



Universidad Nacional

SAN LUIS GONZAGA



Atribución-NoComercial-SinDerivadas 4.0 Internacional

Esta licencia es la más restrictiva de las seis licencias principales Creative Commons, permitiendo a otras solo descargar sus obras y compartirlas con otras siempre y cuando den crédito, pero no pueden cambiarlas de forma alguna ni usarlas de forma comercial.

<http://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0>

**UNIVERSIDAD NACIONAL “SAN LUIS
GONZAGA DE ICA”**



ESCUELA DE POSTGRADO

DOCTORADO EN GESTION AMBIENTAL

TESIS

**“TECNOLOGIA LIMPIA COMO ALTERNATIVA A
LA TECNICA DE LA CIANURACION DE ORO
CON CIANURO DE SODIO QUE IMPACTA AL
MEDIO AMBIENTE EN EL PROCESAMIENTO DE
MINERALES DE ORO EN LA ACTIVIDAD
MINERA INFORMAL EN EL PERU”**

**Para optar el Grado de Doctor en Gestión
Ambiental**

AUTOR:

Magister Víctor Alberto Candia Palomino

ASESOR:

Dr. Manuel Jesús De la Cruz Vilca

ICA - PERU

2017

DEDICATORIA

El Presente trabajado de Investigación Tecnológica Ambiental lo dedico a mis Padres, mi Esposa Eliana y mi Hija Leticia por el constante Apoyo Físico y Moral en el desarrollo de mi Proyecto de Tesis para obtener el Grado de Doctor, que espero contribuya su aplicación en la Defensa del Medio Ambiente en la Actividad Minera Artesanal en el Perú.

AGRADECIMIENTO

Mi agradecimiento a mi Asesor de Tesis, a todas las personas vinculadas a la Pequeña Minería informal y a los colegas Profesionales Ambientalistas, que contribuyeron en la elaboración del presente Proyecto de Tesis para Obtener el Grado de Doctor en “Gestión Ambiental”

INDICE

	Pág.
RESUMEN	vii
TITULO	ix
INTRODUCCION	10
CAPÍTULO I. MARCO TEORICO	11
1.1.- Antecedentes	
1.2.- Marco Teórico	
1.3.- Marco Conceptual	
1.4.- Marco Filosófico	
CAPÍTULO II. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	41
2.1. - Situación Problemática	
2.2. - Formulacion del Problema	
2.2.1. Problema General	
2.2.2. Problema Específico	
2.3. - Justificacion e Importância de la Investigación	
2.4.- Objetivos de la Investigación.	
2.4.1. Objetivo General	
2.4.2. Objetivo Específico	
2.5.- Hipotesis de la Investigación	
2.5.1. Hipótesis General	
2.5.2. Hipótesis específico	
2.6. - Variables de la Investigación	
2.6.1. Identificación de Variables	
2.6.2. Operacionalización de Variables	

CAPÍTULO III. METODOLOGICA DE INVESTIGACION 49

3.1.- Tipo, Nivel y Diseño de la Investigación

3.2.- Población y Muestra

CAPÍTULO IV. TECNICAS E INSTRUMENTOS DE INVESTIGACION 51

4.1.- Técnicas de recolección de datos

4.2.- Instrumentos de recolección de Datos

4.3.- Técnicas de Procesamiento de Datos.

CAPITULO V. CONTRASTACION DE HIPOTESIS 57

CAPITULO VI. PRESENTACION, INTERPRETACION Y DISCUSION DE RESULTADOS 60

6.1.- Presentación de los Resultados

6.2.- Interpretación de los Resultados

6.3.- Discusión de los Resultados

CONCLUSIONES 94

RECOMENDACIONES 96

FUENTES DE INFORMACION 97

ANEXOS 99

RESUMEN

La actividad minera informal del oro, se ha extendido a lo largo y ancho de todo el país, con una práctica artesanal e informal que afecta e impacta al medio ambiente y sobre todo al ser humano.

Es una actividad que influye en la economía del País, soluciona la falta de trabajo, pero su actividad está fuera de la formalidad, es un problema a solucionar por el estado con políticas adecuada de formalización de los mineros informales.

El Presente estudio está orientado a Solucionar los Impactos Ambientales que Causa el Uso del Cianuro de sodio en el Tratamiento de los minerales Auríferos con la Técnica de la Cianuración Convencional que utilizan los Mineros Informales para Recuperar el Oro a partir de los Minerales que extraen de las Minas.

Actualmente se Aplica la Cianuración para beneficiar los Minerales de Oro, su alta recuperación y su Fácil aplicación permite que miles de Informales mineros, así como Empresas Cuasi-informales, Usen el Cianuro de sodio, que es un Reactivo altamente Peligroso y que está Considerado como Sustancia Contaminante en la Legislación Ambiental Peruana.

La Presente Tesis Doctoral se Orienta a resolver el Problema Ambiental ocasionado por el Cianuro de Sodio que Impacta al Medio ambiente, proponiendo Tecnologías Limpias en la Recuperación del Oro de los minerales auríferos Producidos por la Minería Informal.

SUMMARY

The informal gold mining activity has spread throughout the country, with a handmade and informal practice that affects and impacts the environment and especially the human being.

It is an activity that influences the economy of the country, solves the lack of work, but its activity is out of formality, is a problem to be solved by the state with adequate policies to formalize the informal miners.

The present study is aimed at Solving the Environmental Impacts Caused by the Use of Sodium Cyanide in the Treatment of Auriferous Minerals with the Conventional Cyanidation Technique used by Informal Miners to Recover Gold from Minerals extracted from Mines.

Currently Cyanidation is applied to benefit Gold Minerals, their high recovery and their easy application allows thousands of Informal miners, as well as Quasi-Informal Companies, to use Sodium Cyanide, which is a highly dangerous Reagent and is considered as Contaminant Substance in Peruvian Environmental Legislation.

The present Doctoral Thesis is oriented to solve the Environmental Problem caused by the Sodium Cyanide that Impacts to the Environment, proposing Clean Technologies in the Recuperation of the Gold of the gold minerals Produced by the Informal Mining.

DOCTORADO
“GESTION AMBIENTAL”

TITULO:

**“TECNOLOGIA LIMPIA COMO ALTERNATIVA A LA
TECNICA DE LA CIANURACION DE ORO CON
CIANURO DE SODIO QUE IMPACTA AL MEDIO
AMBIENTE EN EL PROCESAMIENTO DE
MINERALES DE ORO EN LA ACTIVIDAD MINERA
INFORMAL EN EL PERU”**

AUTOR:

Magister Víctor Alberto Candia Palomino

ASESOR:

Dr. Manuel Jesús De la Cruz Vilca

INTRODUCCION

La Actividad Minera del Oro está muy arraigada en el Perú, ante la Abundancia de Recursos Naturales como los Minerales Auríferos, que es muy explotado por las Empresas de la Gran Minería como Yanacocha, Pierina etc., pero que también Explotan miles de personas en forma artesanal.

Hace 30 años se desarrolla esta actividad como producto de la falta de empleo en el país, soluciona en parte el problema económico de miles de familias, pero impacta gravemente al medio ambiente, porque usan reactivos como el Cianuro de sodio, tipificados como Contaminantes por la Legislación Ambiental.

La Actividad Minera del Oro, el uso de Técnicas como la Amalgamación con Mercurio y la Cianuración Convencional con Cianuro de Sodio, ha traído enfrentamientos entre las Empresas Mineras con las Comunidades aledañas a estos Mega-Proyectos que están en pleno Funcionamiento como los que están en vías de Iniciar Actividades.

Tiene que continuar la Actividad Minera porque es una Actividad estratégica para la Economía Peruana, es necesario crear un ambiente adecuado para estas Actividades entre las Mineras y las comunidades, asimismo resolver los Impactos ambientales que Produce la Minería Informal

El presente estudio busca alternativas de Tecnología limpia que Prevengan y Mitiguen estos impactos y se realice una actividad minera Sostenible sin Contaminar el Medio Ambiente.

CAPITULO I

MARCO TEORICO

1.1 ANTECEDENTES

La Minería Informal del Oro, se ha extendido por todo el País, los Mineros Informales comienzan sus actividades en los años 80, extraen minerales de oro de las Minas Abandonadas, escogen las Vetas de mayor Ley y así van extrayendo en forma selectiva los minerales de oro, para ser trasladados a los Servicios de Quimbaletes.

En los Quimbaletes, el mineral es Procesado mediante la Amalgamación Directa con el uso del Mercurio elemental, causando grave daño al Ecosistema y al Ser humano, dejando residuos altamente contaminados con Mercurio, para ser comercializados con las Plantas Procesadoras que Aplican el Proceso de Cianuración con el uso del cianuro de Sodio.

Al conocer la Técnica de la Cianuración tipo Vat Leaching, los Mineros Abrazan la "Técnica" para mejorar sus ingresos versus la comercialización de estos residuos con las Plantas Procesadoras, Iniciándose el Procesamiento de los relaves de amalgamación mediante la Técnica de la Cianuración tipo VAT Leaching, con el uso del Carbón Activado para atrapar el Oro en Solución.

La Comercialización de los Relaves de amalgamación y posteriormente de los Minerales Auríferos sin haber sido procesados por ninguna Técnica, se hizo Adversa al Minero al Minero Informal Productor, los dineros recibidos por la Venta de sus minerales no le aportaban utilidades, por lo que Implementaron sus Procesos de

Tratamiento de Cianuración en cada uno de los lugares de Extracción de estos minerales.

Se inicia el beneficio de estos minerales por la Técnica de Cianuración Tipo Vat Leaching por los Mineros Informales extendiéndose por todo el País, Impactando gravemente al Ecosistema y al Ser humano, el uso indiscriminado e inadecuado del Cianuro de sodio se convirtió en una práctica común en los mineros artesanales, que al culminar sus procesos contaminantes, dejaban esparcidos en cualquier lugar los residuos de la Cianuración, con altos contenidos de Cianuro de sodio que Impactan al Medio ambiente, estos residuos pasa a ser Pasivos ambientales Mineros, que es un Problema ambiental significativo para el Estado.

Las Plantas Procesadoras con mayor antigüedad procesan sus minerales por el Método de Cianuración "Carbón en Pulpa", que es otra Versión de la Cianuración Convencional, de igual forma se usa el cianuro de sodio en forma indiscriminada e inadecuada, para finalmente extraer el oro de los minerales auríferos y dejar grandes depósitos de Relaves o residuos con altos contenidos de Cianuro, que Impactan al Medio Ambiente.

Los Minerales Auríferos han sido explotados desde tiempos Inmemoriales, para recuperar el metal precioso, a medida que avanza la Ciencia se ha ido aplicando métodos de recuperación en función al tamaño de grano del oro, siendo el oro fino con tamaños menores a 50 micrones, los que NO se podían recuperar, encontrándose un método de disolución del metal con el reactivo Cianuro de sodio, este método se le denomino Cianuración.

Es un Método sencillo de alta recuperación del Oro, se ha usado estos métodos desde los años 50 en todas las minas de Oro del Perú, por el Denominado Consorcio Minero, quien dejo grandes Depósitos de Relaves como Pasivos ambientales, que hoy Impactan

al Medio Ambiente, el Estado ha dictado Leyes de Regulación de estos Pasivos ambientales, a la Fecha están pendientes sus Procesos de Remediación de estos Residuos.

En el Pasado y en el Presente la Cianuración es un Proceso Contaminante, la Presente Tesis Doctoral pretende, Proponer Tecnología Limpia para reemplazar el Cianuro de Sodio que permita realizar una Minería sostenible, con rentabilidad que No Contamine el Medio ambiente.

1.2 MARCO TEORICO

1.2.1. EL ORO

En todos los tiempos el oro, ha concitado el interés humano porque este metal ha sido empleado principalmente con fines monetarios o decorativos.

Su rareza e inalterabilidad han hecho del oro un símbolo de riqueza y poder.



1.2.2. YACIMIENTOS DE ORO

Oro Filoneano

El oro de Veta filoneana, son los yacimientos auríferos de minería subterránea, son depósitos de mineral que contiene oro de

diversos tamaños de partícula, desde el oro microscópico hasta el oro en forma de charpas, hilos hasta pepas.

El oro de Vetas o filoneano está en los yacimientos auríferos del sur y norte del País, estos yacimientos han sido explotados desde tiempos inmemorables, en sus inicios probablemente mediante el “escogido” o “pallaqueo”.

1.- Oro Filoneano “Gruoso”

El oro de Veta filoneana por su tamaño de oro tiene dos opciones, la primera opción es el oro denominado “gruoso” u Oro gravimétrico que se encuentra en Depósitos o Bolsonadas de mineral conteniendo significativos granos de Oro denominado “Charpas”. Este el mineral de oro que Codició a los Mineros Informales y que dio origen a esta Minería No Formal y Contaminante.



2.- Oro Filoneano “Fino”

En mayor volumen se encuentra el Oro denominado “Fino” u Oro No Gravimétrico, es el tipo de Oro que en la actualidad se encuentra en mayor volumen y al que se

ha dedicado a extraer y Procesar los mineros Informales, estos minerales que contienen Oro Fino, no contienen significativos valores de oro Grueso.



3.- Oro Filoneano “Asociado”

En los Minerales de Oro del tipo filoneano, también se encuentra el oro asociado a otros minerales como la Pirita, la Calcopirita, la Galena, la Arsenopirita, la Estibina y la Plata, las características mineralógicas de estos minerales ya son distintas a las filoneanas Silicosas que contienen al oro, en este caso son minerales que acompañan al Oro.



La minería Informal filoneana que se desarrolla en todo el Perú, extrae selectivamente los minerales de oro libre, con menores volúmenes de minerales que contiene oro “Grueso”, pero con mayores volúmenes de mineral que contiene oro fino.

I.2.3 EXTRACCION DEL ORO

Los yacimientos auríferos considerados VETAS, son extraídos del subsuelo con métodos de extracción subterránea, el mineral que contiene valores de oro es extraído selectivamente la parte valiosa de la parte no valiosa.



Los Mineros Informales extraían minerales de alta ley en Oro en forma selectiva, ahora hay muy poco volumen de estos minerales, para incrementar su volumen de producción y compensar sus beneficios económicos, ahora extraen mayores volúmenes de mineral de Oro, usando métodos de extracción antes muy superficiales y con equipos rudimentarios, en la actualidad tienen que extraer a mayor profundidad los minerales de oro y con equipos mecanizados, tales como Comprensoras, Winches, Rieles, carritos mineros etc.

