



UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO
FACULTAD DE INGENIERÍA GEOLÓGICA Y
METALÚRGICA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA METALÚRGICA



EVALUACIÓN DEL ALCOHOL PARA REDUCIR EL TIEMPO EN
EL PROCESO DE DESORCIÓN DEL ORO DE CARBÓN
ACTIVADO DE LA EMPRESA MINERALES Y PROCESOS J&H
DEL PERÚ S.R.L.
TESIS

PRESENTADA POR:

Bach. BLANCA NELIDA HIRPANOCCA QUISPE

PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:

INGENIERO METALURGISTA

PUNO – PERÚ

2023



NOMBRE DEL TRABAJO

EVALUACIÓN DEL ALCOHOL PARA REDUCIR EL TIEMPO EN EL PROCESO DE DESORCIÓN DEL ORO DE CARBÓN ACTIVADO

AUTOR

BLANCA NELIDA HIRPANOCCA QUISPE

RECuento DE PALABRAS

15061 Words

RECuento DE CARACTERES

76428 Characters

RECuento DE PÁGINAS

105 Pages

TAMAÑO DEL ARCHIVO

20.7MB

FECHA DE ENTREGA

Jul 6, 2023 6:37 PM GMT-5

FECHA DEL INFORME

Jul 6, 2023 6:38 PM GMT-5

● **5% de similitud general**

El total combinado de todas las coincidencias, incluidas las fuentes superpuestas, para cada base de datos es:

- 5% Base de datos de Internet
- 0% Base de datos de publicaciones
- Base de datos de Crossref
- Base de datos de contenido publicado de Crossref
- 1% Base de datos de trabajos entregados

● **Excluir del Reporte de Similitud**

- Material bibliográfico
- Material citado
- Material citado
- Coincidencia baja (menos de 20 palabras)


Ing. Hipólito Córdova Gutierrez


Dra. Darssy Argelida Carpio Ramos
Directora de la Unidad de Investigación
EPIM

Resumen



DEDICATORIA

A la persona, que con sus manos dio forma a esta criatura pensante e inquieta. A la persona que me enseñó a ser humano, demasiado humano... Soy hechura de su imaginación. A mi papito Domingo Hirpanocca, que siempre me exige más de lo que puedo dar y ser yo privilegiada, de tener un vínculo que nos une a ambos en la minería y la metalurgia.

“Esa es la belleza del oro. Nunca se empaña. También dura para siempre. Puedo torcerlo, golpearlo, pero siempre es el mismo oro”.

Bob Gale.



AGRADECIMIENTOS

En primer lugar, quiero expresar mi gratitud a Dios, por ser la luz incondicional que ha guiado mi camino.

El amor, la devoción y la paciencia con que mis padres me cuidaban a diario, y el progreso de esta tesis, fue simplemente excepcional y se reflejó en mi ser. Gracias a mis padres Domingo y Clotilde por ser los principales guías de mis sueños, gracias a mis padres por confiar y creer en mis expectativas cada día.

De igual manera a mis hermanos, Grover y Katherine, por compartir horas y horas de películas y series, las dedicaciones al estudio, por las peleas, los gritos y herir mi cuerpo de puro amor.

A la Universidad Nacional del Altiplano de Puno, en especial a la carrera de Ingeniería Metalúrgica. A mis catedráticos, quienes me formaron académicamente con su experiencia y profesionalismo, en especial a mi asesor de tesis, Dr. Hipólito Córdova Gutiérrez, por haberme guiado en este proyecto.

El trabajo de investigación es siempre el resultado de ideas, proyectos y esfuerzos previos que son relevantes para otros. en este caso se le agradece al Gerente General y a la empresa Minerales y Procesos J&H del Perú S.R.L., con cuyo trabajo estaré siempre en deuda. Gracias por facilitarme los recintos de la empresa donde se logró el presente trabajo.

Finalmente, enfatizando mi más grato agradecimiento a un gran profesional médico, a mi hermano mayor, J. Grover Hirpanocca, por su consejos y atención a mis consultas, por compartir horas y horas para lograr esta tesis.



ÍNDICE GENERAL

	Pág.
DEDICATORIA	
AGRADECIMIENTO	
ÍNDICE GENERAL	
ÍNDICE DE FIGURAS	
ÍNDICE DE TABLAS	
ÍNDICE ACRÓNIMOS	
RESUMEN	13
ABSTRACT.....	14
CAPÍTULO I	
GENERALIDADES	
1.1 INTRODUCCIÓN	15
1.2 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	16
1.3 JUSTIFICACIÓN	17
1.4 OBJETIVOS.....	17
1.4.1 Objetivo General	17
1.4.2 Objetivo Específico	17
1.5 UBICACIÓN	17
1.5.1 Ubicación política	17
1.5.2 Ubicación geológica.....	18
1.5.3 Accesibilidad.....	19
1.5.4 Clima del proyecto	20
1.5.5 Suelo del proyecto.....	20



1.6	GEOLOGÍA	21
1.6.1	Geomorfología	21
1.6.2	Unidades lito estratigráficas locales	23
CAPÍTULO II		
MARCO TEÓRICO		
2.1	CARBÓN ACTIVADO	26
2.1.1	Estructura del carbón activado	31
2.1.2	Características físicas y químicas.....	31
2.1.2.1	Composición química.....	31
2.1.2.2	Composición física.....	32
2.1.3	Manipuleo del carbón activado	33
2.2	ADSORCIÓN CON CARBÓN ACTIVADO	33
2.2.1	Métodos de adsorción con carbón activado	35
2.2.1.1	Carbón en columna (CIC)	35
2.2.1.2	Carbón en pulpa (CIP).....	36
2.2.1.3	Carbón en el lixiviado (CIL)	37
2.3	DESORCIÓN DE ORO DE CARBÓN ACTIVADO	38
2.3.1	Generalidades	38
2.3.2	Finalidades y objetivos del proceso de la desorción	39
2.3.3	Clasificación de los procedimientos de desorción	39
2.3.3.1	El proceso atmosférico Zadra.....	39
2.3.3.2	El proceso de re-extracción con alcohol.....	40
2.3.3.3	El proceso de retracción a alta presión	41
2.3.3.4	El proceso angloamericano (AARL).....	42
2.3.4	Comparación de los procesos.....	42



2.3.5	Factores físicos y químicos que afectan la eficiencia de la desorción	43
2.3.5.1	Tiempo.....	44
2.3.5.2	Temperatura y presión.....	44
2.3.5.3	Concentración de cianuro	46
2.3.5.4	Efectos del pH	47
2.3.5.5	Alcohol	48
2.3.5.6	Velocidad de flujo del eluyente.....	49
2.3.6	El área de desorción está conformada por los siguientes equipos	50
2.3.7	Diagramas del circuito de desorción del carbón activado.....	50
2.4	ELECTRODEPOSICIÓN DEL ORO	51
2.5	DEFINICIÓN DE TÉRMINOS.....	53

CAPÍTULO III

MATERIALES Y MÉTODOS

3.1	METODOLOGÍA	56
3.2	TIPO DE MUESTRAS	56
3.3	TIPO DE INVESTIGACIÓN	57
3.4	DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN	57
3.5	VARIACIÓN DE PARÁMETROS	58
3.6	MUESTREO.....	58
3.6.1	Procedimiento para la toma de muestra	59
3.6.2	Procedimiento para análisis.....	59
3.6.2.1	Muestra sólida	59
3.6.2.2	Muestra líquida.....	59
3.7	PROCEDIMIENTO EXPERIMENTAL DE LOS OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	60



3.7.1	De la influencia del alcohol.....	60
3.7.1.1	Arranque del proceso.....	60
3.7.1.2	Reactor de desorción	60
3.7.1.3	En el tanque de la solución Barren	61
3.7.1.4	Reacciones que se presentan en el proceso de desorción de oro. 63	
3.7.2	Del periodo de tiempo	64
3.7.2.1	En la celda electrolítica	65
3.7.2.2	Inicio de la recirculación del eluyente o electrolito	66
3.7.2.3	Prendido del rectificador de corriente	66
3.7.2.4	Reacciones en la celda electrolítica.....	68
3.8	FIN DEL PROCESO DE DESORCIÓN	70
3.9	COSECHA DE LOS CÁTODOS	70

CAPITULO IV

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1	RESULTADOS EXPERIMENTALES DE LOS OBJETIVOS ESPECÍFICOS	72
4.1.1	De la influencia del alcohol.....	72
4.1.2	Del periodo de tiempo	76
V.	CONCLUSIONES.....	83
VI.	RECOMENDACIONES.....	84
VII.	REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	85
	ANEXOS.....	89

Área : Metalurgia Extractiva

Tema : Hidrometalurgia

Fecha de sustentación: 10 de julio del 2023



ÍNDICE DE FIGURAS

	Pág.
Figura 1. Ubicación de la empresa Minerales y Procesos J&H del Perú S.R.L.....	19
Figura 2. Ambiente climatológico en el área del proyecto.....	20
Figura 3. Vista del tipo de suelo, no ofrece características agrícolas.....	21
Figura 4. Ubicación aproximada del área del Proyecto.....	25
Figura 5. Clasificación de los poros de un carbón.	27
Figura 6. Estructura porosa de carbones activados.	27
Figura 7. Microporos de carbón activado.....	28
Figura 8. Carbón bruto (a), Carbón activado (b).....	30
Figura 9. Disposición estructural de capas planas de grafito (A), estructura de capa de carbón activado propuesta (B).	31
Figura 10. Clasificación de los poros del carbón según su tamaño.....	32
Figura 11. Representación esquemática de los procesos de adsorción.	34
Figura 12. Nomenclatura de los procesos de adsorción y desorción en C.A.	34
Figura 13. Circuito CIC.....	36
Figura 14. Circuito CIP.	37
Figura 15. Efecto de la temperatura en la desorción de oro (Método Zadra).....	46
Figura 16. Efecto de la concentración de cianuro para el proceso.	47
Figura 17. Solventes en la desorción de oro.....	48
Figura 18. Efecto de etanol en la desorción de oro.	49
Figura 19. Efecto del flujo del eluyente para la desorción.	50
Figura 20. Diagrama de bloque del proceso de desorción de carbón activado.	51
Figura 21. Diagrama pictórico del circuito de desorción del carbón activado.....	51



Figura 22. Diagrama de la influencia del alcohol con respecto al tiempo.	64
Figura 23. Tabla de la serie electroquímica de los metales.	68
Figura 24. Reacciones en la celda electrolítica.	70
Figura 25. Evidencia para la prueba experimental del alcohol y tiempo.	71
Figura 26. Resultados de la desorción de oro utilizando etanol como parámetro variable con respecto al tiempo; etanol 5% (A), etanol 10% (B), etanol 20% (C)...	74
Figura 27. Efecto del etanol y decaída después de las 18 horas, variando los porcentajes de volúmenes del etanol en 5%, 10% y 20%.	75
Figura 28. Resultados del porcentaje de recuperación de oro con respecto al tiempo..	77
Figura 29. Cinética – recuperación acumulada a un tiempo determinado mediante el modelo Zuñiga	80



ÍNDICE DE TABLAS

	Pág.
Tabla 1. Ubicación del área del proyecto en coordenadas U.T.M.	18
Tabla 2. Accesibilidad al área de proyecto.	19
Tabla 3. Ventajas y desventajas de los cuatro tipos de procesos de desorción.....	43
Tabla 4. Pruebas para las variables en la desorción.	58
Tabla 5. Influencia de los porcentajes de alcohol en la celda electrolítica.	61
Tabla 6. Cantidad de reactivos de la solución que entra al reactor de calentamiento.	62
Tabla 7. Planificación en las 3 pruebas con intervalos de tiempo en horas	65
Tabla 8. Datos de la prueba (A) con 5 % de volumen de etanol.....	72
Tabla 9. Datos de la prueba (B) con 10 % de volumen de etanol.....	72
Tabla 10. Datos de la prueba (C) con 20 % de volumen de etanol	73
Tabla 11. El porcentaje de oro recuperado en los cátodos con respecto al variante tiempo en la prueba (A).	78
Tabla 12. El porcentaje de oro recuperado en los cátodos con respecto al variante tiempo en la prueba (B).....	78
Tabla 13. El porcentaje de oro recuperado en los cátodos con respecto al variante tiempo en la prueba (C).....	78
Tabla 14. Balance metalúrgico de las tres pruebas experimentales en el proceso de desorción de oro de carbón activado.....	81



ÍNDICE ACRÓNIMOS

m.s.n.m.	Metros sobre el nivel del mar
pH	Variación de hidrogeno
h	Horas
V	Voltaje
°C	Grados Celsius
%	Porcentaje
Kg	Kilogramos
%R	Porcentaje de recuperación
g	Gramos
Km	Kilometro
e-	Electrones
%	Porcentaje
g/Kg	Gramos por Kilogramo
mg/L	Miligramos por litro
atm	Presión atmosférica
W	Masa depositada o liberada
K	Constante de proporcionalidad
Q	Carga eléctrica
A	Amperaje.



RESUMEN

El presente trabajo se realizó en la empresa Minerales y Procesos J&H del Perú S.R.L., durante periodo del mes de octubre 2022 a marzo 2023, Esta tesis presenta un estudio de la desorción de oro adsorbido sobre carbón activado, haciendo hincapié en la evaluación del alcohol para reducir el tiempo en el proceso de desorción del oro de carbón activado de la Empresa Minerales y Procesos J & H del Perú S.R.L., las pruebas experimentales se realizaron utilizando parámetros fijos: carbón cargado, el pH, la presión, la temperatura, el voltaje y las concentraciones de NaOH y NaCN. Las variables: alcohol en porcentajes y el tiempo en horas. Se estudió el efecto del alcohol y el periodo de tiempo, acelerando la velocidad de desorción, de esa manera se logró los objetivos planteados. En el estudio experimental, cuantitativo, comparativo de la desorción de oro se realizó 3 experimentos de la influencia del porcentaje del alcohol para reducir el tiempo en horas; con 5 % de volumen de etanol con un periodo de tiempo de 32 h, 10 % de volumen de etanol con un periodo de tiempo de 29 h, 20 % de volumen de etanol con un periodo de tiempo de 24 h., lográndose la máxima elución en las tres pruebas a un tiempo de 18 horas. Los resultados de los experimentos mostraron que las condiciones óptimas para tal proceso, es 20 % de volumen de etanol a una temperatura de 85°C sin sobrepasar los 90°C ya que el alcohol se volatiliza y el tiempo se incrementaría, siendo el periodo de tiempo óptimo para la desorción de 18 h, para este experimento se utilizó 30 kg de carbón activado con contenido metálico (Ley de cabeza) de 5.128 gr de Au/Kg de carbón, siendo los resultados en un porcentaje de recuperación de 98 % de oro.

Palabras clave: Desorción de oro, Carbón activado, Alcohol, Tiempo.



ABSTRACT

The present work was carried out in the company Minerales y Procesos J&H del Perú S.R.L., during the period from October 2022 to March 2023. This thesis presents a study of the desorption of gold adsorbed on activated carbon, emphasizing the evaluation of alcohol for reduce the time in the desorption process of gold from activated carbon of the Minerales y Procesos J & H del Perú S.R.L., the experimental tests were carried out using fixed parameters: charged carbon, pH, pressure, temperature, voltage and NaOH and NaCN concentrations. The variables: alcohol in percentages and time in hours. The effect of alcohol and the period of time were studied, accelerating the speed of desorption, thus achieving the objectives set. In the experimental, quantitative, comparative study of gold desorption, 3 experiments were carried out on the influence of the percentage of alcohol to reduce the time in hours; with 5% volume of ethanol with a period of time of 32 h, 10% volume of ethanol with a period of time of 29 h, 20% volume of ethanol with a period of time of 24 h., achieving the maximum elution in the three tests at a time of 18 hours. The results of the experiments showed that the optimal conditions for such a process is 20% volume of ethanol at a temperature of 85°C without exceeding 90°C since the alcohol volatilizes and the time would increase, being the period of optimal time for desorption of 18 h, for this experiment 30 kg of activated carbon with metallic content (Head Law) of 5.128 gr of Au/Kg of carbon was used, the results being a recovery percentage of 98 % gold .

Keywords: Gold desorption, Activated carbon, Alcohol, Time.



CAPÍTULO I

GENERALIDADES

1.1 INTRODUCCIÓN

Los diversos procesos de obtención de oro son los métodos más antiguos que el ser humano utilizó para su extracción. En sus inicios fue gracias al empirismo junto con la curiosidad y necesidad que llevo a determinar los parámetros y variables, el proceso de extracción de oro, que se ha transmitido de generación en generación, no ha cambiado significativamente desde la introducción de la cianuración hace casi un siglo, y los métodos utilizados han cambiado drásticamente en los últimos cincuenta años, por lo que es necesario seguir avanzando investigaciones para desarrollar procesos que permitan un alto nivel técnico y económico, eficiencia, permitiendo la elaboración actual de este estudio de tesis.

Sin embargo, una de las características especiales de la metalurgia del oro es que permite trabajar en volúmenes muy pequeños (escala de gramos o kilogramos) en comparación con otros metales tradicionales, esta peculiaridad dio lugar a diferentes diseños de procesos para estos volúmenes.

En las diferentes plantas de beneficios mineros en el país los materiales mineros auríferos con contenidos metálicos de Au y Ag requieren un adecuado proceso metalúrgico para poder recuperar los metales valiosos como es en este caso del oro que aún está contenido en la materia prima. (relave minero).

Motivo por el cual se implementó las plantas de beneficios auríferos para realizar procesos de lixiviación con carbón activado, la etapa de adsorción de oro en carbón activado para la posterior liberación de este en el proceso de desorción, esta última dependerá de la eficiencia de los parámetros fijos y variables para su recuperación optima



del contenido metálico valioso, seguidamente se procede a realizar con reactivos químicos y finalmente realizar la refinación del oro (dore).

La importancia de un proceso metalúrgico radica en comprender los diversos fundamentos de las reacciones fisicoquímicas. El presente trabajo pretende mostrar una alternativa en el proceso de desorción de carbón activado de oro de la empresa Minerales y Procesos J&H del Perú S.R.L. orientados específicamente en dos variables, porcentajes de alcohol para la reducción del tiempo. Diferentes porcentajes de alcohol etílico como una sustancia que influencia la velocidad de una reacción, sin alterar la reacción química total, todo en relación al tiempo mediante el método experimental, cuantitativo y comparativo, cabe mencionar que los estudios realizados sobre el tema en mención no están limitados y que toda propuesta está sujeta a ser mejorada.

1.2 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

Actualmente la minería tiene un porcentaje considerable que todavía realiza el procesamiento empírico, el cual conlleva al mal manejo de procesos metalúrgicos en la recuperación del oro, desde su materia prima hasta el dore.

En el proceso de desorción de oro de carbón activado de la empresa Minerales y Procesos J & H del Perú S.R.L., se tiene un tiempo estandarizado de 24 horas como máximo. Es ahí que surge la necesidad de estudiar los parámetros (alcohol y tiempo) que influyen en gran medida en el proceso Heinen durante la desorción de oro, de tal manera surgen las incógnitas: ¿Se logrará mejoras con las variables alcohol y tiempo en un proceso de desorción?, ¿A qué porcentaje y cómo influye el alcohol en el proceso de desorción? y ¿El tiempo es un factor importante y se logrará reducir la desorción con el proceso Heinen?.



1.3 JUSTIFICACIÓN

Los motivos que me llevaron a realizar el presente estudio se centra principalmente en reducir el tiempo de desorción frente a porcentajes diferentes de alcohol sin alterar la recuperación óptima, ya que variando los porcentajes del catalizador intervienen en el tiempo a gran medida en la eficiencia de recuperación del oro por el método Heinen, mediante el presente estudio se pretende reducir el tiempo, menor a 24 horas de duración del proceso, enfocado en gran medida en la variable alcohol como catalizador del proceso de desorción.

