

**Transición a una minería sostenible:
Reemplazo del cianuro de sodio en la concentración de minerales
Procesamiento de Minerales y Metalurgia Extractiva**

Joseph Chancasanampa Mandujano¹ y Rocio Cruz Agustin²

¹ **Autor:** Volcan Compañía Minera S.A, Av. Manuel Olguin 371 Surco, Lima, Perú
(jchancasanampa@volcan.com.pe - 998171246)

² **Coautor:** Volcan Compañía Minera S.A, Av. Manuel Olguin 371 Surco, Lima, Perú
(rcruz@volcan.com.pe - 949991188)

RESUMEN

Este trabajo demuestra el potencial del reactivo RL-526 como un depresor selectivo para minerales de hierro (pirita, pirrotita, etc.) en los procesos de flotación, específicamente como un **sustituto viable y ambientalmente seguro del cianuro de sodio**.

Se detallan sus características químicas y operacionales, su mecanismo de acción en la depresión de sulfuros de hierro y sus beneficios en términos de seguridad, eficiencia metalúrgica y sostenibilidad ambiental.

Se aborda las diversas investigaciones metalúrgicas y su aplicación a nivel industrial en nuestras plantas concentradoras de Victoria y Paragsha, donde se describe las dosis recomendadas, concentraciones y puntos de dosificación, destacando su rol en la optimización del proceso de flotación, que nos **permitió generar un valor económico importante por el incremento de 12% en la recuperación de cobre**.

Cabe mencionar que el uso excesivo de cianuro de sodio afecta significativamente las recuperaciones de los metales valiosos, por ser un agente lixiviante y formador de complejos de minerales cobre y plata. **La implementación del RL-526 representa un avance significativo hacia una minería más limpia y responsable.**

1. Introducción

La industria minera enfrenta el desafío constante de optimizar la recuperación de metales valiosos, mientras minimiza su impacto ambiental y garantiza la seguridad de sus operaciones.

La flotación de minerales es un proceso clave en la concentración de sulfuros, donde el uso de depresores es fundamental para la selectividad. El cianuro de sodio ha sido un depresor tradicionalmente utilizado para la pirita y otros sulfuros de hierro en la flotación de sulfuros de cobre, plomo zinc y plata.

Su alta toxicidad y los riesgos asociados con su manipulación, almacenamiento, disposición final, así como las regulaciones ambientales que son cada vez más exigentes, por tratarse de un insumo químico fiscalizado (IQF), han impulsado la búsqueda de alternativas más seguras y sostenibles.

En este contexto, el reactivo RL-526 emerge como una solución innovadora, desarrollado como un depresor de sulfuros de hierro y zinc libre de cianuro.

Ofrece una alternativa prometedora que aborda las preocupaciones ambientales y de seguridad, manteniendo e incluso mejorando la eficiencia metalúrgica.

Este trabajo técnico tiene como objetivo describir en detalle las propiedades, el modo de acción y la aplicación del RL-526, analizando sus ventajas y su contribución a la sostenibilidad de la minería.

2. Objetivos

- ✓ Demostrar la efectividad del RL-526 como un depresor selectivo para minerales de hierro y su aplicación como reemplazo del cianuro de sodio en el proceso de flotación de sulfuros.
- ✓ Reemplazar reactivos tóxicos por alternativas más seguras y ecológicas (reactivos verdes), que nos ayuden a cuidar la salud de los trabajadores y que nos permita alcanzar una minería sostenible.
- ✓ Mejorar la eficiencia metalúrgica y que esto se transforme en la generación de valor económico, por el incremento de las recuperaciones de los elementos valiosos.

3. Compilación de Datos y Desarrollo del Trabajo

3.1. Flotación de Minerales

Se define como un proceso de concentración de minerales sulfurados (no óxidos) que busca separar las partículas valiosas de las gangas, mediante un tratamiento físico - químico que modifica la tensión superficial y logra la adhesión selectiva de partículas valiosas a las burbujas de aire.

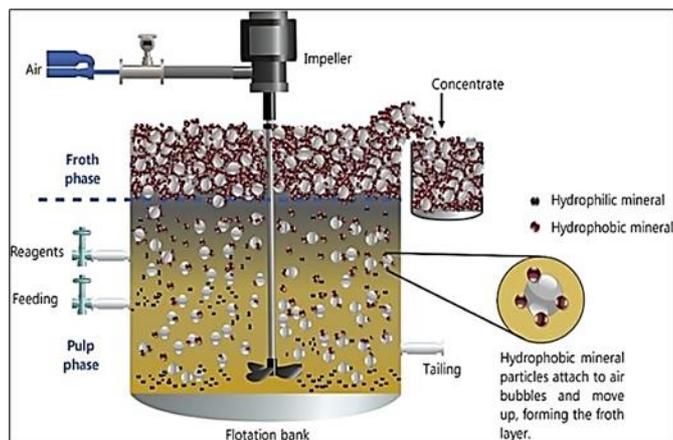


Figura N°1 Proceso de flotación

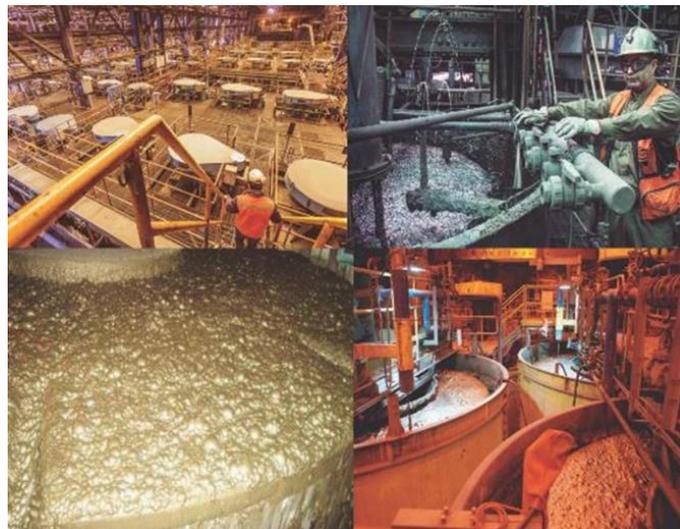


Figura N°2 Celdas de flotación

3.2. Cianuro de Sodio en Minería

Compuesto inorgánico altamente soluble en agua, se comercializa como cristales en forma de pellets de color blanquecino, que es usado para depresión de minerales sulfurados de hierro en la flotación de cobre, plomo, zinc y en los procesos de Lixiviación de Minerales Auríferos.