La maquinaria y los insumos utilizados en la extracción subterránea implican la remoción de suelos, flora y fauna, desviación del agua subterránea de sus cauces naturales, el uso

de hidrocarburos en las compresoras, ventiladores, grupos electrógenos etc. y los explosivos se suman a los fuertes impactos ambientales que origina la extracción de minerales.

La minera informal incrementa estos impactos al ambiente y a la salud del ser humano por no usar medidas de seguridad e higiene industrial, dando lugar a enfermedades que causan la muerte por la producción inevitable de material particulado, a esto se suma la generación de residuos sólidos denominados pasivos ambientales.



I.2.4 BENEFICIO DEL ORO

Liberación del Mineral

El mineral aurífero de VETA es sometido en forma manual y/o mecánica en chancadoras y molinos de bolas a la disminución de tamaño de partícula, dependiendo de la riqueza del mineral, en esta etapa se genera material particulado (producción de partículas finísimas), que impactan al medio ambiente y a la salud

del ser humano. No utilizan ninguna medida de seguridad ni de protección al material particulado ni al ruido producido.

La Calidad de la molienda es pésima, no hay una buena liberación del mineral, porque no se realiza una adecuada disminución de tamaño de partícula en la primera etapa de chancado, ingresando trozos de mineral de diámetros mayores a 3 pulgadas, a esto se suma que la carga de bolas es inadecuada, y no toman en cuenta los tiempos de residencia para la molienda.



Cianuración Tipo Vat Leach con Carbón Activado

El mineral molido de baja performance en la molienda, es aglomerado con Cemento para pasar a la Cianuración tipo VAT Leaching con soluciones Cianuradas. El Mineral aglomerado es alimentado a una Poza de Fabricación casera, con costales de arena y el uso de Geomembranas.

El Aglomerado es sometido a riegos por Inundación con soluciones cianuradas, por un determinado tiempo, en que los

valores de oro sean disueltos y puedan estos valores de oro ingresar al Carbón en columna, que es la etapa de Absorción de Oro por Carbón activado.

El Carbón activado Absorbe el oro en solución y se impregna en los micros poros, hasta que se agote



Los Informales culminan el Proceso de Vat Leaching, sin ningún control de Calidad, posteriormente desechan el mineral Procesado, formando montículos, que son abandonados,

constituyéndose en los Pasivos Ambientales



1.3 MARCO CONCEPTUAL

1.3.1 EL ORO

En todos los tiempos el oro, ha concitado el interés humano porque este metal ha sido empleado principalmente con fines monetarios o decorativos. Su rareza e inalterabilidad han hecho del oro un símbolo de riqueza y poder.

Propiedades del Oro

Es maleable y dúctil, es blando su dureza es 3, gravedad específica es 19.3.

Su símbolo es Au, su número atómico es 79, su peso atómico es 197.2

Su punto de fusión es 1063°C, Su punto de ebullición es 2970°C y se cristaliza en el sistema cúbico.

El oro es fácilmente soluble en agua regia, que produce cloro naciente.

El oro se disuelve en ácido clorhídrico en presencia de sustancias orgánicas.

El oro es disuelto por cloruros férricos o cúpricos.

El oro es algo soluble en una solución de carbonato de sodio al 10 %

Mineralurgia del Oro

El oro es susceptible de existir en cercanías geológicas relativamente variadas (rocas sedimentarias, vetas intraplutónicas o peri plutónicas).

El oro es químicamente inerte en ambientes naturales y poco afectados durante el intemperismo y descomposición de la roca que lo contiene.

Tipos de Yacimiento de Oro

1 Vetas de cuarzo con oro

Los placeres jóvenes compuestos por areniscas y grava no consolidada, están en los cauces del río. Los placeres antiguos o fósiles se forman en el precámbrico han sido litificados y conglomerados.



2. Oro diseminado

En estos yacimientos las rocas albergantes son calizas dolomíticas o carbonáceas, el oro esta diseminado, en tamaño de 0.1 a 10 micrones.



3 Oro como subproducto

Con otros metales como el cobre plomo y plata.



Minerales de Oro

El oro se encuentra en estado nativo comúnmente y se puede presentar en venas y filones de cuarzo, en este cuadro se ubican los diseminados.

El oro se encuentra también en placeres y depósitos aluviales de corrientes antiguas y modernas.

El oro nativo de zonas de oxidación y de los placeres frecuentemente contiene plata en pequeñas proporciones, así como otros metales.

El oro nativo puede ser oro limpio, oro empañado, oro revestido, electrón, oro cuprífero.

El oro en otros minerales, como producto secundario, con las especies de cobre, plata, plomo, arsénico y antimonio.

El asociado a la pirita ya la arsenopirita, se presenta como solución sólida y oro extremadamente y oro extremadamente fino, también se encuentra como ampolla de inclusiones, micro venillas, rellenos de intersticios, reemplazamientos etc.

Vetas de cuarzo con oro: Los placeres jóvenes compuesto por areniscas y grava no consolidada, están en los cauces del río. Los placeres antiguos o fósiles se forman en el precámbrico han sido letificados o conglomerados.

Tamaño de Partícula

El tamaño del grano de oro es determinante en el proceso metalúrgico elegido se divide por el tamaño en:

- 1. Oro grueso:** Viene a ser el oro aluvial en forma de pepitas, el oro filoniano en forma de escamas o hilo, hasta un tamaño no menor de 0.2 mm. (200 micrones)
- 2. Oro fino:** es el tamaño intermedio del grueso y ultra fino, oro de vetas filonianas, estaría entre 0.2 mm (200 micrones) y los 10 micrones.
- 3. Oro ultrafino:** estaría como oro libre o encapsulado, su tamaño es menor de 10 micrones.

Oro en el Perú

El Oro en el Perú se encuentra libre en la naturaleza, en diversas regiones del País y en diversos tamaños de Partícula, en forma de Placeres y de vetas filoneanas.

La actividad informal del oro se ha concentrado en los Placeres Auríferos de Madre de Dios, impactando el ecosistema.

La actividad informal del oro filoneano, se ha generalizado en las vetas filoneanas del Norte y sur del País.

1.3.2 CIANURACION DE ORO

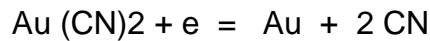
Fundamentos

La Cianuración es un método hidrometalúrgico para recuperar metales o minerales solubles en soluciones cianuradas de baja concentración, en medio básico y en determinados tiempos dependiendo del tamaño de partícula del metal o mineral.

Termodinámica de la Cianuración

A través de los diagramas de POURBAIX se relaciona el potencial de Oxido Reducción (Eh) del metal con el PH del medio.

En el diagrama Au-H₂O-CN, no obstante, la reacción:



Se lleva a cabo dentro de los límites de estabilidad del agua. El campo de estabilidad del complejo aurocianuro está limitado por una recta que inicialmente muestra una pendiente pronunciada (efecto de la hidrólisis del cianuro a PH menor a 9) tornándose luego casi horizontal debido a la acción oxidante del oxígeno en medio básico, hecho que a su vez permite que se haga efectiva la reacción de lixiviación por formación de aurocianuros.

Cinética de Disolución de Oro

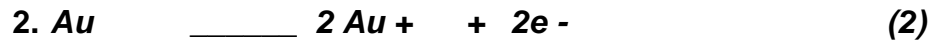
Una reacción fisicoquímica en el cual se hallan involucradas una fase sólida y otra líquida se consume en las cinco etapas siguientes:

- 1.-Difusión de los reactantes desde la solución hasta la interface sólido-líquido.
- 2.-Adsorción de los reactantes en la superficie del sólido.
- 3.-Reacción en la superficie.
- 4.-Desorción de los productos de la reacción de la superficie del sólido.
- 5.-Difusión de estos productos de la interface sólido-líquido a la solución.

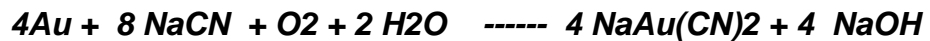
Mecanismo Electroquímico

La Disolución del oro está regida por los principios electroquímicos de la Corrosión y la explicación esquemática de este fenómeno se facilita

(mediante el gráfico 2), la reducción del oxígeno sobre la superficie metálica en la zona catódica va acompañada por la oxidación del oro en la zona anódica de acuerdo a las siguientes reacciones:



Ecuación fundamental de la Cianuración



Efectos Aceleradores y Retardadores

1. Efecto del oxígeno en la disolución de oro

El alto consumo de oxígeno retarda la reacción, existen altos consumidores de oxígeno como la pirrotina, se usan agentes oxidantes como el peróxido de oxígeno o en todo caso airear la pulpa para compensar el consumo excesivo del oxígeno.

2. Efecto del Cianuro Libre en la Disolución de Oro

La presencia del Cianuro libre, retarda la disolución en el caso que se dé un alto consumo de cianuro debido a la formación de complejos cianurados.

La degradación del cianuro por hidrólisis, el cual depende de la cantidad de álcali libre. Las concentraciones bajísimas de cianuro menores a 0.001 % no disuelven oro.

3. Efecto del tamaño de partícula en la disolución del oro

El tamaño de partícula es determinante en el tiempo de disolución, a mayor diámetro, mayor será el tiempo de disolución, el denominado oro grueso.

Si asumimos una reducción de 3.36 micrones por hora (datos encontrados por Barsky), un grano de oro de 44 micrones de espesor (malla 325) tomaría no menos de 13 horas para disolver, otro grano de 119 micrones (malla 100) tomaría no menos de 44 horas para su disolución.

Si la asociación es con plata metálica es mayor el tiempo.

Cuando el oro grueso libre ocurre en los minerales, la práctica usual es superarlo con gravimetría previa.

4. Efecto de la alcalinidad sobre la disolución de oro

Evita pérdidas de cianuro por hidrólisis.

Evita pérdida de cianuro por acción del dióxido de carbono del aire

Descompone los bicarbonatos en el agua antes de ser usados en Cianuración.

Neutraliza los compuestos ácidos contenidos en el mineral

Neutraliza los contenidos en el agua, sales ferrosas y férricas etc.

Ayuda en la sedimentación de partículas finas.

Mejora la extracción cuando se trata minerales conteniendo por ejemplo telururos.

1.3.4 EL CIANURO

El cianuro de sodio es una sal de sodio de alta pureza (99%), altamente soluble en agua reacciona con el oro, plata y otros cianicidas como el cobre, en soluciones alcalinas.

En medio ácido se forma el ácido cianhídrico, en Concentraciones bajas causan la muerte de todo ser vivo.

El cianuro es producido por el hombre para usos industriales como la Minería.

Actualmente el cianuro se **Produce Industrialmente** mediante la combinación de gas natural y amoniaco a altas temperaturas y presiones para producir Cianuro de hidrógeno (HCN) gaseoso, posteriormente es combinado con hidróxido de sodio (NaOH) para producir cianuro de sodio (NaCN) en forma de briquetas blancas y sólidas



Propiedades del Cianuro

Se trata de un compuesto sólido e incoloro que hidroliza fácilmente en presencia de agua y óxido de carbono (IV) para dar carbonato de sodio y ácido cianhídrico.

Tiene un olor como almendras amargas, pero no cada uno puede olerlo debido a un rasgo genético.

Polvo cristalino, blanco delicuescente, Inodoro (cuando está seco) o con un ligero olor ácido (cuando está húmedo).

Presión de vapor: No aplicable, Densidad relativa: 1.6. Solubilidad en agua: 58 g/ 100 ml a 20°C, Punto de ebullición: 1496°C, Punto de fusión: 564°C, Peso molecular: 49.0.

Estado de agregación: Sólido Apariencia Incoloro, Masa molar: 49,01 g/mol, Punto de fusión: K (563,7 °C), Punto de ebullición: K (1496 °C)

Aplicaciones del cianuro

El Cianuro de sodio se utiliza en la minería y la industria metalúrgica, Se usa como sólido o en solución para extraer minerales metálicos como es el caso del Oro, Plata y otros metales.

En la galvanoplastia, Para baños de limpieza de metales, En el endurecimiento de metales.

Se Utiliza en el revelado de Fotografías, Producción de Sustancias Químicas orgánicas, Manufactura de plásticos, Fumigación de barcos.

Otra aplicación es como insecticidas. Además, sirve como entomólogos como agente de la matanza en recoger los tarros.

Reactividad del Cianuro

El Cianuro se descompone al arder, produciendo humos tóxicos de óxidos de nitrógeno.

El Cianuro es una Base Fuerte, reacciona violentamente con ácidos y corrosivas para los metales tales como aluminio y cinc.

Reacciona violentamente con oxidantes fuertes tales como los nitratos y compuestos de cloro, originando peligro de incendio y explosión.

La Sustancia se descompone en presencia de aire, humedad o Dióxido de Carbono, produciendo humos altamente tóxicos e inflamables de cianuro de hidrógeno.

Manipuleo y Almacenamiento del Cianuro

1. Condiciones de manipuleo

Evitar todo contacto

Evitar las llamas

No producir chispas y NO fumar

No poner en contacto con oxidantes fuertes.

Nunca trabajar sólo en un área donde haya una posible exposición al ácido cianhídrico.

2. Condiciones de almacenamiento:

Separado de oxidantes fuertes, ácidos, alimentos y piensos, dióxido de carbono, agua o productos que contengan agua

Mantener en lugar seco, bien cerrado y bien ventilado.

Equipos de protección personal: Durante la manipulación del cianuro de sodio hay que evitar el contacto directo con el producto por lo que es necesario utilizar los siguientes medios de protección:

Protección respiratoria: Sistema cerrado y ventilación. Protección respiratoria.

Protección de manos: Se recomienda guantes protectores.

Protección de ojos: Anteojos ajustados de seguridad. Pantalla facial o protección ocular combinada con la protección respiratoria, si se trata de polvo.

Protección del cuerpo: Traje de protección.

Instalaciones de seguridad: Lavajojos

Medidas a tomar en caso de derrames y/o fugas.

Precauciones personales: traje de protección completo incluyendo equipo autónomo de respiración.

Precauciones ambientales: Esta sustancia puede ser peligrosa para el ambiente; debería prestarse atención especial a los peces. Se aconseja firmemente impedir que el producto químico se incorpore al ambiente.

