

Manual de buenas prácticas

Uso responsable del cianuro

en la pequeña minería de oro

CIANURO DE SODIO

Foto: Iniciativa Oro Responsable

SBG SWISSBETTERGOLD
INICIATIVA SUIZA ORO RESPONSABLE

 Schweizerische Eidgenossenschaft
Confédération suisse
Confederazione Svizzera
Confederaziun svizra

Departamento Federal de Economía,
Formación e Investigación DEFI
Secretaría de Estado para Asuntos Económicos SECO

SBG SWISSBETTERGOLD
ASSOCIATION

Serie Regional

Esta publicación cuenta con el apoyo técnico y financiamiento de la Iniciativa Suiza Oro Responsable

La Iniciativa Suiza Oro Responsable es una alianza pública-privada promovida por la Cooperación Suiza - SECO y la Asociación Suiza de Oro Responsable

SBG SWISSBETTERGOLD
INICIATIVA SUIZA ORO RESPONSABLE

 Schweizerische Eidgenossenschaft
Confédération suisse
Confederazione Svizzera
Confederaziun svizra

Departamento Federal de Economía,
Formación e Investigación DEFI
Secretaría de Estado para Asuntos Económicos SECO

Projekt Consult
MEMBER OF GFA GROUP

Autor:

Bruno Pizzorni

bpizzorni73@gmail.com

Edición:

Iniciativa Suiza Oro Responsable 2021

Tabla de contenido

Introducción	4
Acerca del cianuro de sodio	5
Su uso en la metalurgia del oro	5
Manejo responsable del cianuro	6
Carguío	6
Transporte	7
Descarga	8
Almacenamiento	9
Preparación de soluciones cianuradas	9
Consideraciones adicionales	10
Relaves de cianuración	11
Intoxicación por cianuro	11
Fuentes y vías de exposición	11
Síntomas	12
¿Qué hacer ante una exposición a cianuro?	12
¿Cómo se trata la exposición al cianuro?	12
Primeros auxilios	13
Inhalación	13
Ingestión	13
Contacto con la piel	13
En caso de derrames	13
En caso de incendio	13

Introducción

Este manual de buenas prácticas para el uso responsable del cianuro está dirigido a la pequeña minería de oro, con el propósito de implementar prácticas destinadas a proteger la salud humana y el ambiente.

La lixiviación con cianuro utiliza las propiedades químicas del oro para lixiviarlo a partir de mineral, concentrado o relaves. Este proceso se está adoptando cada vez más en la minería a pequeña escala debido a su alta tasa de recuperación de oro y bajo costo. Las mejores prácticas para la lixiviación química son una combinación de preconcentración y lixiviación de molienda, ya que conducen a la menor cantidad de residuos, facilitan un corto tiempo de procesamiento por parte de los mineros y producen altas recuperaciones de oro. Durante el proceso, en primer lugar, la concentración se realiza a través de técnicas

de gravedad. A continuación, el concentrado se muele simultáneamente y se lixivia.

Cuando se emplea lixiviación química con cianuro, es importante que los mineros manejen el producto químico correctamente y se aseguren de que se utilice y almacene adecuadamente, para evitar problemas de salud y ambientales.

El cianuro es a menudo el químico preferido para ser empleado en la lixiviación. Es una sustancia altamente tóxica y se debe tener mucho cuidado al usarla. Sin embargo, a diferencia del mercurio, el cianuro no persiste en el medio ambiente. La lixiviación con cianuro no debe utilizarse en relaves donde el mercurio está presente, ya que se formarán complejos solubles de mercurio-cianuro, movilizándolo a grandes distancias.



Este manual brinda a los usuarios un conocimiento básico que les permita aprender de manera sencilla el manejo correcto del cianuro en relación con el cuidado de la salud, la seguridad y el ambiente.

Acerca del cianuro de sodio

El cianuro de sodio es un sólido blanco, cristalino, muy tóxico y con ligero olor a amoníaco y a almendras amargas.

El cianuro utilizado en soluciones diluidas tiene uso para el tratamiento de minerales de oro, proceso que se denomina cianuración.

