

20 de Agosto del 2021

Hgo. Del Parral, Chih.

IDENTIFICACION DEL PROYECTO.

Institución: Universidad Tecnológico De Parral.

Docente titular del proyecto: Ing. Anna Isabel Carrillo Garcia.

Alumno colaborador del proyecto:

GARDEA HINOJO MARIA DEL CARMEN
ORTEGA CARDONA DANIEL ANTONIO
PEINADO ALDERETE YOJAN IRUVIEL
SILVA LUNA DANIEL

Asesor empresarial: Ing. Héctor Talamantes.

Título del proyecto: *LIXIVIACIÓN DE AU Y AG DE JAL DE CHIHUAHUA MEDIANTE NaCN*

UNIVERSIDAD TECNOLOGICA DE PARAL.

DIRECCION ACADEMICA.

PRESENTE.

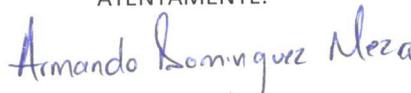
Asunto: *LIXIVIACIÓN DE AU Y AG DE JAL DE CHIHUAHUA MEDIANTE NaCN*

Por medio del presente. Se informa de la conclusión por parte del Maestro Ing. Anna Isabel Carrillo Garcia del proyecto: *LIXIVIACIÓN DE AU Y AG DE JAL DE CHIHUAHUA MEDIANTE NaCN*, realizado en esta organización el periodo **MAYO AGOSTO 2021**

En cumplimiento de lo acordado, cada actividad este proyecto, fue debidamente registrada y documentada para la representación de los resultados obtenidos en *LIXIVIACIÓN DE AU Y AG DE JAL DE CHIHUAHUA MEDIANTE NaCN*. Haciendo entrega al Maestro Anna Isabel Carrillo Garcia, Análisis y conclusión, así como las recomendaciones para el análisis y optimización metalúrgica. Este reporte ha sido en beneficio de esta empresa y permitirá tomar decisiones para optimizar la operación.

Agrademos y reconocemos la intervención del Maestro Anna Isabel Carrillo Gracia, por su desempeño y profesionalismo, para la realización de un proyecto de mejora a nuestra empresa. Creando la vinculación del Sector Empresarial y Educativo.

ATENTAMENTE.



LIC. ARMANDO DOMÍNGUEZ MEZA
JEFE RECURSOS HUMANOS
GRUPO COANZAMEX
TEL 6275274600

**UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA DE
PARRAL**





REPORTE TÉCNICO

“RECUPERACION DE Au Y Ag DE JAL DE CHIHUAHUA MEDIANTE NaCN

(CIANURO DE SODIO)”

ALUMNOS:

DANIEL ANTONIO ORTEGA CARDONA
MARIA DEL CARMEN GARDEA HINOJOS
YOJAN IRUVIEL PEINADO ALDERETE
DANIEL SILVA LUNA

ASESOR EMPRESARIAL:

ING. HÉCTOR MANUEL TALAMANTES CHÁVEZ

DIRECTOR DE PROYECTO:

ING. ANNA ISABEL CARRILLO GARCÍA.

Resumen.

La lixiviación en columnas, es una representación del trabajo en lixiviación que se realiza en la planta de coanzamex. Esta forma de llevar a cabo la lixiviación es muy útil, ya que en ella se lleva a cabo prácticamente la misma dinámica que en la planta, pues en esta se aplica y da la representación correcta de la tasa de riego, concentración del cianuro de sodio, así como también entrega los datos correctos y necesarios del consumo de solución, y la recuperación de los minerales de importancia (oro, plata y cobre). Todo esto realizado, ya que se trabaja en un laboratorio a menor dimensión el cual es solo para pruebas, y comprobar la buena recuperación y así la viabilidad del proyecto para llevarse a cabo en planta. Para esto, los parámetros y las condiciones de trabajo dependen completamente de las características físicas y químicas del material, así como de la recuperación de los minerales. De igual manera las características metalúrgicas entre las cuales están: consumo de cianuro, recuperación de oro, plata y cobre, aglomerado-curado, lixiviación, etc. Todos estos datos obtenidos de pruebas básicas metalúrgicas y de pruebas de lixiviación en columnas. El trabajo experimental se llevó a cabo con una ley en cabeza de oro de [0.30g/ton], de plata al [20.19g/ton], y en cobre [772.27g/ton], con una solución preparada a 3000ppm. Las máximas recuperaciones obtenidas en las pruebas fueron de un [72.3%], plata al [40.6%], y en cobre [54.4%], y un consumo de solución de cianuro de [1780ppm] a un pH de 11.5 en pH del material para las pruebas de lixiviación. El mineral presento una buena humedad [3%], se instaló y puso en funcionamiento el riego, con una tasa de riego óptima fue de [10L/hr m²]. El aglomerado-curado del mineral se llevó a cabo con una solución barren preparada a 10000ppm de CN, al igual con una relación de cemento [1000kg-75kg]. Las pruebas de lixiviación arrojaron resultados buenos y factibles para que el jal sea puesto a lixiviar y se extraiga el mineral de interés. La lixiviación del mineral aglomerado-curado, dio resultados los cuales

alcanzaron recuperaciones de mineral sobre el 70% en los primeros días de prueba.