Figura N°3 Uso del cianuro de sodio

Proceso de Flotación – Principales variables

PROCESO DE FLOTACIÓN – PRINCIPALES VARIABLES



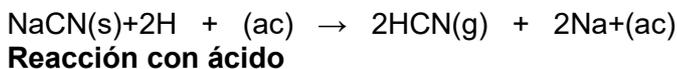
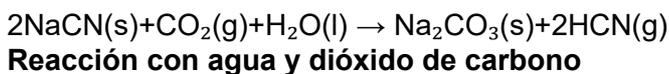
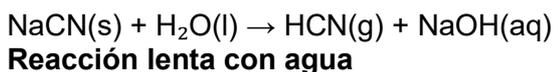
Figura N°4 Variables de flotación

3.3. Marco Técnico y Método de Solución

3.3.1. Cianuro de Sodio (NaCN)

El cianuro de sodio es una sal de sodio del ácido cianhídrico (HCN). Es un polvo blanco, cristalino, higroscópico y cuando está seco, puede ser inodoro, pero en presencia de humedad o agua puede oler a almendras amargas.

El cianuro de sodio se descompone lentamente en contacto con la humedad o el agua, y rápidamente en presencia de ácidos. La reacción principal es la siguiente:



En estas reacciones, se libera ácido cianhídrico (**HCN**), un gas extremadamente tóxico e inflamable, junto con otros productos.

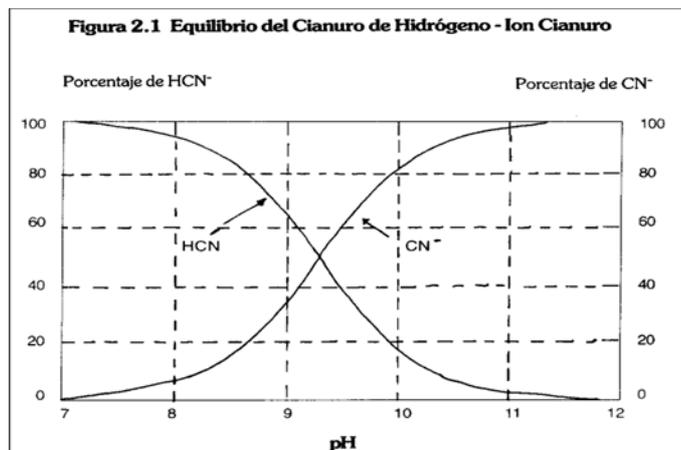


Figura N°5 Diagrama de equilibrio del cianuro

3.3.2 Impacto del Cianuro

En la salud:

El cianuro de sodio es una sustancia tóxica para los humanos. Los efectos del cianuro de sodio en la salud dependen de la dosis y la vía de exposición: Ingestión: La ingestión de 200-300 mg de cianuro de sodio puede ser mortal para un adulto.

En el medio ambiente:

El cianuro de sodio también es tóxico para los animales y las plantas. Puede contaminar el agua, el suelo y el aire.

Toxicidad del Cianuro

Toxicidad	NaCN
DL 50 (Toxicidad Dérmica)	Categoría 1 (DL50= 14.602 mg/kg peso corporal.)
DL 50 (Toxicidad Oral)	Categoría 1 (DL50= >5.733 mg/kg peso corporal.)
DL 50 (Toxicidad Inhalatoria)	Categoría 1 (CL50= > 0,16 mg/L de aire x 1 horas de exposición)

Figura N°6 Toxicidad del cianuro de sodio

La toxicidad se clasifica en 5 categorías:

- ✓ Categoría 1, la más letal.
- ✓ Categorías de 2 a 4, intermedias.
- ✓ Categoría 5, de muy baja toxicidad.

En toxicología, se denomina dosis letal media, DL50 (abreviatura de Dosis Letal, 50 %, dosis letal para el 50 % de la población).

CL50 (concentración letal, 50%) a la cantidad de la dosis de una sustancia, radiación o patógeno necesaria para matar a la mitad de un conjunto de animales de prueba después de un tiempo determinado.

Fuente: Globally Harmonized System of Classification and Labelling of Chemicals – United Nations 2023

3.3.3 Manejo y Control de Cianuro de Sodio

En Perú, el manejo del cianuro en la actividad minera está regulado por diversas normas, destacando la Ley N° 29023 y su reglamento, el Decreto Supremo N° 045-2013-EM. Estas normativas establecen los lineamientos para la comercialización y uso del cianuro, así como los requisitos para su transporte y almacenamiento. Además, se considera la gestión ambiental y la seguridad ocupacional en la manipulación de esta sustancia.



Figura N°7 Manejo y control del cianuro de sodio

Normativa peruana:

Las normas legales indican, que el valor de Cianuro Total en los efluentes debe tener un valor máximo de 1 mg/L.