En bajas concentraciones, el cianuro se utiliza también como reactivo para la concentración de minerales que utiliza el proceso de flotación.

El riesgo para las personas por el uso de cianuro en la minería proviene de la exposición a producto sólido derramado, por contacto con soluciones cianuradas o inhalación de gas de cianuro de hidrógeno generado por reacción con agua o algún ácido u oxidante.

Su uso en la metalurgia de oro

En la metalurgia del oro, hay dos procesos ampliamente utilizados, denominados lixiviación por agitación y lixiviación en pilas.

Para cianurar por agitación, se requiere un tanque en el que están el mineral con la solución de cianuro de sodio con pH mayor a 10.5, cuya pulpa se agita para facilitar la



El cianuro de sodio reacciona con el agua o cualquier solución ácida, desprendiendo gas de cianuro de hidrógeno (HCN), gas muy tóxico que puede ser fatal si no se toman las precauciones necesarias.

disolución del oro. Para que esto ocurra, se requiere que las partículas de oro entren en contacto con la solución de cianuro. El mineral previamente se debe chancar o moler para liberar el oro.

Durante el proceso de lixiviación en pilas, que se realiza a cielo abierto, la solución cianurada, con pH mayor a 10.5, percola a través de las rumas de mineral y entra en contacto con las partículas libres de oro, las cuales se disuelven. Para este caso la roca debe ser porosa, lo cual facilita que las partículas de oro entren en contacto con la solución cianurada.

Para la aplicación de cualquiera de estos métodos se debe determinar la naturaleza de los minerales de oro e identificar su mineralo-

gía, ya que ésta puede determinar la efectividad o no de la cianuración, pues algunos minerales pueden reaccionar con el cianuro o con el oxígeno, disminuyendo la efectividad del cianuro para llevar adelante la solubilización del oro.

Para este fin, se deben realizar investigaciones metalúrgicas con el propósito de determinar las condiciones óptimas para el tratamiento económico y eficiente del material

mineralizado. Las variables por determinar son: consumo de cianuro y cal por tonelada de mineral tratado, óptimo grado de molienda, tiempo de contacto, concentración más conveniente del cianuro en la solución y dilución más adecuada de la pulpa.

Para la recuperación de oro de las soluciones cianuradas que contienen el oro en solución, puede ser empleando carbón activado (adsorción) o polvo de zinc (cementación).

Manejo responsable del cianuro

Carguío

Al recibir el cianuro de sodio y antes de cargar al vehículo que lo transportará, se debe verificar que los cilindros o contenedores de cianuro estén perfectamente envasados y no hayan sido manipulados o abiertos.

No se deben recibir, por ningún motivo, envases que no estén perfectamente sellados y etiquetados como tal, o aquellos que presenten signos externos de deterioro.

El carguío deberá efectuarse utilizando implementos de protección personal como: casco, lentes de seguridad, mascarilla respiratoria tipo N95 contra polvo, guantes, botas de seguridad y mameluco de Tyvec.



Transporte

Antes del transporte se deben seleccionar rutas adecuadas, que minimicen la posibilidad de accidentes y derrames de cianuro, tomando en cuenta la densidad poblacional, la presencia de cuerpos de agua, pendientes pronunciadas y organismos de apoyo en ruta.

El transporte del cianuro deberá ser realizado por una empresa autorizada para transportar materiales peligrosos.

El cianuro NUNCA debe ser enviado como encomienda o por correo.

Se debe verificar que el cianuro no sea empaquetado junto con ningún tipo de ácido, alimento humano o animal, ingredientes de productos usados para el consumo humano o animal, incluyendo comidas, bebidas, medicinas, etc. Verificar que el transporte de cianuro se realice sólo de día y no de noche, verificando previamente las condiciones climáticas.

El transportista deberá contar con equipo básico de protección personal como lentes de seguridad, mascarilla respiratoria tipo N95 contra polvo, guantes de jebe, botas de seguridad, mameluco de Tyvec y un botiquín de primeros auxilios, incluyendo oxígeno medicinal.

El transportista deberá tener lampas, escobillones, bolsas de plásticos y toldos para cubrir y recoger al cianuro en caso de derrame.