Métodos de limpieza: Consultar a un experto. Barrer la sustancia derramada e introducirla en un recipiente, Precintable y etiquetado, neutralizar cuidadosamente el residuo con agua que contenga alguna sustancia alcalina tal como, el carbonato sódico, eliminarlo a continuación con agua abundante. Los derrames de cianuros deben limpiarse inmediatamente.

Riesgos del Cianuro para la Salud

1. Efectos agudos sobre la salud

Los siguientes efectos agudos (a corto plazo) sobre la salud pueden ocurrir inmediatamente o poco tiempo después de la exposición al cianuro de sodio:

2. El contacto puede irritar la piel y los ojos.

Respirar cianuro de sodio puede irritar la nariz, la garganta y los pulmones, causando tos, respiración con silbido o falta de aire. La alta exposición puede causar dolor de cabeza, mareo, latidos rápidos e incluso pérdida conocimiento y muerte.

3. Efectos crónicos sobre la salud

Los siguientes efectos crónicos (a largo plazo) sobre la salud pueden ocurrir algún tiempo después de la exposición al cianuro de sodio y pueden durar meses o años:

4. Riesgo para la reproducción

Hay indicios limitados de que el cianuro de sodio es un teratógeno en animales. Hasta que se realicen pruebas adicionales, debe manipularse como posible teratógeno humano.

5. Otros efectos a largo plazo

El Cianuro de sodio podría causar el agrandamiento de la glándula tiroides e interferir con la función tiroidea normal. La exposición puede causar daño al sistema nervioso y cambios en el recuento de glóbulos sanguíneos. Las exposiciones repetidas pueden causar secreción, hemorragia y lesiones en la nariz.

1.3.5 CIANURACION TIPO VAT LEACH

Es un Método de Cianuración de Oro tipo Bach, con camas estáticas de mineral aglomerado, para percolar las soluciones cianuradas y disolver el Oro, el oro en solución es absorbido en el carbón activado, para posteriormente, someterlo a Desorción y electrodeposición, se obtenga el cemento, que es fundido y se obtiene el oro Bullón.

Liberacion del Mineral

El oro se encuentra libre en la naturaleza en tamaños que van de 1 mm a 10 micrones, se libera el mineral en etapas sucesivas de chancado y Molienda hasta obtener una molienda finísima que Exponga el oro a las soluciones cianuradas.

Se libera el mineral al tamaño que el oro este en alto porcentaje de exposición, granulometría promedio serian de 75-85 % malla -200.

Aglomeración del mineral de oro

El mineral es mezclado con Cemento, agua y solución de cianuro, obteniéndose el Aglomerado que es colocado en las camas estáticas, en la que se desarrolla la primera etapa de disolución de oro, es el primer contacto y a la vez se formará una cama permeable.

Disolución del oro

La Poza del aglomerado se riega en el sistema de goteo y/o inundación y/o aspersion, para disolver el Oro, de acuerdo a la cinética de disolución o sea el tiempo de disolución de cada caso. Esta etapa se realiza haciendo circular las soluciones cianuradas que se cargan de Oro.

Absorción del oro con el carbón activado

Las soluciones cargadas de oro, son atraídas electrostáticamente por los microporos del carbón activado, a los complejos de oro los atrae con mayor rapidez, le sigue la plata y el cobre, las capacidades del carbón activado de 30 a 40 gramos de metal por kg. De Carbón activado.

Desorción y electrodeposición del oro

El Carbón cargado de oro es sometido a una temperatura de 80°C, en una solución de alcohol al 20 % en volumen, con 2% de soda caustica, por 72 horas, es el Método Zadra, los complejos de Oro en solución salen del Carbón, para ser depositados en las celdas electrolíticas, con corriente continua de 2.5 voltios, el producto Cemento de oro es fundido para obtener el Oro Bullón.

1.3.6 FLOTACION DE ESPUMAS DE ORO

Flotacion de oro nativo

La flotación es uno de los procesos más importantes en la actualidad, para la recuperación de oro asociado a sulfuros, principalmente a pirita (Marsden and House, 1992), y se vislumbra como un Proceso para la recuperación de oro nativo.

La recuperación de oro nativo (hasta 200 μ m) por medio de la flotación espumante, ha sido investigada por algunos autores (Marsden and House), trabajo mecánico de aplastamiento durante su formación de la roca huésped y transporte hasta la ubicación final del depósito

La recuperación por flotación de estas partículas es posible siempre y cuando se resuelva desde el punto de vista de la superficie la heterogeneidad del comportamiento hidrofóbico que genere la recuperación de soluciones sólidas de oro nativo tales como el electrum.

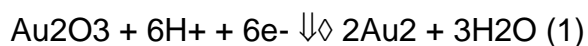
El oro nativo es una aleación de composición no especificada no necesariamente uniforme y de ocurrencia natural que contiene alrededor del 80 al 100% de oro, del 1 al 15 % de plata y entre el 0 y el 5 % de cobre (Anhaeusser et al. 1987).



Superficie Química del oro y sus flotabilidad

En un medio acuoso no acomplexado, el oro no es reactivo ya que los iones de oro y los óxidos son termodinámicamente inestables, requiriendo condiciones fuertemente oxidantes para su formación.

Ecuación (1)..... (Marsden and House, 1992)



$$E = 1,457 - 0,059\text{pH} \text{ V}$$

La Quimisorción del oxígeno sobre la superficie del oro comienza a un potencial encima de 1,4 V con monocapas de recubrimiento alcanzadas a 2,0 V. Esto es atribuido al crecimiento de una capa de óxido (Au_2O_3) en soluciones ácidas y una capa de hidróxido ($\text{Au}(\text{OH})_3$) en soluciones básicas en altos potenciales

Las superficies de oro sin pátinas son naturalmente hidrofílicas, (Marsden and House, 1992), sin embargo, si se adsorbe una monocapa de contaminantes carbonaceos desde el aire o la solución, esto puede ser suficiente para que se produzca una superficie hidrofóbica.

Como resultado, el oro puede presentar hidrofobicidad natural asociado básicamente a sus pátinas. (Chryssoulis y Dimov, 2003)

Por otra parte, proponen que la mineralogía del mineral tiene un efecto profundo sobre las condiciones de flotación empleadas y por lo tanto concluyen que el oro es naturalmente flotable en sistemas industriales.

Usos de colectores en la flotación

El colector en pequeñas cantidades mejora tanto la velocidad de flotación como la recuperación de equilibrio, con un impacto más marcado en las partículas gruesas de oro sobre ambos parámetros (Klimpel, 1999, Castro 2003)

Existe un tamaño de partícula que presenta una mayor recuperación metalúrgica, observándose, en general, una disminución de ésta para tamaños más gruesos y más finos de la mena

La recuperación disminuye para tamaños pequeños, lo cual se relaciona con la dificultad de adhesión partícula/burbuja, dado a que éstas no adquieren la energía cinética suficiente para producir un agregado partícula/burbuja estable.

Por otra parte, las partículas pequeñas son arrastradas más fácilmente a la espuma, ya que el drenaje a la pulpa se favorece con el incremento de la velocidad de sedimentación.

Es importante destacar que, en la etapa de flotación primaria (etapa "Rougher") la flotación se realiza con una granulometría de mena en la cual no es necesaria la liberación total de las partículas de oro.

En la etapa de limpieza donde es necesaria la selectividad de las partículas útiles, es fundamental realizar una remolienda del concentrado de la etapa "Rougher" para la liberación de las especies útiles de la mena.

De esta manera, el tamaño de partícula es la variable sobre la cual debe ponerse más énfasis en su control, debido a su efecto en la recuperación metalúrgica y en la selectividad del concentrado final.

Selección de Espumante

La Elección de un espumante determina las características de la espuma, que contribuye a la selectividad de la operación. Se adicionan con el objeto de;

Estabilizar la espuma, Disminuir la tensión superficial del agua, Mejorar la cinética de interacción burbuja – partícula, Disminuir el fenómeno de unión de dos o más burbujas (coalescencia).

La altura de la espuma y el flujo de aire a la celda afectan el tiempo de retención de las partículas en la espuma. La estabilidad de la espuma depende principalmente de la dosificación del espumante.

Los espumantes utilizados comúnmente en la flotación de oro nativo Son aceite de pino, ácido cresílico, el MIBC (metil isobutil carbinol) y los oligómeros propileno glicol como el Aerofroth 65 (Broekman et al, 1987); colectores tales como el ditiofosfato líquido proveen también poder espumante a la pulpa mineral



1.3.7 ESTÁNDARES DE CALIDAD AMBIENTAL PARA SUELO

Parámetro: Cianuro libre (mg/kg MS)

Usos del Suelo

Suelo Agrícola: 0,9 mg/kg MS

Suelo Residencial/Parques: 0,9 mg/kg MS

Suelo Comercial/Industrial/Extractivos: 8 mg/kg MS

Método de Ensayo

EPA 9013- A/APHA-AWWA-WEF 4500 CN F

MS: Materia Seca: a 105 °C, excepto para compuestos orgánicos y mercurio no debe exceder 40 °C, para cianuro libre se debe realizar el secado de muestra fresca en una estufa a menos de 10 °C por 4 días. Luego de secada la muestra debe ser tamizada con malla de 2 mm. Para el análisis se emplea la muestra tamizada < 2mm.

1.3.8 ESTÁNDARES DE CALIDAD AMBIENTAL PARA AGUA

Parámetro: Cianuro WAD

1. Fuente: El cianuro se halla donde halla vida e industria, existen dos formas tanto las inorgánicas como las orgánicas, los cianuros se emplean en múltiples métodos industriales, durante algunos de estos usos se puede producir contaminación del aire y del agua además el empleo ocasional del cianuro en la exterminación de playas puede contaminar el agua.

2. Características:

- Son sales derivadas del ácido cianhídrico
- Las sales más conocidas son del sodio y potasio
- Son altamente toxicas

- No son combustibles
- Al descomponerse emiten ácidos tóxicos como el cianuro de hidrogeno y monóxido de carbono.

Describiendo solo el tipo del Cianuro total, no coadyuva a determinar el grado de toxicidad en los cuerpos de agua; por lo que es imprescindible modificar dicho valor, teniendo en cuenta los tipos de cianuro que contribuyan a determinar eficientemente dicho grado de toxicidad, como son el cianuro libre y el cianuro simple o cianuro fácilmente en ácidos, denominados WAD, los mismos que son considerados como de mayor toxicidad para el ambiente.

Riesgo: Los niveles de Cianuro en el agua natural son bajos (menor a 0.1 mg/l) excepto en casos de grave contaminación, principalmente por descargas industriales en los ríos u otras fuentes, las industrias que tratan metales o productos de sustancia química pueden constituir las principales fuentes de contaminación del agua con cianuro, cuando la cloración del agua se lleva al estado cloro residual libre bajo condiciones neutrales o alcalinas, se reducirá la concentración de cianuro en el agua tratada hasta niveles muy bajos, la cloración del agua a un ph < 8.5 convierte a los cianuros en cianatos que son inocuos.

El agua natural no contiene cianuro, su presencia indica contaminación Los síntomas típicos del sodio aparecen forma de quemadura o necrosis a lo largo de los bordes de las hojas. Las concentraciones de sodio en las hojas alcanzan niveles tóxicos después de varios días o semanas. Los síntomas aparecen primero en las hojas viejas y en sus bordes y a medida que se Intensifica, la necrosis se desplaza progresivamente en el área invernal, hacia el centro de las hojas.

La mayor parte de los alimentos contienen trazas de cianuros, también los peces contienen cianuro debido a que habitan en aguas

contaminadas, la ingesta aceptable de residuos de cianuro de alimentos que fueron fumigados es de 0.05mg/kg de peso corporal.

Los animales absorben muy fácilmente el ion de cianuro y sus efectos son altamente venenosos, esto hace que se incremente el contenido de ácido láctico del cerebro con pequeñas dosis de cianuro, produciendo un daño irreparable al cerebro aun cuando sus demás partes de su cuerpo no tengan daño alguno.

La Ley General de Aguas establece como valor límite de 0,1 mg/l, para Aguas de riego de vegetales de Consumo Crudo y bebida de animales, correspondiente a la clase III.

No se tiene información de los riesgos de este parámetro, en los vegetales, pero siendo el sodio una de las sales conocidas del cianuro, se describe los síntomas típicos, que causan en el agua elevadas concentraciones de cianuro.

1.4 MARCO FILOSOFICO.

El Desarrollo Sostenible de la Sociedad sin Contaminación Ambiental, es la Propuesta de los Acuerdos Mundiales como la Agenda 21, el Acuerdo de Kioto y otros Eventos Internacionales, con la participación de todos los Países del Mundo como el COP.

El Desarrollo Económico, la Tecnología mundial, las Industrias, generan Contaminantes que Impactan al Aire, al agua y al suelo, Contaminando los elementos fundamentales del medio ambiente de los que depende la Vida del Ser humano, la vida animal y la vida vegetal, dando lugar a Cambios climáticos que producen Desastres Naturales que hoy sufre la humanidad.

Por un lado se Pretende DETENER esta acelerada Contaminación Ambiental, aplicando legislaciones ambientales que NO Permitan que

las Industrias continúen afectando el Medio Ambiente, las exigencias del mercado de nuevos productos y la acelerada carrera de los países asiáticos como China que compiten con el Todopoderoso americano, No ayudan mucho en esta política ambientalista, que busca el Desarrollo Sostenible sin Contaminar el Medio ambiente.

El Conocimiento de la Ciencia, puede lograr resultados que MITIGEN esta acelerada Contaminación Ambiental, con el Conocimiento Científico, podemos INNOVAR Tecnología LIMPIAS para reemplazar a las Tecnologías Vigentes, esta alternativa se presenta con fuerza porque la aplicación de Tecnologías Limpias NO Generan Impactos ambientales, lograríamos los Productos deseados Sin Afectar el Medio Ambiente.

Es en este sentido que la Presente TESIS Doctoral se enmarca, en la Propuesta de Tecnología Limpia como es el caso de la Actividad Minera del Oro, que utiliza reactivos altamente Contaminantes como el Cianuro de Sodio, reemplazándolo por la Tecnología de recuperación de Oro mediante la Flotación de Espumas, dejando de lado el uso de este reactivo contaminante.