LÍMITES MÁXIMOS PERMISIBLES PARA LA DESCARGA DE EFLUENTES LIQUIDOS DE ACTIVIDADES MINERO - METALURGICOS			
Parámetro	Unidad	Límite en cualquier momento	Límite para el promedio anual
NaCN	mg/L	1	0,8

Figura N°8 LMP Descarga de efluentes

3.3.4 Mecanismo de depresión NaCN.

Este depresor tiene la función de disminuir la flotabilidad de un mineral, en forma permanente o temporal, haciendo su superficie "hidrofílica" o mojable por el agua o bien impidiendo la adsorción de colectores que puedan volverla "hidrofóbica".

Los depresores, cuando se adsorben en la superficie del mineral, bloquean su hidrofobización, es decir imposibilitan la adsorción de un colector.

3.3.5 RL-526

Es un depresor de origen orgánico (mezcla de sales orgánico-minerales tales como acetatos, sulfosales orgánicas y polisacáridos) el cual forma complejos con los sulfuros de hierro haciendo su superficie "hidrofílica" inhibiendo su flotación y mejorando la selectividad del proceso, sin afectar la capacidad de los colectores o espumantes utilizados en el proceso de flotación.

Su principal ventaja es que no contiene cianuro de sodio en su composición, lo que lo convierte en una alternativa más segura y amigable con el medio ambiente.

Propiedades Fisicoquímicas RL-526

Prueba	Método	Especificaciones
Apariencia	Organoléptico	Polvo Liq. Crema
Olor	Organoléptico	Característico
pH (1%)	ASTM E-70	<10
Densidad (10%) 23°C	ASTM D-1475	1.0 - 1.2 g/ml
Tiempo de vida útil	Interno	12 meses

Figura N°9 Propiedades Fisicoquímicas

Toxicidad

RL-526 está considerado como un producto de muy baja toxicidad. Como cualquier producto industrial en caso de ingerir, solicitar ayuda médica inmediata.

- Para el ensayo de Toxicidad Dérmica en ratas:	
Informe de ensayo :	DAR-24-1403 (Fecha emisión: 09/09/2024)
Resultado obtenido :	DL50: Mayor de 1000 a 2000 mg/kg peso corporal
Categoría toxicológica :	Categoría 4
Frase de advertencia :	Atención
- Para el ensayo de Toxicidad Oral Aguda en ratas:	
Informe de ensayo :	OCT-24-1934 (Fecha emisión: 26/08/2024)
Resultado obtenido :	DL50: Mayor de 5 a 50 mg/kg peso corporal
Categoría toxicológica :	Categoría 2
Frase de advertencia :	Dañino
- Para el ensayo de Toxicidad Inhalatoria Aguda en ratas:	
Informe de ensayo :	IA-24-3430 (Fecha emisión: 19/08/2024)
Resultado obtenido :	CL50: Mayor a 5,0 mg/l de aire (4 horas exposición continua)
Categoría toxicológica :	Categoría 5
Frase de advertencia :	Atención

Figura N°10
Ventajas del RL 526 sobre el Cianuro de Sodio

NaCN	RL 526
Tóxico	No Tóxico
Sólido: se debe preparar una solución para usarlo.	Sólido: se puede usar directamente.
Genera gases HCN	No genera gases
Transporte especial	Transporte convencional
Relave contaminado con cianuro	Relave sin cianuro
Almacén especial	Almacén convencional
Fiscalizado	No es Fiscalizado
	Biodegradable





Figura N°11 Cuadro comparativo NaCN – RL526

Toxicidad	RL-526	NaCN
DL 50 (Toxicidad Dérmica)	Categoría 4 (DL50= > 2000 mg/kg peso corporal.)	Categoría 1 (DL50= 14.602 mg/kg peso corporal.)
DL 50 (Toxicidad Oral)	Categoría 4 (DL50= >50 mg/kg peso corporal.)	Categoría 1 (DL50= >5.733 mg/kg peso corporal.)
DL 50 (Toxicidad Inhalatoria)	Categoría 4 (CL50= > 5,0 mg/L de aire x 4 horas de exposición)	Categoría 1 (CL50= > 0,16 mg/L de aire x 1 horas de exposición)

Figura N°12 Cuadro comparativo NaCN – RL526

3.4 Evaluación experimental

En la etapa de investigación se realizó una serie de pruebas de flotación batch con diferentes depresores de minerales de hierro, obteniendo resultados positivos con el reactivo orgánico RL-526.

Victoria

Parámetros de Operación

- ✓ **Dosis:** en las pruebas realizadas se pudo determinar el rango de dosificación el cual varía desde 18 a 25 g/t.
- ✓ **Punto de adición:** se dosifica en la etapa de molienda (ingreso de molino primario).

Etapas	Tiempo (min)	pH	Dosificación de reactivos en g/t			
			NaCN	RD 410	Z-11	MIBC
Molienda	5.0		8	20		
Acond. Bulk	3.0	8.9			20	10
Rougher I	1.5					
Rougher II	1.5			5		
Rougher III	1.0			5		
Rougher IV	1.5					
Total	13.5		8	30	20	10

Figura N°13 Dosificación de reactivos NaCN

Etapas	Tiempo (min)	pH	Dosificación de reactivos en g/t			
			RL-526	RD 410	Z-11	MIBC
Molienda	5.0		20	20		
Acond. Bulk	3.0	8.9			20	10
Rougher I	1.5					
Rougher II	1.5			5		
Rougher III	1.0			5		
Rougher IV	1.5					
Total	13.5		20	30	20	10

Figura N°14 Dosificación de reactivos RL526

Diseño Experimental				
Variables		Mínimo	Máximo	
NaCN	X1	0	20	
RL 526	X2	0	20	
Plantilla de diseño factorial 2^2				
Prueba	Codificada		Real	
	X1	X2	NaCN	RL-526
P1	-1	-1	0	0
P2	1	-1	20	0
P3	-1	1	0	20
P4	1	1	10	10