Deberá contar con un extintor de polvo químico seco (PQS). En caso de incendio, BAJO NINGÚN MOTIVO SE DEBE UTILIZAR AGUA sobre la zona con cianuro.

El transportista deberá contar con una hoja de ruta y una lista de contactos de emergencia que le permita informar rápidamente a la policía y a la autoridad competente, sobre cualquier accidente que ocurra al medio de transporte.

El transportista deberá tener un PLAN DE RESPUESTA ANTE EMERGENCIAS.

El transportista deberá estar capacitado en los procedimientos correctos para manipular el cianuro y haber recibido un curso de primeros auxilios para casos de intoxicación por cianuro.

El transportista deberá haber recibido capacitación para hacer frente a cualquier derrame de cianuro, especialmente si éste puede contaminar fuentes de agua.



Descarga

El transportista debe presentarse en el almacén de destino con la guía de remisión correspondiente tal que se pueda verificar la cantidad de cianuro transportado.

Antes de descargar el cianuro, el compartimiento de carga del vehículo debe ser ventilado, luego se procederá a verificar que cada uno de los cilindros o contenedores se encuentren en perfectas condiciones.

Para la descarga del vehículo, el personal deberá utilizar el equipo de protección personal adecuado: casco, lentes de seguridad, mascarilla respiratoria tipo N95 contra polvo, guante, botas de seguridad y mameluco tipo Tyvec.

El área de descarga deberá contar con pavimento impermeable para evitar cualquier contacto de cianuro con el terreno en caso de un derrame.

En el caso que existan envases dañados o deteriorados se debe verificar el producto se ha derramado.

La descarga del cianuro deberá estar supervisada por la persona responsable del almacén.



Almacenamiento

La forma más usual de manejo del cianuro a pequeña escala es en contenedores cilíndricos con cianuro de sodio sólido que presenta aspecto de pastillas (briquetas) de cristales blancos.

La descarga del vehículo de transporte y almacenamiento deberá llevarla a cabo personal con equipo de protección personal y con entrenamiento adecuado.

Deberán contar con extintor de polvo químico seco, ya que en caso de incendio no deberá utilizarse agua bajo ningún motivo.

El lugar de almacenamiento deberá estar apartado del lugar de trabajo y sitios de reunión de las personas, tales como comedores, y alejado de cuerpos de agua.

Deberá contar con cubierta (techado), estar libre de humedad, y contar con ventilación adecuada para disipar cualquier formación de gas de cianuro de hidrógeno (HCN).

Nunca deberán apilarse más de tres cilindros en posición vertical.

El piso del lugar deberá ser impermeable y tener contención para eventuales derrames.

El cianuro deberá almacenarse separado de sustancias ácidas, oxidantes, combustibles, lubricantes, productos alimenticios y agua.

El lugar debe estar en un área restringida al acceso de personas no autorizadas, y debe contar con la señalización correspondiente:

señal de peligro cianuro de sodio (o material peligroso) acceso sólo a personal autorizado, prohibición de comer, beber y fumar en el área; prohibición de fuego abierto; y uso obligatorio de implementos de protección personal como: casco, lentes de seguridad,

mascarilla respiratoria tipo N95 contra polvo, guantes, botas de seguridad y mameluco tipo Tyvec.

Se debe instruir al personal del almacén sobre las características, peligros del cianuro y los procedimientos de primeros auxilios ante las emergencias.

Llevar un minucioso control de la entrada y

salida del cianuro de los almacenes.

Mantener los envases con cianuro correctamente cerrados.

No se debe permitir la manipulación del cianuro a personal que no esté capacitado en el manejo de este producto y que no cuente con el respectivo equipo de protección personal.

Preparación de soluciones cianuradas

Previo a la preparación, se debe aislar el área de trabajo con cintas o conos para impedir transiten personas y vehículos al momento de manipular el cianuro.