CAPITULO II

PROBLEMA DE LA INVESTIGACION

2.1 SITUACION PROBLEMATICA

En los años 85 en la Franja Aurífera “Palpa-Ocoña”, se inicia la Actividad Minera informal, miles de personas desarrollan actividades de extracción de minerales con contenidos de oro, con métodos artesanales de extracción y beneficio para recuperar el oro. Esta actividad se ha extendido a lo largo y ancho de todo el País.

La Actividad informal del Oro tiene varios problemas que resolver como: Tenencia de terceros, manejo ilegal de explosivos, Problemas de seguridad e higiene industrial y los graves Impactos Ambientales que afectan al ser humano y al ambiente, con sus prácticas artesanales de recuperación del Oro con Reactivos Peligrosos y de fuerte contaminación como el Mercurio y el cianuro de Sodio.

Se deduce que el Problema de la Minería Artesanal es amplio, en el Presente estudio nos vamos a limitar al aspecto Ambiental y dentro de ello a los Impactos negativos producidos en el Procesamiento de los minerales para recuperar el Oro y en referencia al uso del Cianuro de Sodio.

Los Mineros Informales Procesan los minerales de Oro en forma artesanal, en una primera etapa aplican la amalgamación Directa con el uso del Mercurio, en estudio anterior se Propuso Tecnología Limpia que elimina el Uso del Mercurio, realizando la Recuperación del Oro gravimétrico sin Contaminar el Medio Ambiente.

El Oro contenido en los Minerales que Extraen y Procesan los Informales, están conformados por el Oro gravimétrico que se recupera en la primera etapa con Tecnología Limpia la Gravimetría y por el Oro No Gravimétrico que se recupera en una segunda etapa del Proceso con la Técnica de Lixiviación del Oro con el Cianuro de Sodio, que es una sustancia Química que Impacta al Medio ambiente y que está considerado como Contaminante en la Legislación Ambiental.

La Lixiviación de Oro o la Cianuración del Oro es una Técnica contaminante, que Impacta el Agua, el suelo y el aire, se producen pasivos ambientales por doquier, porque los Informales realizan esta actividad en cualquier lugar y cuando culminan dejan montículos de relaves que conforman los Pasivos Ambientales.

El Uso indiscriminado del Cianuro, en la Lixiviación de Oro origina fuertes Impactos ambientales, se producen los complejos del Cianuro en los Residuos líquidos y sólidos, que quedan impregnados en concentraciones que superan las exigencias ambientales en cuanto al Cianuro total.

El Problema fundamental es que el cianuro de sodio, no solo disuelve al Oro, sino disuelve a otros metales y compuestos, que están presentes en los minerales, originándose significativos complejos cianurados de varios metales, así como de varios compuestos.

De acuerdo a los balances del consumo de Cianuro con respecto al oro es mínimo, el mayor porcentaje de consumo se da con otros elementos o compuestos, durante la Lixiviación del Oro, es posible minimizar estos consumos, pero lo que no se puede Evitar son los Impactos que se originan durante este Proceso de recuperación de Oro.

La Minería Informal, no sigue Procedimientos de Calidad para los Procesos de Cianuración de Oro y menos de Seguridad y medio

ambiente, por esta razón que los Impactos que ocasiona durante sus operaciones son diversos, con respecto a los residuos no son encapsulados y son vertidos al medio ambiente, convirtiéndose en Pasivos ambientales, que es uno de los principales problemas que tiene el País.

Sus Operaciones de Proceso la realizan en cualquier lugar que se proponen hacerlo, dejando los residuos o relaves dispersos y expuestos a contaminación ambiental, así mismo toda su infraestructura artesanal que han utilizado para sus Procesos, su actividad es de Procesos Bacth y de Descarte, en la práctica los abandonan y migran a otros lugares.

La Falta de Conocimiento de los Procesos de Beneficio del Oro, así como la Investigación de Tecnologías limpias, son la causa principal de los Impactos Negativos al Medio ambiente, es prioritario realizar Estudios y/o evaluaciones de los Procesos alternativos para recuperar el Oro, y se pueda realizar una Actividad Minera sostenible, y que NO Impacte al Medio Ambiente y al ser humano.

2.2 FORMULACION DEL PROBLEMA

2.2.1 PROBLEMA GENERAL

¿De qué Manera, aplicando TECNOLOGIA LIMPIA la Flotación de Espumas como alternativa a la Técnica de la Cianuración de Oro, INFLUYE en PREVENIR Y MITIGAR la **Contaminación Ambiental** originada por el Uso Inadecuado e Indiscriminado del Cianuro de sodio en el Procesamiento de los minerales de Oro en la actividad Minera Informal del Perú?

2.2.1 PROBLEMA ESPECIFICO

¿De qué Manera, aplicando Zantato Amílico de Potasio y Aceite de Pino en La Flotación de Espumas como alternativa al Cianuro de Sodio en la Cianuración de Oro, INFLUYE en PREVENIR Y MITIGAR la **Contaminación Ambiental** originada por el Uso Inadecuado e Indiscriminado del Cianuro de sodio en el Procesamiento de los minerales de Oro en la actividad Minera Informal del Perú?

2.3 JUSTIFICACION E IMPORTANCIA DE LA INVESTIGACION

2.3.1 JUSTIFICACION DE LA INVESTIGACION

La Actividad Minera Informal del Oro se ha extendido a lo largo y ancho del País, soluciona la economía de miles de familias que se dedican a esta actividad y al crecimiento económico del entorno de estas actividades.

La Técnica de la Lixiviación Básica o Cianuración para recuperar el Oro con el uso del Cianuro de Sodio es un Proceso metalúrgico de alto costo y de fuerte contaminación al medio ambiente, actualmente esta Minería Informal tal como se está realizando ha sido declarada ilegal y es intervenida con Interdicciones en varios lugares del País.

Los Mineros Informales Dependen de esta Actividad Informal, son miles de familias que Subsisten realizando la Extracción y Procesos de los Minerales de Oro, si el Estado No les permite realizar sus Operaciones, quedarían sin "Trabajo", Ya está

ocurriendo en diversos lugares Intervenciones o Interdicciones Violentas con Voladuras de Maquinarias, equipos y Campamentos. De ahí que se Justifica Urgente Propuestas de Tecnología Limpia que NO Impacten el Medio Ambiente.

2.3.2 IMPORTANCIA DE LA INVESTIGACION

El número de Personas involucradas en esta Actividad es significativo, la Minería Pequeña de la Extracción de Minerales y su respectivo Proceso Contaminante la Cianuración, se da a lo largo y ancho del territorio Nacional, especialmente en el Norte y Sur del Perú, el denominado Batolito de la costa.

De ahí la Importancia del presente estudio que buscará alternativas viables para darle una solución integral al problema de contaminación ambiental por el Cianuro de sodio y sus Impactos que Produce, y se haga una Minería sostenible sin Contaminar el Medio ambiente.

2.4 OBJETIVOS DE LA INVESTIGACION

2.4.1 OBJETIVOS GENERALES

Realizar una actividad Minera formal y sostenible del oro con rentabilidad y sin contaminar el medio ambiente; aplicando correctamente las tecnologías de proceso de recuperación del oro como la Tecnología Limpia de la Concentración por flotación de Espumas, Previniendo Impactos ambientales que contaminen el medio ambiente, para realizar una Pequeña Minería Sostenible.

2.4.2 OBJETIVOS ESPECIFICOS

Implementar la Tecnología Limpia de la Concentración por Flotación de Espumas para el Procesamiento de los minerales de oro en la Minería Informal del Perú.

Capacitar al Minero informal en la Técnica de la Concentración por Flotación de Espumas en los Procesos de Recuperación del Oro No Gravimétrico.

Capacitar al Minero Informal en el Manejo de los Residuos sólidos y líquidos, así como el Material particulado, y el Ruido en el Procesamiento de los Minerales de Oro para No producir Impactos Ambientales.

II.5 HIPOTESIS DE LA INVESTIGACION

“Aplicando TECNOLOGIA LIMPIA como alternativa a la Técnica de la Cianuración de Oro, INFLUYE en PREVENIR Y MITIGAR la **Contaminación Ambiental** originada por el Uso inadecuado e Indiscriminado del Cianuro de Sodio en el Procesamiento de los minerales de Oro en la Actividad Minera Informal del Perú”.

II.6 VARIABLES DE LA INVESTIGACION

II.6.1 IDENTIFICACION DE VARIABLES

VARIABLE INDEPENDIENTE

“TECNOLOGIA LIMPIA la Flotación de Espumas como alternativa a la Técnica de la Cianuración de Oro que Impacta al medio ambiente por el Uso inadecuado e Indiscriminado del Cianuro de sodio en el Procesamiento de los minerales de oro”

VARIABLE DEPENDIENTE

“PREVENIR Y MITIGAR la **Contaminación Ambiental** originada por la Técnica de la Cianuración de Oro, utilizada en el Procesamiento de los Minerales de Oro por la Minería Informal en el Perú”

II.6.2 OPERACIONALIZACION DE VARIABLES

VARIABLE INDEPENDIENTE	INDICADORES	INDICES
<p>“TECNOLOGIA LIMPIA la Flotación de Espumas como alternativa a la Técnica de la Cianuración de Oro que Impacta al medio ambiente por el Uso inadecuado e Indiscriminado del Cianuro de sodio en el Procesamiento de los minerales de oro”</p>	<p>IMPACTOS</p> <ul style="list-style-type: none"> • Contaminación por material particulado de mineral. • Contaminación por ruido de maquinarias • Contaminación por Cianuro Total en el agua y en el suelo. • Contaminación por Cianuro libre en el agua y en el suelo • Contaminación por el Gas Cianhídrico en el Aire. 	<p>IMPACTOS</p> <ul style="list-style-type: none"> • Material particulado de mineral con valores menores a 10 micras • Ruidos por maquinaria hasta 250 decibeles. • Concentraciones de 1200 ppm de Cianuro total. • Concentraciones de 500 ppm de Cianuro Libre. • Concentraciones de 20 ppm de gas cianhídrico.

VARIABLE DEPENDIENTE	INDICADORES	INDICES
<p>“PREVENIR Y MITIGAR la Contaminación Ambiental originada por la Técnica de la Cianuración de Oro, utilizada en el Procesamiento de los Minerales de Oro por la Minería Informal en el Perú”</p>	<p>PREVENCIÓN AL MEDIO AMBIENTE</p> <ul style="list-style-type: none"> • Captación del con partículas de las campanas extractoras • Mitigar el ruido encerrando herméticamente la maquinaria: Chancadoras y Molinos • No se utiliza Cianuro en el Proceso de Concentración por Flotación de Espumas cargadas de Oro. 	<p>PREVENCIÓN DEL MEDIO AMBIENTE</p> <ul style="list-style-type: none"> • Encapsulamiento de mineral particulado menor a 10 micras. • Minimizar la generación de ruido a valores menores a 50 decibeles. • No hay impactos por Cianuro de sodio que afecten al ser humano, al suelo, al aire ni al agua.

CAPITULO III

METODOLOGIA DE LA INVESTIGACION

III.1 TIPO NIVEL Y DISEÑO DE LA INVESTIGACION

III.1.1 TIPO DE LA INVESTIGACION

El presente estudio reúne las condiciones de una Investigación Científica y Aplicada.

Se utilizan conocimientos de las ciencias Físicas y Químicas, a fin de aplicarlas como Tecnologías Limpias en el Procesamiento de los minerales de oro sin impactar el medio ambiente.

III.1.2 NIVEL DE LA INVESTIGACION

El presente estudio reúne las condiciones de una Investigación Explicativa.

El Problema de la Investigación es conocido y tiene una descripción de la misma es necesario la búsqueda de causas y razones para plantear propuestas concretas de solución al Problema como la Contaminación ambiental.

III.1.3 DISEÑO DE LA INVESTIGACION

Es el diseño de una Investigación científica.

El estudio de Investigación tiene un plan o Programa de investigación; tiene una estructura de las operaciones viables y una estrategia o métodos para recopilar o analizar los datos para Validar la Hipótesis.

III.2 POBLACION Y MUESTRA

III.2.1 POBLACION

Los mineros informales que realizan actividad de Procesamiento de Minerales Auríferos que Aplican la Técnica de la Cianuración en sus Diversos Métodos, y que Impacta gravemente al medio ambiente.

Se estima que el número de mineros informales que trabajan en esta actividad son más de 100000 mineros activos que sumados a sus familiares e indirectos deben estar alrededor de 500000 personas.

III.2.2 MUESTRA

Una muestra representativa del Universo de informales sería la Región Ica, que tendría un aproximado de 10000 mineros activos dedicados a esta actividad contaminante.

De acuerdo a las características del mineral y de los yacimientos auríferos del tipo filoneano se estima hasta tres muestras representan a los minerales de oro extraídos y beneficiados por los mineros informales de todo el territorio peruano.

Las tres muestras representativas de mineral provienen de tres distritos mineros: Nazca, Palpa e Ingenio

CAPITULO IV

TECNICAS E INSTRUMENTOS DE LA INVESTIGACION

IV.1. TECNICAS DE RECOLECCION DE DATOS

IV.1.1. INFORMACION BIBLIOGRAFICA

- Se revisa bibliografía confiable como libros, revistas científicas y publicaciones sobre la caracterización y beneficio de los minerales de oro provenientes de los Yacimientos mineros del tipo Filoneano.
- Se revisa información referida al beneficio de los minerales de oro por la Técnica de la Cianuración Convencional, en especial a otras Técnicas que se Aplican para recuperar el Oro

IV.1.2 INFORMACION DE CAMPO

Se recolecta información de campo de los Mineros Informales que Procesan sus Minerales usando la Técnica de la Cianuración.

Se visita las zonas mineras de mayor relevancia y se recolecta información detallada de los procedimientos utilizados por los minerales informales sobre el beneficio de los minerales de oro.

Se visita las tres zonas mineras elegidas para el muestreo representativo, se recolecta la información en casa caso por las diferencias mineralógicas que existen por zona minera.

Se toma muestras representativas de los residuos y efluentes para obtener información del grado de los impactos ambientales producidos en los elementos del medio ambiente y al ser humano

IV.1.3. INFORMACION EXPERIMENTAL

Se caracteriza los minerales de cada zona para conocer sus características mineralógicas.

Se determina la presencia cualitativa y cuantitativa del oro mediante la microscopía y el análisis químico de ensayos al fuego.