Figura N°15 Diseño Experimental

Resultado de la Regresión		
Constante	61.4975	
Error típico de est Y	11.7450	
R cuadrado	0.8381	
N° de observaciones	4	
Grados de libertad	1	
	NaCN	RL-526
Coefficiente X	8.30	12.51
Error típico del coef	5.87	5.87
T-Student	1.41	2.13

Figura N°16 Regresión

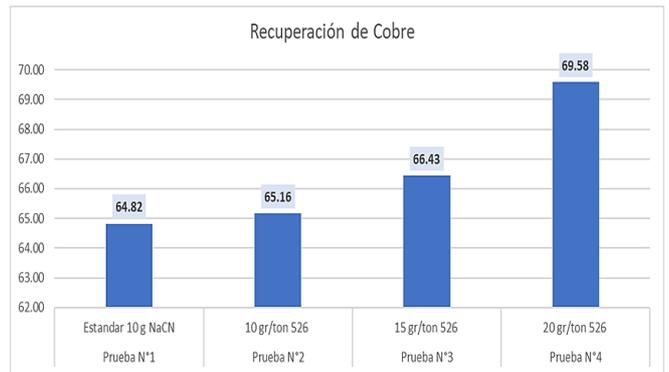


Figura N°17 Recuperaciones de Cu

Evaluando los resultados se observa que el RL-526 tiene mejor performance metalúrgica que el NaCN, como depresor de hierro y en la recuperación de Cobre.

Paragsha

Parámetros de Operación

- ✓ **Dosis:** en las pruebas realizadas se pudo determinar el rango de dosificación el cual varia desde 20 a 25 g/t.
- ✓ **Punto de adición:** se dosifica en la etapa de molienda (ingreso de molino primario).

Reactivos	% Rec Pb
NaCN	40.2
RL-526	40.6

Las recuperaciones de plomo son similares al estándar.

Se logro reemplazar el 50% del cianuro de sodio por el RL 526.

4. Presentación y discusión de resultados

Flotación Industrial

Con los resultados obtenidos de las evaluaciones a nivel de laboratorio, desde el 29 de abril del 2024 se inició con las pruebas a nivel industrial, el punto de dosificación del RL 526 fue al ingreso del molino primario.

El consumo del del RL 526 fue de 18 g/t.

Análisis Costo – Beneficio

Consumo de reactivos					
Reactivos	g/t	g/día	\$/kg	\$/mes	\$/año
NaCN	8	41600	3.04	3,794	138,402
RL-526	18	93600	4.75	13,338	760,266
Diferencia				-9,544	-621,864

Figura N°25 Consumo de reactivos

Ganacia Año	5,178,385
Costo Reactivo	-621,864
Utilidad Año \$ USD	4,556,521

Figura N°26 Beneficio económico

5. Conclusiones

- ✓ Compañía Minera Volcan, dentro su política de prevención de accidentes tiene como objetivo cuidar la salud de todos sus colaboradores. Con la eliminación del Cianuro de sus operaciones, garantizan trabajar de una forma segura.
- ✓ Dentro del marco de **Gestión Ambiental (Clean Work 2.0)** y las estrategias de sostenibilidad ESG (Environmental, Social, and Governance), estamos buscando constantemente alternativas que nos permitan tener una minería responsable y amigable con el medio ambiente.
- ✓ Este nuevo reactivo permite incrementar la recuperación de cobre en 12%, lo cual genera un valor de USD 4.5 MM/AÑO.
- ✓ Con el reemplazo de cianuro de sodio en el proceso de flotación por un reactivo orgánico, se elimina los controles y procedimientos que regula el uso y manejo de cianuro de sodio en la minería peruana, que establece estándares de calidad ambiental, límites de emisión y procedimientos para la gestión de riesgos.
- ✓ De acuerdo con los resultados obtenidos en las pruebas industriales se puede concluir que es factible reemplazar al 100% el cianuro de sodio por el reactivo RL 526 (reactivo orgánico).
- ✓ Con esta iniciativa estamos dejando de usar 100 ton/año de cianuro de sodio en las Plantas Victoria y Paragsha.

6. Anexos

Resultados Toxicológicos



CENTRO TOXICOLÓGICO S.A.C. - CETOX

SENASA - Ministerio de Agricultura - SENAVE - Dirección General de Agroquímicos /
Dirección de Control de Insumos Agrícolas. LR N° 00146

MINSA - Ministerio de Salud. Resolución N° 165-2021-DMYGS-DIRIS-LS/MINSA

Av. Angamos Este N° 2668-2670 Urb. La Calera - Surquillo.
Teléfono: (511) 920006680 www.cetox.com.pe servicios@cetox.com.pe

Carta N° 0003890-2024-A Lima, 25 de Setiembre de 2024

Señores
BIO RESPUESTAS COMPARTIDAS S.A.C.

Presente -
Referencia: Ensayos Toxicológicos de la Muestra **RL-526**
Solicitud de ensayo: **25045-2024 (24/07/2024)**

De mi mayor consideración:

Me es grato saludarlo y a la vez manifestarle que el ente acreditador INACAL nos exige NO colocar en nuestros Informes de ensayo la clasificación ni la frase de advertencia en los ensayos de toxicidad aguda basándose en la Directriz de Acreditación de Laboratorios de ensayo, sin embargo teniendo antecedentes de que la autoridad que brinda las autorizaciones sanitarias DIGESA y/o SENASA los exige, emitimos el presente documento brindando dicha información de acuerdo a los resultados obtenidos en los ensayos en la muestra:

RL-526
Fecha fabricación: **11.06.2024** Fecha vencimiento: **11.06.2025** Lote: **158-0624**

a) Según la Clasificación de las Naciones Unidas. Globally Harmonized System of Classification of chemicals (GHS) 2023.