Al igual que el almacén de cianuro, la mezcla debe estar en un área restringida al acceso de personas no autorizadas, y debe contar con la señalización correspondiente a cianuro. Todo trabajo de manipulación y preparación de soluciones deberá realizarlo personal capacitado para estas funciones y que cuente con implementos de protección personal adecuado para este trabajo:

- **Detector de gas cianhídrico.**
- **Máscara de cara completa (full fase).**
- **Respirador contra polvo y gases.**
- **Guantes de jebe.**
- **Botas de jebe.**
- **Mameluco tipo Tychem (color naranja) u otro impermeable.**

Hay que asegurar que cuentan con agua en la ducha de emergencia y lavajos, así como kit de primeros auxilios con botella de oxígeno y





maskarilla respiratoria (no cánula).

Contar con equipo de comunicaciones para informar cualquier emergencia.

Contar con un detector portátil de gas de cianuro de hidrógeno (HCN).

En el caso eventual que la alarma del detector se active a 4.5 partes por millón (ppm) de HCN, retirarse del área, evaluar la causa y volver sólo si no se detectan niveles de gas cianhídrico por encima del punto de activación de la alarma. A 10 ppm los trabajadores deben evacuar el área.

La preparación de soluciones cianuradas deberá realizarse en compañía de otra persona, para que uno haga el papel de observador a distancia con la finalidad de socorrer a su compañero en caso de exposición a cianuro. La disolución del cianuro deberá hacerse en tanques dedicados y especialmente diseñados para este efecto, utilizando agua acondicionada con lechada de cal, de manera de tener un pH de 10.5 o superior y así impedir la formación del gas HCN.

La forma más tóxica del cianuro es la gaseosa (HCN), que se forma rápidamente cuando el cianuro se pone en contacto con agua, soluciones ácidas u oxidantes, por lo que un requerimiento muy importante cuando se trabaja en solución es hacerlo exclusivamente en ambiente alcalino (pH 10,5 o superior). El gas de cianuro es incoloro e inodoro para la mayoría de las personas, se dispersa rápidamente en espacios abiertos, y al ser menos denso que el aire tiende a elevarse. Por lo tanto, si hay formación de cianuro gaseoso en un espacio cerrado, se deberá salir rápida-

mente del lugar o mantenerse cercano al piso. El gas de cianuro es inflamable y por ello debe estar terminantemente prohibido generar fuego abierto en los lugares donde se maneja cianuro. Debido a las consecuencias que puede generar el cianuro en la salud humana, en las operaciones mineras que se utilice deberá existir personal capacitado en primeros auxilios.

Consideraciones adicionales

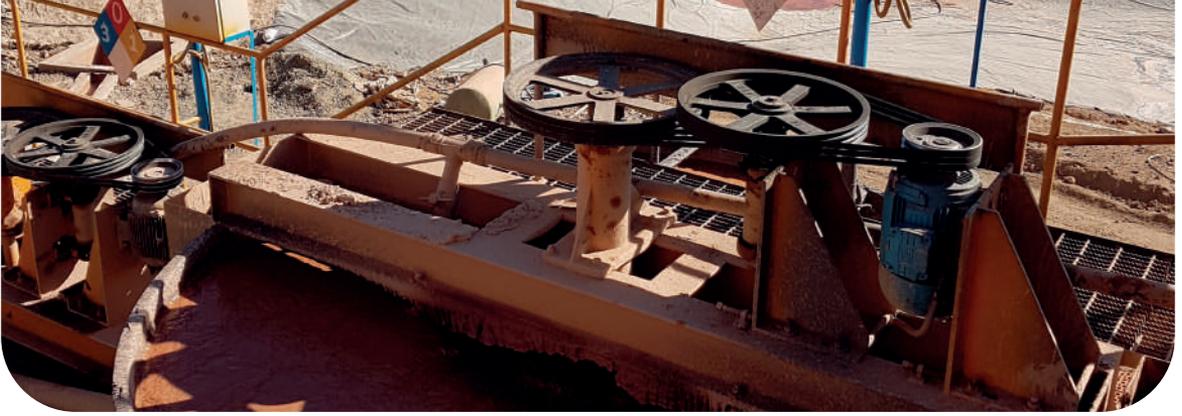
Cualquiera que sea el contenedor original del producto, una vez vacío, se deberá lavar tres veces antes de desecharlo. El agua que resulte debe reutilizarse en el proceso.