Se realiza pruebas Estándar de recuperación de Oro con la Tecnología Contaminante, la Técnica de la Cianuración Convencional.

Se evalúa los efectos contaminantes en los Residuos Líquidos y sólidos producto de los Impactos sufridos por el Cianuro de Sodio

Se realiza Pruebas Estándar de Recuperación de Oro fino con Tecnología Limpia como la Flotación para determinar su performance metalúrgica y sus condiciones de operación.

Se evalúa los efectos contaminantes en los Residuos Líquidos y sólidos producto de los Posibles Impactos sufridos al aplicar la Tecnología Limpia.

Se evalúa Condiciones de Operación como Molienda, los efectos contaminantes en los Residuos Líquidos y sólidos producto de los

Posibles Impactos sufridos al aplicar la Tecnología Limpia.

IV.2. INSTRUMENTOS DE RECOLECCION DE DATOS

IV.2.1 INFORMACION BIBLIOGRAFICA

- Libros que traten sobre las teorías básicas de la Amalgamación directa y a la Gravimetría aplicada a minerales pesados como el oro
- Publicaciones en revistas científicas sobre el tratamiento de oro por el mercurio, así como los impactos producidos por el mercurio.
- El uso del Internet para ubicar trabajos similares desarrollados por investigadores y expuestos en eventos académicos o en eventos de Capacitación de organismos No gubernamentales

IV.2.2 INFORMACION DE CAMPO

- **Entrevistas con cuestionarios de preguntas** a los mineros informales, a los pobladores del entorno de esta actividad contaminante, a las ONG, a las autoridades locales y del sector ambiental
- **Pruebas selectivas** de mediciones, evaluación, o verificación de los impactos ambientales producidos por la amalgamación directa.

- **Muestreo estadístico** para seleccionar las muestras representativas que permitan una mayor confianza.
- **Evaluaciones analíticas** por absorción atómica para determinar las concentraciones del mercurio en los impactos ambientales producidos por este elemento contaminante durante el beneficio de los minerales de oro.

IV.2.3. INFORMACION EXPERIMENTAL

- Para caracterizar las muestras se utiliza el microscopio electrónico.
- Para análisis cuantitativo de las muestras se utiliza el espectrofotómetro de masas y el equipo de rayos X.
- Para preparación mecánica de las muestras se utiliza chancadoras y molinos de laboratorio.
- Para análisis granulométrico se requiere un juego de mallas de diversos tamaños de partícula.
- Para las Pruebas Experimentales de Cianuración se realiza en Agitadores Mecánicos de laboratorio.
- Para las Pruebas Experimentales de Flotación se realiza en Celdas de Flotación de laboratorio

IV.3. TECNICAS DE PROCESAMIENTO DE DATOS

IV.3.1 ANALISIS DE LA DOCUMENTACION

- **Revisión** de la bibliografía
- **Seleccionar las teorías** relacionadas con el Problema y la hipótesis
- **Analizar las teorías** de la amalgamación directa y la gravimetría
- **Interpretar las teorías** o fenómenos físicos y/o químicos que ocurren en el Procesamiento de los minerales de oro, así como en los Impactos ambientales.

IV.3.2. INFORMACION DE CAMPO

- **Observar** el Proceso de Cianuración Convencional.
- **Analizar** las etapas del Proceso que impactan al medio ambiente
- **Seleccionar** y tomar muestras representativas de las condiciones de operación que Impactan al medio ambiente
- **Interpretar** los impactos ambientales y determinar el grado de contaminación.

IV.3.3. INFORMACION EXPERIMENTAL

- Los datos experimentales que se obtengan provienen de la Microscopia, de las Pruebas

Experimentales de Cianuración y de las pruebas Experimentales de la Flotación.

- Se tabulan los datos experimentales
- Se grafican los datos experimentales
- Se correlacionan los datos experimentales
- Se Interpreta los datos experimentales correlacionados para contrastar la hipótesis

CAPITULO V

CONTRASTACION DE HIPOTESIS

V.1 HIPOTESIS

“Aplicando TECNOLOGIA LIMPIA como alternativa a la Técnica de la Cianuración de Oro, INFLUYE en PREVENIR Y MITIGAR la **Contaminación Ambiental** originada por el Uso inadecuado e Indiscriminado del Cianuro de Sodio en el Procesamiento de los minerales de Oro en la Actividad Minera Informal del Perú”.

V.2 VARIABLES

V.2.1. Variable Independiente

“TECNOLOGIA LIMPIA como alternativa a la Técnica de la Cianuración de Oro que Impacta al medio ambiente por el Uso inadecuado e Indiscriminado del Cianuro de sodio en el Procesamiento de los minerales de oro”

V.2.2. Variable Independiente

“PREVENIR Y MITIGAR la **Contaminación Ambiental** originada por la Técnica de la Cianuración de Oro, utilizada en el Procesamiento de los Minerales de Oro por la Minería Informal en el Perú”

V.3 CONTRASTACION DE HIPOTESIS

V.3.1. CAUSAS DE CONTAMINACION

- 1.-Aplicar el Proceso de Cianuración Convencional con Cianuro de Sodio en el Procesamiento de los minerales Auríferos para recuperar el oro.
- 2.-El Uso Indiscriminado del Cianuro de Sodio
- 3.-El Uso Inadecuado del Cianuro de Sodio
- 4.-Reacciones Químicas del Cianuro de Sodio en la Formación del Cianuro Libre, de los Complejos de Cianuro Total y del Gas cianhídrico.
- 5.-Condiciones Inseguras por Falta de Protección en el Transporte, Almacenamiento y Manipulación del Cianuro de Sodio.

V.3.2. EFECTOS DE LA CONTAMINACION

- 1.-La Contaminación del Agua que es Impactada por el Cianuro Libre y el Cianuro Total.
- 2.-La Contaminación del Suelo que es Impactada con Sales de Cianuro de Sodio y los Complejos de Cianuro Total
- 3.-La Contaminación del Aire, que es Impactado con el Gas Cianhídrico.
- 3.-La Contaminación del Ser humano por el Cianuro de Sodio y sus Compuestos que se forman durante el Proceso de Cianuración.

V.3.3 TECNOLOGIA LIMPIA

La Principal CAUSA de Contaminación de los elementos del Medio ambiente es el Uso de la Técnica de la Cianuración con el Uso Indiscriminado e Inadecuado e Inseguro del Cianuro de Sodio en el Procesamiento de los Minerales Auríferos para Recuperar el metal Oro.

Hipótesis A

Uso del Cianuro de Sodio

Hipótesis B

Contaminación de Agua, Suelo, Aire y del Ser Humano.

Hipótesis A ----- Hipótesis B

Para que NO ocurra B ----- NO debe ocurrir A

La Propuesta sería Usar una TECNOLOGIA LIMPIA en el Procesamiento de los Minerales Auríferos para Recuperar el Oro.

La TECNOLOGIA LIMPIA Propuesta sería la Tecnología de la Flotación de Espumas sin Usar el Cianuro de Sodio.

Usando el Método Científico someteremos esta Hipótesis a la Verificación para ser Aceptada o Rechazada.

CAPITULO VI

PRESENTACION, INTERPRETACION Y DISCUSION DE RESULTADOS

VI.1. DE LA INFORMACION BIBLIOGRAFICA

- En la bibliografía que adjunto, son los Apuntes, Libros y Publicaciones referidos a la Técnica de Cianuración Convencional y a la Técnica de la Flotación de Espumas, cada uno de estos escritos se refieren a un compendio de algunas experiencias que probablemente se han realizado en otras partes del mundo
- La Bibliografía muestra a la Cianuración Convencional como la Técnica adecuada y de uso común para el Procesamiento de Minerales Auríferos en la recuperación del Oro fino, desde muchos años atrás que se descubre las Propiedades del Cianuro de sodio para Disolver Oro, con las consecuentes Impactos ambientales que a la fecha se conocen.
- En la Revisión Bibliográfica se encuentra los Métodos Gravimétricos como Tecnología Limpia, que son aplicables para los Minerales que contienen Oro Gravimétrico, u oro grueso, quedando para la Cianuración la recuperación del Oro fino, la Aplicación de la cianuración se realiza en Diversos Métodos, como el Heap Leach, el Vat Leach, la Cianuración por Agitación Carbón en Pulpa etc.
- Los Trabajos de Investigación sobre Tecnologías Limpias para el Procesamiento de Minerales de Oro, son escasos, incluso en referencia a otros Procesos Industriales, todos los Trabajos, estudios y

evaluaciones están referidas a Mitigar o Prevenir el Impacto Ambiental proponiendo Procesos Regenerativos, o de Descontaminación de las Sustancias Contaminantes del Agua, suelo y Aire.

- En Síntesis, se prioriza la Gestión Ambiental sobre la búsqueda de soluciones en las Tecnologías Limpias.

VI.2 DE LA INFORMACION DE CAMPO

- En todo el Batolito de la Costa se han Instalado cientos de Actividades Mineras del modelo Informal para Beneficiar el Oro, con el Método de Vat-Leach de preferencia, más adecuado al Sistema Artesanal que están acostumbrados los Informales y está al alcance de su economía.
- Se han tomado Datos de Campo de cada una de las Actividades relacionadas al Procesamientos de los Minerales Auríferos en la recuperación del Oro, así como todos los Puntos clave del Procesos que ocasiona Impactos Ambientales del aire, suelo y agua por el uso del Cianuro de sodio.
- El Minero Informal, va aprendiendo la Técnica, copiando a sus Vecinos, sin el asesoramiento de los Profesionales Metalurgistas, por lo que su aplicación es Inadecuada respecto al Cianuro de Sodio, agregando cantidades exageradas del reactivo peligroso, así como el manejo inadecuado, ocasionando peligro y daño al Ser humano y al Medio Ambiente.
- Los puntos de mayor impacto en el proceso de Cianuración se encuentran en la Molienda en seco en la alta producción de fino o Material Particulado, similar

contaminación se da con la Cal y el Cemento usados en el Proceso en la etapa de Aglomeración, a esto se suma a esto se suma el Ruido que Impacta negativamente al ser humano.

- El Impacto Ambiental en los elementos del Medio ambiente se da en la Adición de la solución cianurada para realizar el Proceso de Disolución del Oro, se forman los complejos de Cianuro o cianuro Total de otros elementos químicos como el Cobre, fierro, plomo o zinc, además se forma el gas Cianhídrico y queda significativas cantidades de Cianuro Libre, todos estos Compuestos del Cianuro Sobrepasan los Límites Máximos permisibles que la Legislación Ambiental
- La Minería Informal NO Gestiona, Ni tiene los Permisos Ambientales que Exige la Ley en sus Operaciones Metalúrgicas como es el Tratamiento de Minerales auríferos para recuperar el Oro con el Cianuro de sodio, se incluye que No practican procedimientos para el Traslado, Almacenaje y Manipulación del cianuro de sodio, esta falta de prácticas de Prevención, Agrava el Problema de Impactos ambientales, generándose más Daño al Medio Ambiente y en especial al Ser Humano.
- Aún en la Minería Formal, en la Pequeña, Mediana y Gran minería, se dan los Impactos ambientales en menos efecto, por las Practicas y Procedimientos ambientales que exige la Ley, pero que Afectan el Medio ambiente es Innegable.

VI.3 DE LA INFORMACION EXPERIMENTAL

TECNOLOGIA CONTAMINANTE

Con las Muestras representativas de tres zonas mineras como son: Ingenio, Nazca y Palpa, se someten las muestras a las Pruebas de Cianuración convencional para Verificar los Impactos ambientales producidos por el Cianuro de sodio.

Tal como Proceden los Informales en cada Zona, se utiliza las mismas condiciones de operación usadas por los Informales.

VI.3.1. DE LOS MINERALES DE INGENIO

1. Mineralogía

Son minerales compuestos principalmente por sílice y óxidos de fierro, limonitas, hematites y magnetitas, presencia mínima de piritas, carbonatos y aluminatos en poca proporción. Se observa oro libre Fino u oro libre no gravimétrico. Mínima presencia de galena y óxidos de plomo.

2. Análisis del Mineral

LEY DE ORO	18.0 Gr/TM
-------------------	-------------------

3. Prueba Estándar de Cianuración Vat Leach

CUADRO 1: CONDICIONES DE OPERACION

RUBRO	CONDICION
Mineral	5 kg
Molienda	50% malla -200
Dilución	1/2
Cemento	20 kg/TM

PH	12
Humedad Pellet	22%
Cianuro de sodio	2.0 Kg/TM
Tiempo: Curado	2 días
Tiempo: Lixiviación	5 días
Carbón activado	5 gramos
Tiempo de Absorción	10 minutos
Flujo de la solución	200 ml/minuto

Esta Prueba se realiza con similitud a las desarrolladas en la Práctica por los Mineros Informales de fuertes Impactos ambientales por el Cianuro de Sodio.

CUADRO 2: BALANCE METALURGICO DEL ORO

Producto	Peso gr	Au g/t	mgr Au	% Rec Au
Cab. Exp.	5000	18.0		
Carbón rico	7.8	9.2	71.8	77.4
Relave	5000	4.2	21.0	
Cab. Calc.	5000	18.6	92.8	

De acuerdo al balance metalúrgico, alcanzamos una recuperación de 77.4 % del oro con el cianuro de sodio, y los residuos quedan impactados.

CUADRO 3: CONCENTRACIONES DE CIANURO

ELEMENTO	Cianuro Libre ppm	Cianuro Total ppm
Líquidos	1250	1680
Sólidos	280	360

Los Residuos Líquidos y sólidos quedan Impactados con altas Concentraciones de Cianuro Libre y Cianuro Total.

4. Prueba de Cianuración con Cianuro 1 Kg/TM

CUADRO 4: CONDICIONES DE OPERACION

RUBRO	CONDICION
Mineral	5 kg
Molienda	50% malla -200
Dilución	1/2
Cemento	20 kg/TM
PH	12
Humedad Pellet	22%
Cianuro de sodio	1.0 Kg/TM
Tiempo: Curado	2 días
Tiempo: Lixiviación	5 días
Carbón activado	5 gramos
Tiempo de Absorción	10 minutos
Flujo de la solución	200 ml/minuto

Esta Prueba se realiza con similitud a las desarrolladas en la Práctica por los Mineros Informales de fuertes Impactos ambientales, disminuyendo a 1 Kg/TM de Cianuro de Sodio.