- Para el ensayo de Toxicidad Dérmica en ratas:

Informe de ensayo :	DAR-24-1403 (Fecha emisión: 09/09/2024)
Resultado obtenido :	DL50: Mayor de 1000 a 2000 mg/kg peso corporal
Categoría toxicológica :	Categoría 4
Frase de advertencia :	Atención
- Para el ensayo de Toxicidad Oral Aguda en ratas:

Informe de ensayo :	OCT-24-1934 (Fecha emisión: 26/08/2024)
Resultado obtenido :	DL50: Mayor de 5 a 50 mg/kg peso corporal
Categoría toxicológica :	Categoría 2
Frase de advertencia :	Dañino
- Para el ensayo de Toxicidad Inhalatoria Aguda en ratas:

Informe de ensayo :	IA-24-3430 (Fecha emisión: 19/08/2024)
Resultado obtenido :	CL50: Mayor a 5,0 mg/l de aire (4 horas exposición continua)
Categoría toxicológica :	Categoría 5
Frase de advertencia :	Atención

Atentamente,



Dra. Rosalía Anaya Pajuelo
Gerente Técnico CETOX S.A.C.

Figura N°27 Ensayos toxicológicos

Hojas MSDS

FICHA DE DATOS DE SEGURIDAD		
Versión: 01	DEPRESOR DE SULFUROS DE HIERRO RL-526	

SECCIÓN I.- IDENTIFICACIÓN DEL PRODUCTO Y DE LA COMPAÑÍA		
Nombre Comercial	RL-526	
Nombre Químico	Mezcla de sales minerales	
Datos del Fabricante	BIO RESPUESTAS COMPARTIDAS S.A.C	
RUC	20607237469	
Teléfonos para emergencias	+51 9677419157	
Dirección (Planta de Fabricación)	Panamericana Sur Km 19.5 Lt.2 Zona 1-Fdo Villa-Villa El Salvador Lima Perú	
Usos del producto	RL-526 es una mezcla sólida soluble en agua que se utiliza para la depresión de sulfuros de hierro en procesos de flotación de minerales.	
Usos no recomendados del producto	Es de carácter alcalino por lo que no se recomienda mezclarlo con sustancias ácidas.	
SECCIÓN II.- COMPOSICIÓN / INFORMACIÓN SOBRE LOS COMPONENTES		
COMPONENTES PELIGROSOS	NO. CAS	% PESO
Hidróxido de potasio	1310-58-3	<5%
SECCIÓN III.- IDENTIFICACIÓN DEL PELIGRO		
CONTACTO CON LOS OJOS:	Causa irritación y ardor.	
INHALACIÓN:	En condiciones normales no emite vapores, pero el polvo puede generar incomodidad.	
INGESTIÓN:	Causa irritación en la boca, garganta y tracto gastrointestinal; incluyendo náuseas, vómito y diarrea.	
CONTACTO CON LA PIEL:	Causa irritación moderada en la piel en contacto prolongado.	
SECCIÓN IV.- MEDIDAS DE PRIMEROS AUXILIOS		
CONTACTO CON LOS OJOS:	Lavar inmediatamente los ojos con grandes cantidades de agua. Levantar los párpados superiores e inferiores, hasta que no queden restos de material (15 – 20 minutos). Busque atención médica si es necesario.	
CONTACTO CON LA PIEL:	Retirar la ropa y zapatos contaminados. Lave el área afectada con jabón o detergente suave y grandes cantidades de agua hasta limpiar los restos materiales. Si se presenta enrojecimiento o irritación, busque atención médica si es necesario.	
INHALACIÓN:	Respirar aire fresco. Si no hay respiración, esta es irregular u ocurre un paro respiratorio, debe proporcionarse respiración artificial u oxígeno por personal capacitado. Aflojar las ropas apretadas tales como collares, corbatas, cinturones o cintos. Busque atención médica inmediata.	
INGESTIÓN:	Lavar la boca con agua. No induzca al vómito a menos que lo indique expresamente el personal médico. No dar nada por la boca a una persona inconsciente. Busque atención médica inmediata.	