Abstract.

Column leaching is a representation of the leaching work carried out at the coanzamex plant. This way of carrying out the leaching is very useful, since practically the same dynamics is carried out in the plant as in the plant, since in this it is applied and gives the correct representation of the irrigation rate, concentration of sodium cyanide, as well as providing the correct and necessary data on the consumption of solution, and the recovery of important minerals (gold, silver and copper). All this done, since we work in a smaller laboratory which is only for tests, and to check the good recovery and thus the viability of the project to be carried out in the plant. For this, the parameters and working conditions depend completely from the physical and chemical characteristics of the material, as well as the recovery of minerals. In the same way, the metallurgical characteristics, among which are: cyanide consumption, recovery of gold, silver and copper, agglomerate-curing, leaching, etc. All these data obtained from basic metallurgical tests and column leaching tests. The experimental work was carried out with a gold head grade of [0.30g / ton], of silver at [20.19g / ton], and in copper [772.27g / ton], with a solution prepared at 3000ppm. The maximum recoveries obtained in the tests were [72.3%], silver [40.6%], and copper [54.4%], and a cyanide solution consumption of [1780ppm] at a pH of 11.5 in material pH for leaching tests. The mineral presented a good humidity [3%], the irrigation was installed and put into operation, with an optimal irrigation rate was [10L / hr m²]. The agglomerate-curing of the mineral was carried out with a barren solution prepared at 10000ppm of CN, as well as with a cement ratio [1000kg-75kg]. Leaching tests yielded good and feasible results for the tailings to be leached and the mineral of interest to be extracted. The leaching of the agglomerated-cured mineral gave results which reached recoveries of mineral over 70% in the first days of testing.

Índice General.

Resumen.....	iii
Abstract.....	iv
Índice General.....	v
Índice ilustraciones.....	vii
Índice de tablas.....	ix
I. INTRODUCCIÓN.....	1
II. JUSTIFICACIÓN.....	2
2.1. Delimitaciones del proyecto.....	4
3.1. Objetivo general.....	5
3.2. Objetivos específicos.....	5
IV. MARCO TEÓRICO.....	7
4.1. Marco conceptual.....	9
4.1.1. Lixiviación.....	9
4.1.2. Lixiviación Estática.....	9
4.1.3. Minerales a obtener del jal.....	9
4.1.4. Homogenización.....	10
4.1.5. Trituración.....	10
4.1.6. Muestreo.....	10
4.1.7. Fundición.....	10
4.1.8. Aglomeración.....	10
4.1.9. Pellets.....	11
4.1.10. Secado.....	11
4.1.11. Reacciones químicas.....	11
4.1.12. Solución.....	11
4.1.13. Solución lixivante.....	12
4.1.14. Reactivos.....	12
4.1.15. Cianuro de sodio.....	12
4.2. Análisis a llevar a cabo durante el proceso.....	12

4.2.1.	Análisis químico	12
4.2.2.	Análisis físico	13
4.2.3.	Análisis granulométrico.....	13
4.3.	Parámetros	13
4.3.1.	F80.....	13
4.3.2.	Tasa de riego.....	13
4.3.3.	Granulometría.....	13
4.3.4.	P80.....	14
4.3.5.	Ppm (partes por millón).....	14
V.	DESARROLLO DE LA ESTADÍA.....	15
5.1.	Contexto del trabajo.....	15
5.1.1.	Extracción y transporte.....	17
5.1.2.	Aglomeración.....	17
5.1.3.	Transportación.....	17
5.1.4.	Cara de apilamiento.....	18
5.1.5.	Proceso de lixiviación en pilas.....	18
5.1.6.	Estanques con solución preñada.....	18
5.1.7.	Planta de Merrill Crown.....	19
5.1.8.	Planta SART.....	20
5.1.9.	Laboratorio metalúrgico.....	21
5.2.	Antecedentes del problema.....	22
5.2.1.	FODA (Fortalezas, Oportunidades, Debilidades, Amenazas).....	22
5.3.	Diagnóstico.....	24
5.4.	Alternativas de Solución.....	26
5.5.	Cronograma.....	27
5.6.	Descripción del material.....	29
5.6.1.	Leyes de los minerales.....	29
5.7.	Recolección de Datos.....	31
5.7.1.	Análisis granulométrico	32
5.7.2.	Peso específico.....	33
5.8.1.	Determinación de relación de cemento.....	35
5.8.2.	Determinación de relación de solución	35
5.8.4.	Determinación de tasa de riesgo.....	39
VI.	ANÁLISIS DE RESULTADOS.....	40