1.4 OBJETIVOS

1.4.1 Objetivo General

Evaluar el alcohol para reducir el tiempo en el proceso de desorción del oro de carbón activado de la Empresa Minerales y Procesos J & H del Perú S.R.L.

1.4.2 Objetivo Específico

- Determinar el porcentaje de alcohol etílico como acelerante en la desorción del carbón activado cargado de oro.
- Determinar el periodo menor posible de tiempo para una óptima desorción del oro de carbón activado en el proceso Heinen.

1.5 UBICACIÓN

1.5.1 Ubicación política

- Paraje : Orampillo.
- Distrito : Ananea.
- Provincia : San Antonio de Putina.



- Región : Puno.
- Altitud : 4837 a 4932 msnm.

1.5.2 Ubicación geológica

La Planta de Beneficio de la empresa MINERALES Y PROCESOS J & H DEL PERÚ S.R.L., está definido en coordenadas UTM WGS 84, corresponde a la zona 19L, hoja: 30 – Y “La Rinconada” - carta nacional, el proyecto tiene un área total de 5.375 hectáreas; en la Tabla 1 se muestran los vértices del área del proyecto.

Tabla 1.

Ubicación del área del proyecto en coordenadas U.T.M.

Vértices	Coordenadas	
	Este	Norte
V - 1	449,692.28	8'381,175.96
V - 2	449,922.31	8'380,780.36
V - 3	449,736.45	8'380,672.29
V - 4	449,519.46	8'381,045.46

Fuente: memoria descriptiva, Minerales y Procesos J&H del Perú S.R.L.



Figura 1. Ubicación de la empresa Minerales y Procesos J&H del Perú S.R.L.

Fuente: Geocatmin – Bing Maps Aerial

1.5.3 Accesibilidad

Desde la capital Lima a Juliaca, la forma más rápida es por avión (vía aérea), y el transporte terrestre es desde la ciudad de Juliaca hasta el lugar del proyecto.

El acceso al área de la Planta de Beneficio “Poderosa” se realiza por vía terrestre, puede efectuarse siguiendo la ruta Lima – Juliaca - Ananea - Planta de Beneficio, como se describe en Tabla 2.

Tabla 2.

Accesibilidad al área de proyecto.

Accesibilidad			
Origen	Destino	Vía	Distancia (km.)
Lima	Juliaca	Aérea	880
Juliaca	Ananea	Carretera asfaltada y afirmada	150
Ananea	Planta Beneficio	Carretera afirmada	5
Total			1035

Fuente: Memoria descriptiva, Minerales y Procesos J&H del Perú S.R.L

1.5.4 Clima del proyecto

El ambiente climático del lugar de proyecto está sujeto a la variación climatológica drástica durante el día y la noche, generalmente la temperatura se encuentra por debajo de los 0°C, llegando inclusive hasta los -7,5°C en la estación de invierno, las altas temperaturas de esta zona son de octubre a diciembre y puede llegar a alcanzar los 13°C, por otra parte, la humedad que se tiene es de bajo valor durante el otoño e invierno, también se reportan altas radiaciones durante el día, así como fuertes vientos durante la tarde (Memoria descriptiva - planta Poderosa, 2009).



Figura 2. Ambiente climatológico en el área del proyecto.

1.5.5 Suelo del proyecto

Desde un punto de vista geológico la formación de los suelos es a partir de la acción glaciaria, fluvio-glaciaria o aluvial originado a partir de la cordillera oriental,

zona del cerro San Francisco en el centro poblado de la rinconada. La conformación de dichos suelos es a partir de lito clastos y gravas denominados morrenas de varios tamaños, por otro lado, se tiene la presencia de terrazas que presentan una pobre vegetación y que no tienen importancia en la agricultura (Estudio ambiental – planta Poderosa, 2009).



Figura 3. Vista del tipo de suelo, no ofrece características agrícolas.

1.6 GEOLOGÍA

1.6.1 Geomorfología

Los rasgos geomorfológicos del área de estudio están ubicados en la unidad morfoestructural denominada Cordillera Oriental. Esta unidad se manifiesta a lo largo de cuatro subunidades denominadas de Oeste a Este, como señala el geólogo francés G. Laubacher, en su trabajo denominado Placeres fluvio-glaciales de oro del distrito de Ananea, departamento de Puno, que publicó junto con otros investigadores, en 1978:



- Precordillera de Carabaya.
- Depresión longitudinal de Crucero – Ananea - Cojata
- Cadena de nevados
- Vertiente amazónica

Pre-Cordillera de Carabaya. - Esta sub-unidad está al Suroeste del valle del río Grande. La Precordillera tiene una tendencia SE-NW y se caracteriza por un perfil de colinas redondeadas con elevaciones máximas entre 4,400 y 4,800 msnm., en algunos casos por encima de los 5,000 msnm. Esta cordillera está modelada sobre rocas del Paleozoico y parcialmente sobre rocas cretáceas.

Depresión longitudinal Crucero - Ananea - Cojata. - Esta subdivisión coincide con la cuenca alta del Valle del Río Grande (cabecera del Ramis). La topografía es de sureste a noroeste, con un arroyo que corre por el medio, y el arroyo es ancho. Los valles tienen una pendiente suave a una superficie casi plana y pueden considerarse como llanuras aluviales. En esta unidad, los terrenos llanos se denominan pampas, las más importantes para nosotros son: Parirani, Baltimore, Limapampa, Chaipitianapampa, Islapampa y Pampablanca (Ministerio de Energía y Minas, 2022).

Otro relieve característico de la depresión está formado por lagunas de origen glaciario, represadas por antiguas morrenas. Las principales lagunas son: Pacharia, Saracocha, Queo, Rinconada, Sillacunca y Pararani. La depresión está cubierta por grandes depósitos de glaciares y ríos que fluyen desde las estribaciones de la precordillera de Carabaya y los nevados ubicados al Noreste (Ministerio de Energía y Minas, 2022).



Cadena de nevados. - Los principales picos de nieve se concentran en la parte nororiental de la laguna La Rinconada y en la parte oriental del área de estudio; estas características se desarrollan desde los 4,800 hasta los 5,850 metros sobre el nivel del mar. La subunidad se caracteriza por su topografía abrupta y perfil angular, así como por la presencia de fuertes glaciares. Los principales nevados son: Ñacaria (5,360 m), Vilacota (5,179 m), Ananea (5,600 m.), Ananea Grande (5,829 m), Ritipata (5,350 m), Chapi (5,400 m) y Callejón (5,350 m) (Ministerio de Energía y Minas, 2022).

Vertiente amazónica. - Es una sub-unidad que se encuentra alejada del área de estudio; se ubica al Este y constituye la ceja de Selva y Selva de la provincia de Sandia.

1.6.2 Unidades lito estratigráficas locales

En el área del proyecto y alrededores inmediatos, se presentan solo algunas de las unidades estratigráficas citadas, como puede verse en la (figura 4) que se presenta a continuación, copiado del Mapa Geológico del Cuadrángulo de la Rinconada, del Instituto Geológico Minero y Metalúrgico del Perú.

Las unidades lito estratigráficas existentes son:

- Formación Sandia
- Formación Ananea
- Formación Arco aja
- Depósitos glaciares (Morrenas)
- Fluvioglaciares y aluviales del Holoceno.



Formación Sandia. - Presenta las mismas características litológicas y cronológicas que se señala en la geología regional; es la unidad litológica más antigua. Los afloramientos de esta unidad estratigráfica que se encuentra al norte del área del proyecto.

Formación Ananea. - Los afloramientos se encuentran en la parte Norte y Este, circundando al área del proyecto; presenta las mismas características descritas en estratigrafía regional.

Formación Arco aja. - Sus afloramientos son la base de toda el área del proyecto Planta artesanal de relaves auríferos: Poderosa de Orampillo. En el plano se distingue por el color amarillo como señala la lito-estratigrafía regional, está constituida de capas de gravas y de arcillas, del Plioceno.

Depósitos glaciares (Morrenas). - Son capas de gravas y arenas que contienen oro, formadas por la erosión de los yacimientos minerales primarios, de las montañas nevadas, depositadas en la Depresión de Ananea, en el pleistoceno; constituyendo depósitos auríferos secundarios. El color gris oscuro caracteriza sus afloramientos, que se encuentran al Este, al Oeste y al Sur del área del proyecto.

Fluvioglaciares y aluviales del Holoceno. - Son las últimas manifestaciones erosivas de carácter fluvial y aluvial en la zona. Se les ha asignado una edad correspondiente al Holoceno, que es el último período de la era actual (Cenozoico).

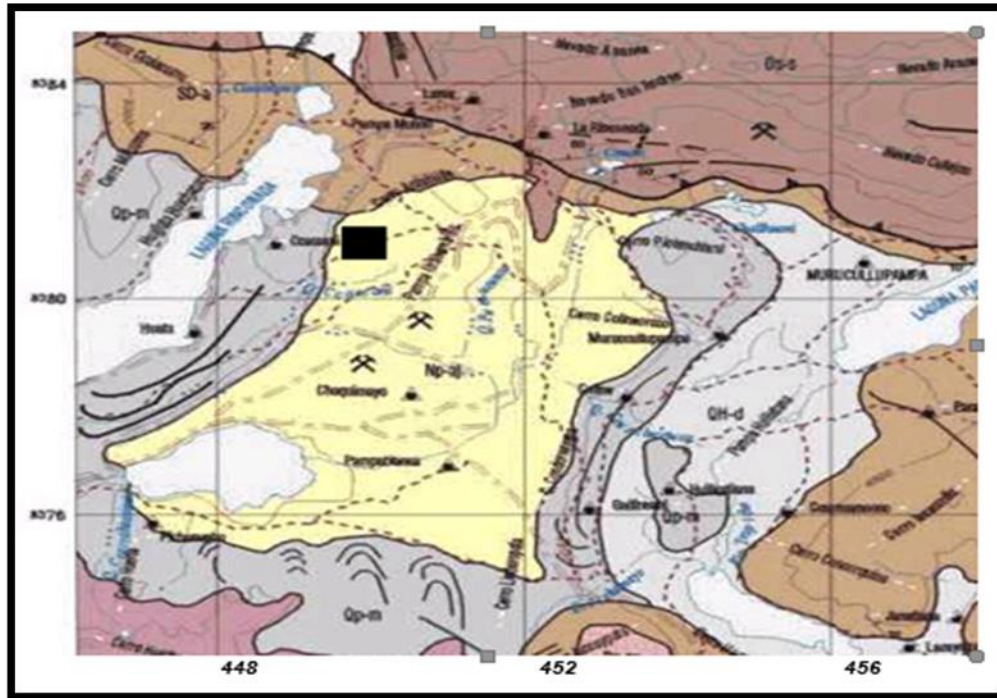


Figura 4. Ubicación aproximada del área del Proyecto.

Fuente: Ingemmet, Hoja 30 - La Rinconada



CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

2.1 CARBÓN ACTIVADO

El carbón activado tiene su estructura molecular parecida al del grafito, esta característica le da una distribución muy concreta respecto al tamaño de sus poros, actuando, así como medio de adsorción de metales (J. Rogans).

De acuerdo con su tamaño los poros del carbón activado se dividen en tres:

- Microporos ($< 2,0$ nm): Presentan un radio de aproximadamente menor a 20 \AA y se encuentran ocupando la mayor área posible del carbón, su función es adsorber las moléculas más pequeñas.
- Poros medios o mesoporos (entre 2.0 y 50.0 nm): Se encuentran en el rango de $20 - 500 \text{ \AA}$ el área de ocupación es menor en comparación a los microporos, su función es absorber las moléculas más grandes.
- Macroporos ($> 50,0$ nm): Su radio es mayor a los 500 \AA y presentan un área de ocupación muy ínfimo casi insignificante, su función es la de permitir el acceso a manera de vías hacia los mesoporos y microporos

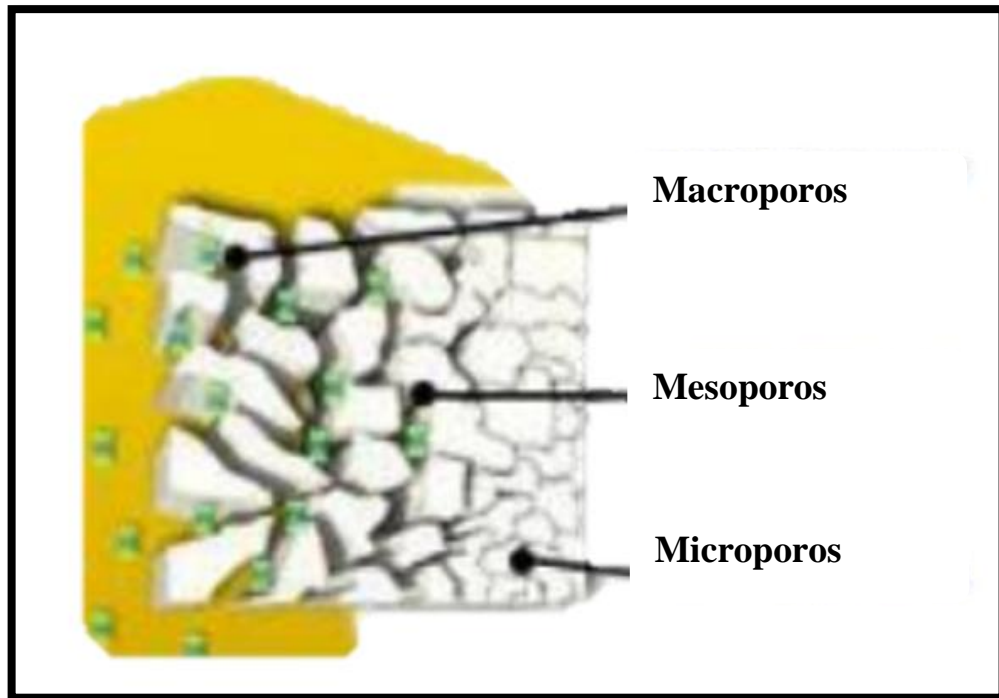


Figura 5. Clasificación de los poros de un carbón.

Fuente: Carrillo & Sánchez Muñoz, 2013.

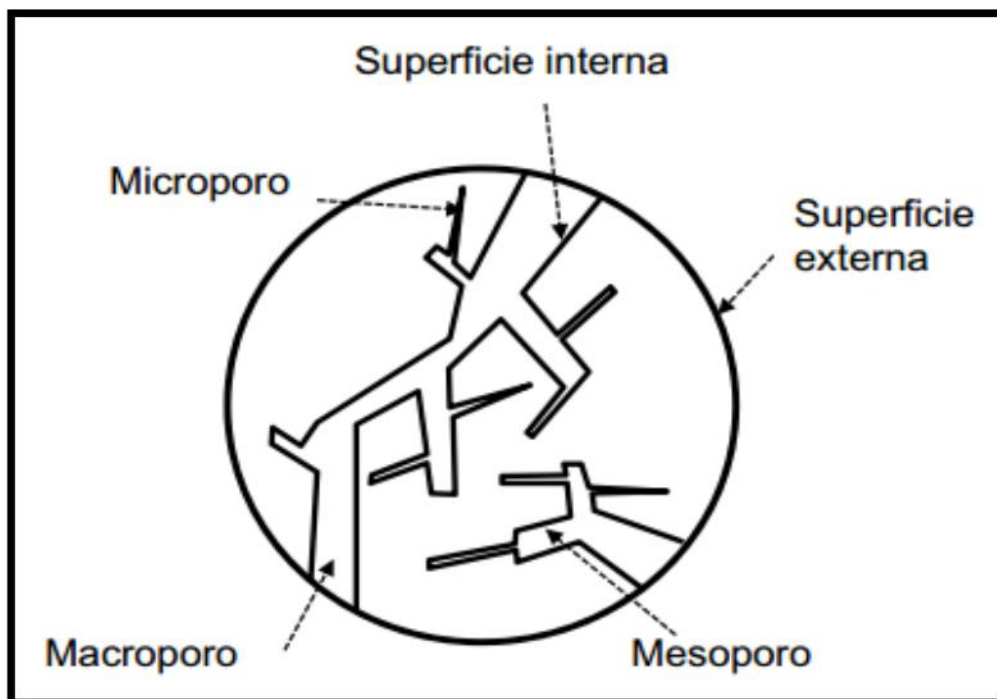


Figura 6. Estructura porosa de carbones activados.

Fuente: Gómez, 2010.

Por otro parte, la manera en que se distribuyen los poros del carbón activado están sujetos fundamentalmente a tres factores primordiales los cuales son: La materia prima, el proceso de activación y la duración del proceso (Carrillo & Sánchez Muñoz, 2013).

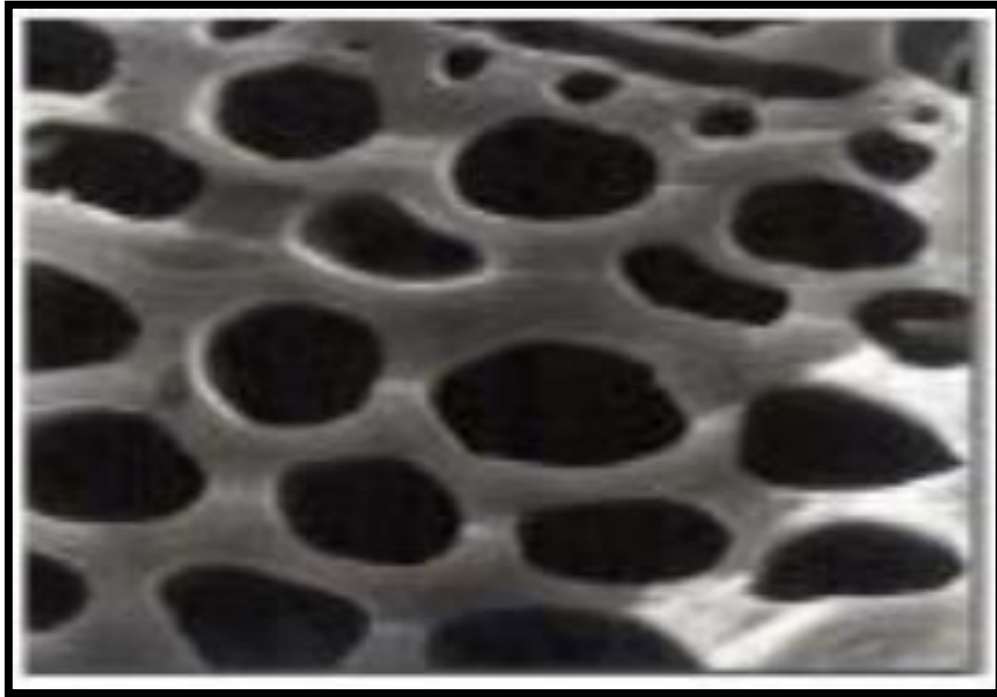


Figura 7. Microporos de carbón activado.

Fuente: Carrillo & Sánchez Muñoz, 2013.

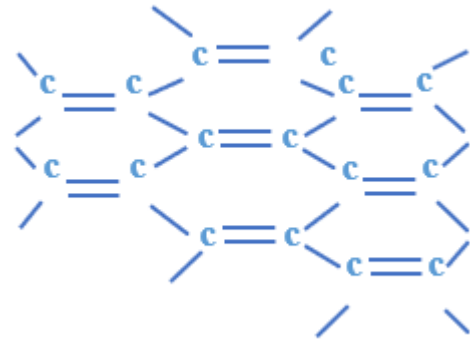
Como sabe la naturaleza intrínseca del carbón activado es poroso, esto se debe a la reacción que se produce al añadir gases o químicos a un material carbonizado, este procedimiento hace que la propiedad esencial del carbón que es la adsorción se incremente de manera significativa, esto gracias a que se deja libre sus poros y así posteriormente pueda adsorber a los metales deseados (Carrillo & Sánchez Muñoz, 2013).