Figura N°28 Hojas MSDS

SECCIÓN V.- MEDIDAS PARA COMBATIR EL FUEGO	
MEDIOS DE EXTINCIÓN:	No se trata de un material inflamable, sin embargo, puedes apagar con Agua pulverizada, espuma, CO ₂ o polvo químico seco.
EQUIPO DE PROTECCIÓN PARA COMBATIR EL FUEGO	Use equipo de protección autónoma y ropa protectora.
CONSIDERACIONES ESPECIALES:	El rocío de agua puede ser usado para enfriar los contenedores expuestos o para descargar el material lejos de las llamas.
SECCIÓN VI.- MEDIDAS PARA CASO DE DERRAME O FUGA ACCIDENTAL	
PRECAUCIONES:	No se debe tomar ninguna acción que conlleve algún riesgo personal. Evite que personal innecesario y/o sin protección ingrese al lugar del derrame. Use el equipo de protección personal adecuado (vea sección 8). Se trata de un producto sólido así es que una pérdida puede controlarse tapando los espacios en donde se inició la pérdida del material sólido.
EQUIPO DE PROTECCIÓN PERSONAL:	Equipo de respiración individual: protectores oculares de seguridad herméticas para productos químicos, botas, guantes y delantal de PVC y protección respiratoria adecuada.
MÉTODO DE ELIMINACIÓN:	Elimine la pérdida si es seguro hacerlo. Evitar que el producto llegue a coladeras, drenajes o corrientes de agua.
PRECAUCIONES DEL MEDIO AMBIENTE:	Evite que el producto penetre en los desagües pluviales, alcantarillas, arroyos u otros cuerpos de agua. Informe a las autoridades pertinentes si el producto ha entrado en esas zonas.
METODO DE LIMPIEZA:	Por tratarse de un producto sólido es posible recogerlo con herramientas de plástico o madera tales como cucharones, palas u otros reservorios. El restante es posible limpiarlo con abundante agua.
SECCIÓN VII.- MANIPULACIÓN Y ALMACENAMIENTO	
MANIPULACIÓN:	Use el equipo de protección adecuado (vea sección 8). Comer, beber y fumar debe ser prohibido en las zonas donde este material o cualquier producto químico se manipula, almacena y se utiliza. Quítese la ropa contaminada y el equipo de protección antes de ingerir alimentos. Conservar el producto en su envase original o alternativo aceptable. Etiquetar los envases que no sean originales. Mantenga los recipientes herméticamente cerrados cuando no estén en uso.
CONDICIONES DE ALMACENAMIENTO:	Almacene en área fresca, secas y bien ventiladas. No almacene junto a combustibles. Alejese de cualquier fuente de calor o flama y de los rayos directos del sol.
SECCIÓN VIII.- CONTROLES DE EXPOSICIÓN Y PROTECCIÓN PERSONAL	
MEDIDAS DE PROTECCIÓN DEL ÁREA DE TRABAJO:	Disponer una adecuada ventilación y/o extracción en los lugares de trabajo.
PROTECCIÓN RESPIRATORIA:	En sitios donde estén presentes vapores o nieblas del producto, se deben utilizar mascarillas aprobadas por las organizaciones NIOSH/MSHA y apropiadas para polvos, amoníaco o solventes. También se pueden utilizar respiradores aprobados con suministro de aire.
PROTECCIÓN DÉRMICA:	Los trabajadores deben usar guantes impermeables que manejen productos químicos si una evaluación del riesgo indica que es necesario. Guantes desechables tipo vinilo son adecuados para este producto para evitar el contacto repetido o prolongado con la piel.
PROTECCIÓN OCULAR:	Equipo protector ocular que cumpla con las normas aprobadas debe ser usado cuando una evaluación del riesgo indique que es necesario evitar toda exposición a salpicaduras. Se recomienda usar anteojos de seguridad con protectores laterales, gafas protectoras o protectores para la cara, dependiendo del nivel de exposición prevista.

OTROS EQUIPOS:	Instalar estación de "LAVA OJOS PORTÁTIL" y "DUCHAS DE SEGURIDAD".	
SECCIÓN IX.- PARÁMETROS FÍSICOQUÍMICOS		
APARIENCIA:	Polvo lig. crema	
OLOR:	Característico	
SOLUBILIDAD:	Miscible en agua	
pH (1%, 23°C):	<10	
DENSIDAD (10%, 23°C):	1.0 – 1.2 g/mL	
SECCIÓN X.- ESTABILIDAD Y REACTIVIDAD		
ESTABILIDAD QUÍMICA:	Material estable bajo condiciones normales de temperatura y presión.	
POSIBILIDAD DE REACCIONES PELIGROSAS:	No se ha encontrado.	
CONDICIONES QUE DEBEN EVITARSE:	Ácidos y oxidantes fuertes o altas temperaturas.	
SECCIÓN XI.- INFORMACIÓN TOXICOLÓGICA		
La toxicidad se clasifica en 5 categorías la categoría 1 que viene a ser la más letal, las categorías de 2 a 4 que vienen a ser intermedias y la categoría 5 que viene a ser de muy baja toxicidad.		
	RL-526	Cianuro de Sodio
DL50 (Toxicidad Dérmica)	Categoría 4 (DL50=Mayor de 2000mg/Kg de peso corporal.)	Categoría 1 (DL50=14.602 mg/Kg de peso corporal)
DL50(Toxicidad Oral)	Categoría 2 (DL50=Mayor de 50mg/Kg de peso corporal)	Categoría 1 (DL50=5.733 mg/Kg de peso corporal)
CL50 (Toxicidad inhalatoria)	Categoría 5 (CL50=Mayor a 5,0 mg/L de aire x 4 horas de exposición)	Categoría 1 (CL50=0.16mg/L de aire x 1 hora de exposición)
Los resultados de toxicidad de RL-526 se realizaron en el laboratorio de CETOX (Centro toxicológico). Por tratarse de un producto industrial la toxicidad se hace un poco sensible; sin embargo, esto puede mejorar aplicando un sistema más inocuo de fabricación y almacenamiento. Recomendamos mantener buenas condiciones de almacenamiento y manipular con los equipos de protección recomendados.		
SECCIÓN XII.- CONSIDERACIONES AMBIENTALES		
Este producto reemplaza al cianuro de sodio en procesos de flotación de minerales; sin embargo, se realizó un análisis de cianuro libre por el método SMEWW- APHA-WEF para determinar si hay cianuro residual lo que dio un resultado de 0.18 mg/L, que está por debajo del límite máximo permisible (0.2mg/L) en agua potable según la US EPA de EE. UU. y muy cerca del LMP (0.07mg/L) según el reglamento de la calidad del agua para consumo humano DS N°031-2010-SA. Este resultado indica que no contiene cianuro letal que pueda afectar los medios acuosos.		
SECCIÓN XIII.- CONSIDERACIONES DE DISPOSICIÓN		
La eliminación de este producto y sus envases debe realizarse cumpliendo las regulaciones locales.		
SECCIÓN XIV.- INFORMACIÓN PARA EL TRANSPORTE		
MARCA APLICABLE:	DEPRESOR DE SULFUROS DE HIERRO	
CLASE:	No se encuentra dentro de la clasificación	
UN:	UN NID, GE III	
GRUPO DE EMBALAJE:	III	
SECCIÓN XV.- REGULACIÓN DE USO		
NFPA/ HMS	Salud 1, Inflamabilidad 0, Reactividad 0	
MARCA ETIQUETA	Polvo Fino alcalino	