6.1. Resultados Obtenidos.....	40
6.2. Graficas de resultados.....	41
6.2.1. Prueba de columna (recuperación de Oro).....	41
6.2.2. Prueba de columna (recuperación de Ag).....	41
VI. CONCLUSIONES O RECOMENDACIONES.....	45
APÉNDICE.....	49
Anexo I.....	51

Índice ilustraciones.

Ilustración 1. Infraestructura Empresarial.....	15
Ilustración 2. Sistema de lixiviación.....	16
Ilustración 3. Producción industrial coanzamex.....	16
Ilustración 4. Bandas transportadoras.....	17
Ilustración 5. Cara de apilamiento.....	18
Ilustración 6. Estanque con solución preñada.....	19
Ilustración 7. Planta Merrill Crown.....	20
Ilustración 8. Planta Sart.....	20
Ilustración 9. Laboratorio metalúrgico.....	21
Ilustración 10. Homogenización por cono y cuarteo.....	30
Ilustración 11. Análisis Granulométrico.....	32
Ilustración 12. Determinación de peso específico.....	33
Ilustración 13. Preparación de solución para aglomeración.....	36
Ilustración 14. Columna utilizada.....	37
Ilustración 15. Resumen prueba de columna (oro).....	41
Ilustración 16. Resumen prueba de columna (Ag).....	41
Ilustración 17. Grado de solución por día.....	42
Ilustración 18. Grado de solución relación ppm por día.....	42
Ilustración 19. Grado de solución.....	43
Ilustración 20. Grado de solución de cobre.....	43
Ilustración 21. Riego diario de solución.....	44
Ilustración 22. Relación líquido sólido.....	44
Ilustración 23. quebrado de muestra.....	52
Ilustración 24. alimentación de quebradora de cono.....	53
Ilustración 25. mallas para análisis granulométrico.....	55
Ilustración 26. peso específico.....	55
Ilustración 27. muestra de 1 Kg.....	57
Ilustración 28. Molienda.....	59
Ilustración 29. preparación de solución lixivante.....	61

Ilustración 30. prueba de botellas. 62

Índice de tablas.

Tabla 1. Puntos a realizar en estadía.	27
Tabla 2. Actividades a realizar en estadía.....	28
Tabla 3. Resultados de fundición de cabeza.....	30
Tabla 4. Inventario para desarrollo de proyecto.....	31
Tabla 5. Análisis granulométrico.....	32
Tabla 6. Peso específico.....	34
Tabla 7. Características de columna.....	38
Tabla 8. Determinación de tasa de riego.....	39
Tabla 9. Datos de muestras.....	40
Tabla 10. Datos de muestra de columna.....	40
Tabla 11. análisis granulométrico.....	54
Tabla 12. peso específico.....	56
Tabla 13. Gradiente de bolas de molino.....	58
Tabla 14. análisis granulométrico 1er molienda.....	59
Tabla 15. análisis granulométrico 2da molienda.....	60

I. INTRODUCCIÓN

En este proyecto se llevará a cabo una investigación en la cual se pondrá a prueba la viabilidad de implementar nuevo material a trabajar en una planta de lixiviación en pilas y recuperación mediante Merrill Crowe al igual que todos los procesos que influyen en la recuperación de los minerales de interés que son Au (oro) y Ag (plata).

El material con el que se trabaja y está puesto en investigación es proveniente de los jales de chihuahua, a este material se le dará un proceso en el cual se podrá analizar la eficiencia al trabajar con él y al igual que dar los resultados esperados que dejen una rentabilidad hacia la empresa.

La operación Parral de la planta de Coanzamex es una instalación de lixiviación en pilas aglomeradas que procesa relaves. Los cuales se aglomeran y apilan en una plataforma de lixiviación en pilas donde se aplica una solución.

La solución preñada se procesa a través de una instalación de Merrill Crowe que produce plata, oro y cobre vendibles bajo costo. Además de producir plata y oro a bajo costo, los terrenos que actualmente ocupan los relaves son rehabilitados y recuperados para la ciudad de Parral.

