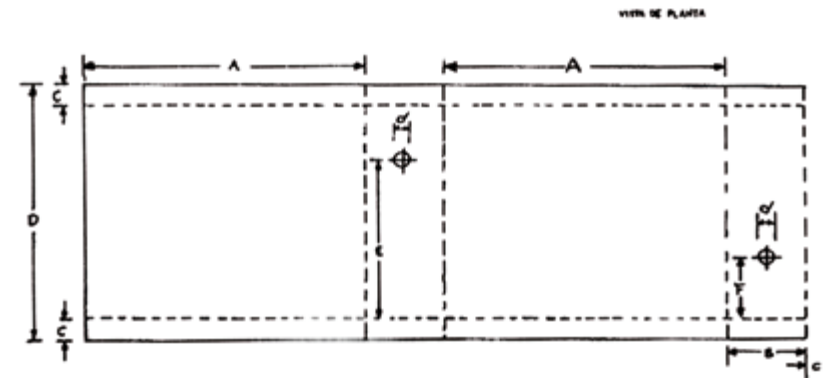
- 6.5 centímetros de diámetro, para fundir hasta 300 gramos de amalgama
- 7.5 centímetros para 1500 – 2000 gramos y;
- de 10.2 centímetros para un máximo de 10 kilos de amalgama.

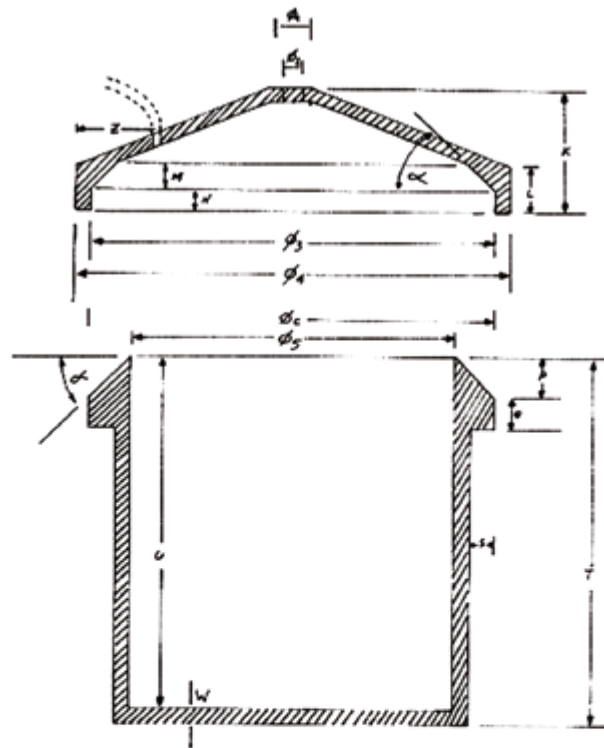
Si nosotros mismos fabricamos nuestra retorta, es conveniente elegir con cuidado el tamaño adecuado, para obtener una buena recuperación de oro y del mercurio.

Si utilizamos una retorta demasiado grande para una pe-

queña cantidad de amalgama, habrá un escape de gas de mercurio al abrir la retorta.

Se aconseja que es mejor quemar más de una vez en una retorta pequeña, que refogar poca amalgama en una retorta grande y perder el mercurio en forma de gas sin poder recuperarlo.





**DIMENSIONES DE LAS RETORTAS
(Céntimetros)**

	A	B	C	D	d	E	F
PEQUEÑO	25.2	8.2	0.6	25.5	0.9	20.0	10.5
MEDIANO	35.5	12.0	0.6	36.5	0.9	28.0	12.0
GRANDE	45.0	17.5	1.6	46.0	0.9	39.0	14.0

	G	H	J	B	K	L	M
PEQUEÑO	3.0	42.0	8.5	-25	3.0	1.6	0.5
MEDIANO	3.0	52.0	7.5	-25	2.4	1.1	0.5
GRANDE	3.0	66.0	9.0	-25	2.2	1.5	0.7

	N	P	Q	S	T	U	W
PEQUEÑO	0.6	0.6	0.6	0.3	4.1	3.8	0.3
MEDIANO	0.6	0.4	0.6	0.6	6.6	6.0	0.3
GRANDE	0.6	0.6	1.2	0.5	9.0	8.7	0.3

	a	Z	Ø1	Ø3	Ø4	Ø6
PEQUEÑO	45	1.0	13	5.0	5.1	4.1
MEDIANO	45	2.2	16	8.0	8.5	7.1
GRANDE	45	3.7	25	11.8	13.0	10.6

**DIMENSIONES DEL TORNILLO
(Céntimetros)**

	a	b	c	d	e	f	g
PEQUEÑO	6.6	1.6	0.7	2.0	5.0	5.3	0.6
MEDIANO	7.6	1.9	0.7	2.0	6.2	7.1	0.6
GRANDE	10.2	2.0	0.6	2.6	7.0	7.7	0.6

	h	i	j	k	m	n
PEQUEÑO	1.1	1.3	0.6	1.1	6.8	2.0
MEDIANO	1.1	1.9	0.7	1.3	9.8	2.0
GRANDE	1.1	2.0	0.7	1.9	15.1	2.6

NOTA: La retorta pequeña puede tener variaciones por no contar en este momento con datos muy precisos.