CUADRO 5: BALANCE METALURGICO DEL ORO

Producto	Peso gr	Au g/t	mgr Au	% Rec Au
Cab. Exp.	5000	18.0		
Carbón rico	7.8	9.3	72.5	78.0
Relave	5000	4.1	20.5	
Cab. Calc.	5000	18.6	93.0	

De acuerdo al balance metalúrgico, alcanzamos una recuperación de 78.4 % del oro, similar al anterior, pero con menor cantidad de cianuro de sodio, y los residuos quedan Impactados.

CUADRO 6: CONCENTRACIONES DE CIANURO

ELEMENTO	Cianuro Libre ppm	Cianuro Total ppm
Líquidos	1050	1420
Sólidos	220	290

5. Prueba de Cianuración con Cianuro 0.5 Kg/TM

CUADRO 7: CONDICIONES DE OPERACION

RUBRO	CONDICION
Mineral	5 kg
Molienda	50% malla -200
Dilución	1/2
Cemento	20 kg/TM
PH	12
Humedad Pellet	22%
Cianuro de sodio	0.5 Kg/TM
Tiempo: Curado	2 días
Tiempo: Lixiviación	5 días
Carbón activado	5 gramos
Tiempo de Absorción	10 minutos
Flujo de la solución	200 ml/minuto

Esta Prueba se realiza con similitud a las desarrolladas en la Práctica por los Mineros Informales de fuertes Impactos ambientales, disminuyendo a 0.5 Kg/TM de Cianuro de Sodio.

CUADRO 8: BALANCE METALURGICO DEL ORO

Producto	Peso gr	Au g/t	mgr Au	% Rec Au
Cab. Exp.	5000	18.0		
Carbón rico	7.8	9.1	71.0	78.1
Relave	5000	4.0	20.0	
Cab. Calc.	5000	18.2	93.0	

De acuerdo al balance metalúrgico, alcanzamos una recuperación de 78.1 % del oro, similar al anterior, pero con menor cantidad de cianuro de sodio, y los residuos quedan Impactados.

CUADRO 9: CONCENTRACIONES DE CIANURO

ELEMENTO	Cianuro Libre ppm	Cianuro Total ppm
Líquidos	850	1150
Sólidos	120	160

VI.3.2 DE LOS MINERALES DE NAZCA

1. Mineralogía

Son minerales compuestos principalmente por óxidos de fierro, limonitas, hematites y magnetitas, en menor proporción sílice, casi no hay piritas, carbonatos y aluminatos en regular proporción. Se observa oro libre gravimétrico y oro libre no gravimétrico. Mínima presencia de minerales sulfurados de cobre y plomo.

2. Análisis del Mineral

LEY DE ORO	15.0 Gr/TM
-------------------	-------------------

6. Prueba Estándar de Cianuración Vat Leach

CUADRO 10: CONDICIONES DE OPERACION

RUBRO	CONDICION
Mineral	5 kg
Molienda	50% malla -200
Dilución	1/2
Cemento	20 kg/TM
PH	12
Humedad Pellet	22%
Cianuro de sodio	2.0 Kg/TM
Tiempo: Curado	2 días
Tiempo: Lixiviación	5 días

Carbón activado	5 gramos
Tiempo de Absorción	10 minutos
Flujo de la solución	200 ml/minuto

Esta Prueba se realiza con similitud a las desarrolladas en la Práctica por los Mineros Informales de fuertes Impactos ambientales por el Cianuro de Sodio.

CUADRO 11: BALANCE METALURGICO DEL ORO

Producto	Peso gr	Au g/t	mgr Au	% Rec Au
Cab. Exp.	5000	15.0		
Carbón rico	7.1	8.1	57.5	75.2
Relave	5000	3.8	19.0	
Cab. Calc.	5000	15.3	75.5	

De acuerdo al balance metalúrgico, alcanzamos una recuperación de 75.2 % del oro con el cianuro de sodio, y los residuos quedan impactados.

CUADRO 12: CONCENTRACIONES DE CIANURO

ELEMENTO	Cianuro Libre ppm	Cianuro Total ppm
Líquidos	1410	1780
Sólidos	310	430

Los Residuos Líquidos y sólidos quedan Impactados con altas Concentraciones de Cianuro Libre y Cianuro Total.

7. Prueba de Cianuración con Cianuro 1 Kg/TM

CUADRO 13: CONDICIONES DE OPERACION

RUBRO	CONDICION
Mineral	5 kg
Molienda	50% malla -200
Dilución	1/2

Cemento	20 kg/TM
PH	12
Humedad Pellet	22%
Cianuro de sodio	1.0 Kg/TM
Tiempo: Curado	2 días
Tiempo: Lixiviación	5 días
Carbón activado	5 gramos
Tiempo de Absorción	10 minutos
Flujo de la solución	200 ml/minuto

Esta Prueba se realiza con similitud a las desarrolladas en la Práctica por los Mineros Informales de fuertes Impactos ambientales, disminuyendo a 1 Kg/TM de Cianuro de Sodio.

CUADRO 14: BALANCE METALURGICO DEL ORO

Producto	Peso gr	Au g/t	mgr Au	% Rec Au
Cab. Exp.	5000	15.0		
Carbón rico	7.4	7.9	58.7	76.5
Relave	5000	3.6	18.0	
Cab. Calc.	5000	15.3	76.7	

De acuerdo al balance metalúrgico, alcanzamos una recuperación de 76.5 % del oro, similar al anterior, pero con menor cantidad de cianuro de sodio, y los residuos quedan Impactados.

CUADRO 15: CONCENTRACIONES DE CIANURO

ELEMENTO	Cianuro Libre ppm	Cianuro Total ppm
Líquidos	1180	1470
Solidos	240	310

8. Prueba de Cianuración con Cianuro 0.5 Kg/TM

CUADRO 16: CONDICIONES DE OPERACION

RUBRO	CONDICION
Mineral	5 kg
Molienda	50% malla -200
Dilución	1/2
Cemento	20 kg/TM
PH	12
Humedad Pellet	22%
Cianuro de sodio	0.5 Kg/TM
Tiempo: Curado	2 días
Tiempo: Lixiviación	5 días
Carbón activado	5 gramos
Tiempo de Absorción	10 minutos
Flujo de la solución	200 ml/minuto

Esta Prueba se realiza con similitud a las desarrolladas en la Práctica por los Mineros Informales de fuertes Impactos ambientales, disminuyendo a 0.5 Kg/TM de Cianuro de Sodio.

CUADRO 17: BALANCE METALURGICO DEL ORO

Producto	Peso gr	Au g/t	mgr Au	% Rec Au
Cab. Exp.	5000	15.0		
Carbón rico	7.8	9.3	72.5	77.0
Relave	5000	4.1	20.5	
Cab. Calc.	5000	18.6	93.0	

De acuerdo al balance metalúrgico, alcanzamos una recuperación de 77.0 % del oro, similar al anterior, pero con menor cantidad de cianuro de sodio, y los residuos quedan Impactados.

CUADRO 18: CONCENTRACIONES DE CIANURO

ELEMENTO	Cianuro Libre ppm	Cianuro Total ppm
Líquidos	870	920
Sólidos	180	210

VI.3.3 DE LOS MINERALES DE PALPA

1. Mineralogía

Son minerales compuestos principalmente por sílice y óxidos de fierro, limonitas, hematites y magnetitas, presencia significativa de piritas, carbonatos y aluminatos en regular proporción. Se observa oro libre gravimétrico y oro libre no gravimétrico. Presencia de galena y óxidos de plomo.

2. Análisis Químico del Mineral

LEY DE ORO	14.0 Gr/TM
-------------------	-------------------

9. Prueba Estándar de Cianuración Vat Leach

CUADRO 19: CONDICIONES DE OPERACION

RUBRO	CONDICION
Mineral	5 kg
Molienda	50% malla -200
Dilución	1/2
Cemento	20 kg/TM
PH	12
Humedad Pellet	22%
Cianuro de sodio	2.0 Kg/TM
Tiempo: Curado	2 días
Tiempo: Lixiviación	5 días

Carbón activado	5 gramos
Tiempo de Absorción	10 minutos
Flujo de la solución	200 ml/minuto

Esta Prueba se realiza con similitud a las desarrolladas en la Práctica por los Mineros Informales de fuertes Impactos ambientales por el Cianuro de Sodio.

CUADRO 20: BALANCE METALURGICO DEL ORO

Producto	Peso gr	Au g/t	mgr Au	% Rec Au
Cab. Exp.	5000	14.0		
Carbón rico	6.8	8.4	57.1	73.7
Relave	5000	3.9	19.5	
Cab. Calc.	5000	15.3	76.6	

De acuerdo al balance metalúrgico, alcanzamos una recuperación de 73.7 % del oro con el cianuro de sodio, y los residuos quedan impactados.

CUADRO 21: CONCENTRACIONES DE CIANURO

ELEMENTO	Cianuro Libre ppm	Cianuro Total ppm
Líquidos	1250	1520
Sólidos	300	310

Los Residuos Líquidos y sólidos quedan Impactados con altas Concentraciones de Cianuro Libre y Cianuro Total.

10. Prueba de Cianuración con Cianuro 1 Kg/TM

CUADRO 22: CONDICIONES DE OPERACION

RUBRO	CONDICION
Mineral	5 kg
Molienda	50% malla -200
Dilución	1/2

Cemento	20 kg/TM
PH	12
Humedad Pellet	22%
Cianuro de sodio	1.0 Kg/TM
Tiempo: Curado	2 días
Tiempo: Lixiviación	5 días
Carbón activado	5 gramos
Tiempo de Absorción	10 minutos
Flujo de la solución	200 ml/minuto

Esta Prueba se realiza con similitud a las desarrolladas en la Práctica por los Mineros Informales de fuertes Impactos ambientales, disminuyendo a 1 Kg/TM de Cianuro de Sodio.

CUADRO 23: BALANCE METALURGICO DEL ORO

Producto	Peso gr	Au g/t	mgr Au	% Rec Au
Cab. Exp.	5000	14.0		
Carbón rico	7.8	7.3	52.5	77.3
Relave	5000	4.1	20.5	
Cab. Calc.	5000	14.3	73.0	

De acuerdo al balance metalúrgico, alcanzamos una recuperación de 77.3 % del oro, similar al anterior, pero con menor cantidad de cianuro de sodio, y los residuos quedan Impactados.

CUADRO 24: CONCENTRACIONES DE CIANURO

ELEMENTO	Cianuro Libre ppm	Cianuro Total ppm
Líquidos	1130	1470
Sólidos	240	350

11. Prueba de Cianuración con Cianuro 0.5 Kg/TM

CUADRO 25: CONDICIONES DE OPERACION

RUBRO	CONDICION
Mineral	5 kg
Molienda	50% malla -200
Dilución	1/2
Cemento	20 kg/TM
PH	12
Humedad Pellet	22%
Cianuro de sodio	0.5 Kg/TM
Tiempo: Curado	2 días
Tiempo: Lixiviación	5 días
Carbón activado	5 gramos
Tiempo de Absorción	10 minutos
Flujo de la solución	200 ml/minuto

Esta Prueba se realiza con similitud a las desarrolladas en la Práctica por los Mineros Informales de fuertes Impactos ambientales, disminuyendo a 0.5 Kg/TM de Cianuro de Sodio.

CUADRO 26: BALANCE METALURGICO DEL ORO

Producto	Peso gr	Au g/t	mgr Au	% Rec Au
Cab. Exp.	5000	14.0		
Carbón rico	7.8	7.3	52.5	76.5
Relave	5000	4.1	20.5	
Cab. Calc.	5000	14.2	73.0	

De acuerdo al balance metalúrgico, alcanzamos una recuperación de 76.5 % del oro, similar al anterior, pero con menor cantidad de cianuro de sodio, y los residuos quedan Impactados.

CUADRO 27 CONCENTRACIONES DE CIANURO

ELEMENTO	Cianuro Libre ppm	Cianuro Total ppm
Líquidos	690	1130
Sólidos	160	210

VI.3.4 DEL COMPÓSITO DE LOS MINERALES

1. Mineralogía

El Composito de los minerales de oro de las tres zonas representativas están compuestos por sílice de mayor presencia, óxidos de fierro de presencia intermedia, ganga carbonatos y aluminatos y en menor proporción los sulfuros: Piritas y galenas. Se observa oro libre fino u oro libre no gravimétrico.

2. Análisis del Mineral

LEY DE ORO	16.0 Gr/TM
------------	------------

3. Prueba Estándar de Cianuración Vat Leach

CUADRO 19: CONDICIONES DE OPERACION

RUBRO	CONDICION
Mineral	5 kg
Molienda	50% malla -200
Dilución	1/2
Cemento	20 kg/TM
PH	12
Humedad Pellet	22%
Cianuro de sodio	0.5 Kg/TM
Tiempo: Curado	2 días
Tiempo: Lixiviación	5 días
Carbón activado	5 gramos

Tiempo de Absorción	10 minutos
Flujo de la solución	200 ml/minuto

Esta Prueba se realiza con similitud a las desarrolladas en la Práctica por los Mineros Informales de fuertes Impactos ambientales por el Cianuro de Sodio.

Se toma el consumo de cianuro de Sodio más bajo, que tenga menos Impacto en el agua y en el suelo, los resultados de recuperación en oro son similares a diferentes concentraciones de Cianuro de sodio.

CUADRO 20: BALANCE METALURGICO DEL ORO

Producto	Peso gr	Au g/t	mgr Au	% Rec Au
Cab. Exp.	5000	16.0		
Carbón rico	7.6	8.1	61.6	76.9
Relave	5000	3.7	18.5	
Cab. Calc.	5000	16.0	80.1	

De acuerdo al balance metalúrgico, alcanzamos una recuperación de 76.9 % del oro con el consumo más bajo de Cianuro de sodio, y los residuos quedan impactados.

CUADRO 21: CONCENTRACIONES DE CIANURO

ELEMENTO	Cianuro Libre ppm	Cianuro Total ppm
Líquidos	1020	1390
Sólidos	220	330

Los Residuos Líquidos y sólidos quedan Impactados con altas Concentraciones de Cianuro Libre y Cianuro Total.