La producción ha aumentado cada año en la planta de relaves de Parral esto ha generado un estado de operación constante.

II. JUSTIFICACIÓN.

La viabilidad del proyecto se justifica en los procedimientos siguientes a realizar que son la percepción de los problemas que se irán manifestando en el proceso, esto ya que el proyecto trata de ver la factibilidad de implementar a grande escala un material con diferentes características y proveniente de otra zona, sustituyéndolo o dándole paso a ampliar las posibilidades de la empresa de poder trabajar otro tipo de material con el que se traba actualmente.

De igual forma comprender los diferentes procesos metalúrgicos como físicos y químicos ya que mediante estos procesos podremos observar los diferentes puntos de inflexión que nos pueda dar tipos de razones o comprender de una forma más analítica el proceso y esto ayudara a saber si el material con el que se desea trabajar e implementar y con el que se está desarrollando el proyecto es una alternativa sustentable para la empresa.

Este proyecto ayudara a la empresa a conocer sus procesos a detalle y saber si cumple con las condiciones para adaptarse a un material que al igual con el que se está trabajando actualmente son residuos sólidos ya trabajados, pero aun con valores económicos de interés, pero con diferentes caracterices al que se trabaja en la empresa.

Si se logra observar una factibilidad a menor escala se propondrá implementar el material proveniente de los jales de chihua esto ya que le dará una rentabilidad a la empresa y de igual forma podrá dar un cambio y no sujetarse a un solo material que puede llegar a ser agotable, se busca que la empresa encuentre en diferentes partes del país residuos sólidos que contengan valores de interés y trabajarlos con el proceso con el que se trabaja actualmente.

La empresa Coanzamex en mano con Go Gold Silver and Gold están trabajando por la recuperación de minerales metálicos mediante un sistema de lixiviación en pilas todo este proceso lleva un proceso industrial como metalúrgico y cubre el área de beneficio minero todo empieza por la logística y termina en la recuperación de minerales metálicos garantizando eficiencia en cada uno del proceso realizados.

El Proyecto se encuentra dentro de los límites del pueblo de Hidalgo del Parral, en el Estado de Chihuahua, México. El pueblo tiene una población de aproximadamente 100.000 habitantes y se puede acceder fácilmente por una carretera pavimentada bien mantenida desde la ciudad de Chihuahua. También hay una pista de aterrizaje en Parral que puede acomodar aviones ligeros. Parral está situado a una altitud de aproximadamente 1620 m y tiene un clima semiárido moderado de altitud.

La empresa Coanzamex se encuentra en la Carretera Federal Libre Parral-Jiménez Km5.2 #0-0 C.P. 33800, Hidalgo Del Parral, Chihuahua, México.

El área donde se desempeñará el proyecto a investigar será en el laboratorio metalúrgico de la empresa, Dentro de un laboratorio metalúrgico se procesa metales y minerales con el objetivo de obtener el material en su más alto grado de pureza, con procedimientos reconocidos a fin de ser llevados a cabo con certeza y confiabilidad.

- Misión. Promover el desarrollo integral del sector minero del Estado, incentivar la atracción de nuevas inversiones, preservar la relación con autoridades gubernamentales y fortalecer la competitividad de la proveeduría local.

- Visión. Ser un referente catalizador a nivel nacional e internacional, que conjunta esfuerzos para potencializar el desarrollo sostenible del sector minero.

Ing. Héctor Talamates es el asesor encargado de la investigación plasmada en este reporte y encargado de laboratorio metalúrgico que nos facilita y nos proporciona la ayuda necesaria para la elaboración de la investigación en una forma eficaz y coordinada.

2.1. Delimitaciones del proyecto.

Los principales problemas que se encuentran en el proyecto de investigación de la empresa surgen de la razón de producción esto ya que el material puesto en investigación es proveniente de una planta fundidora con diferentes características físicas como químicas. De igual forma presentan diferentes leyes y variación en su composición esto nos lleva a dar una comparación entre lo que se está trabajando actualmente en la planta y el material que se desea implementar siguiendo los mismos procedimientos y de igual forma reduciendo costos lo más posible.

Se le dará pie a comparar en escala menor en el proyecto el material proveniente de los jales de chihuahua con el material que se trabaja actualmente en la empresa.

La siguiente comparación que se realizara se dará entre los materiales a trabajar esto empieza desde su ubicación, el transporte, las cantidades a trabajar, la producción necesaria para alcanzar la eficacia de la empresa como también esperando una rentabilidad prospera que deje ganancias para empresa.