Los contenedores o bolsas que se utilizaron para cianuro se consideran materiales no retornables ni reciclables, por lo que no deberán utilizarse para almacenar otros productos.

Los envases de cianuro deben ser compactados una vez vacíos en las instalaciones de la planta, nunca comercializados.

Para la limpieza de los tanques de preparación y/o distribución de cianuro se verificará que estos hayan sido debidamente ventilados, verificando que no haya existencia de gases.

La limpieza deberá realizarse con personal debidamente entrenado en el manejo del cianuro, en parejas o bajo la supervisión directa de una tercera persona a distancia. Los trabajadores deberán contar con el equipo completo de protección personal y un kit de primeros auxilios con oxígeno.



Relaves de cianuración

Los relaves del proceso de cianuración serán almacenados en depósitos especialmente diseñados y construidos, los cuales deben contar con licencia de construcción y permiso de funcionamiento.

El depósito de relaves debe contar con recubrimiento de geomembrana en la base y laterales para impedir filtraciones al subsuelo.

Se debe analizar periódicamente el contenido de cianuro en el agua y lodos del depósito de relaves.

Debe contar con una poza de decantación donde se junta la solución que sobre en la relavera.

En lo posible, retornar el agua decantada al circuito de cianuración para evitar adiciones de agua fresca.

Mantener el borde libre de seguridad establecido en el depósito de relaves, para asegurar capacidad de almacenamiento adicional evitando derrames en caso de lluvias intensas y/o inusuales.

Hacer inspecciones frecuentes para comprobar la impermeabilidad del depósito, el estado de la geomembrana de recubrimiento,

el buen estado y estabilidad de los taludes, el borde libre disponible y para verificar si hay mortandad de animales tal como ganado y fauna silvestre en los alrededores.



Intoxicación por cianuro

Las personas pueden entrar en contacto con el cianuro de sodio por:

Inhalación

Cuando se respira aire que contiene polvo o vapores de cianuro.

Ingestión

Cuando se ingieren alimentos o agua contaminada con cianuro.

Contacto con la piel y ojos

Al tener contacto con soluciones cianuradas o polvo de cianuro.

Síntomas

Los efectos sobre la salud por altos niveles de exposición al cianuro pueden comenzar en cuestión de segundos o minutos. Para casos de ingestión e inhalación de cianuro, es crucial la atención inmediata de la víctima. En el caso de contacto con la piel, dependiendo de la intensidad de ésta, el proceso de intoxicación puede tardar horas.

La exposición a niveles elevados de cianuro afecta el sistema nervioso central, el sistema respiratorio y el cardiovascular. Puede causar estado de coma, e incluso, la muerte.

Algunos signos y síntomas de tales exposiciones son:

- Debilidad y confusión.
- Dolor de cabeza.
- Náuseas/sensación de enfermedad estomacal.
- Dificultad para respirar.
- Pérdida de conciencia/desmayo.
- Convulsiones.
- Paro cardíaco.

La gravedad de los efectos sobre la salud depende de la ruta y la duración de la exposición, la dosis y la forma de cianuro.



¿Qué hacer ante una exposición a cianuro?

Aléjate rápidamente de la zona donde crees que estabas expuesto. Si fue al interior, sal al aire libre. Si estás cerca de un derrame o emanaciones de gas de cianuro, evacúa el área y dirígete contra el viento al lugar de reunión segura pide ayuda informando del accidente. Lava rápidamente cualquier residuo de cianuro de tu piel y ojos con grandes cantidades de agua. Quitate rápidamente cualquier ropa que pueda tener cianuro. Si es posible, la ropa que normalmente se retira sobre la cabeza (como camisetas y suéteres) se debe retirar cortándola sobre el cuerpo, para evitar contacto adicional con el agente, al retirarle de la manera acostumbrada, busca ayuda médica rápidamente.

- Lava los anteojos con agua y jabón antes de usarlos.
- No utilices lejía para eliminar el cianuro de la piel.