Hoja Técnica

Ficha Técnica		
Depresor de Sulfuros de hierro	Nombre del Producto:	RL-526
	Nombre Químico:	Mezcla de Sales Minerales
	Equivalentes:	Reemplaza al cianuro de sodio en procesos de flotación de minerales.
<p>1. Descripción técnica.-</p> <p>RL-526 es un depresor de sulfuros de hierro de origen mineral que no contamina el medio ambiente. Desarrollado a partir de sales modificadas de alta calidad, que actúan sobre los sulfuros de hierro, inhibiendo su flotación y mejorando la selectividad del proceso sin afectar la capacidad de los colectores y espumantes utilizados en el proceso de flotación.</p> <p>RL-526 también aporta con el control del desplazamiento de otros sulfuros, como los sulfuros de zinc en procesos de flotación de minerales polimetálicos, manteniendo estable el proceso en todo momento.</p> <p>RL-526 es un producto que no contiene cianuro de sodio en su composición y esto se ha demostrado en un ensayo comparativo de su espectro Infrarrojo con el de cianuro de sodio; del cual no se obtuvo ninguna correlación.</p>		
<p>2. Modo de Aplicación.-</p> <p>Preparación del producto: Es recomendable aplicar el producto diluido, para tener una mejor integración con el mineral. Recomendamos una dilución al 10% u otra que sea más apropiada según su proceso.</p> <p>Etapas de Adición: Previo a la flotación, luego de la molienda primaria o en la molienda previo a la adición de colectores.</p> <p>Dosis recomendada: Se recomienda aplicar una dosis de entre 10 a 60g/t. Se recomienda optimizar la dosis partiendo de la dosis similar a la de cianuro de sodio e ir subiendo hasta lograr el óptimo.</p> <p>pH de Trabajo: El pH de trabajo recomendado debe estar entre 10-12, para tener las mejores condiciones de trabajo.</p>		

Figura N°29 Hoja técnica

Uso de colectores, depresores y espumantes:

RL-526 trabaja con los colectores y espumantes sin alterar su desempeño e incluso mejora su capacidad selectiva frente a los sulfuros de hierro y de zinc.

RL-526 no interfiere en la performance de otros depresores; incluso en caso de utilizarse parcialmente junto al cianuro, o junto al sulfato de zinc, se mantiene la capacidad depresora en una dosis optima.

Propiedades Físicoquímicas:

Prueba	Método	Especificaciones
Apariencia	Organoléptico	Polvo Lig. crema
Olor	Organoléptico	Característico
pH (1%)	ASTM E-70	<10
Densidad (10%), 23°C	ASTM D-1475	1.0-1.20 g/mL
Tiempo de vida Útil	Interno	12 meses.

3. Usos. -

Este reactivo es usado como depres ante selectivo frente a la Pirita y Pirrotita en procesos de flotación de minerales de cobre y polimetálicos.

4. Precauciones de Manejo. -

Debe evitarse el contacto prolongado del producto con la piel, en caso suceda, se

recomienda lavar con abundante agua sobre la parte afectada. En caso de salpicadura sobre los ojos, es recomendable, lavar con abundante agua limpia sobre dichos órganos durante 15 a 20 minutos y solicitar ayuda médica si fuera necesario.

5. Toxicidad. -

RL-526 está considerado como un producto de muy baja toxicidad; sin embargo, como cualquier otro producto industrial, en caso de ingerir, solicitar ayuda médica.

Este producto reemplaza al cianuro de sodio en procesos de flotación de **minerales**; sin embargo, se realizó un análisis de cianuro libre por el método SMEWW- APHA-WEF para determinar si hay cianuro residual lo que dio un resultado de 0.18 mg/Kg, que está por debajo del límite máximo permisible (0.2mg/L) en agua potable según la US EPA de EE. UU. y muy cerca del LMP (0.07mg/L) según el reglamento de la calidad del agua para consumo humano DS N°031-2010-SA. Este resultado indica que no contiene cianuro letal que pueda afectar los medios acuosos.

6. Envases. -

En sacos de 25 kg y Big bag de 1000Kg.

7. Asesoría Técnica. -

Por ser un producto de innovación tecnológica en flotación de minerales y que representa un importante beneficio metalúrgico y económico, recomendamos comunicarse con el área técnica metalúrgica de BIORESCO,

quienes están en condiciones de brindar una breve inducción técnica del uso del producto y además un monitoreo de sus pruebas de flotación Bach las mismas que puede ser replicadas en nuestros laboratorios o donde indique el cliente; el contacto puede darse de manera presencial o virtual.

Ultima actualización: Julio, 2025.

7. Referencias bibliográficas

- ✓ Republica de Perú Ministerio de Energía y Minas. Guía ambiental para el manejo de cianuro de sodio.
- ✓ BioResco. FT RL526. Depresor de sulfuros de hierro.
- ✓ A.P. Chandra y cols. 2009. Una revisión de los estudios fundamentales de los mecanismos de activación del cobre para la flotación selectiva de los minerales de sulfuro, esferalerita y pirita.

- ✓ J.Chem. Tech. Biotechnol.1994. KYDROS et al. ELECTROLYTIC FLOTATION OF PYRITE.
- ✓ K. Milena. 2011. "Depression of pyrite mineral with cyanide and ferrous/ferric salts".

8. Ilustraciones / Imágenes / Tablas

Mineralogía

En las caracterizaciones mineralógicas se puede observar presencia de cobre libre en el concentrado de zinc.