III. OBJETIVOS DEL PROYECTO.

3.1. Objetivo general.

Describir y llevar a cabo el procedimiento general para la recuperación de oro y plata desde la extracción hasta la recuperación mediante lixiviación en pilas a través cianuro de sodio. Describir las propiedades físicas como químicas al igual que sus leyes que contienen los minerales de interés.

Dar a conocer a la empresa las razones de producción que al implementar el material procedente de los jales de chihuahua dentro de la empresa se de una producción con una recuperación factible para la eficacia como económica y productiva.

3.2. Objetivos específicos.

- Analizar el material proveniente de los jales de chihuahua.
- Comparar mediante una forma analítica el material con el que se trabaja dentro de la empresa y el material con el que se le da pie a esta investigación.
- Explicar los principales parámetros de operación para la recuperación de los minerales de interés mediante lixiviación pilas
- Presentar la técnica que se llevará a cabo para la lixiviación y recuperación de oro y plata mediante cianuro de sodio (NaCN).
- Explicar los principales riesgos que se pueden causar al emplear soluciones de cianuro, al igual los procedimientos adecuados para su manipulación.
- Discutir las técnicas más utilizadas para la degradación y/o recuperación del cianuro para de esta forma darle una reutilización o gastar lo menos posible para la rentabilidad del proyecto.

- Realizar una investigación eficaz para la empresa de esta forma garantizar la factibilidad del proyecto al igual que sustentable como ambiental, económica y social.

3.3. Alcances esperados.

Mediante los procesos metalúrgicos a realizar en este periodo se observará la recuperación de los diferentes minerales de esta forma entender el funcionamiento del proceso detalladamente y tratar de dar un punto de vista analítico en el que se le pueda ayudar y mejorar el proceso productivo esto para el beneficio de la empresa.

Se planea entregar un reporte técnico a la empresa donde se observe cada uno de los beneficios de implementar el material planeado de igual forma observar su rentabilidad esta adecuada para la empresa esto mediante las comparaciones a menor escala dándole a la empresa razones de producción comparado con lo que se trabaja al día de hoy.

IV. MARCO TEÓRICO.

La minería es el conjunto de actividades que se llevan a cabo en un yacimiento para obtener recursos de una mina, a través de la explotación o extracción de los minerales acumulados en el suelo y subsuelo. Los mineros, son las personas que se dedican a esta actividad.

Los minerales son compuestos que se formaron en nuestro planeta durante millones de años y que cuentan con características muy especiales que los hacen útiles para la fabricación de innumerables artículos que se utilizan en la escuela, el hogar, el comercio y la industria.

La minería es una actividad económica del sector primario cuando nos referimos a la extracción de minerales, y del sector energético si hacemos referencia a la extracción de combustibles fósiles. Es representada por la explotación o extracción de los minerales que se han acumulado en el suelo y subsuelo en forma de yacimientos.

La metalurgia es la técnica de la obtención y tratamiento de los metales a partir de metálicos. También estudia la producción de aleaciones. El control de calidad de los procesos. La metalurgia es la rama que aprovecha la ciencia, la tecnología y el arte de obtener metales y minerales industriales, partiendo de sus minas, de una manera eficiente, económica y con resguardo del ambiente, a fin de adaptar dichos recursos en beneficio del desarrollo y bienestar de la humanidad.

La hidrometalurgia es el proceso en cual se obtiene el mineral puro de interés con base en reacciones químicas en solución acuosa. Este proceso se realiza para minerales que son solubles, que en general corresponden a minerales oxidados.

El proceso hidrometalurgico más importante es la lixiviación, en la cual el mineral que contiene el metal que se desea extraer se disuelve de un modo selectivo. Si el compuesto es soluble en agua, entonces el agua resulta ser un buen agente para la lixiviación, pero, en general, para la lixiviación se utiliza una solución acuosa de un ácido, una base o una sal.

Una vez que todos los metales se encuentran disueltos en una solución acuosa de ácido, se debe extraer aquel metal de interés. Para esta etapa se utiliza, en general, una extracción con un solvente especial. Dicho solvente debe ser orgánico, de modo que cuando se pone en contacto con la fase acuosa, extrae inmediatamente el cobre y forma una fase insoluble en la solución, como si fuera agua y aceite. De esta forma, el cobre queda unido a una fase orgánica, libre de todo el resto de los metales que se encuentran en el mineral inicial.

En la lixiviación con cianuro tradicional, la mena se coloca en tanques o columnas. La solución de cianuro se filtra a través de la mena y disuelve el oro, que posteriormente se retira del lixivante por adsorción en el carbono o las resinas. El tamaño del grano, así como los niveles de oxígeno y alcalinidad, se controlan cuidadosamente para asegurar la máxima recuperación de oro.