La activación del carbón a nivel molecular consiste en la reordenación de los átomos de carbono a manera de anillos muy parecidos a la estructura del benceno, esto con el fin de obtener su mayor estabilidad y darle una forma cristalina a manera de redes que se entrelazan entre sí, muy parecido a la estructura del grafito. Estas características

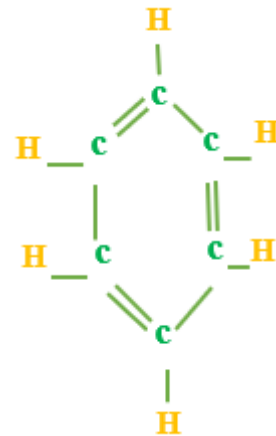
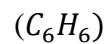
mencionadas desencadenan morfológicamente en la proliferación de los poros del carbón, que estará lista para su uso en el proceso de adsorción.

Comparación de la estructura del benceno con la del carbono, la diferencia entre uno y otro radica en la estructura o arreglo de sus átomos. Par el caso del carbono la característica principal que diferencia del benceno y de otros restos de elementos químicos es su capacidad de enlazarse o unirse consigo mismo, formando largas cadenas estables, formados como máximo 4 enlaces (U. Sevilla, 2013).

Estructura del carbono



Estructura del benceno



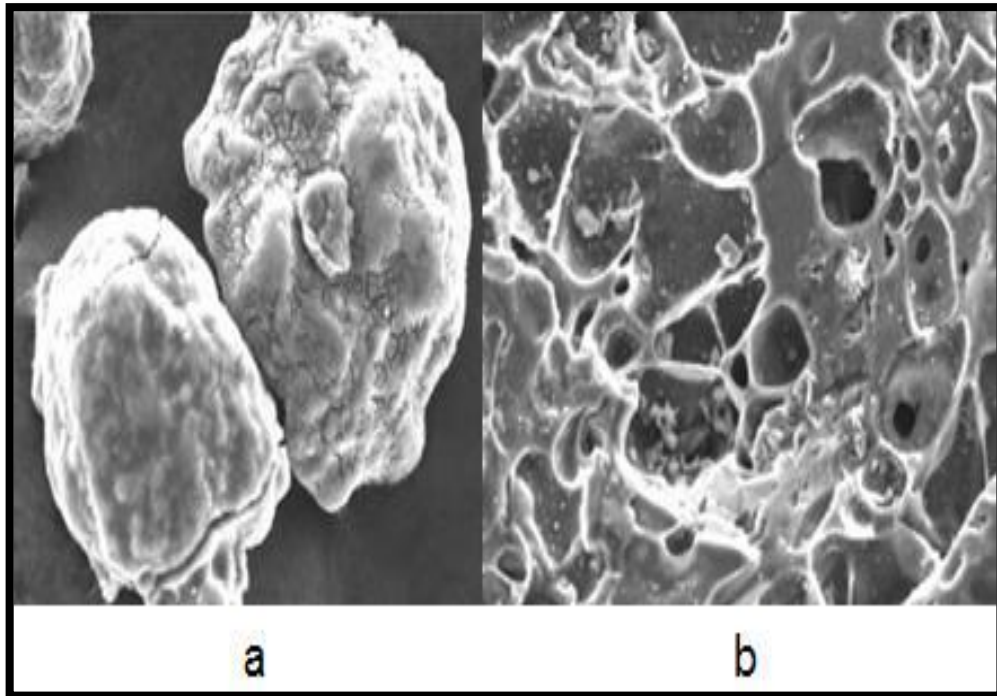


Figura 8. Carbón bruto (a), Carbón activado (b).

Fuente: Universidad Nacional de Colombia, 2006

El área superficial específica y el tamaño de poro dependen principalmente del material carbonizado, las condiciones del proceso de carbonización y sus respectivas activaciones que fueron mencionados en el apartado anterior. La aplicación del carbón activado en la industria minera se da principalmente bajo dos diferentes presentaciones, ya sea en polvo como carbón activado en polvo (El tamaño medio de partícula del carbón en polvo va de 15–25 μm) y granular o conformado, como carbón activado granulado (El tamaño medio de partícula de carbón granulado va de 1.0–5.0 mm). Las otras formas existentes pero muy escasamente usadas de carbón activado son: las fibras, telas, membranas.

La selección en el tipo de presentación de carbón activado se basa según el grado de purificación que se requiera. Sin embargo, las propiedades adsorbentes de un carbón activado no solo están sujetas a su estructura porosa, sino también por su naturaleza química intrínseca (D. Luna, A. González, M. Gordon y N. Martín, 2007).

2.1.1 Estructura del carbón activado

Como se mencionó anteriormente la característica fundamental del carbón activado es su estructura tridimensional organizado a manera de una red, en la Figura 9 el poro funcional generalmente es mayor a 0.2 ml/gr correspondiente al mesoporo, esto sumado a su elevada área superficial interna que va de 500 a 1,500 m^2/gr de carbón granular hace posible la adherencia de una alta gamma de moléculas (M. Simón, 2006).

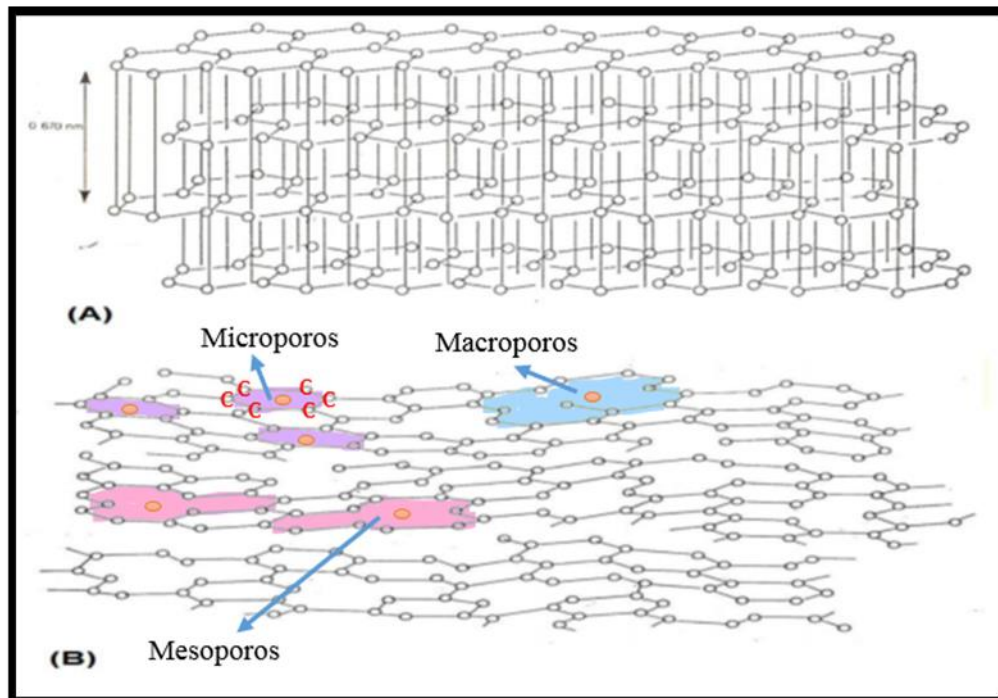


Figura 9. Disposición estructural de capas planas de grafito (A), estructura de capa de carbón activado propuesta (B).

Fuente: Fernández, 2005

2.1.2 Características físicas y químicas

2.1.2.1 Composición química

El concepto de carbón activado proporciona una amplia gama de materiales que difieren en particular en términos de tamaño de partícula y estructura interna (poros y área de superficie específica).

El carbón activado está compuesto por una variedad de materiales en diferentes proporciones, encontrándose en mayor cantidad las moléculas de carbono (70 – 80%), también se puede encontrar cenizas de carbón (5 – 10%), por último, encontramos moléculas de oxígeno e hidrogeno en un 60% y 0.5% respectivamente.

De esto podemos concluir que los átomos de carbono, oxígeno e hidrogeno en conjunto además de conformar la estructura del carbón activado le dan la propiedad adsortiva que es un fenómeno fisicoquímico explicado anteriormente.

2.1.2.2 Composición física

Como se comentó en los apartados anteriores la composición física del carbón activado es similar al del grafito y diamante, además presenta los tres tipos de poros que se señaló.

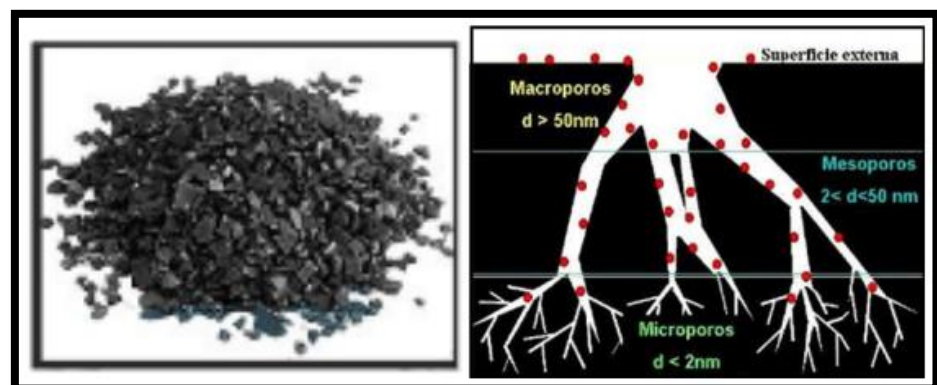


Figura 10. Clasificación de los poros del carbón según su tamaño.

Fuente: <https://es.slideshare.net/renatolachira/carbn-activado>, 2017.

2.1.3 Manipuleo del carbón activado

Después del proceso de cianuración el carbón activado debe de ser limpiado de las impurezas por zarandeo y lavado para luego ser transportado a la planta de desorción, ahí es colocado en el interior del tanque reactor. Los diversos estudios indican que el carbón ideal para su inclusión en dicho tanque debe de poseer al menos una humedad que va del 20 a 30 %.

2.2 ADSORCIÓN CON CARBÓN ACTIVADO

El proceso de absorción consiste en el ingreso de las moléculas de un determinado fluido acompañado con las moléculas del metal disuelto al adsorbente (carbón activado) para luego concentrarse en su interior, este fenómeno consiste en la adherencia del soluto disuelto por medio de fuerzas de atracción intermolecular en los determinados centros activos dentro de la superficie interna del carbón sólido a partir de dos fases diferentes sólido y líquido (Excellence, 2010).

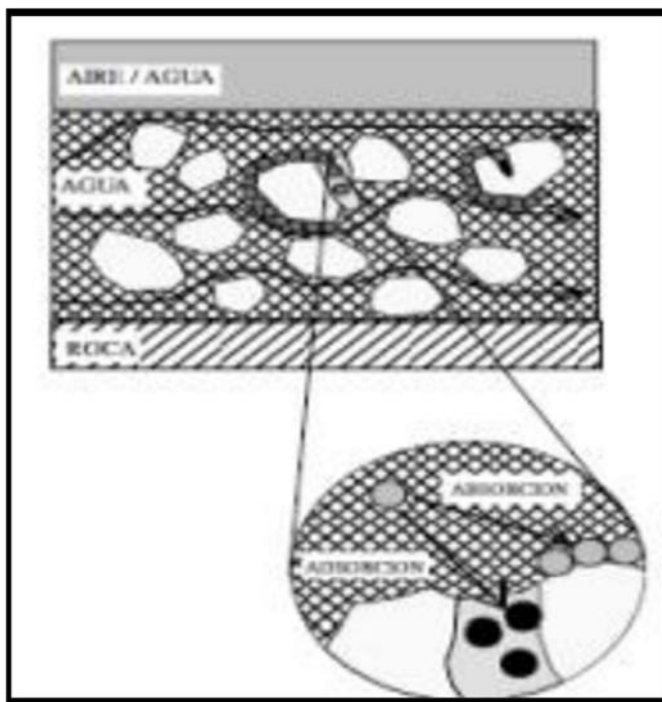


Figura 11. Representación esquemática de los procesos de adsorción.

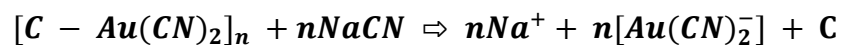
Fuente: Appelo and Postma, 2011.

Las siguientes ecuaciones representan el mecanismo de adsorción, así como el proceso de desorción que es una reacción contraria a lo anteriormente comentado.

Adsorción del Au - Carbón Activado:



Desorción del Au - Carbón Activado:



En la Figura 12 se ilustra el mecanismo de la adsorción y desorción que ocurre en las columnas de lecho y el tanque reactor respectivamente, se representa como adsorbtivo las esferas de color naranja que se encuentran fuera del carbón (adsorbente), mientras que el adsorbato está representado por esferas de color naranja dentro del centro activo, durante la adsorción en el interior del adsorbente se produce una reacción exotérmica debido a la caída de la energía cinética del adsorbtivo (Juntgen, 1999).

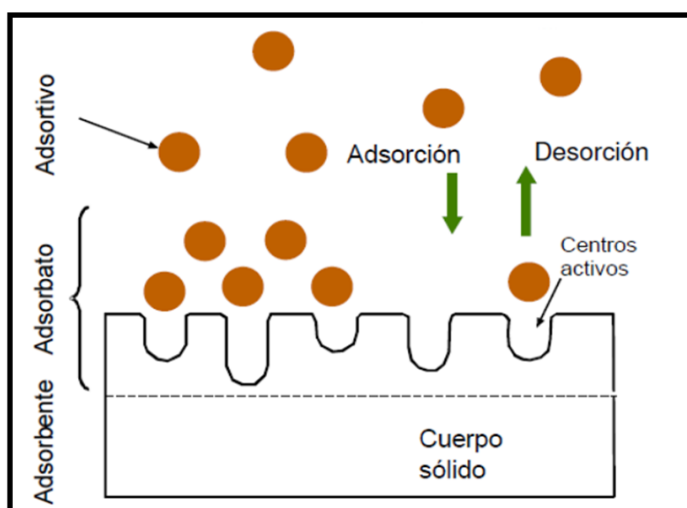


Figura 12. Nomenclatura de los procesos de adsorción y desorción en C.A.

Fuente: Gómez, 2010.



2.2.1 Métodos de adsorción con carbón activado

Los tres métodos de adsorción con carbón activo en el proceso de cianuración son: carbón en columna (CIC), carbón en pulpa (CIP) y carbón en lixiviación (CIL), estas técnicas mencionadas, debido a sus simplicidades en su monitoreo del proceso son usadas con mayor medida, porque presentan una eficiencia de hasta el 99% de recuperación de nuestro material valioso.

2.2.1.1 Carbón en columna (CIC)

Este método consiste en el empaquetado de carbón activo en columnas para realizar una recuperación del oro partiendo de las soluciones cianuradas clarificadas provenientes, la columna donde se va a realizar la adsorción es un diseño que está comprendido en la determinación de la cantidad de carbón necesaria para tratar el volumen de solución dado, teniendo en cuenta la altura del lecho y el área transversal al flujo (Srithammavut, 2008).

Este método proporciona dos formas de tratar las soluciones procedentes de la lixiviación:

- **Sistema de lechos fijos o empacados.**

La solución preñada procedente de la lixiviación es percolada hacia abajo por medio de una capa fija de carbón activado, en este sistema la cantidad de carbón activo que se requiere es menor en relación con el sistema de lecho fluidizado por la concentración de solución.

- **Sistema de lechos fluidizados.**

La solución preñada procedente de la lixiviación es dirigida hacia arriba mediante un bombeo a una velocidad necesaria a través de una cama de carbón activo y logrando mantener el lecho del carbón activo en suspensión o estado fluido en la corriente de solución preñada dentro el sistema.

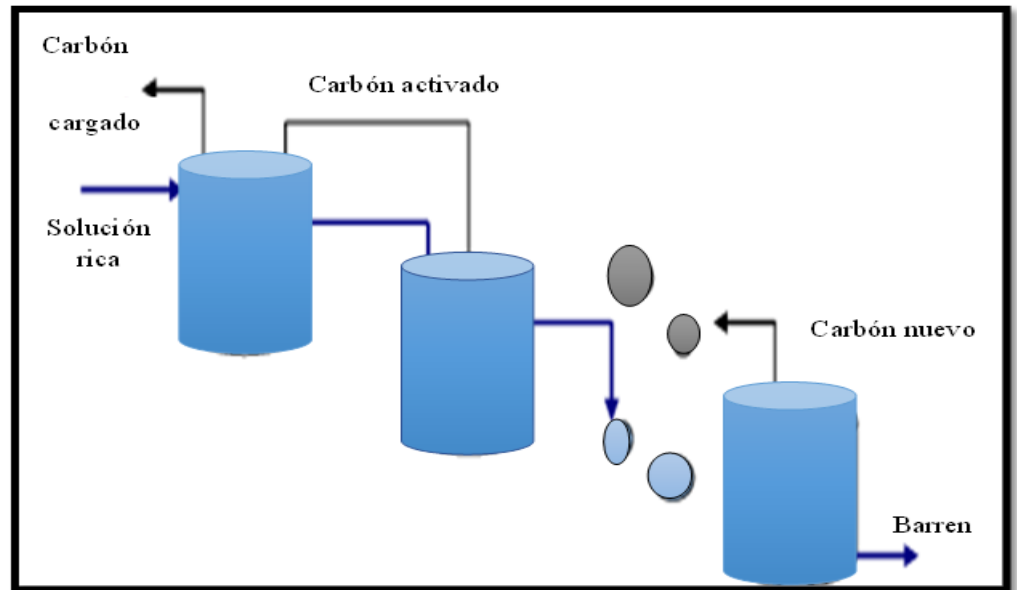


Figura 13. Circuito CIC.

Fuente: EPOSCC4.

2.2.1.2 Carbón en pulpa (CIP)

La concentración por adsorción de carbón activo por este método es una técnica eficaz para la extracción del oro a partir de mineral molido, el proceso de lixiviación en la homogeneidad de solución alcalina aireada se compone de dos procesos principales, dando inicio el paso de lixiviación seguido el proceso de adsorción en el carbón activo como se puede ver en la Figura 14.

Este proceso tiene como objetivo de adsorber con carbón activo los iones complejos de $Au(CN)_2^-$ directamente desde la pulpa cianurada. El

carbón es mantenido en suspensión y mezclada con la pulpa debido a la agitación mecánica y a la vez suministrado con aire. La pulpa es desplazada hacia otro tanque seguido por gravedad o un puente aéreo, de esa forma el carbón cargado es retenido por un tamiz. El avance del carbón respecto a la pulpa se realiza en contracorriente para luego realizar su cosecha requerida (Srithammavut, 2008).

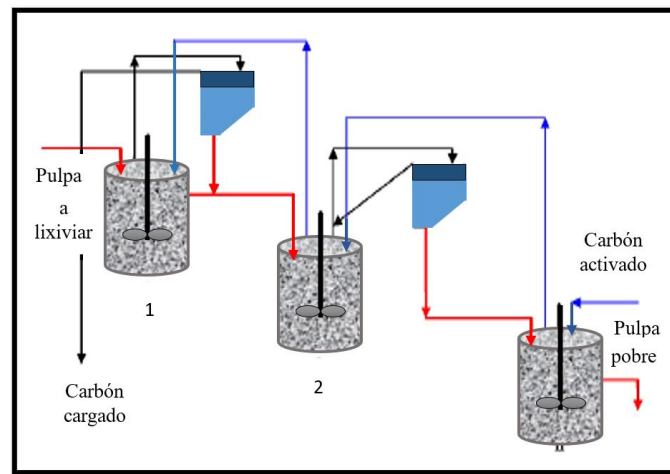


Figura 14. Circuito CIP.