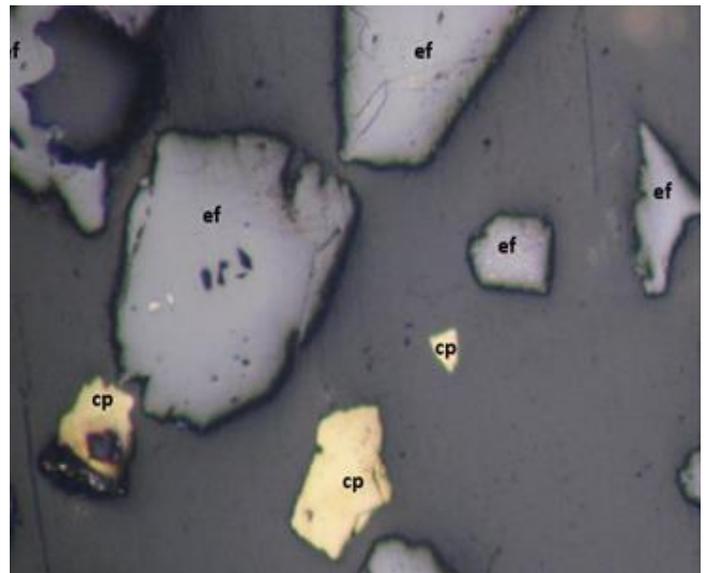


Figura N°30 Concentrado Zinc

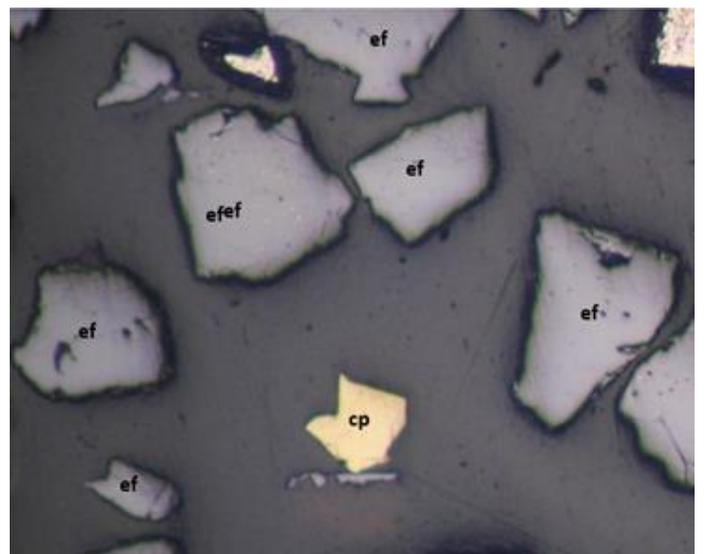


Figura N°31 Concentrado Zinc

Monitoreo de efluentes

Cod. Estación	Fecha de Monitoreo	AÑO	Cianuro wad	Cianuro Total (mg/l)
MA-01	9-Ene-24	2024	0.0310	0.00200
MA-01	6-Feb-24	2024	0.0460	0.00200
MA-01	7-Mar-24	2024	0.0370	0.00200
MA-01	10-Abr-24	2024	0.0330	0.00200
MA-01	9-May-24	2024	0.0000	0.00000
MA-01	4-Jun-24	2024	0.0000	0.00000
MA-01	6-Jul-24	2024	0.0000	0.00000
MA-01	6-Ago-24	2024	0.0000	0.00000
MA-01	5-Set-24	2024	0.0000	0.00000
MA-02	5-Oct-24	2024	0.0000	0.00000
MA-03	4-Nov-24	2024	0.0000	0.00000
MA-04	7-Dic-24	2024	0.0000	0.00000
MA-05	3-Ene-25	2025	0.0000	0.00000
MA-06	6-Feb-25	2025	0.0000	0.00000
MA-07	5-Mar-25	2025	0.0000	0.00000
MA-08	4-Abr-25	2025	0.0000	0.00000
MA-09	3-May-25	2025	0.0000	0.00000

Figura N°32 Monitoreo de efluentes

Joseph Chancasanampa Mandujano

Ingeniero Metalúrgico con Maestría en Geometalurgia, MBA en Administración Estratégica de Empresas y con estudios de especialización en Concentración de Minerales Polimetálicos con 18 años de experiencia en empresas mineras polimetálicas, como Cía. Minera Santa Luisa Huanzala; Pan American Silver Corp. – Unidades Argentum y Quiruvilca; Cía. Minera Milpo (Nexa Resources) - Unidades El Porvenir y Atacocha; actualmente en Volcan Compañía Minera como Gerente de Plantas Concentradoras.

Conferencista en PERUMIN, CONAMIN, con trabajos relacionados a Optimización de Procesos Metalúrgicos.

Rocio Cruz Agustín

Ingeniero Metalurgista titulado con Maestría en Seguridad y Medio Ambiente, con más de 15 años de experiencia en Laboratorio Metalúrgico, Metalurgista de Operación y Laboratorio de Análisis Químico; en diferentes unidades mineras del país, donde se tratan minerales polimetálicos cobre-plomo-plata-zinc tales como: Volcán Compañía Minera Carahuacra, Chungar, Mahr Tunel, Empresa Misky Mayo SRL y Pan American Silver S.A.C, además tengo experiencia en Microscopia Óptica para estudios de mineralogía asociados a la metalurgia de plomo, cobre, plata y zinc.

AUTORIZACIÓN DE PARTICIPACIÓN

Yo, Joseph Chancasanampa Mandujano Gerente de Planta, (Volcan Compañía Minera S.A; autorizo que el trabajo titulado “Transición a una minería sostenible: Reemplazo del cianuro de sodio en la concentración de minerales Procesamiento de Minerales y Metalurgia Extractiva” presentado por el autor Joseph Chancasanampa Mandujano y coautores Rocio Cruz Agustin_sea presentado en el concurso del Premio Nacional de Minería del evento PERUMIN 37 Convención Minera en las fechas del 22 al 26 de setiembre del 2025 en la ciudad de Arequipa.

Firma
41148906
Fecha

Nota:

Esta autorización se entrega solo en el caso de que el participante se presente de manera independiente y el trabajo implique el desarrollo en el marco de una empresa o institución. La indicada autorización deberá ser entregada en hoja membretada.