Se rocía una solución de cianuro diluida sobre la pila, se filtra a través de esta y disuelve el oro disponible. La solución se dirige posteriormente a un estanque. La solución de cianuro, que está enriquecida con oro, se bombea a través de las columnas donde se recupera el oro. La lixiviación en pilas es rentable y ofrece una serie de ventajas.

- La solución de cianuro se recicla a través de la pila, con lo que se reduce la cantidad de cianuro que se utiliza en la operación.
- El proceso es especialmente adecuado para menas de menor grado y con un alto contenido de arcilla.

4.1. Marco conceptual

4.1.1. Lixiviación.

Proceso hidrometalurgico que consiste en la separación de minerales, para la recuperación de alguno de ellos, lo cual se logra con el uso de un disolvente líquido con un sólido pulverizado, lo cual permite la disolución de los elementos solubles del sólido.

4.1.2. Lixiviación Estática.

Proceso de recuperación que se lleva a cabo mediante el uso de columnas para llegar a la recuperación de los minerales deseados, esto mediante un agente lixivante, añadido al material que se encuentra dentro de la columna.

4.1.3. Minerales a obtener del jal.

Mediante el proceso de lixiviación en las columnas, se obtendrá la recuperación de Oro y Plata que se encuentra dentro de los jales.

4.1.4. Homogenización.

Es el proceso que se le da a la mezcla de las materias primas. Sirve para compensar las variaciones de granulometría y de composición química y evitar segregaciones que generan desviaciones importantes.

4.1.5. Trituración.

Es un proceso que consiste en la reducción del tamaño de las partículas de un material, en el cual se prepara para la molienda.

4.1.6. Muestreo.

Consiste en la recogida de muestras grandes a partir del material ya extraído y acumulado.

4.1.7. Fundición.

El proceso tiene como objetivo separar en el concentrado de material los otros minerales e impurezas. Para esto el concentrado de se funde en mufla.

4.1.8. Aglomeración.

Proceso que consiste en el aumento de volumen al adherir las partículas de tamaño menor con las de mayor tamaño, el cual tiene como objetivo preparar el material mineralizado para la lixiviación, de esta manera estabilizar los finos y obtener fragmentos más uniformes llamados también pellets.

4.1.9. Pellets.

Es una denominación generalmente utilizada para referirse a pequeñas porciones de material aglomerado o comprimido, en este caso de la aglomeración del jal con cemento y solución.

4.1.10. Secado.

El secado de la muestra (en este caso los pellets) es un procedimiento en el cual se pone el material sobre una superficie que pueda estar en el sol, esto para que queden de una forma firme, y así poder introducirlos a las columnas sin que estos se deformen.

4.1.11. Reacciones químicas.

Una reacción química, también llamada cambio químico o fenómeno químico, es todo proceso termodinámico en el cual dos o más especies químicas o sustancias, se transforman, cambiando su estructura molecular y sus enlaces, en otras sustancias llamadas productos. Los reactantes pueden ser elementos o compuestos.

4.1.12. Solución.

Es una mezcla homogénea de una o más sustancias disueltas en otra sustancia en mayor proporción. El soluto es la sustancia que se disuelve y el solvente la que lo disuelve.

4.1.13. Solución lixiviante.

Solución química, que es utilizada en la extracción de lixiviación para mejorar la disolución de metales en minerales.

4.1.14. Reactivos.

Son sustancias que al interactuar con otra en una reacción química da lugar a otra sustancia, los cuales se utilizan para llevar a cabo reacciones químicas, para detectar, medir, o elaborar otras sustancias.

4.1.15. Cianuro de sodio.

Es un polvo blanco, el cual es la sal sódica del ácido cianhídrico. Se trata de un compuesto inorgánico y sólido, con un ligero olor a almendra. Se usa como sólido o en solución para extraer minerales metálicos.

4.2. Análisis a llevar a cabo durante el proceso

4.2.1. Análisis químico.

Un análisis químico es el conjunto de técnicas y procedimientos empleados en muchos campos de la ciencia para identificar y cuantificar la composición química de una sustancia mediante diferentes métodos.

4.2.2. Análisis físico.

Trata de un método cuyo objetivo es estudiar las relaciones entre propiedades físicas y composición del sistema para establecer interacciones entre los componentes químicos.