Fuente: EPOSCC4.

2.2.1.3 Carbón en el lixiviado (CIL)

El proceso de lixiviación de carbono convencional (CIL) es similar al proceso CIP, excepto que los pasos de lixiviación y adsorción ocurren simultáneamente en el mismo recipiente. Se agrega carbón al tanque de lixiviación para que el oro sea absorbido por el carbón casi inmediatamente después de disolverse en la solución de cianuro. El proceso CIL se usa principalmente para tratar minerales que contienen materia orgánica y sustancias capaces de adsorber aniones $\text{Au}(\text{CN})_2^-$ de la solución, como la materia carbonosa en minerales, minerales arcillosos y otras especies minerales como el grafito. El proceso tiene la ventaja de costos de capital



más bajos en comparación con los sistemas separados de lixiviación y adsorción de carbono, y mejora la recuperación de oro debido a la presencia de carbono. El proceso CIL es una buena opción, pero tiene algunos inconvenientes. Por ejemplo, requiere una mayor reserva de carbono, lo que crea un mayor bloqueo en el procesamiento de oro. Debido a las mayores pérdidas de carbono y oro debido a la fricción del carbono, la carga de carbono será menor que en el proceso CIP, lo que significa que se debe eliminar más carbono (Srithammavut, 2008).

Esta es una mejora relativamente nueva en el proceso de lodo de carbón y puede ser superior a la tecnología CIP tradicional en algunos casos. Durante este proceso se realizan simultáneamente la lixiviación del oro disuelto y la adsorción con la solución lixivante. Dado que el oro se adsorbe mucho más rápido de lo que se lixivia su mineral, la cantidad y el tamaño de los tanques CIL necesarios dependen del tipo de mineral. La tasa de adsorción es generalmente proporcional a la concentración de oro en la solución; por lo tanto, es extremadamente ventajoso utilizar el primer tanque para un prelavado completo del circuito. Una razón convincente para elegir esta tecnología es la presencia de carbono orgánico en el mineral de alimentación, que lixivia el oro soluble de la solución de beneficio y aumenta las pérdidas de oro en los relaves. El proceso CIL esencialmente evita esta extracción de oro al adsorber la mayor parte del oro disuelto en el carbón activado agregado (Srithammavut, 2008).

2.3 DESORCIÓN DE ORO DE CARBÓN ACTIVADO

2.3.1 Generalidades



El proceso de desorción es descrito como un fenómeno en la cual existe una transferencia de moléculas en un sentido determinado, este proceso es inverso al método de adsorción discutido anteriormente, esto es así debido a que se cambian inversamente los factores que intervienen en la adsorción.

En esencia la molécula aurocianurada debe desprenderse del carbón gracias a una serie de reacciones que se producen en el carbón activado, es importante resaltar la viabilidad económica de este proceso en comparación a los otros como es en el caso de precipitación con polvo de zinc Merrill Crowe.

En el presente estudio se usó el método Zadra modificado por Heinen por las razones anteriormente descritas.

2.3.2 Finalidades y objetivos del proceso de la desorción

1. Eluir eficientemente los metales preciosos procesados en la lixiviación por medio de una solución óptima durante el proceso de circuito cerrado.
2. Lograr la mayor estabilidad del complejo aurocianurado en carbón activo.
3. Mejorar la eficiencia de la difusión de los metales al interior del carbón activo.
4. Eluir la mayor cantidad de metales adsorbidos con el fin de liberar los centros activos del carbón activado.
5. Operar de manera segura respetando las normas de seguridad y usando los equipos de protección personal.

2.3.3 Clasificación de los procedimientos de desorción

2.3.3.1 El proceso atmosférico Zadra



Desarrollado J. B. Zadra, cuyo fundamento se basa en el uso de un circuito cerrado a presión atmosférica, la elución del metal precioso, en este caso el oro, se realiza a partir de carbón activo cargado en el tanque reactor usando una solución que contiene 0.1% de NaCN y 1% NaOH a una temperatura que varía de 85 - 95 °C, para este proceso la variación del tiempo está localizado en un rango de 24 - 60 horas, siempre teniendo en cuenta los factores de operación y los reactivos.

Dentro de las técnicas de desorción sin duda alguna este proceso es el más económico y sencillo de operar, lo cual lo hace idóneo para operaciones a pequeña. No obstante, las desventajas que presenta son remitidas al tiempo, ya que al requerir un tiempo prolongado para la elusión de los metales preciosos lo hace inapropiado para las plantas de gran escala (Misari, 2010).

2.3.3.2 El proceso de re-extracción con alcohol

Desarrollado por Harold J. Heinen, este proceso se fundamenta en los mismos principios desarrollados por Zadra en el proceso atmosférico. Sin embargo, como se discutió en el apartado anterior esta presenta limitaciones con respecto al tiempo, es por eso que Heinen opto por extender este proceso a partir del uso de un catalizador. Al igual que Zadra el carbón activado es cargado adicionando los siguientes reactivos, 0.1 % de NaCN, 1 % de NaOH, además se le agrega un catalizador, en este caso 20 % de alcohol a una temperatura que varía de un rango de 75 – 85 °C.



Este método ha demostrado mejorar significativamente la deficiencia en el tiempo del método Zadra llegando inclusive a ciclos de elución que van de 5 – 6 horas.

El éxito de este método no estuvo exento de críticas debido a los peligros que se encuentran latentes durante el proceso, el alcohol como catalizador después de cumplir su función en la reacción de desorción tiende a ser volatilizado al medio ambiente haciendo que el riesgo de incendios se convierta en peligro.

Sin embargo, pese al peligro antes mencionado por parte del catalizador, no se han reportado incendios en las plantas de desorción, esto debido a que se hace énfasis en los dispositivos de seguridad, diseño del circuito e instalación de campanas extractoras (Misari, 2010).

2.3.3.3 El proceso de retracción a alta presión

Desarrollado por G. M. Potter, consiste en una elución de carbón activado con una solución que contiene 0.1 % de NaCN (opcional) y 1% de NaOH, pero lo que le diferencia de los anteriores métodos es el incremento de la presión por encima de la presión atmosférica aproximadamente a unas 5atm, también a diferencia de las anteriores las temperaturas superan los 100°C aproximadamente oscilan entre los 130-135°C.

El mecanismo del incremento de la presión y temperatura se fundamenta en reducir la concentración por pérdida del solvente catalítico por ende en este método de desorción no es factible añadir el catalizador durante el proceso.



Por otro lado debido al manejo de altas presiones y temperaturas se requiere el uso de equipos adecuados a dicho proceso razón por la cual se incrementa el costo del equipo, además se ve dificultada el manejo del proceso ya que la solución evacuada del equipo requiere un manejo extra para poder disminuir su temperatura con intercambiadores de calor antecediendo la disminución de la presión y así evitar relampagueos (Misari, 2010).

2.3.3.4 El proceso angloamericano (AARL)

Desarrollado por R.J. Davidson, este proceso establece el uso de un pre tratamiento a manera de remojo del carbón activado con los reactivos siguientes de 35 a 50g/L de cianuro (NaCN al 3,5 – 5%) en alta concentración y de 10 a 20 g/L de soda (NaOH al 1 – 2%), vale la pena recalcar que todo este procedimiento debe de realizarse antes de realizar el proceso de elución con agua desionizada, a una temperatura de 95 °C y a una presión atmosférica.

Este proceso junto con el proceso desarrollado por Zadra son los más usados actualmente, las condiciones del método Angloamericano en comparación a los de Zadra son bastantes notables ya que la primera completa su elución a una determinada presión en unas 8 a 12 horas, mientras que la segunda lo hace de 24 – 60 horas a presión atmosférica (Misari, 2010).

2.3.4 Comparación de los procesos

A continuación, se presentan algunos aspectos más notables acerca de los procesos:

Esta parte compara las ventajas de costos operacionales y desventajas de los procesos de elución de carbón:

Tabla 3.

Ventajas y desventajas de los cuatro tipos de procesos de desorción.

Procesos	Ventajas	Desventajas
Proceso atmosférico Zadra	<p>Bajo costo de capital:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Construcción simple de instalaciones de acero templado. • Baja demanda de calor, lo que ahorra energía. • Se requiere un almacenamiento de solución limitado ya que la elución es continua con la electrodeposición. • No es necesario el intercambiador de calor en el circuito. <p>Bajo costo operativo:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Bajo requerimiento de calor. • Bajo consumo de insumos. • Menor degradación de cianuro a más bajas temperaturas. 	<ul style="list-style-type: none"> • Si se desorben grandes cantidades de carbón, es posible que se requieran varias columnas en paralelo para realizar tiempos de elución prolongados. • Baja carga de eluante debido a un lenta reextracción. • Muy fácilmente afectado por la contaminación de la solución. • La elución del oro desde el carbón no es tan completa.
Proceso de reextracción con alcohol	<ul style="list-style-type: none"> • Tiempos cortos de reextracción. • Baja temperatura de operación. • Alto contenido de oro en solución. • Bajo costo de capital de inversión. 	<ul style="list-style-type: none"> • Riesgo de incendios. • Costo alto de operación, por pérdida de alcohol. • El carbón tiene que ser regenerado térmicamente. • Proceso más complejo.
Proceso de reextracción a alta presión	<ul style="list-style-type: none"> • Tiempos cortos de reextracción. • Alto contenido de oro en solución. • La solución no se contamina. • La reextracción y recuperación son separadas, más óptimo. • Buen proceso de reextracción. • Proceso fácil de ser automatizado con una PLC. 	<p>Costo alto de capital:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Depósitos a presión de acero inoxidable Intercambiadores de calor. • Los depósitos que operan a presión, requieren una sobre protección. • Costo alto de operación, por pérdida de alcohol. • La alta temperatura puede fijar la plata y el mercurio sobre el carbón. • Riesgo de incendios. • El carbón tiene que ser regenerado térmicamente. • Proceso más complejo.
Proceso angloamericano	<ul style="list-style-type: none"> • Tiempos cortos de reextracción. • Alto contenido de oro en solución. • El lavado ácido en el reactor evita el paso de transporte del carbón reduciéndose la atricción del carbón. • Temperatura y presión moderada, baja el costo de operación. • Buen proceso de reextracción. 	<ul style="list-style-type: none"> • Proceso más complejo, requiere de mayor instrumentación para operar automáticamente. • Equipo sofisticado por lavado ácido. • Requiere de calidad buena de agua con bajo contenido de Ca y Mg para una eficiente elución. • Se requiere agua blanda o desionizada. • La solución de reextracción no puede ser reciclada.

Fuente: Fidel Misari, 2010

2.3.5 Factores físicos y químicos que afectan la eficiencia de la desorción



En la desorción de carbón activado el complejo aurocianuro que se encuentra en su interior está sujeto a una serie de reacciones in situ inversas a lo ocurrido en la adsorción, estas reacciones a su vez están influenciadas por una serie de parámetros que dirigen las reacciones por la dirección deseada que es la elución del oro. Desde ese punto de vista es menester la comprensión de dichas reacciones y los factores que influyen desde un punto de vista fisicoquímico, para lo cual nos apoyaremos de los diversos estudios que se han realizado hasta la fecha.

2.3.5.1 Tiempo

Para fines de esta investigación, el tiempo es uno de los parámetros más importantes en el proceso de desorción, ya que su manejo implica en gran medida la mejora de la eficiencia y la reducción de los gastos per se del proceso.

Durante el proceso la clave del manejo del tiempo radica principalmente en el catalizador y la temperatura.

El catalizador tiene su importancia en reducir la energía de activación de la reacción para posteriormente acelerarla hasta el punto en el que la reacción sea lo más rápida posible y en consecuencia reducir el tiempo.

La temperatura juega un papel primordial en las reacciones, esta incrementa en cierta medida la aceleración de las mismas, el desarrollo de este parámetro se realizará con mayor detalle en el siguiente punto.

2.3.5.2 Temperatura y presión



Durante la elución de metales preciosos la temperatura es el parámetro más importante, ya que gobierna las reacciones que participan en ella. Como se sabe durante la adsorción las reacciones que predominan son las que desprenden calor(exotermica) en contraposición a ello las reacciones que participan en la desorción son las que necesitan calor, por tal razón es que se pone en énfasis este parámetro durante la elución, además muchos de los métodos usados en la desorción manipulan el calor de manera diferente y en función a sus reactivos y/o diseño de equipo.

Se sabe que durante la desorción el calor es directamente proporcional a la velocidad de reacción, por lo tanto, el efecto de la temperatura acelera la reacción como lo demuestra la Fig 15, en este grafico se demuestra que mientras se introduce más calor al sistema este acelera más la reacción por ende la eficiencia de la elución se verá incrementada.

En los equipos diseñados a alta presión la temperatura suele superar los 100°C para que ocurra la reacción, en estas situaciones se puede observar una marcada eficiencia de la elución en comparacion con aquellas que se encuentran a presión atmosférica.

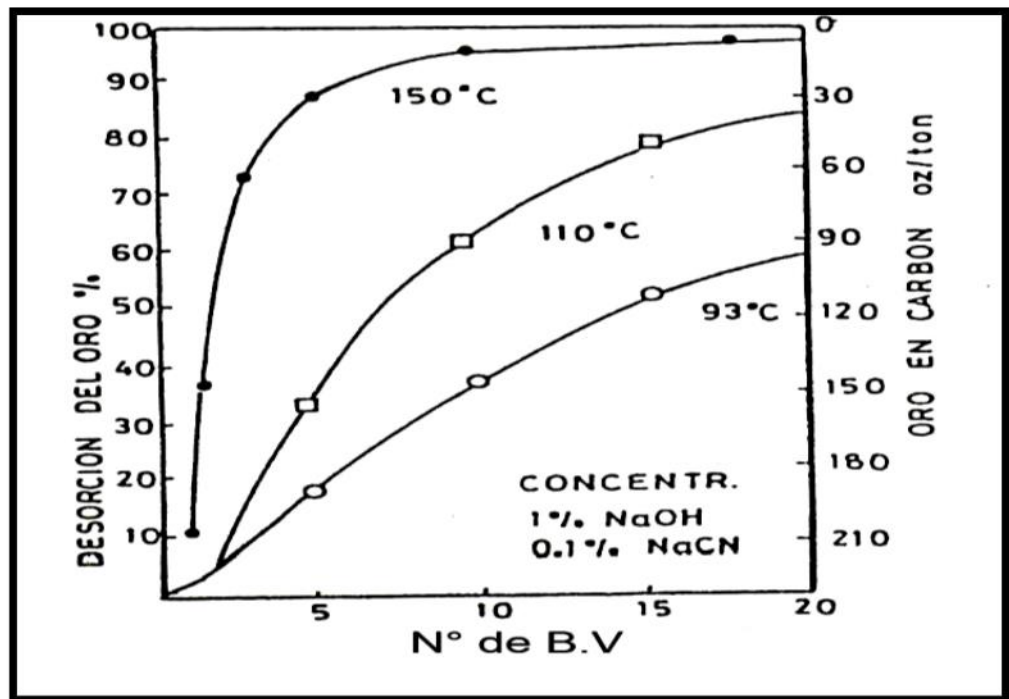


Figura 15. Efecto de la temperatura en la desorción de oro (Método Zadra).

Fuente: Gupta, 1990.

2.3.5.3 Concentración de cianuro

En la desorción el papel del cianuro de sodio como reactante es muy importante ya que se cree que interactúa de manera directa con el complejo aurocianurado siguiendo las leyes de la química. El mecanismo de acción del ion cianuro es eficaz a altas temperaturas sin embargo la pérdida de este reactivo en estas condiciones puede ser significativa.

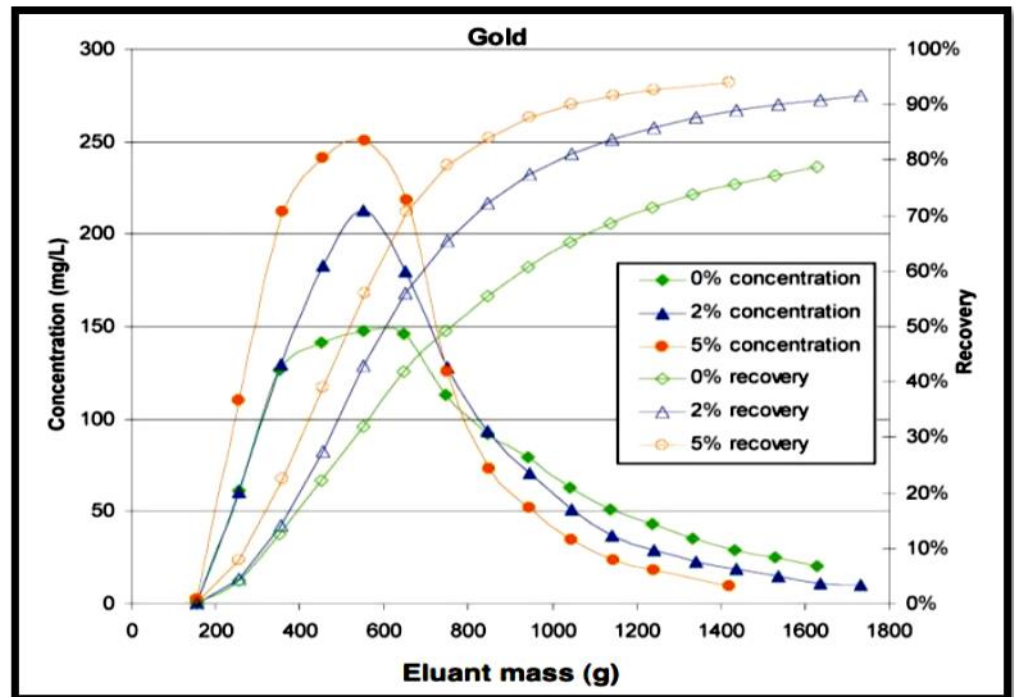


Figura 16. Efecto de la concentración de cianuro para el proceso.

Fuente: Jeffrey, 2009.

Durante el proceso el reactivo NaOH desplaza al complejo aurocianuro, para ello se requiere de una adecuada alcalinidad que oscila entre 9 – 13 de pH, esto con el fin de evitar la hidrólisis del cianuro

La elusión también se ve afectada por el tipo de carbón, el contenido de oro, especialmente la edad de uso y el tipo de circuito de carga; La contaminación por carbono se convierte de orgánica a inorgánica.

2.3.5.4 Efectos del pH

Todos los métodos de desorción desarrollados después de Zadra hacen un uso cuidadoso de 1% a 3% de soda, NaOH, ya sea diluido en el eluyente mismo o proporcionado inmediatamente por "remojo" para proporcionar una "alcalinidad protegida" (para evitar la hidrólisis del cianuro), es decir, por lo general, el pH está entre 10,5 y 12. Por otro lado, recuerde que los iones de hidróxido, OH, son muy buenos para desplazar el cianuro adsorbido, casi también. es el ion cianuro libre CN⁻.

2.3.5.5 Alcohol

En presencia de solventes orgánicos, el equilibrio de distribución de oro entre el carbón activado y la solución de cianuro es más favorable a la solución (desorción de oro). Por lo tanto, incluso a bajas temperaturas, el oro puede desorberse en presencia de altas concentraciones de ciertos solventes como etanol, metanol y etilenglicol, que tienen efectos beneficiosos similares sobre el equilibrio de elución.