Las personas que experimentan signos y síntomas graves necesitarán atención hospitalaria inmediata, especialmente las personas que se han desmayado o estén inconscientes. Cualquier retraso en la aplicación de primeros auxilios y los procedimientos aquí descritos, podría causar la muerte.

Primeros auxilios

1. Solicite ayuda
2. Mueva al afectado a un lugar con aire fresco.
3. Deternine rápidamente la condición de la víctima.
4. Sumínístrele primeros auxilios inmediatamente según lo indicado en esta cartilla
5. Trasladar a la víctima al centro hospitalario más cercano.

Los síntomas de intoxicación son:

- Enrojecimiento de ojos irritación de garganta.
- Palpitaciones dificultad de respirar.
- Dolor de cabeza mareos.
- Aumento ritmo cardíaco coloración de la piel.
- Nauseas somnolencia/letargo.
- Agitación confusión.
- Disminución respiración pulso irregular.
- Coma, Muerte

Primeros auxilios por envenenamiento con cianuro

En caso de inhalación

Afectado consciente

- Suministre oxígeno y nitrito de amilo.
- Trasladar a la víctima al centro hospitalario más cercano.

Afectado inconsciente

- Suministre oxígeno y nitrito de amilo inmediatamente.
- Trasladar a la víctima al centro hospitalario más cercano.

Afectado no respira

- Suministre oxígeno forzado y nitrito de amilo inmediatamente.
- Trasladar a la víctima al centro hospitalario más cercano.



En caso de ingestión

Afectado consciente

- Suministre carbón activado (50 grs. en 400 cc de agua).
- Suministre oxígeno y nitrito de amilo.
- Trasladar a la víctima al centro hospitalario más cercano.

Afectado inconsciente/no respira

- No suministre nada por la boca a una persona inconsciente.
- Suministre oxígeno y nitrito de amilo inmediatamente.
- Cuando recupere la consciencia, suministre carbón activado (50 grs. en 400 cc de agua).
- Trasladar a la víctima al centro hospitalario más cercano.

En caso de absorción por la piel

- Siga los mismos procedimientos en caso de inhalación.
- Retire la ropa contaminada y lave la piel con abundante agua un mínimo de 15-20 minutos.

Nota:

Si están afectados los ojos, lávelos desde adentro hacia afuera.

- Mantenga el afectado abrigado.
- Obsérvelo durante 2 hrs.
- Trasladar a la víctima al centro hospitalario más cercano.

En caso de derrames

- Mantenerse con el viento a la espalda. Es decir, evitar el contacto frontal con corrientes de aire provenientes del lugar del derrame.
- Utilice sus implementos de protección personal, evite el contacto.
- Mantenga el derrame seco, cúbralo con un plástico para mantenerlo seco.
- Construya diques de contención circundando el área del derrame, evite que los flujos cianurados entren en contacto con agua.
- Barrer y recoger con una pala, verter el derrame en bolsas, cajas o cilindros.
- Descontamine el área con hipoclorito de sodio al 5% (cloro común, lejía comercial) o con peróxido de hidrógeno al 5% (agua oxigenada).

En caso de incendio

- El cianuro sólido no es inflamable, por lo cual es preferible esperar que el fuego se apague por sí solo.
- En caso de combatir el incendio NO UTILICE AGUA. Use extintores con polvo químico seco (PQS) o arena.
- Para obtener más información acerca del manejo responsable del cianuro consulte las páginas web del Instituto Internacional para el Manejo del Cianuro.

www.cyanidecode.org

Créditos fotográficos

Iniciativa Suiza Oro Responsable 2021

Con el apoyo de:

SBG **SWISSBETTERGOLD**
INICIATIVA SUIZA ORO RESPONSABLE

SBG **SWISSBETTERGOLD**
ASSOCIATION



Schweizerische Eidgenossenschaft
Confédération suisse
Confederazione Svizzera
Confederaziun svizra

Departamento Federal de Economía,
Formación e Investigación DEFI
Secretaría de Estado para Asuntos Económicos SECO

Más información:

 www.ororesponsable.org

 Iniciativa Suiza Oro Responsable

 Iniciativa Suiza Oro Responsable