4.2.3. Análisis granulométrico.

La granulometría es el estudio de la distribución estadística de los tamaños de una colección de elementos de un material sólido fraccionado o de un líquido multifásico. El análisis granulométrico es el conjunto de operaciones cuyo fin es determinar la distribución del tamaño de los elementos que componen una muestra.

4.3. Parámetros

4.3.1. F80.

Es el tamaño de tamiz que deja pasar 80% de las partículas del producto del circuito, ambos expresados en micrones.

4.3.2. Tasa de riego.

Litros por hora requeridos por cada m² en el área de riego.

4.3.3. Granulometría.

La granulometría es el estudio de la distribución estadística de los tamaños de una colección de elementos de un material sólido fraccionado o de un líquido.

El análisis granulométrico es el conjunto de operaciones cuyo fin es determinar la distribución del tamaño de los elementos que componen una muestra.

4.3.4. P80.

Es el tamaño de tamiz/maya que deja pasar 80% de las partículas del producto del circuito, el cual es expresado en micrones.

4.3.5. Ppm (partes por millón).

Las partes por millón es una unidad empleada de forma habitual para indicar la existencia de elementos en muy pequeña cantidad, lo que se conoce como traza en una mezcla, concretamente, las cuales son equivalentes a mg/l (miligramos por litro) utilizando este factor de conversión: $1 \text{ ppm} = 1 \text{ mg/l}$.

V. DESARROLLO DE LA ESTADÍA.

5.1. Contexto del trabajo

Para el comienzo del desarrollo del proyecto como primer punto se tomará en cuenta y se investigara cada uno de los procesos industriales que se llevan a cabo dentro de la planta observando de una forma detallada su producción.

Se buscará investigar a profundidad y relacionarse de una forma muy precisa buscando el mayor conocimiento. De esta forma se busca disminuir cada problema que se presente a lo largo del proyecto ya con los conocimientos previos se facilitara cualquier proceso dentro del proyecto.



Ilustración 1. Infraestructura Empresarial.

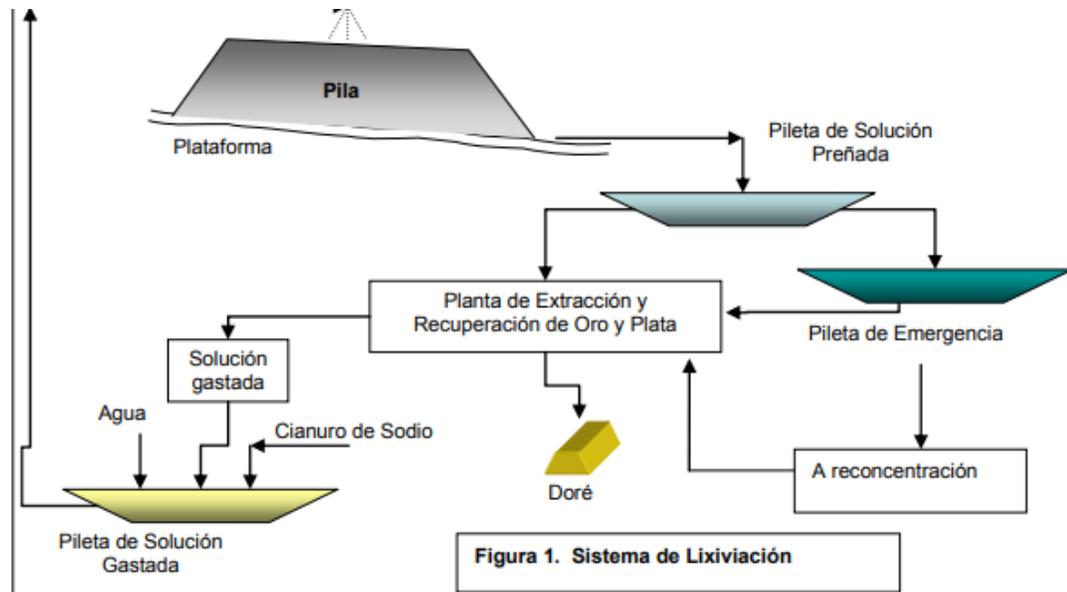


Ilustración 2. Sistema de lixiviación.