No se ha realizado pruebas con diferentes moliendas, porque el objetivo del presente estudio es Determinar el Grado de contaminación del agua y el suelo por el

cianuro de sodio, la contaminación del aire es mínima por Hidrolisis del cianuro.

Los valores del cianuro libre y del cianuro total están largamente por encima de los LMP que la Legislación vigente señala, se deben implementar Procesos de descontaminación de Efluentes y de residuos sólidos.

TECNOLOGIA LIMPIA

Con las Muestras representativas de tres zonas mineras como son: Ingenio, Nazca y Palpa, se someten las muestras a las Pruebas de Flotación de Espumas como el Proceso alternativo de Tecnología Limpia.

Los Parámetros de Operación para evaluar estarán en función a la Performance Metalúrgica de recuperación del Oro, en comparación con los obtenidos en la Cianuración convencional.

La Viabilidad económica del Proceso de flotación de espuma está directamente relacionada a la Viabilidad Ambiental del Proceso de Recuperación del Oro con Tecnología Limpia.

VI.3.5 PRUEBAS ESTANDAR CON FLOTACION DE ESPUMAS.

1. DE LOS MINERALES DE INGENIO

1.1 Mineralogía

Son minerales compuestos principalmente por sílice y óxidos de fierro, limonitas, hematites y magnetitas, presencia mínima de piritas, carbonatos y aluminatos en poca proporción. Se observa oro libre Fino u oro libre no gravimétrico. Mínima presencia de galena y óxidos de plomo.

1.2 Análisis del Mineral

LEY DE ORO	18.0 Gr/TM
-------------------	-------------------

1.3 Condiciones de Operación en la flotación

CUADRO 22: CONDICIONES DE OPERACION

RUBRO	CONDICION
Mineral	1 kg
Molienda	50% malla -200
RPM	1200
Dilución	2/1
PH	Neutro
Cal	0
Zantato	10 gr/TM
Espumante	5 gr/TM
Tiempo Flotación	3 minutos

Esta Prueba Estándar se realiza en las mismas condiciones de molienda que las pruebas de cianuración Convencional, para comparar.

CUADRO 23: BALANCE METALURGICO DEL ORO

Producto	Peso gr	Ley Au	% Rec Au	RATIO
Cab. Exp.	1000	18.0		
Concentrado	48	250	64.3	20.8
Relave	952	7.0		
Cab. Calc.	1000	18.7		

De acuerdo al balance metalúrgico, alcanzamos una recuperación de 64.3 % del oro, mediante la Flotación de Espumas y no hay Impactos ambientales por el uso de reactivos de flotación. No se usa cianuro de sodio en todas las pruebas

2. DE LOS MINERALES DE NAZCA

2.1 Mineralogía

Son minerales compuestos principalmente por óxidos de fierro, limonitas, hematites y magnetitas, en menor proporción sílice, casi no hay piritas, carbonatos y aluminatos en regular proporción. Se observa oro libre gravimétrico y oro libre no gravimétrico. Mínima presencia de minerales sulfurados de cobre y plomo.

2.2 Análisis del Mineral

LEY DE ORO	15 Gr/TM
------------	----------

2.3 Condiciones de Operación en la flotación

CUADRO 24: CONDICIONES DE OPERACION

RUBRO	CONDICION
Mineral	1 kg
Molienda	50% malla -200
RPM	1200
Dilución	2/1
PH	Neutro
Cal	0
Zantato	10 gr/TM
Espumante	5 gr/TM
Tiempo Flotación	3 minutos

Esta Prueba Estándar se realiza en las mismas condiciones de molienda que las pruebas de cianuración Convencional, para comparar.

CUADRO 25: BALANCE METALURGICO DEL ORO

Producto	Peso gr	Ley Au	% Rec Au	RATIO
Cab. Exp.	1000	15.0		
Concentrado	42	225	62.2	23.8
Relave	958	6.0		
Cab. Calc.	1000	15.2		

De acuerdo al balance metalúrgico, alcanzamos una recuperación de 62.2 % del oro, mediante la Flotación de Espumas y no hay Impactos ambientales por el uso de reactivos de flotación. No se usa cianuro de sodio en todas las pruebas

3. DE LOS MINERALES DE PALPA

3.1 Mineralogía

Son minerales compuestos principalmente por sílice y óxidos de fierro, limonitas, hematites y magnetitas, presencia significativa de piritas, carbonatos y aluminatos en regular proporción. Se observa oro libre gravimétrico y oro libre no gravimétrico. Presencia de galena y óxidos de plomo.

3.2 Análisis del Mineral

LEY DE ORO	15	Gr/TM
-------------------	-----------	--------------

3.3 Condiciones de Operación en la flotación

CUADRO 26: CONDICIONES DE OPERACION

RUBRO	CONDICION
Mineral	1 kg
Molienda	50% malla -200
RPM	1200
Dilución	2/1

PH	Neutro
Cal	0
Zantato	10 gr/TM
Espumante	5 gr/TM
Tiempo Flotación	3 minutos

Esta Prueba Estándar se realiza en las mismas condiciones de molienda que las pruebas de cianuración Convencional, para comparar.

CUADRO 27: BALANCE METALURGICO DEL ORO

Producto	Peso gr	Ley Au	% Rec Au	RATIO
Cab. Exp.	1000	14.0		
Concentrado	42	210	62.6	23.8
Relave	958	5.5		
Cab. Calc.	1000	14.1		

De acuerdo al balance metalúrgico, alcanzamos una recuperación de 62.6 % del oro, mediante la Flotación de Espumas y no hay Impactos ambientales por el uso de reactivos de flotación. No se usa cianuro de sodio en todas las pruebas

4. DE LOS MINERALES COMPOSITO

4.1 Mineralogía

El Composito de los minerales de oro de las tres zonas representativas están compuestos por sílice de mayor presencia, óxidos de fierro de presencia intermedia, ganga carbonatos y aluminatos y en menor proporción los sulfuros: Piritas y galenas. Se observa oro libre fino u oro libre no gravimétrico.

4.2 Análisis del Mineral

LEY DE ORO	16	Gr/TM
------------	----	-------

4.3 Condiciones de Operación en la flotación

CUADRO 28: CONDICIONES DE OPERACION

RUBRO	CONDICION
Mineral	1 kg
Molienda	50% malla -200
RPM	1200
Dilución	2/1
PH	Neutro
Cal	0
Zantato	10 gr/TM
Espumante	5 gr/TM
Tiempo Flotación	3 minutos

Esta Prueba Estándar se realiza en las mismas condiciones de molienda que las pruebas de cianuración Convencional, para comparar.

CUADRO 29: BALANCE METALURGICO DEL ORO

Producto	Peso gr	Ley Au	% Rec Au	RATIO
Cab. Exp.	1000	16.0		
Concentrado	44	230	63.8	22.7
Relave	956	6		
Cab. Calc.	1000	15.1		

De acuerdo al balance metalúrgico, alcanzamos una recuperación de 63.8 % del oro, mediante la Flotación de Espumas y no hay Impactos ambientales por el uso de reactivos de flotación. No se usa cianuro de sodio en todas las pruebas.

Cada tipo de mineral de diferente zona se comportan en forma similar en la flotación de espumas, con recuperaciones similares en condiciones de operación similares, en el siguiente grupo de pruebas se optimizará el ratio en función a la adición de reactivos, el tiempo de flotación y el PH.

La Performance de recuperación del Oro por Cianuración es 77% en Promedio y por el de Flotación es de 64 % en Promedio, hay que acortar la distancia para optimizar su rentabilidad económica. Pruebas con mayor molienda sería la alternativa.

VI.3.6 PRUEBAS OPTIMIZACION CON FLOTACION DE ESPUMAS.

El Objetivo de estas Pruebas es maximizar el RATIO de concentración por flotación de espumas, y lograr que el peso del concentrado sea el mínimo y la concentración del oro se maximice, no dejando que tenga el concentrado partículas de sulfuros o finos de ganga que no aportan oro.

La Pruebas se realizarán con el Composito que se comporta en forma similar que los minerales de Ingenio, Palpa y Nazca.

En los Concentrados se observa presencia de Piritas, pocos sulfuros de cobre y plomo.

1. OPTIMIZACION DE MOLIENDA

PRUEBA 1: Molienda 55% Malla -200

CUADRO 30: CONDICIONES DE OPERACION

RUBRO	CONDICION
Mineral	1 kg
Molienda	55% malla -200
RPM	1200
Dilución	2/1

PH	Neutro
Cal	0
Zantato	10 gr/TM
Espumante	5 gr/TM
Tiempo Flotación	3 minutos

CUADRO 31: BALANCE METALURGICO DEL ORO

Producto	Peso gr	Ley Au	% Rec Au	RATIO
Cab. Exp.	1000	16.0		
Concentrado	42	260	67.5	23.8
Relave	958	5.5		
Cab. Calc.	1000	16.2		

De acuerdo al balance metalúrgico, alcanzamos una recuperación de 67.5 % del oro, mediante la Flotación de Espumas, se incrementa la recuperación de oro en 2.5% al aplicar una mayor liberación del oro.

PRUEBA 2: Molienda 60% Malla -200

CUADRO 32: CONDICIONES DE OPERACION

RUBRO	CONDICION
Mineral	1 kg
Molienda	60% malla -200
RPM	1200
Dilución	2/1
PH	Neutro
Cal	0
Zantato	10 gr/TM
Espumante	5 gr/TM
Tiempo Flotación	3 minutos

CUADRO 33: BALANCE METALURGICO DEL ORO

Producto	Peso gr	Ley Au	% Rec Au	RATIO
Cab. Exp.	1000	16.0		
Concentrado	45	255	70.6	22.2
Relave	958	5.5		
Cab. Calc.	1000	16.3		

De acuerdo al balance metalúrgico, alcanzamos una recuperación de 70.6 % del oro, mediante la Flotación de Espumas, se incrementa la recuperación de oro en 3.1% al aplicar una mayor liberación del oro.

PRUEBA 3: Molienda 65% Malla -200

CUADRO 34: CONDICIONES DE OPERACION

RUBRO	CONDICION
Mineral	1 kg
Molienda	65% malla -200
RPM	1200
Dilución	2/1
PH	Neutro
Cal	0
Zantato	10 gr/TM
Espumante	5 gr/TM
Tiempo Flotación	3 minutos

CUADRO 35: BALANCE METALURGICO DEL ORO

Producto	Peso gr	Ley Au	% Rec Au	RATIO
Cab. Exp.	1000	16.0		
Concentrado	46	255	72.3	21.7
Relave	954	4.7		
Cab. Calc.	1000	16.2		

De acuerdo al balance metalúrgico, alcanzamos una recuperación de 72.3 % del oro, mediante la Flotación de Espumas, se incrementa la recuperación de oro en 1.7% al aplicar una mayor liberación del oro.

PRUEBA 4: Molienda 70% Malla -200

CUADRO 36: CONDICIONES DE OPERACION

RUBRO	CONDICION
Mineral	1 kg
Molienda	70% malla -200

RPM	1200
Dilución	2/1
PH	Neutro
Cal	0
Zantato	10 gr/TM
Espumante	5 gr/TM
Tiempo Flotación	3 minutos

CUADRO 37: BALANCE METALURGICO DEL ORO

Producto	Peso gr	Ley Au	% Rec Au	RATIO
Cab. Exp.	1000	16.0		
Concentrado	52	225	72.4	21.7
Relave	948	4.7		
Cab. Calc.	1000	16.2		

De acuerdo al balance metalúrgico, alcanzamos una recuperación de 72.4 % del oro, mediante la Flotación de Espumas, no hay incremento significativo de oro al aplicar una mayor liberación del oro.

Las siguientes Pruebas se aplicará una molienda de 65% malla -200, que sería la óptima.

2. OPTIMIZACION DE PH

PRUEBA 1: Medio PH igual a 8

CUADRO 38: CONDICIONES DE OPERACION

RUBRO	CONDICION
Mineral	1 kg
Molienda	65% malla -200
RPM	1200
Dilución	2/1
PH	8
Cal	2.5 kg/TM
Zantato	10 gr/TM
Espumante	5 gr/TM

Tiempo Flotación	3 minutos
------------------	-----------

CUADRO 39: BALANCE METALURGICO DEL ORO

Producto	Peso gr	Ley Au	% Rec Au	RATIO
Cab. Exp.	1000	16.0		
Concentrado	31	380	73.0	32.3
Relave	969	4.5		
Cab. Calc.	1000	16.2		

De acuerdo al balance metalúrgico, alcanzamos una recuperación de 73.0 % del oro, que es la recuperación promedio optima, la ley en el concentrado de oro se incrementó a 380 gr/TM y su ratio de concentración se elevó a 32.3

PRUEBA 2: Medio PH igual a 9

CUADRO 40: CONDICIONES DE OPERACION

RUBRO	CONDICION
Mineral	1 kg
Molienda	65% malla -200
RPM	1200
Dilución	2/1
PH	9
Cal	4.0 kg/TM
Zantato	10 gr/TM
Espumante	5 gr/TM
Tiempo Flotación	3 minutos

CUADRO 41: BALANCE METALURGICO DEL ORO

Producto	Peso gr	Ley Au	% Rec Au	RATIO
Cab. Exp.	1000	16.0		
Concentrado	15	790	72.8	66.7
Relave	985	4.5		
Cab. Calc.	1000	16.3		

De acuerdo al balance metalúrgico, alcanzamos una recuperación de 72.8% del oro, que es la recuperación promedio optima, la ley en el concentrado de oro se incrementó a 790 gr/TM y su ratio de concentración se elevó a 66.7

PRUEBA 3: Medio PH igual a 10

CUADRO 42: CONDICIONES DE OPERACION

RUBRO	CONDICION
Mineral	1 kg
Molienda	65% malla -200
RPM	1200
Dilución	2/1
PH	10
Cal	5.0 kg/TM
Zantato	10 gr/TM
Espumante	5 gr/TM
Tiempo Flotación	3 minutos

CUADRO 43: BALANCE METALURGICO DEL ORO

Producto	Peso gr	Ley Au	% Rec Au	RATIO
Cab. Exp.	1000	16.0		
Concentrado	10.5	1130	72.7	95.2
Relave	989.5	4.5		
Cab. Calc.	1000	16.3		

De acuerdo al balance metalúrgico, alcanzamos una recuperación de 72.7 % del oro, que es la recuperación promedio optima, la ley en el concentrado de oro se incrementó a 1130 gr/TM y su ratio de concentración se elevó a 95.2

PRUEBA 4: Medio PH igual a 11

CUADRO 44: CONDICIONES DE OPERACION

RUBRO	CONDICION
Mineral	1 kg
Molienda	65% malla -200
RPM	1200
Dilución	2/1
PH	11
Cal	5.5 kg/TM
Zantato	10 gr/TM
Espumante	5 gr/TM
Tiempo Flotación	3 minutos

CUADRO 45: BALANCE METALURGICO DEL ORO

Producto	Peso gr	Ley Au	% Rec Au	RATIO
Cab. Exp.	1000	16.0		
Concentrado	8.5	1390	73.0	118.0
Relave	988.5	4.4		
Cab. Calc.	1000	16.2		

De acuerdo al balance metalúrgico, alcanzamos una recuperación de 73.0 % del oro, que es la recuperación promedio optima, la ley en el concentrado de oro se incrementó a 1390 gr/TM y su ratio de concentración se elevó a 118

El PH optimo seria de 11, la pirita el mayor aportante al concentrado se deprime por las condiciones alcalinas del medio, en las siguientes pruebas de optimización se trabajará con medio PH igual a 11.