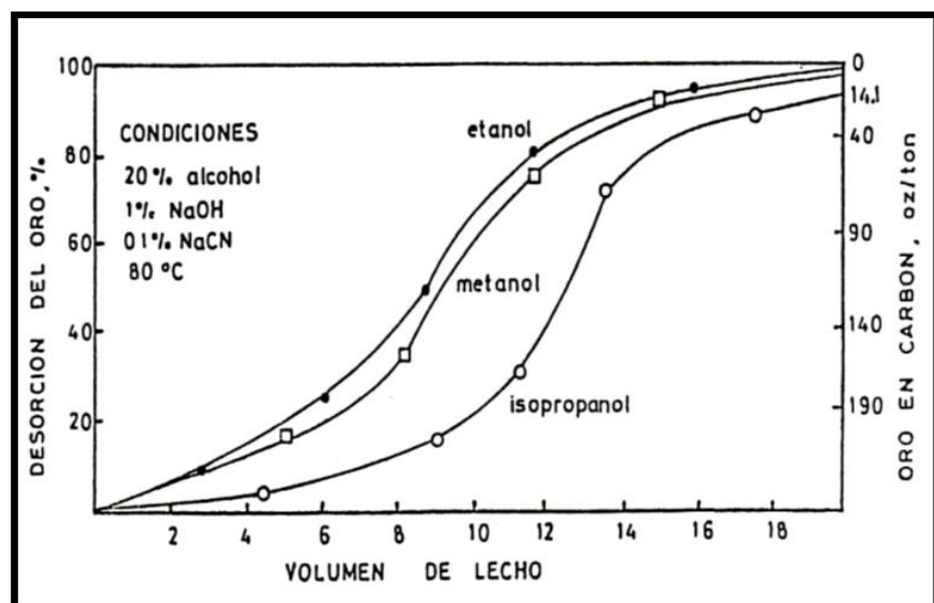


Figura 17. Solventes en la desorción de oro.

Fuente: Gupta, 1990.

Se han propuesto varios mecanismos para el papel de estos solventes orgánicos en la inhibición de la adsorción de oro. Independientemente de la teoría de la competencia, se conoce la adsorción aparente. La propuesta de Muir es interesante porque también postula que la competencia de los iones de cianuro por los sitios de adsorción es un factor importante. El efecto principal de los solventes orgánicos es aumentar significativamente la actividad de los aniones pequeños, como el CN^- (aumento medido de hasta 106), mientras que los aniones complejos grandes, como el $\text{Au}(\text{CN})_2^-$, no se ven afectados relativamente.

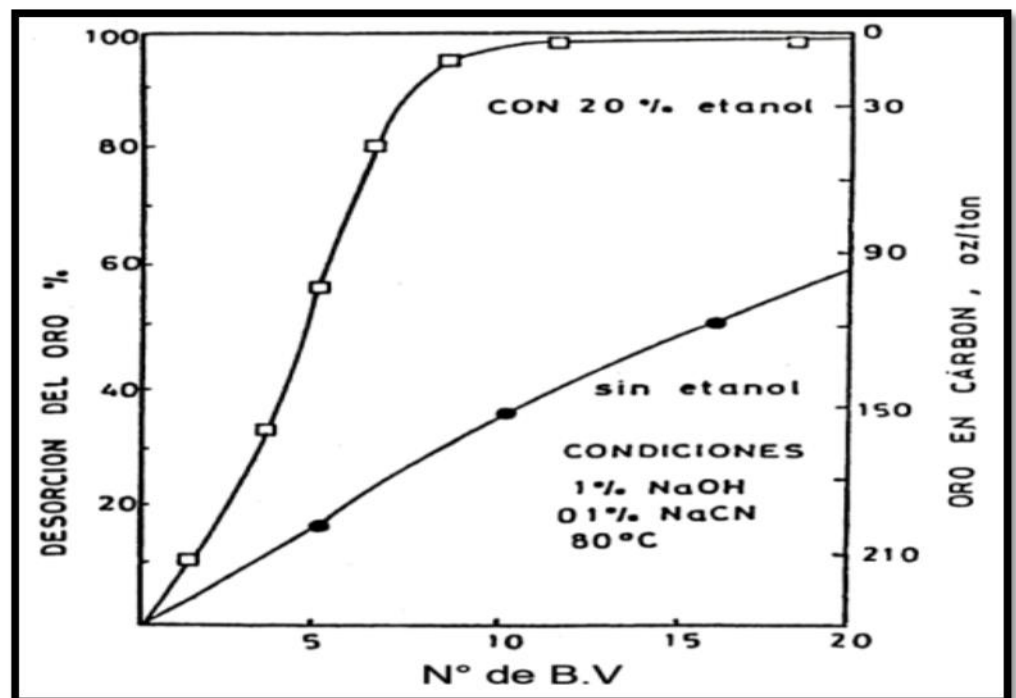


Figura 18. Efecto de etanol en la desorción de oro.

Fuente: Gupta, 1990.

2.3.5.6 Velocidad de flujo del eluyente

El caudal de eluyente a través del carbón se suele expresar en unidades de "volumen de lecho" por hora (bed volumen = BV). La cinética

de elución tiende a ser independiente de este flujo por encima de 1 BV/h. Pero después de cierto período, la carga de oro residual en el carbón disminuye a medida que aumenta el flujo, tal como se aprecia en la Figura 19.

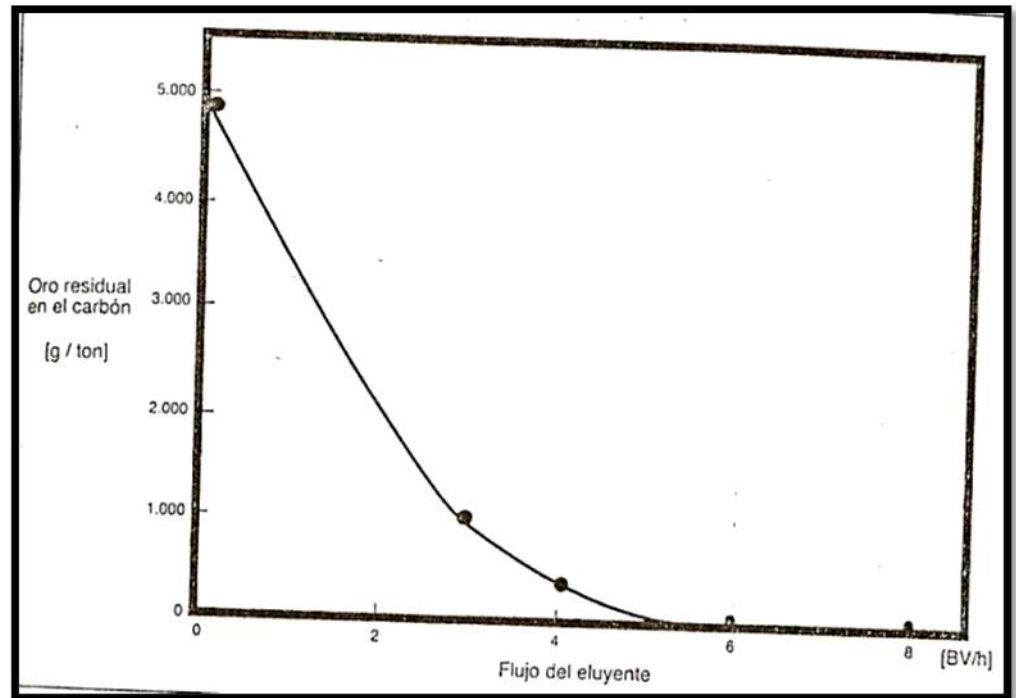


Figura 19. Efecto del flujo del eluyente para la desorción.

Fuente: Gupta, 1990.

2.3.6 El área de desorción está conformada por los siguientes equipos

- Reactor de calentamiento del electrolito (Caldero).
- Reactor de desorción
- Celda electrolítica.
- Tanque de acondicionador de solución barren.
- Rectificador de corriente.

2.3.7 Diagramas del circuito de desorción del carbón activado

- Diagrama de bloques del proceso de desorción.
- Diagrama pictórico del proceso de desorción.

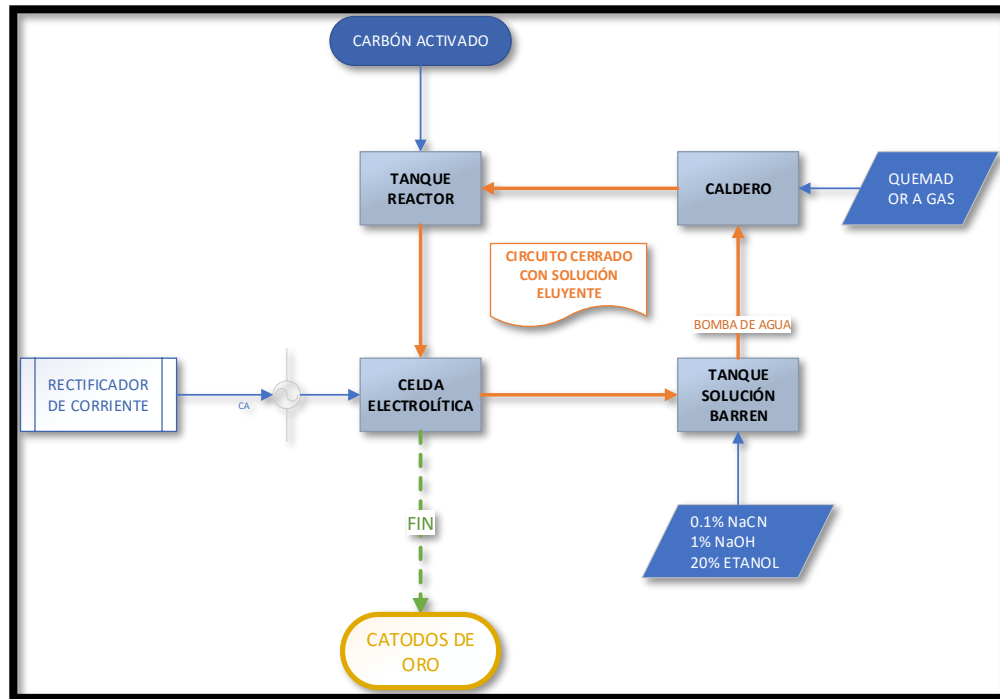


Figura 20. Diagrama de bloques del proceso de desorción de carbón activado.

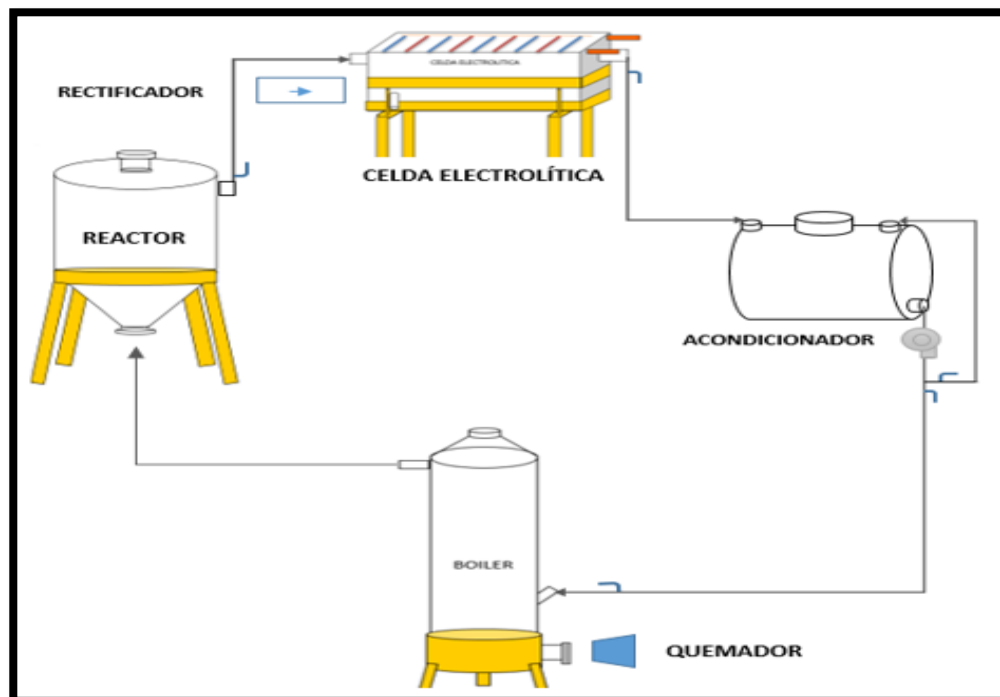


Figura 21. Diagrama pictórico del circuito de desorción del carbón activado.

2.4 ELECTRODEPOSICIÓN DEL ORO



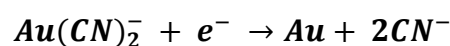
La electrodeposición es un proceso electroquímico usando una corriente eléctrica para reducir cationes en una solución acuosa que los contienen, para la precipitación de metales, sobre un conductor que será el cátodo de la celda, de esa forma se crea un fino recubrimiento alrededor de este con el material reducido (Misari, 2010).

a. Proceso de electro- obtención (EW)

- El paso de la corriente entre los electrodos.
- El ánodo: electrodo sólido que conduce en cuya superficie y que se realiza un proceso de oxidación con liberación de electrones.
- El cátodo: electrodo sólido que conduce en cuya superficie y que se realiza un proceso de reducción con los electrones que provienen del ánodo.

b. Reacción en el cátodo – deposición de oro

El oro es desplazado electrolíticamente de la solución de cianuro alcalino (eluido preñado) y este se deposita en la superficie del electrodo cátodo según la reacción:

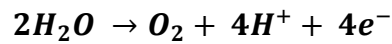


c. Reacción en el ánodo

Los ánodos son electrodos positivos, fabricados de malla de acero inoxidable. En el ánodo no se deposita el oro, pero es necesario para que fluya la corriente, y lograr un circuito eléctrico dentro de la celda.

Es importante que el eluato tenga un pH alto, para que no haya una corrosión en los ánodos a un pH inferior a 12,5.

El gas oxígeno producido por la oxidación del agua es la principal reacción que ocurre en el ánodo.



1. Leyes de Faraday

Son las leyes fundamentales que gobiernan las reacciones electroquímicas fueron formuladas por Michael Faraday y describen lo siguiente. (Misari, 1993)

- **Primera ley de Faraday**

La masa que se deposita en un electrodo es directamente proporcional a la carga eléctrica que atraviesa la solución preñada.

$$W = Q K$$

W = masa depositada o liberada

K = constante de proporcionalidad

Q = carga eléctrica (Salcedo, 1987)

- **Segunda ley de Faraday**

Para una misma cantidad de electricidad, la masa de diferentes sustancias que se libera o deposita son proporcionales a sus masas equivalentes, logrando expresar esta ley, que en cada electrodo se deposita o libera el mismo número de equivalente gramo. (Salcedo, 1987).

2.5 DEFINICIÓN DE TÉRMINOS

a. Concentraciones del electrolito

A bajas concentraciones del electrolito la velocidad de difusión es lenta y normalmente es la que controla la totalidad del proceso. El proceso completo es



controlado por difusión y esto favorece la producción de polvo pero lo opuesto ocurre a concentraciones altas del electrolito.

b. Temperatura

Aumenta la temperatura aumenta la velocidad de difusión y del crecimiento de los cristales, este factor favorece a la formación de un depósito más grueso, ya que al aumentar la temperatura permite formar un depósito más coherente y grueso. (Sancho, 2000).

c. Amperímetro (A)

Empleado para medir la intensidad de corriente que pasa a través de un conductor, el amperímetro es conectado en serie y por ello se diseña con la menor resistencia posible.

d. Voltímetro (V)

Empleado para medir la diferencia de potenciales entre dos bordes del circuito de una resistencia. Se conecta en paralelo y por ello se diseña con la mayor resistencia posible.

e. Potencial estándar de celda

También llamado potencial de simple electrodo es la diferencia de potencial entre el electrodo y la solución preñada. La FEM estándar de la celda es la diferencia de potencial estándar de oxidación y el de reducción.

f. Sobre potenciales de celda

Dados por la polarización, la sobretensión del hidrogeno al igual que el oxígeno, y las pérdidas de energía debido a conexiones y resistencias eléctricas.



g. Polarización

Por medio de la separación entre un electrodo y una disolución circula una corriente intensa, la diferencia de potencial entre una y otra difiere del valor de equilibrio y a la diferencia que ocurre entre estos dos valores se denomina nombre de polarización.

h. Sobretensión

Al incremento significativo del valor del potencial de un electrodo, con respecto al potencial normal que es reversible, se llama sobretensión.

i. Pérdidas de energía

La resistencia que es factor importante para que surja una pérdidas de energía que se producen por accesorios utilizados para la conducción de corriente.

j. Rendimiento de recuperación por electrodeposición

El rendimiento del equipo de electrodeposición es óptima y recomendable ante una precipitación con Zinc, se tornó en función a la cantidad de oro que es recuperado. El rendimiento del rectificador está dado por:

$$\% \text{ Rendimiento de recuperación} = \frac{\text{masa de oro recuperado}}{\text{masa inicial de oro}} \times 100$$



CAPÍTULO III

MATERIALES Y MÉTODOS

3.1 METODOLOGÍA

La metodología que se utilizó en la presente investigación fue de tipo experimental, cuantitativo, comparativo para la evaluación de dos variables principales, alcohol y tiempo.

En el presente estudio se usó el método Zadra modificado por Heinen, proceso de reextracción con alcohol en la planta de desorción de oro de carbón activado, se eligió la siguiente secuencia: Material prima obtenido a partir del proceso de adsorción, el carbón activado con oro fue cargado al tanque reactor, en seguida se hizo la preparación de solución de elusión en el tanque de acondicionador de solución barren, luego se procedió al calentamiento de electrolito en un caldero para luego dar su paso al tanque reactor, la solución eluyente del tanque pasa a la celda de electrodeposición donde se deposita el oro en los cátodos de lana de acero, la solución eluyente (electrolito) hace su circulación en circuito cerrado hasta un periodo de tiempo límite y finalizando ese tiempo se realizó la cosecha de cátodos cargados con oro.

Las pruebas de desorción se realizaron en su totalidad en las instalaciones de la planta de desorción de oro de la empresa MINERALES Y PROCESOS J&H DEL PERÚ S.R.L. como lo mencione al inicio, se realizó pruebas a las mismas condiciones anteriormente detalladas, variando los porcentajes de alcohol etílico y el periodo de tiempo en horas, con la finalidad de lograr una desorción de oro más rápida y eficiente.

3.2 TIPO DE MUESTRAS



En el presente estudio se tomó muestras representativas del carbón activado con oro antes de su carga al tanque reactor y al final del proceso de desorción también se tomó las muestras para el laboratorio del carbón desorbido, durante el proceso las muestra que se tomaron de solución eluyente fueron al ingreso y salida de la celda de electrodeposición (salida del tanque reactor y a la salida de la celda de electrodeposición).

3.3 TIPO DE INVESTIGACIÓN

El tipo de investigación fue experimental, cuantitativo, comparativo.

3.4 DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN

Las siguientes variables tomadas para el diseño de este estudio inciden de manera significativa en el proceso de desorción de oro; dentro de estas variables tenemos:

1. Variables tomadas para el estudio:

- Alcohol etílico (%)
- Tiempo de Desorción (h)

2. Variables fijas para el estudio en el proceso de desorción de oro:

- Hidróxido de sodio (NaOH) %
- Cianuro de sodio (NaCN) %
- Temperatura (°C)
- Presión atmosférica (atm)

Las múltiples variables que surge para la eficiencia del proceso de desorción son diversas, en este estudio se tomaron dos variables importantes, la cantidad de alcohol etílico en porcentajes y el periodo de tiempo en horas.

Con estas dos variables principales se pretendió tomar la efectividad del catalizador para promover la desorción de oro del carbón activado, este catalizador en el proceso ofrece una elución de oro eficiente en menor tiempo posible en un rango de temperatura de 80 – 85°C.

3.5 VARIACIÓN DE PARÁMETROS

La variación de los parámetros (alcohol y tiempo) sigue los lineamientos de las investigaciones bibliográficas revisadas, sumado a eso las experiencias adquiridas por parte de mi persona en el proceso de desorción de oro influenciaron en gran medida en el control de dichos parámetros.

Se realizó tres pruebas diferentes durante el estudio con las variables como lo muestra la Tabla 4.

Tabla 4.

Pruebas para las variables en la desorción.

Variables	Pruebas		
	A	B	C
Alcohol	5 %	10 %	20 %
Tiempo	32 hrs.	29 hrs.	24 hrs.

Observando la tabla, se aprecia que para las tres pruebas A, B y C realizadas se tomó las variables de alcohol y tiempo, estas demostraron que al añadirles 5, 10 y 20 % de volumen de etanol respectivamente optimizan el proceso Heinen, se pudo apreciar que el alcohol reducía el tiempo de elución según la cantidad añadida en cada prueba, se concluye así que el alcohol es un catalizador eficiente en el proceso de desorción de oro.

3.6 MUESTREO



3.6.1 Procedimiento para la toma de muestra

- Para la recolección de la muestra se tomó las medidas de seguridad pertinentes, así como el uso de los EPPs.
- Elección del recipiente adecuado para el almacenaje de las muestras.
- Realizar el muestreo respectivo.
- Almacenar las muestras tomadas en un ambiente adecuado.

3.6.2 Procedimiento para análisis

3.6.2.1 Muestra sólida

En la toma de muestra de carbón activado con oro, primeramente, se homogenizó el carbón, luego se realizó su respectivo cuarteo para cada prueba, con la ayuda de una cuchara se procedió al muestreo en las tres pruebas (A, B y C), estas muestras se almacenaron en recipientes adecuados, posteriormente se procedió a la respectiva rotulación de código. El peso neto de cada muestra consistió en 100 gr. de carbón rotulado con su fecha respectiva.

Las muestras de carbón fueron enviadas al laboratorio químico - metalúrgico RHLAB S.A.C., en la ciudad de Juliaca – Puno, para su determinación analítica del contenido metálico de oro (Au) total, para el respectivo análisis se procedió a realizar el método Vía seca.

3.6.2.2 Muestra líquida

La toma de muestra de la solución eluyente para cada prueba se realizó a partir de una cantidad de 50 ml. de muestra líquida por cada 6 horas, estas se obtuvieron en la entrada y salida de la celda electrolítica



con la ayuda de una pipeta y luego se realizó su embace en un recipiente. Las muestras se procedieron a rotular para luego ser enviados al laboratorio químico - metalúrgico RHLAB S.A.C. para su respectivo análisis de oro y a partir de los resultados que se obtuvo se pudo apreciar la evolución del proceso de desorción como se muestra en el capítulo IV.

3.7 PROCEDIMIENTO EXPERIMENTAL DE LOS OBJETIVOS ESPECÍFICOS

3.7.1 De la influencia del alcohol

3.7.1.1 Arranque del proceso

La planta de desorción primeramente está compuesta por 5 equipos para su funcionamiento en el proceso de recuperación de oro por el método Heinen como se muestra en el Anexo 1 y 5, se requiere primeramente el reconocimiento de los componentes de la planta, posterior a ello es importante tomar las medidas de seguridad ya que los reactivos con los que se trabajará requieren estricto cuidado.

3.7.1.2 Reactor de desorción

A partir del carbón activado con oro, se procedió al cargado respectivo en el interior del tanque reactor con un lote total de 30 kg. este reactor tiene la peculiaridad de pertenecer a un sistema cerrado, razón por la cual debe de ser cerrado con su tapa herméticamente para que el electrolito pueda rebosar y no tener una pérdida de solución eluyente preñada, estos peligros se deben a la alta presión que se genera en el interior del tanque reactor, a su vez este equipo consta de filtros cuya

función es retener el carbón y solo permitir el paso del electrolito a la celda de electrodeposición.

3.7.1.3 En el tanque de la solución Barren

En este equipo se procede a cargar los reactivos, aquí se debe tener mucho hincapié en la seguridad ya que como lo mencioné anteriormente los reactivos con los que se trabaja son contaminantes y altamente venenosos, por tal razón se recomienda usar máscaras antigás, guantes de jebe (EPP).

El tanque con el que se trabajó tiene una capacidad de 500 L, por lo tanto, la preparación de la solución eluyente se llevó a cabo según la Tablas 5 y 6.

Tabla 5.

Influencia de los porcentajes de alcohol en la celda electrolítica.

Variable para el estudio	Concentración (%)		
	Pruebas		
	A	B	C
Alcohol	5%	10%	20%
Variables fijos en el proceso			
Hidróxido de sodio (NaOH)	1%	1%	1%
Cianuro de sodio (NaCN)	0.1%	0.1%	0.1%

La Tabla 5 se ilustra los componentes de la solución eluyente con el que se trabajó, se puede apreciar que la variación de los porcentajes del catalizador (C_2H_6O) se encuentran en 5, 10 y 20 % de volumen en cada prueba respectiva, a su vez los porcentajes de las variables fijas de los reactivos con los que se trabajó se encuentran constantes, 1% de (NaOH) y 0.1 % de (NaCN), durante todas las pruebas del proceso de re-extracción.

Tabla 6.

Cantidad de reactivos de la solución que entra al reactor de calentamiento.

Solvente y reactivos	Pruebas		
	A	B	C
Alcohol	25 L	50 L	100 L
Hidróxido de Sodio (NaOH)	5 kg	5 kg	5 kg
Cianuro de sodio (NaCN)	500 gr	500 gr	500 gr

Como se mencionó anteriormente la capacidad del tanque de solución barren es de 500 L, por lo tanto, la distribución del volumen fue de 5% para el alcohol etílico, para lo cual se vertió 25 L, el 1 % y 0.1 % del total resulta en la agregación de 5 kg de (NaOH) y 500 gr de (NaCN) respectivamente para la prueba A.

En la prueba B el 10% del volumen total resulta en la agregación de 50 L de alcohol etílico, la agregación de 5 kg de (NaOH) y 500 gr de (NaCN) se trabajó igual que la prueba anterior.

El 20% del volumen resulta en una distribución de 100 L de alcohol etílico, por otra parte los 5 kg de (NaOH) y 500 gr de (NaCN) al igual que las pruebas anteriores, se tomo como constante para la prueba C. Estos valores indican la forma de distribución del solvente y los reactivos en el tanque durante cada prueba, las constantes tuvieron como objetivo lograr un pH ubicado en el rango de 10.5 – 11.5 y así poder disolver el oro y no formar el ácido cianhídrico (HCN).



Una vez el tanque de solución Barren es cargado con el solvente y los reactivos, lo que corresponde en seguida es la homogenización del electrolito, es decir que las sales tengan que diluirse en el agua y en consecuencia disociarse en cationes y aniones con el objetivo de realizar un trabajo en la celda de electrodeposición para el cual se realiza el prendido de la bomba peristáltica para la recirculación en el mismo tanque durante 30 min asegurando que no recircule por los equipos de desorción.

3.7.1.4 Reacciones que se presentan en el proceso de desorción de oro

Las reacciones que ocurren con la adición de reactivos frente al solvente alcohol etílico con respecto a un periodo de tiempo, variables de estudió en este trabajo. Cuyas reacciones ocurrieron en el tanque reactor y en la celda electrolítica.

a. Reacciones en el tanque reactor con respecto al solvente – tiempo

Estos disolventes orgánicos en particular se adsorben fuertemente sobre el carbono y aumentan significativamente la actividad de CN⁻ en relación con Au (CN).

EL catalizador, alcohol etílico es una sustancia que tuvo una influencia en la velocidad de una reacción, pero no actuó como reactante propiamente dicho en la reacción química.

En la reacción catalítica homogénea, el alcohol estuvo uniformemente distribuido a través del circuito en la desorción.

El mecanismo para el alcohol se explica por la formación de un compuesto entre las reactantes y el catalizador (alcohol).

El proceso se ilustra:



En presencia de un catalizador C, las etapas de la reacción se dan:

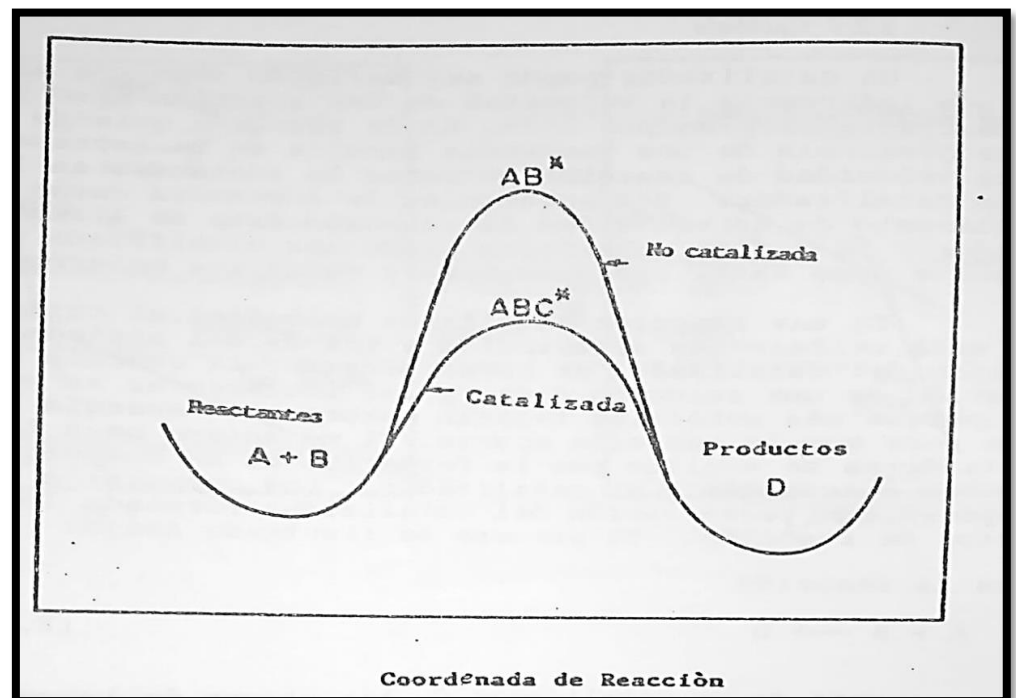
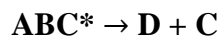


Figura 22. Diagrama de la influencia del alcohol con respecto al tiempo.

Fuente: Hidrometalurgia, H. Haug, G. Twidwel & D. Miller.

3.7.2 Del periodo de tiempo

También como uno de los objetivos principales el tiempo, variante importante para este estudio. En la Tabla 7 se puede observar la planificación de las 3 pruebas (A, B y C) con intervalos de tiempo en horas para cada prueba, para luego apreciar la disminución progresiva de la desorción y deposición del oro en

los cátodos mientras transcurre el tiempo, de esa forma se planea la toma de muestras líquidas en la entrada y salida de la celda electrolítica.

Tabla 7.

Planificación en las 3 pruebas con intervalos de tiempo en horas

Prueba A		Prueba B		Prueba C	
Muestra sol.	Tiempo	Muestra sol.	Tiempo	Muestra sol.	Tiempo
50 ml	hrs.	50 ml	hrs.	50 ml	hrs.
1	12	1	12	1	6
2	18	2	18	2	12
3	24	3	24	3	18
4	32	4	29	4	24

3.7.2.1 En la celda electrolítica

La celda electrolítica está compuesta por cuatro cátodos y cinco ánodos, en toda celda electrolítica siempre habrá un ánodo más por lo tanto se cumple que el número (n) de cátodos y en número (n+1) de ánodos deben estar colocadas intercaladamente, siempre iniciando y finalizando con el ánodo. Se realizó el armado del cátodo con 55 gr. de lana de acero por cátodo, se le asegura bien y se toma una buena homogeneidad, debe de cumplir una peculiaridad y es que debe ser perpendicular al ánodo con el fin de evitar el choque del cátodo con el ánodo en plena electrólisis, con esto evitamos el riesgo de que se produzca un corto circuito y en consecuencia la pérdida de eficiencia de corriente. Estos aspectos permiten la realización de un proceso eficiente en el electrowinning de oro. La celda electrolítica tiene en su estructura una boca de entrada y salida, aprovechando esta característica es ahí donde se tomó las muestras líquidas para este estudio, también está compuesta por una barra



conductora de cobre que está conectada a un rectificador de corriente, en esta barra se colocó los electrodos en forma intercalada como se observa en el Anexo 10.

3.7.2.2 Inicio de la recirculación del eluyente o electrolito

Obteniendo su electrolito homogenizado y a un pH 11.5, cargado el carbón activado en el reactor y fijado muy bien los electrodos en la barra conductora de cobre en la celda de electrowinning, dando un paso a su inicio de recorrido de la solución eluyente con un flujo en todo el circuito de la planta para lo cual se realizó el despejo de las válvulas en todo el circuito.

Tomando el control del proceso de elución con alcohol desde el tablero de control de la planta de desorción como se puede observar en el Anexo 8, primeramente, se realizó el bombeo de la solución eluyente dirigido al caldero de esa forma también se dio inicio al encendido del caldero con gas propano para alcanzar a temperaturas elevadas en un rango de 80 – 85°C.

El electrolito ingresa al tanque reactor rebosa por la parte superior e ingresa a la celda de electrowinning y se va desahogando por la boca de salida de la celda de electrodeposición directamente al tanque de solución barren es decir hay una hidrodinámica constante, ya logrando el flujo adecuado para el circuito en el precalentamiento de la solución eluyente hasta lograr el punto de equilibrio de la temperatura en un rango de 80 – 85°C. Se da inicio al prendido del rectificador de corriente.

3.7.2.3 Prendido del rectificador de corriente



El rectificador se encendió con el propósito de la electrodeposición del oro en el cátodo logrando reducirse en el mismo y la oxidación en el ánodo, se aplicó una corriente continua con un voltaje de alrededor de 3.5 V y con un amperaje óptimo en el rango de 50 a 75 amperios por cátodo para una recuperación de oro óptima como se puede observar en el Anexo 9, el voltaje y la corriente que se deben aplicar a la celda para recuperar el oro dependerá mucho de los parámetros y medidas de la celda de electrolítica.

La tasa de desorción de oro aumenta con el aumento de la corriente hasta una cantidad límite, en cuyo punto se obtiene la máxima eficiencia de corriente de la celda. Por encima de este punto, la corriente es consumida por otras reacciones secundarias como la evolución del hidrógeno y deposición de otros metales como el Cu, por lo cual no contribuye a obtener más oro en el cátodo, en la Figura 23 podemos observar el potencial apropiado para la definición exacta del porque precipita un metal.

Reacción de oxidación (corrosión)	Potencial de electrodo, E° (voltios frente a electrodo estándar de hidrógeno)
$Au \rightarrow Au^{3+} + 3e^{-}$	+1,498
$2H_2O \rightarrow O_2 + 4H^{+} + 4e^{-}$	+1,229
$Pt \rightarrow Pt^{2+} + 2e^{-}$	+1,200
$Ag \rightarrow Ag^{+} + e^{-}$	+0,799

67

	$2Hg \rightarrow Hg_2^{2+} + 2e^-$	+0,788
Más catódico (menor tendencia a la corrosión)		+0,771
	$4(OH)^- \rightarrow O_2 + 2H_2O + 4e^-$	+0,401
	$Cu \rightarrow Cu^{2+} + 2e^-$	+0,337
		+0,150
	$Fe^{2+} \rightarrow Fe^{3+} + e^- \quad H_2 \rightarrow 2H^+ + 2e^-$	0,000
		-0,126
		-0,136
	$Sn^{2+} \rightarrow Sn^{4+} + 2e^-$	-0,250
	$Ni \rightarrow Ni^{2+} + 2e^-$	-0,277
	$Co \rightarrow Co^{2+} + 2e^-$	-0,277
Más anódico (mayor tendencia a la corrosión)	$Pb \rightarrow Pb^{2+} + 2e^-$	-0,403
	$Cd \rightarrow Cd^{2+} + 2e^-$	-0,440
	$Fe \rightarrow Fe^{2+} + 2e^-$	-0,440
		-0,744
		-0,763
		-1,662
		-2,363
		-2,714

Figura 23. Tabla de la serie electroquímica de los metales.

Fuente: <https://www.fullquimica.com/2013/12/corrosion-electroquimica.html>

Los parámetros en el rectificador, como el voltaje y amperaje no variaron para este estudio, por lo cual fueron variables fijas sin objetivo de estudio, pero eficientes para la dimensión y capacidad de la planta de desorción donde se realizó las pruebas experimentales de la desorción de oro.

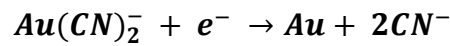
3.7.2.4 Reacciones en la celda electrolítica

La celda contiene un conjunto de cátodos (electrodos negativos) y ánodos (electrodos positivos) sumergidos en el fluido con contenido de oro suministrado desde el circuito de elución o el reactor. El eluato actúa como conductor entre los cátodos y los ánodos. Cuando se enciende el rectificador, el circuito de electroobtención está completo y la corriente comienza a fluir desde los cátodos hacia los ánodos.



- **Reacción en el cátodo – deposición de oro**

El oro se desplaza electrolíticamente de la solución de cianuro alcalino (eluido preñado) y se deposita en la superficie del cátodo según la reacción:

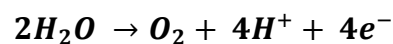


- **Reacción en el ánodo**

Los ánodos, o electrodos positivos, están hechos de malla de acero inoxidable. El ánodo no recoge oro, pero es necesario para que fluya la corriente, completando el circuito eléctrico dentro de la celda.

Es importante que el eluato tenga un pH alto, ya que los ánodos se corroerán a un pH inferior a 12,5.

El gas oxígeno producido por la oxidación del agua es la principal reacción que ocurre en el ánodo:



El rectificador actúa como una batería que suministra los electrones (electricidad) necesarios para que se produzca la reacción. Un electrón es la unidad básica de la electricidad. El complejo de cianuro de oro se divide en una partícula de oro sólida unida al cátodo y los iones de cianuro que permanecen en solución.

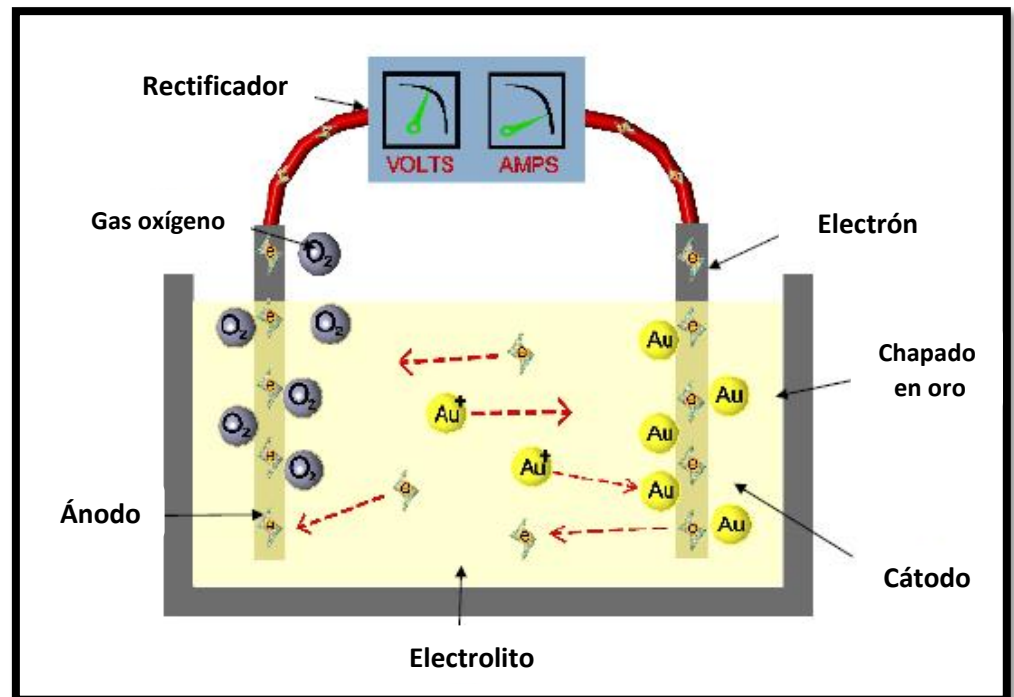


Figura 24. Reacciones en la celda electrolítica.