3. OPTIMIZACION DE ADICION DEL ZANTATO

PRUEBA 1: Adición de Zantato 8 gr/TM

CUADRO 46: CONDICIONES DE OPERACION

RUBRO	CONDICION
Mineral	1 kg
Molienda	65% malla -200
RPM	1200
Dilución	2/1
PH	11
Cal	5.5
Zantato	8 gr/TM
Espumante	5 gr/TM
Tiempo Flotación	3 minutos

CUADRO 47: BALANCE METALURGICO DEL ORO

Producto	Peso gr	Ley Au	% Rec Au	RATIO
Cab. Exp.	1000	16.0		
Concentrado	7.2	1650	72.8	140.0
Relave	992.8	4.5		
Cab. Calc.	1000	16.2		

De acuerdo al balance metalúrgico, alcanzamos una recuperación de 72.8 % del oro, que es la recuperación promedio obtenido mediante la Flotación de Espumas, se incrementa la ley del concentrado a 1650 gr/TM y el ratio de concentración a 140, mejorando la calidad del concentrado.

PRUEBA 2: Adición de Zantato 6 gr/TM

CUADRO 48: CONDICIONES DE OPERACION

RUBRO	CONDICION
Mineral	1 kg
Molienda	65% malla -200

RPM	1200
Dilución	2/1
PH	11
Cal	5.5
Zantato	6 gr/TM
Espumante	5 gr/TM
Tiempo Flotación	3 minutos

CUADRO 49: BALANCE METALURGICO DEL ORO

Producto	Peso gr	Ley Au	% Rec Au	RATIO
Cab. Exp.	1000	16.0		
Concentrado	6.5	1830	72.9	155.0
Relave	993.5	4.5		
Cab. Calc.	1000	16.3		

De acuerdo al balance metalúrgico, alcanzamos una recuperación de 72.9 % del oro, que es la recuperación promedio obtenido mediante la Flotación de Espumas, se incrementa la ley del concentrado a 1830 gr/TM y el ratio de concentración a 155, mejorando la calidad del concentrado.

PRUEBA 3: Adición de Zantato 4 gr/TM

CUADRO 50: CONDICIONES DE OPERACION

RUBRO	CONDICION
Mineral	1 kg
Molienda	65% malla -200
RPM	1200
Dilución	2/1
PH	11
Cal	5.5
Zantato	4 gr/TM
Espumante	5 gr/TM
Tiempo Flotación	3 minutos

CUADRO 51: BALANCE METALURGICO DEL ORO

Producto	Peso gr	Ley Au	% Rec Au	RATIO
Cab. Exp.	1000	16.0		
Concentrado	6.0	1990	73.2	167
Relave	992.8	4.5		
Cab. Calc.	1000	16.3		

De acuerdo al balance metalúrgico, alcanzamos una recuperación de 73.2 % del oro, que es la recuperación promedio obtenido mediante la Flotación de Espumas, se incrementa la ley del concentrado a 1990 gr/TM y el ratio de concentración a 167, mejorando la calidad del concentrado.

PRUEBA 4: Adición de Zantato 3 gr/TM

CUADRO 52: CONDICIONES DE OPERACION

RUBRO	CONDICION
Mineral	1 kg
Molienda	65% malla -200
RPM	1200
Dilución	2/1
PH	11
Cal	5.5
Zantato	3 gr/TM
Espumante	5 gr/TM
Tiempo Flotación	3 minutos

CUADRO 53: BALANCE METALURGICO DEL ORO

Producto	Peso gr	Ley Au	% Rec Au	RATIO
Cab. Exp.	1000	16.0		
Concentrado	5.8	2010	72.9	170.0
Relave	992.8	4.4		
Cab. Calc.	1000	16.2		

De acuerdo al balance metalúrgico, alcanzamos una recuperación de 72.9 % del oro, se incrementa la ley del concentrado a 2010 gr/TM y el ratio de concentración a 170, mejorando la calidad del concentrado.

VI.3.6 TRATAMIENTO DE LOS CONCENTRADOS DE ORO DE LA FLOTACION DE ESPUMAS.

El Tratamiento de los concentrados, para Obtener el Oro Físico es el siguiente:

1. Lixiviación con Agua Regia

Se aplica agua regia para disolver el oro y formar cloruros de oro, en un tanque agitador de acero inoxidable se agrega ácido clorhídrico y a continuación el ácido nítrico en una relación de 3 a 1.

La mezcla de ambos ácidos forma cloro gaseoso que disuelve al oro formando cloruros.

2. Separación Solido-Líquido

El oro disuelto en el agua regia, constituye la solución rica en oro, es separado de los sólidos en contracorriente y filtrada en vacío hasta obtener una solución clara, sin sólidos en suspensión.

Los sólidos separados constituyen los residuos del mineral, mayormente sulfuros, se descartaría si son piritas y se comercializaría de ser concentrados de cobre o plomo, con contenidos de plata.

3. Precipitación del Oro con bisulfito.

La Solución rica se neutraliza con Urea saturada, hasta obtener un PH neutro de 7, se agrega bisulfito de sodio saturado el requerido para precipitar el oro, que es filtrado, constituyéndose en el cemento de oro.

El Cemento de Oro es fundido a 1200 °C, con Bórax, obteniéndose barras de Oro Bullón de alta Pureza.

CONCLUSIONES

- Los minerales de las tres zonas mineras Ingenio, Palpa y Nazca contienen oro libre fino o No gravimétrico, y son recuperados por el método de Cianuración, único método que se aplica en la Minería Formal e Informal, el Proceso es de costo alto y de fuerte Contaminación del Medio ambiente.
- En todos los casos de Cianuración convencional, quedan impactados principalmente en el agua y el suelo con significativos valores de Cianuro Libre que van de 200 a 300 ppm y de Cianuro total que van de 600 a 1100 ppm sobrepasando los Límites Máximos Permisibles permitidos por la Legislación ambiental.
- La Propuesta de Tecnología Limpia que es la Flotación de Espumas, recupera significativamente el Oro, con una diferencia de 4% en Oro con respecto al Proceso de Cianuración Convencional, se elimina al 100% el Cianuro de sodio, realizándose un Proceso ambientalmente limpio.
- Los reactivos usados en la Flotación de espumas como el Zantato Isopropílico de sodio o Z-6, así como el espumante de cadena carbonada con radicales OH o D-250, no figuran en la legislación

ambiental como contaminantes, se conoce sus propiedades que son de beneficio y no de perjuicio.

- La Recuperación de valores de oro compiten en ambos procesos, en la Cianuración alcanza una recuperación de 77% en Oro mientras que en la Flotación de espumas esta alrededor de 74% en Oro, los costos de flotación son menores que la cianuración.
- En la Flotación de espumas se obtienen altos ratios de recuperación, si la flotación es selectiva con el metal precioso, se alcanzan ratios de hasta 170 a 1, reduciendo significativamente los pesos del concentrado y elevando la calidad del concentrado.
- La Tecnología limpia de la Flotación de Espumas, elimina la Contaminación por Cianuro de sodio en el proceso de Cianuración convencional, lográndose un proceso limpio en la recuperación del oro en el procesamiento de los minerales auríferos en la Minería Informal del Perú.

RECOMENDACIONES

- Se Recomienda aplicar la Tecnología limpia de la Flotación de espumas en la Recuperación del Oro, en reemplazo del Proceso de Cianuración Convencional que es un proceso contaminante por el uso del cianuro de sodio.
- Las dosificaciones de Zantato y el espumante podrían variar para cada caso particular, por ello se recomienda evaluar su dosificación previamente al Proceso en Planta.
- Profundizar los estudios de Investigación del Oro con respecto a su Liberación de la Ganga, su relación con otros minerales como los Sulfuros, así como su Tamaño de partícula de oro, parámetros esenciales en la Recuperación de Oro con las Tecnologías Limpias como en este caso la flotación de Espumas.

BIBLIOGRAFIA

- Vargas Caballero Juan (1982), Metalurgia del Oro y la Plata, edición Minerva, la Paz Bolivia.
- Misario Ch. Fidel (1990), Metalurgia del Oro, edición CIPEC, lima, Perú.
- Ramos C. Alfredo (2001), Alternativas de Procesamiento Metalúrgico para los Informales de Mina FILOMENA (Sur del Perú), para COSUDE-GAMA en TCL Laboratorios SAC, Lima-Perú.
- Revista Área Minera (2007), Importante producción aurífera informal, Perú 18 de marzo 2007.
- Proyecto GAMA, (1998), Gestión Ambiental de la Minería Artesanal Agencia Suiza para la Cooperación y el desarrollo, La Minería Artesanal: oportunidades y desafíos, Perú.
- Arévalo Jorge (2007), Minería Ilegal, XXVII Convención Minera, septiembre 2007, Arequipa-Perú.
- MEDMIN (1998), Manejo ambiental en la Pequeña Minería, Grupo COSUDE_Project Consult, La Paz Bolivia.
- Medina G, Kruscka F(2005). La Luz al final del Túnel, GAMA-COSUDE, Perú.
- CYTED (2001), Jornada Internacional sobre el Impacto ambiental del mercurio utilizado por la Minería artesanal en Ibero América. Septiembre 2001 Lima, Perú.

- Medina G. (2002, Ley de formalización y promoción de la pequeña Minería y minería artesanal, Segunda reunión Anual de CASM. Lima, Perú
- Kuramoto J. (2003), estudio de caracterización integral de la Minería en Pequeña escala y Artesanal, caso Perú-UNESCO. Grupo de Análisis para el Desarrollo GRADE.
- Villachica C(2005) Estudio sobre Minería Informal y medio Ambiente en los Departamentos de ICA y Arequipa, Proyecto de análisis y Planeamiento y ejecución de Políticas (PAPI), Convenio Peruano-USAID, Lima, Perú.
- DIGESA (1996), Informe del estudio evaluativo de los trabajadores artesanales en mollehuaca, Caraveli, Arequipa, DIGESA-Ministerio de Salud-Lima.

ANEXOS

1. CIANURACION CONVENCIONAL DE LOS MINERALES AURIFEROS POR LOS MINEROS INFORMALES DEL PERU.

FIGURA 1:
Recuperación de Oro en el Perú por Cianuración Convencional, en el Método VAT-LEACHING



FIGURA 2: Variación de las concentraciones de Cianuro libre en la Cianuración convencional

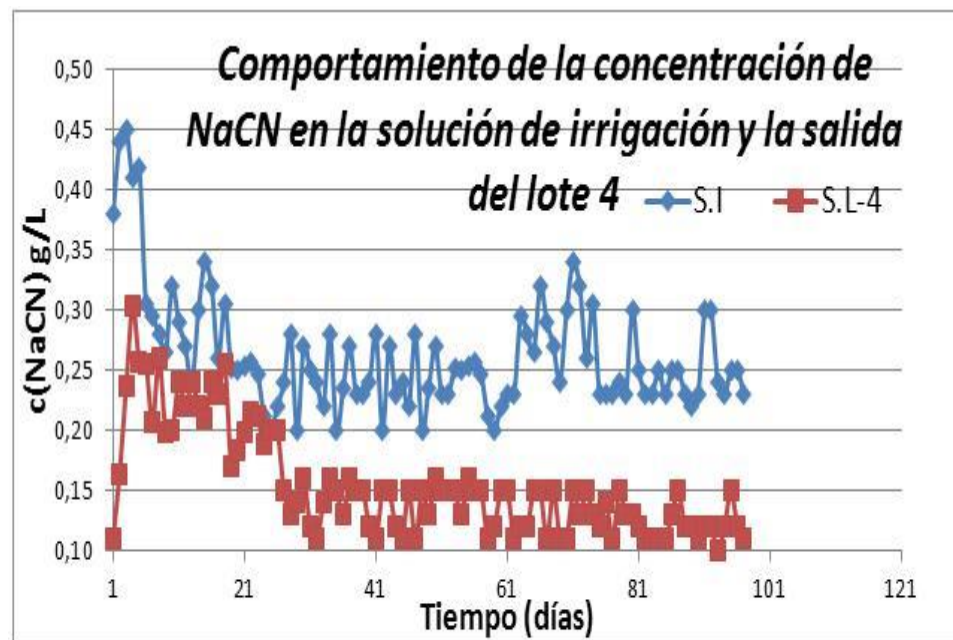


Fig. 5 Comportamiento de la concentración de cianuro en la solución de irrigación (SI) y la solución a la salida de lote (SL4).

La Línea de concentraciones de cianuro está referido a gr/litro, para expresarlo en ppm sería multiplicado por 1000.

3. TECNOLOGIA LIMPIA DE LA FLOTACION DE ESPUMAS

FIGURA 3: Recuperación de Oro por flotación de Espumas.

Flotación por espumas

- Colectores
- Espumantes
- Reguladores



The diagram illustrates the flotation process. A motor at the top of a vertical shaft drives a stirrer that creates a turbulent flow in the tank. Air is introduced through a pipe labeled 'Aire'. This air forms bubbles that attach to the particles being treated. The resulting foam, labeled 'Espuma con partículas flotadas', rises to the surface. The non-floated solid residue, labeled 'Residuo sólido no-flotado', remains at the bottom and is collected by a skimmer at the bottom of the tank.