Fuente: Electrowinning and Smelting, 2015

3.8 FIN DEL PROCESO DE DESORCIÓN

En las 3 prueba tomada en este estudio se dio 3 diferentes límites de tiempo como se puede observar en la Tabla 4, es decir el proceso de desorción de oro de carbón activado a concluido, desde que logramos obtener $85^{\circ} C$ de temperatura hasta los límites de tiempo en cada prueba y se apagó la planta completamente logrando en un estado pasivo.

3.9 COSECHA DE LOS CÁTODOS

Para finalizar se procedió a extraer los cátodos de acero que están impregnado con oro y plata y fue introducir en un recipiente para su ataque con un adecuado reactivo, el producto se llevó a la etapa de fundición y refinación con el propósito de eliminar impurezas metálicas y de otro tipo en la fase de escoria, y producir un lingote de oro y plata que normalmente contiene, en cada prueba se logró como producto final un lingote de dore.

Ataque químico: Después de la cosecha, la lana, cargada con oro, plata, cobre y otros metales, se ataca químicamente con ácido clorhídrico para eliminar el hierro, y obtener precipitado como producto final una vez realizado el ataque con ácido clorhídrico para luego hacer el proceso de amalgamación en seguida se lava con agua la amalgama para eliminar el ácido existente y posterior llevado a la retorta por un tiempo de 25 min para liberar el mercurio de esa forma obtener una torta de oro y plata. Para luego realizar el proceso de refinado final de oro (dore).



Figura 25. Evidencia para la prueba experimental del alcohol y tiempo.

CAPITULO IV

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1 RESULTADOS EXPERIMENTALES DE LOS OBJETIVOS ESPECÍFICOS

4.1.1 De la influencia del alcohol

A resultados de los experimentos para la desorción de oro, utilizando volúmenes de alcohol etílico con respecto al tiempo como parámetros variables que se ilustran en la Figura 26 se puede observar que el oro desorbió más rápido cuando el porcentaje de alcohol cambio de 5 a 20 %, En general, los resultados de dichas pruebas muestran que el alto porcentaje de alcohol es de aprox. 20 % por volumen y un tiempo de contacto de 18 horas, son condiciones óptimas para disminuir significativamente el tiempo.

Tabla 8.

Datos de la prueba (A) con 5 % de volumen de etanol.

Muestra sol. preñada	Tiempo	Oro
50 ml	h.	mg/L
1	12	16.68
2	18	1.16
3	24	0.39
4	32	0.36

Tabla 9.

Datos de la prueba (B) con 10 % de volumen de etanol.

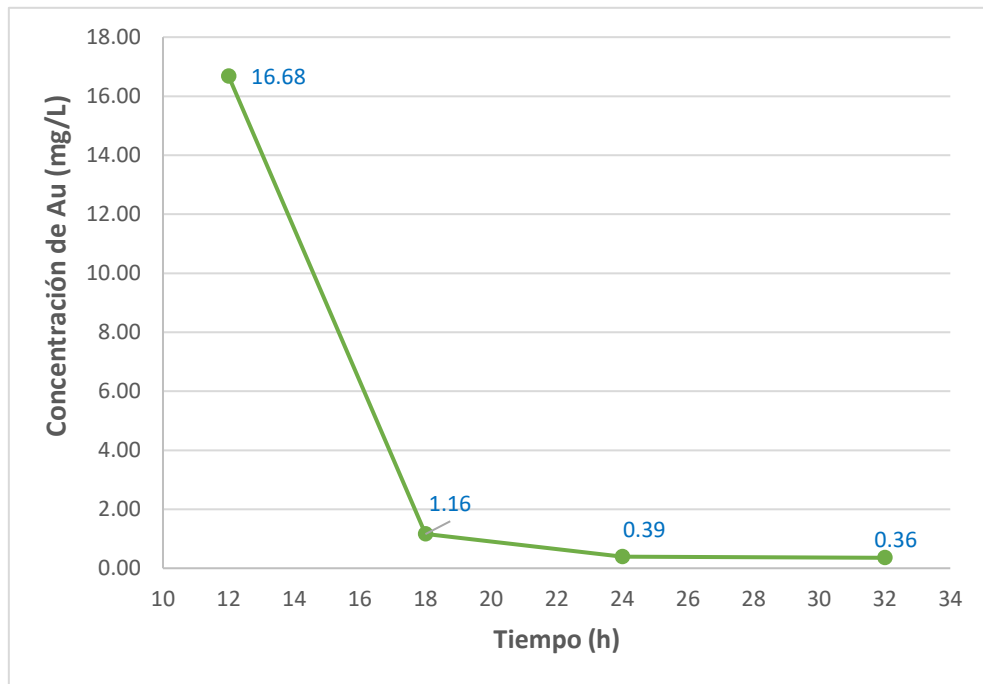
Muestra sol. preñada	Tiempo	Oro
50 ml	h.	mg/L
1	12	1.29
2	18	0.47
3	24	0.44
4	29	0.42

Tabla 10.

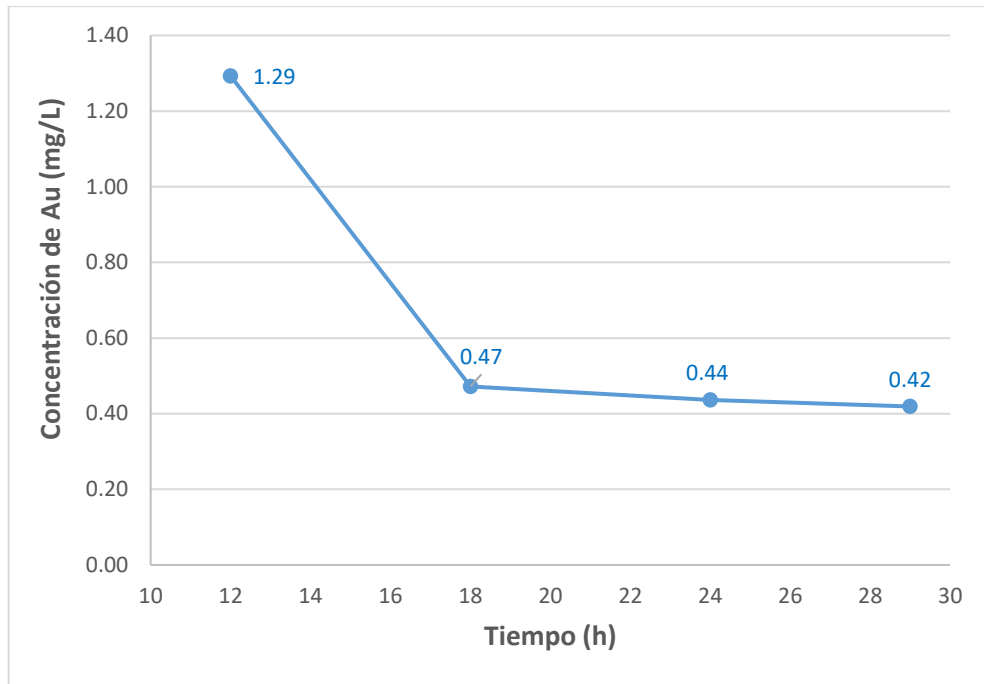
Datos de la prueba (C) con 20 % de volumen de etanol

Muestra sol. preñada	Tiempo	Oro
50 ml	h.	mg/L
1	6	16.11
2	12	1.05
3	18	0.23
4	24	0.22

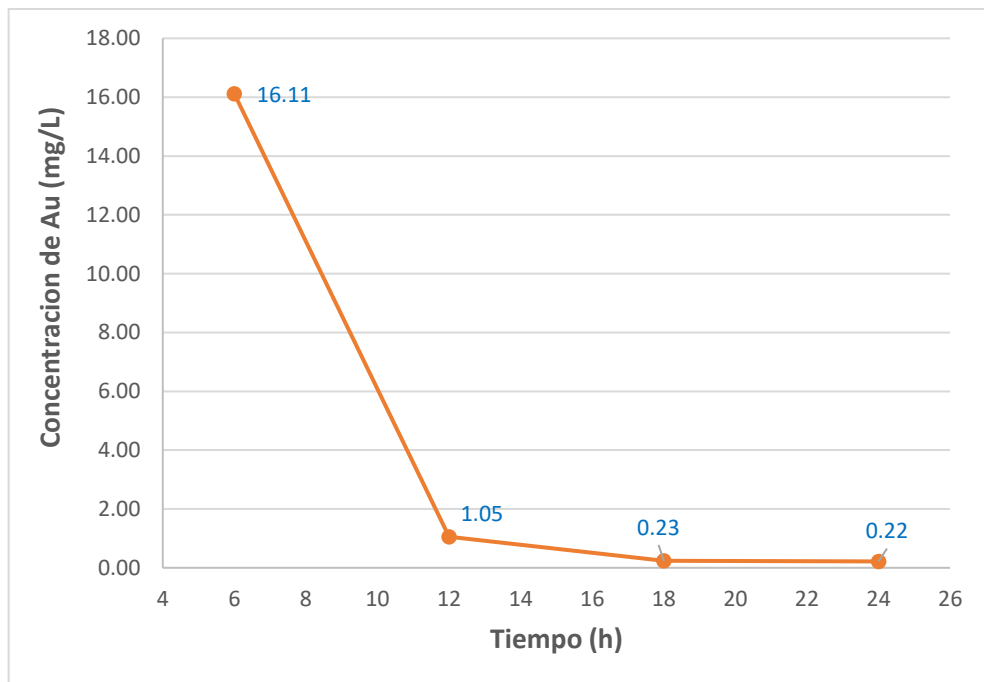
En las Tablas 8, 9 y 10, se observa las tres pruebas A, B y C con sus respectivas subpruebas variadas en cada prueba el porcentaje de alcohol etílico logrando minimizar el tiempo de desorción.



(A)



(B)



(C)

Figura 26. Resultados de la desorción de oro utilizando etanol como parámetro variable con respecto al tiempo; etanol 5% (A), etanol 10% (B), etanol 20% (C).

En estudios realizados en diferentes revistas mineras afirman que el alcohol y el tiempo intervienen en gran medida en la eficiencia de una recuperación óptima de oro.

Se puede observar que el oro desorbido aumentó de 26.83 a 78.80 % cuando el volumen de etanol cambió de 10 a 20 %, al igual que la plata desorbida (Tahli & Wahyudi, 2017).

Cabe mencionar que, mientras más se añada el porcentaje de volumen de alcohol sobre los 20% al electrolito, la prolongación de tiempo disminuye siempre en cuando mantengamos la temperatura debajo de los 85°C para no volatilizar el alcohol.

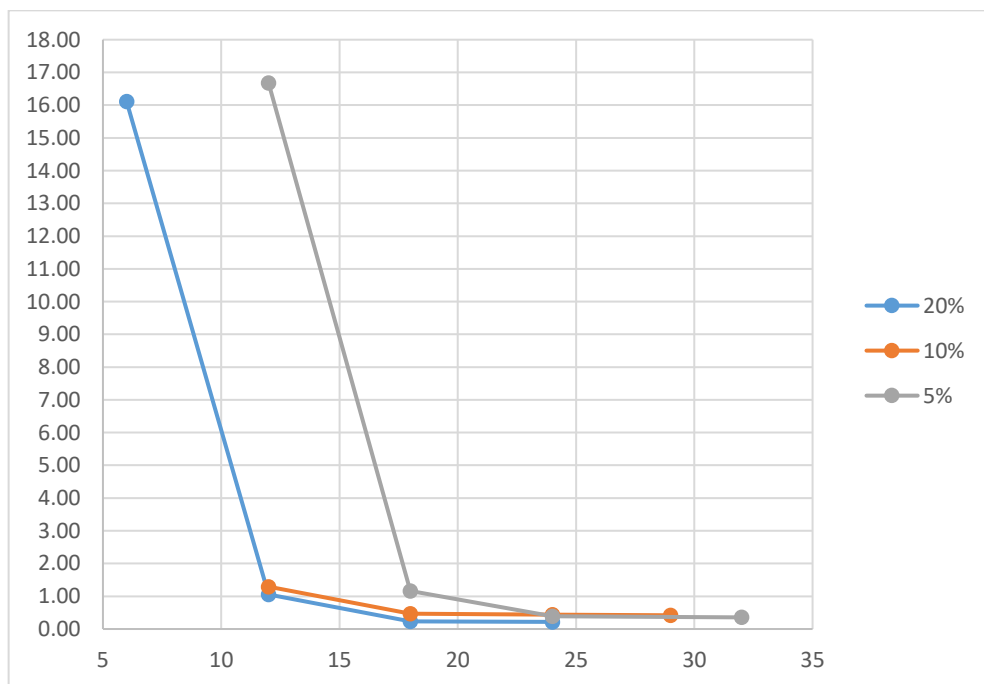


Figura 27. Efecto del etanol y decaída después de las 18 horas, variando los porcentajes de volúmenes del etanol en 5%, 10% y 20%.



La actuación del alcohol etílico, se comparó sus perfiles de elución de oro. La concentración del oro en la solución eluyente entre el rango de 18 horas bajo significativamente, se comprende que hubo una excelente re-extracción y se logró su deposición en los cátodos el mayor porcentaje de oro en un periodo de 18 horas en las tres pruebas con concentraciones de oro restante: (A) 1.16 mg/L, (B) 0.47 mg/L y (C) 0.23 mg/L, luego fue disminuyendo lentamente la desorción pasando las 18 horas. La actuación del alcohol etílico disminuyó significativamente hasta más de 24 horas, el alcohol siempre se va perder, porque tiene mayor presión de vapor que el agua y por eso se realiza recargas, cuando vemos que la cinética de desorción está bajando se debe de añadir alcohol y agua en intervalos de tiempo, para acelerar la desorción. Pruebas que no se corrió en este estudio y por eso se muestra en la Figura 27 la decaída del etanol después de un tiempo.

El aumento de solvente orgánico de alrededor del 20 % en el solvente de desorción que contiene 10 % de NaCN y 1 % de NaOH da como resultado una desorción más rápida de alrededor de 82 a 95 % en comparación con el proceso sin agregar el solvente orgánico o debajo de 10 % de volumen del solvente orgánico (Heinen, 1988). Basado en ese fenómeno, por lo tanto, el presente trabajo no está limitado y que se debería continuando con pruebas de porcentajes de volúmenes de alcohol sobre los 20 % por cual mi propuesta está sujeta a ser mejorada.

4.1.2 Del periodo de tiempo

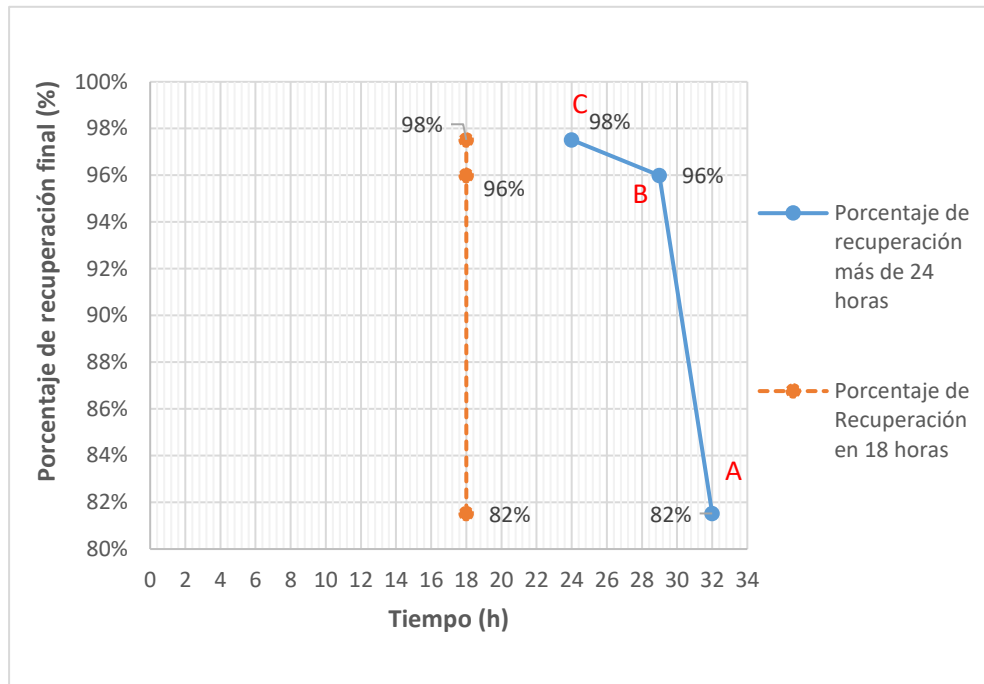


Figura 28. Resultados del porcentaje de recuperación de oro con respecto al tiempo.

En la Figura 28 se puede observar los porcentajes máximos de recuperación de oro en las tres pruebas siendo estas: 82 %, 96 % y 98 % respectivamente. Las condiciones máximas para observar la decaída de elución en las tres pruebas fueron de 32, 29 y 24 horas de tiempo de contacto, 85°C de temperatura en las tres pruebas y a volúmenes de 5, 10 y 20 % de etanol. Sin embargo, cuando el porcentaje de etanol se incrementó a 20%, el porcentaje de recuperación de oro fue mayor, a un 98 %. Esto implica que el aumento del alcohol con una temperatura a 85°C sin sobrepasar de este, el tiempo de contacto afectó mucho la desorción, así disminuyendo este contacto y obteniendo un alto porcentaje de recuperación de oro en electrowinning.

Tabla 11.

El porcentaje de oro recuperado en los cátodos con respecto al variante tiempo en la prueba (A).

Muestra sol.	Tiempo	Oro entrante a la celda electrolítica	Oro saliente de la celda electrolítica	Oro no depositado en los cátodos	Oro recuperado en los cátodo
50 ml	hrs.	mg/L	mg/L	%	%
1	12	16.68	0.003	0.02	99.98
2	18	1.16	0.005	0.43	99.57
3	24	0.39	0.002	0.51	99.49
4	32	0.36	0.005	1.41	98.59

Tabla 12.

El porcentaje de oro recuperado en los cátodos con respecto al variante tiempo en la prueba (B).

Muestra sol.	Tiempo	Oro entrante a la celda electrolítica	Oro saliente de la celda electrolítica	Oro no depositado en los cátodos	Oro recuperado en los cátodo
50 ml	hrs.	mg/L	mg/L	%	%
1	12	1.29	0.007	0.54	99.46
2	18	0.47	0.010	2.12	97.88
3	24	0.44	0.001	0.23	99.77
4	29	0.42	0.003	0.72	99.28

Tabla 13.

El porcentaje de oro recuperado en los cátodos con respecto al variante tiempo en la prueba (C).

Muestra sol.	Tiempo	Oro entrante a la celda electrolítica	Oro saliente de la celda electrolítica	Oro no depositado en los cátodos	Oro recuperado en los cátodo
50 ml	hrs.	mg/L	mg/L	%	%
1	6	16.11	0.050	0.31	99.69
2	12	1.05	0.003	0.29	99.71
3	18	0.23	0.001	0.43	99.57
4	24	0.22	0.005	2.30	97.70

En las Tablas 11, 12 y 13 se observa desde un punto de la celda electrolítica con 3.5 V, tomando respectivas muestras líquidas de solución eluyente preñada



en la boca de entrada y salida de la celda electrolítica, obteniendo resultados de porcentajes de recuperación del oro en los cátodos.

La cinética de recuperación respecto al tiempo por el modelo Zuñiga para la prueba C con 20 % de alcohol etílico.

$$R(t) = R_{\infty} (1 - e^{-K t})$$

Peso del

carbón 30000 g

Ley de

Au, gr/kg 5.128

Metalico 150.02 g_Au

Rmax 3.5

K(min-1) 0.427

Time, h	Peso, g	Ley, g	Metalico Cu (g)	Recuperación parcial g	Recuperación acumulada TEST %	Recuperación Zuñiga TEST %
0					0.00	0
6	30000	0.01611	4.833	3.22	3.22	3.216337331
12	30000	0.00105	0.315	0.21	3.43	3.465031308
18	30000	0.00023	0.069	0.05	3.48	3.484260850
24	30000	0.00022	0.0651	0.04	3.52	3.485747719
			144.7379		96.48	
					100.00	

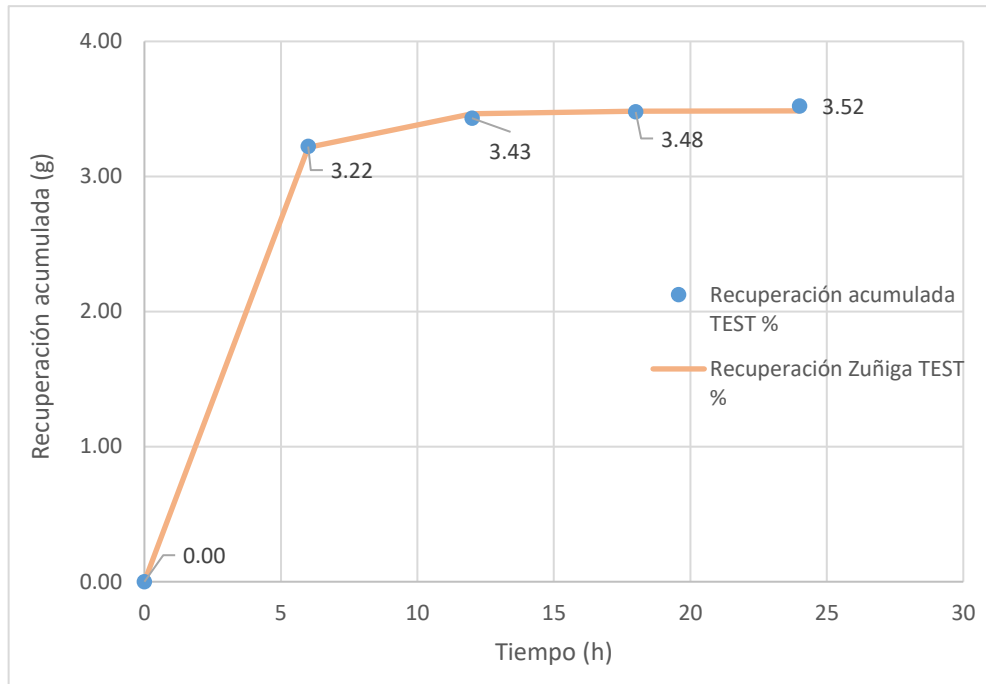


Figura 29. Cinética – recuperación acumulada a un tiempo determinado mediante el modelo Zuñiga

Tabla 14.

Balance metalúrgico de las tres pruebas experimentales en el proceso de desorción de oro de carbón activado.

Muestras para lab.										
Pruebas	Carbon activado	Tiempo	Alcohol	Tiempo de máxima elución	Ley de cabeza del carbón	Ley de Carbon desorbido	Ley de cabeza en 30 kg de carbón	LAB		TEORIA
								Hrs	%	
		kg		hr	gr/Kg	gr/Kg	gr	gr	gr	gr
A	30	32	5	18	3.150	0.570	94.50	17.1		3
B	30	29	10	18	4.896	0.182	146.88	5.5		3
C	30	24	20	18	5.128	0.120	143.84	3.9		3

TEORIA		LAB		CONVERSIÓN		TEORIA		REAL		TEORIA		REAL	
Porcentaje sin recuperar	Porcentaje sin recuperar	Porcentaje recuperado	Porcentaje recuperado	ORO	Oro sobrante en sol.	Recuperación total de oro	Recuperación total de oro real	Porcentaje de recuperación final	Porcentaje de recuperación final	Porcentaje de recuperación final	Porcentaje de recuperación final	Porcentaje de recuperación final	Porcentaje de recuperación final
%	%	%	%	mg/L	gr/L	gr/L	gr	%	%	%	%	%	%
0.03	0.18	99.97	99.82	0.36	0.00036	0.36	91.14	77.04	96%	82%	96%	82%	82%
0.02	0.04	99.98	99.96	0.42	0.00042	0.42	143.46	141.00	98%	96%	98%	96%	96%
0.02	0.02	99.98	99.98	0.22	0.00022	0.22	150.62	150.02	98%	98%	98%	98%	98%



En la Tabla 14 se representa el balance metalurgico experimental, cuantitativo, comparativo en las tres pruebas (A, B y C) con 30 kg de carbón activado para cada uno, se consideró variaciones de periodo de tiempo en horas en cada prueba al igual que el porcentaje de alcohol etílico.

Primeramente, se tomaron muestras de carbón activado con oro por prueba para su respectivo análisis de contenido de oro en gr/kg de la misma manera después de realizar el proceso de desorción se tomaron las muestras de carbón desorbido para su análisis, obteniendo el porcentaje de recuperación total y sobrante de oro en el carbón.



V. CONCLUSIONES

Referido a tres pruebas experimentales realizadas en diferentes periodos de tiempo con diferentes porcentajes de etanol como parámetros variables; de las tres pruebas se puede concluir que las condiciones óptimas para el proceso de desorción en este estudio fueron 20% de etanol, el tiempo es de 18 horas y la temperatura de 85°C. Se lograron los máximos resultados con un porcentaje de recuperación de oro al 98 %.

Respecto al alcohol, se concluye que es una sustancia que afecta significativamente la velocidad de reacción, pero no es propiamente un reactante en las reacciones químicas. Es decir al eluir el oro del carbón se descompone en sus iones compuestos Na^+ y $\text{Au}(\text{CN})_2^-$ que libera el carbón, en este punto donde el proceso de adsorción se invierte y también tiende a ser reversible, es ahí donde el alcohol actúa ayudando la velocidad del procesos de eluir el oro, esta es la razón por la que se requiere un solvente orgánico durante la elución, de esa forma más eficaz será la reacción y solo funciona en contacto con el carbón activado en el tanque reactor, además la presencia del alcohol es casi nula en la celda electrolítica.

Con respecto al tiempo se concluye que, este variable tiene bastante influencia en la celda electrolítica donde se deposita el oro en los cátodos, logrando en el menor tiempo posible que el complejo de cianuro de oro se divida en una partícula de oro sólida unida al cátodo y los iones de cianuro que permanezcan en solución, así logrando porcentajes óptimos de recuperación.



VI. RECOMENDACIONES

La re-extracción con alcohol orgánico (Método Heinen), es factible para las cantidades de carbón activado que trata la empresa Minerales y Procesos J&H del Perú S.RL. este ayuda a desorber más rápido, disminuyendo el tiempo y siendo factible económicamente, recomiendo correr más pruebas a porcentaje mayor a 20 % de volumen de alcohol etílico para lograr una desorción menor a 24 horas.

El alcohol se volatiliza y por cual se recomienda realizar agregaciones en intervalos de tiempo, este solvente hierbe a 79°C y tiende a desaparecer, en consecuencia, el método Heinen pasa al método Zadra a presión atmosférica y por ende el tiempo se prolonga, por eso se recomienda trabajar a límite de 80°C a 85°C de temperatura para el método de re-extracción por alcohol ya que este solvente tiene bastante influencia solo en el tanque reactor.

El tiempo donde influye bastante en la celda electrolítica. No siendo insignificante el rectificador, uno de los equipos fundamentales que conforma el proceso de desorción de oro para lograr una eficiente deposición del oro en los cátodos al igual lograr una alta ley, es decir sin contaminantes metálicos como el Cu, Pb y otros, por cual recomiendo realizar un estudio y cálculos a las variables voltaje y corriente, teniendo en cuenta las dimensiones de la celda electrolítica.



VII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- A. Gómez, S. R. (2010). Etudio de termogravimetria y estructura, Universidad Nacional de Colombia. Bogota.
- Académicos, T. -P. (2020). Hidrometalurgia del oro. Arequipa, Perú.
- Afzal Shah, S. A. (2007). Electro-Recovery of Gold (III), from Aqueous Solutions and Refractory. 5. Obtenido de <http://acta-arhiv.chem-soc.si/54/54-4-907.pdf>
- C. Gupta, T. M. (1990). Hydrometallurgy in Extraction Processes. India.
- Castillo, F. R. (2005). Obtención Carbones Activados Micro porosos para la Purificación de gases. La Habana, Cuba.
- D. Haung, D. T. (1986). Hidrometalurgia . Lima - Perú: San Marcos.
- D. Luna, A. G. (2007). Obtención de carbón activado a partir de la cáscara de coco. UAM-Iztapalapa, Depto. Química, 39 - 48.
- Dm muir, W. H. (1985). Gold elution solvent of c.l.p. coal. Elsevier Science - hidrometalurgia, 47 - 65.
- Edwin, P. A. (2018). Estudio del efecto de las propiedades físicas del carbón en la adsorción de oro - Tesis, IM. Tacna: Universidad Nacional Jorge Basadre Grohmann.
- Electrowinning and Smelting . (2010). En Metalliferous Mining - Processing.
- Gallardo, J. V. (1980). Metalurgia del oro y la plata. Lima - Perú: San Marcos.
- Gerson, Z. Z. (2018). Optimización del proceso de desorción, electrodeposición, Tesis - IM. Arequipa: Universidad Nacional de San Agustín.



- H., C. A. (2016). Diseño evaluativo y balance del proceso de desorción de oro en carbón activado y su reactivación, Tesis - IQ. Arequipa: Universidad Nacional de San Agustín.
- Hancock, G. J. (s.f.). Gold Complexes and Activated Carbon. Gold Complexes and Activated Carbon. South Africa. Obtenido de <https://files.core.ac.uk/pdf/2612/81180971.pdf>
- Hector, M. G. (2018). Estudio del proceso de desorción para mejorar la recuperación del oro, Tesis - IM. Arequipa: Universidad Nacional de San Agustín.
- Herrera, D. U. (2016). Hidrometalurgia Química e Ingeniería. Lima - Perú: Ediciones Gráficas EIRL.
- INGEMMET, H. 3.-L. (2022). Instituto Geológico, Minero y Metalúrgico. Obtenido de <https://www.gob.pe/ingemmet>
- Jeffrey M., P. R. (2009). Elution behaviour of metals from carbon. The Southern African.
- Juntgen, H. (1999,). Physikalish-chemische and verfahrenstechnische Grundlagen von Adsorptionsverfahren. BergBau-Forschung., 19.
- Katherin, P. A. (2018). Estudio de la lixiviación por agitación empleando el proceso CIP para la recuperación de oro, Tesis - IM. Tacna: Universidad Nacional Jorge Basadre Grohmann.
- Lachira, R. (2017). Carbón activado. Obtenido de <https://es.slideshare.net/renatolachira/carbn-activado>
- Luis D. Barbosa, A. D. (Septiembre de 2001). Gold electrowinning from diluted cyanide liquors. Centro de Tecnología Mineral. doi:10.1016/S0892-6875(01)00104-2



- Luis, T. F. (2008). Diseño de la unidad de desorción de carbón activado cargado con oro, Tesis - IQ. Callao: Universidad Nacional del Callao.
- Maps, G. –B. (2022). Sistema de Información Geológica y Catastro Minero. Obtenido de <https://geocatmin.ingemmet.gob.pe/geocatmin/>
- Misari, F. (2010). Metalurgia del oro. Lima - Perú: San Marcos.
- Muñoz, C. &. (2013). La distribución del tamaño de los poros en el carbón activado.
- R., C. K. (2018). Estudio del proceso de desorción de oro de carbón activado, Tesis - IM. Huancayo: Universidad Nacional del Centro del Perú.
- Rogans, J. (s.f.). Activated carbon in gold recovery.
- Roop Chand Bansal, M. G. (2015). Activated Carbon Adsorption. EE. UU.: CRC Press. doi:<https://doi.org/10.1201/9781420028812>
- S.R.L., M. y. (2009). Estudio ambiental - planta Poderosa. Estudio ambiental - planta Poderosa. Puno - Perú.
- S.R.L., M. y. (2009). Memoria descriptiva. Memoria descriptiva. Puno - Perú.
- Takanari Ouchi, s. w. (2020). Gold recycling by anodic electrochemical deposition from electrolyte of molten salt. The Electrochemical Society.
- Universidad Nacional de Colombia, G. y. (2006). Granos de carbón activo. Colombia.
- V. Reyes Cruz, C. P. (2002). Electrochemical deposition of silver and gold from cyanide leaching solutions. ELSEVIER - Hydrometallurgy, 87-203.
- Wahyudi, L. T. (2017). Desorption of gold and silver from. indonesian mining journal, 39 - 47.



ANEXOS

Anexo 1

Equipos que componen la planta de desorción de oro.







Anexo 2

Carbón activado con oro

Producto final del proceso de adsorción de oro sobre carbón activado partiendo de las soluciones del proceso de cianuración.



Anexo 3

Cuarteo del carbón activado con oro



Anexo 4

Toma de muestra de carbón activado para laboratorio químico – metalúrgico.





Anexo 5

Circuito cerrado la planta de desorción de oro.





Anexo 6

Carguío del carbón activado al tanque reactor.



Anexo 7

Carga de insumos químicos al tanque de solución barren y el alcohol etílico.



Anexo 8

Tablero de control para el circuito del proceso de desorción.



Anexo 9

Rectificador de corriente.



Anexo 10

Funcionamiento de la celda electrolítica.



Anexo 11

Toma de muestra del electrolito.



Anexo 12

Cosecha de los cátodos rico en oro.





Anexo 13

Análisis de la fuerza de cianuro.



Anexo 14

Muestras líquidas (electrolito) y muestras sólidas (carbón activado y desorbido).



Anexo 15

producto final – refinación – dore.





AUTORIZACIÓN PARA EL DEPÓSITO DE TESIS O TRABAJO DE INVESTIGACIÓN EN EL REPOSITORIO INSTITUCIONAL

Por el presente documento, Yo BLANCA NELIDA HIRPANOCCA QUISPE
identificado con DNI 73765645 en mi condición de egresado de:

Escuela Profesional, Programa de Segunda Especialidad, Programa de Maestría o Doctorado
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA METALÚRGICA

, informo que he elaborado el/la Tesis o Trabajo de Investigación para la obtención de Grado
 Título Profesional denominado:

“EVALUACIÓN DEL ALCOHOL PARA REDUCIR EL TIEMPO EN EL PROCESO DE DESORCIÓN DEL ORO DE CARBÓN ACTIVADO DE LA EMPRESA MINERALES Y PROCESOS J&H DEL PERÚ S.R.L.

” Por medio del presente documento, afirmo y garantizo ser el legítimo, único y exclusivo titular de todos los derechos de propiedad intelectual sobre los documentos arriba mencionados, las obras, los contenidos, los productos y/o las creaciones en general (en adelante, los “Contenidos”) que serán incluidos en el repositorio institucional de la Universidad Nacional del Altiplano de Puno.

También, doy seguridad de que los contenidos entregados se encuentran libres de toda contraseña, restricción o medida tecnológica de protección, con la finalidad de permitir que se puedan leer, descargar, reproducir, distribuir, imprimir, buscar y enlazar los textos completos, sin limitación alguna.

Autorizo a la Universidad Nacional del Altiplano de Puno a publicar los Contenidos en el Repositorio Institucional y, en consecuencia, en el Repositorio Nacional Digital de Ciencia, Tecnología e Innovación de Acceso Abierto, sobre la base de lo establecido en la Ley N° 30035, sus normas reglamentarias, modificatorias, sustitutorias y conexas, y de acuerdo con las políticas de acceso abierto que la Universidad aplique en relación con sus Repositorios Institucionales. Autorizo expresamente toda consulta y uso de los Contenidos, por parte de cualquier persona, por el tiempo de duración de los derechos patrimoniales de autor y derechos conexos, a título gratuito y a nivel mundial.

En consecuencia, la Universidad tendrá la posibilidad de divulgar y difundir los Contenidos, de manera total o parcial, sin limitación alguna y sin derecho a pago de contraprestación, remuneración ni regalía alguna a favor mío; en los medios, canales y plataformas que la Universidad y/o el Estado de la República del Perú determinen, a nivel mundial, sin restricción geográfica alguna y de manera indefinida, pudiendo crear y/o extraer los metadatos sobre los Contenidos, e incluir los Contenidos en los índices y buscadores que estimen necesarios para promover su difusión.

Autorizo que los Contenidos sean puestos a disposición del público a través de la siguiente licencia:

Creative Commons Reconocimiento-NoComercial-CompartirIgual 4.0 Internacional. Para ver una copia de esta licencia, visita: <https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/>

En señal de conformidad, suscribo el presente documento.

Puno 05 de julio del 2023

FIRMA (obligatoria)



Huella



DECLARACIÓN JURADA DE AUTENTICIDAD DE TESIS

Por el presente documento, Yo BLANCA NELIDA HIRPANOLCA QUISPE
, identificado con DNI 73765645 en mi condición de egresado de:

Escuela Profesional, Programa de Segunda Especialidad, Programa de Maestría o Doctorado

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA METALÚRGICA

, informo que he elaborado el/la Tesis o Trabajo de Investigación para la obtención de Grado
 Título Profesional denominado:

« EVALUACIÓN DEL ALCOHOL PARA REDUCIR EL TIEMPO EN EL PROCESO DE DESORCIÓN DEL ORO
DE CARBÓN ACTIVADO DE LA EMPRESA MINERALES Y PROCESOS J&H DEL PERÚ S.R.L.

» Es un tema original.

Declaro que el presente trabajo de tesis es elaborado por mi persona y **no existe plagio/copia** de ninguna naturaleza, en especial de otro documento de investigación (tesis, revista, texto, congreso, o similar) presentado por persona natural o jurídica alguna ante instituciones académicas, profesionales, de investigación o similares, en el país o en el extranjero.

Dejo constancia que las citas de otros autores han sido debidamente identificadas en el trabajo de investigación, por lo que no asumiré como tuyas las opiniones vertidas por terceros, ya sea de fuentes encontradas en medios escritos, digitales o Internet.

Asimismo, ratifico que soy plenamente consciente de todo el contenido de la tesis y asumo la responsabilidad de cualquier error u omisión en el documento, así como de las connotaciones éticas y legales involucradas.

En caso de incumplimiento de esta declaración, me someto a las disposiciones legales vigentes y a las sanciones correspondientes de igual forma me someto a las sanciones establecidas en las Directivas y otras normas internas, así como las que me alcancen del Código Civil y Normas Legales conexas por el incumplimiento del presente compromiso

Puno 05 de julio del 2023

FIRMA (obligatoria)



Huella