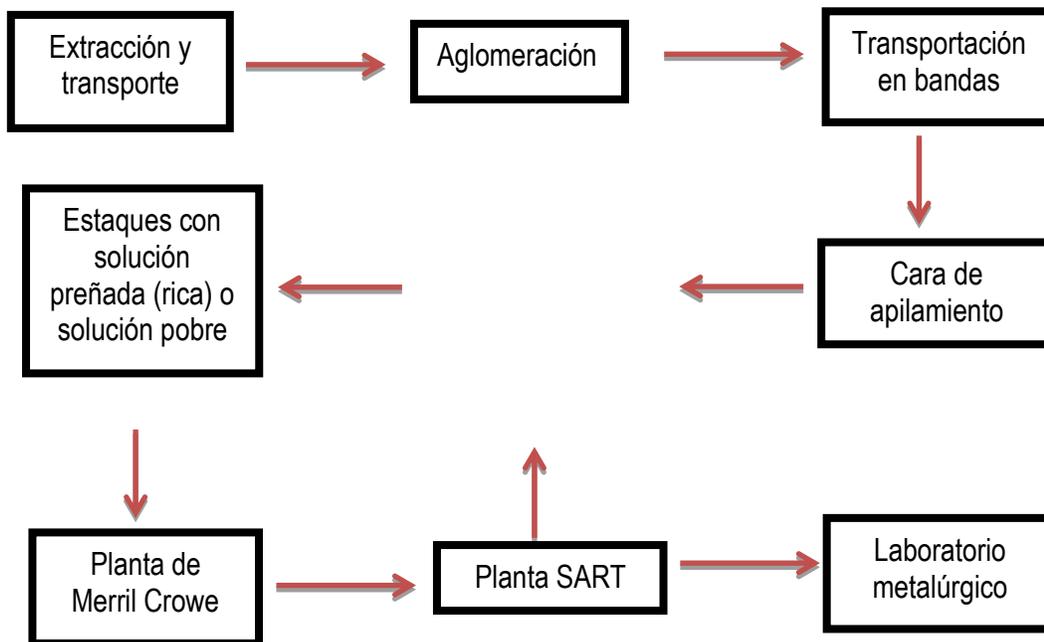


Ilustración 3. Producción industrial coanzamex.

5.1.1. Extracción y transporte.

Mediante análisis físico químico metalúrgico se da a conocer las leyes minerales que contiene cierto material esto es de gran ayuda ya que se puede ver la rentabilidad al trabajar con el material analizado.

5.1.2. Aglomeración.

En este proceso mediante equipo específico se lleva a cabo el aglomerado del material que conlleva formar peletes circulares que ayuden a la filtración de la solución lixivante para que percole de una forma eficaz entre cada partícula.

5.1.3. Transportación.

Mediante bandas transportadoras se transporta el mineral de un lado a otro en este caso de la aglomeración a la cara de apilamiento para ir formando las camas donde se llevará a cabo la lixiviación.



Ilustración 4. Bandas transportadoras.

5.1.4. Cara de apilamiento.

Se encarga de apilar de una forma acorde al material proveniente del proceso de aglomeración de esta forma ayudando a agilizar el proceso de lixiviación.



Ilustración 5.Cara de apilamiento.

5.1.5. Proceso de lixiviación en pilas.

Es un proceso que permite disolver los minerales de interés de los minerales oxidados que lo contienen, aplicando una solución de NaCN y agua. y mediante percolación cubre todo el material de esta forma estudiando tasa de riego y al concluir el proceso mediante canales se transporta un estanque de solución rica.

5.1.6. Estanques con solución preñada.

En estos estanques se almacena la solución que contiene grandes cantidades los minerales desinterés combinados con la solución lixivante de este

proceso continua a la planta de Merrill Crowe donde se le da el proceso de separación mediante el zinc.



Ilustración 6. Estanque con solución preñada.

5.1.7. Planta de Merrill Crown.

El proceso Merrill-Crowe es usado frecuentemente para procedimientos en la metalurgia extractiva del Oro y Plata. Un proceso de Merrill Crowe le permite precipitar fácilmente el oro y la plata previamente disueltos con cianuro y utilizando luego polvo de zinc. Como el oro es precipitado, el zinc se combina con el cianuro para formar un complejo de cianuro de zinc. Para un pH elevado (10) está obligado a precipitar metales preciosos y minimizar la precipitación del cobre que está presente en solución.

- Clarificación de la solución
- Eliminación del oxígeno de la solución
- Adición de zinc y sales de plomo
- Recuperación del precipitado de oro



Ilustración 7. Planta Merrill Crown.

5.1.8. Planta SART.

En esta planta se les da tratamiento a los agentes lixiviantes de esta forma buscando reducir su consumo de una forma considerable y así volver a reutilizarlo.



Ilustración 8. Planta Sart.

5.1.9. Laboratorio metalúrgico.

En laboratorio se le trabaja con el mineral mediante proceso físico químico donde se pueden observar las características del mineral y sus propiedades, al igual que mediante el proceso de copelación y fundición se recuperan las muestras de los minerales de interés.



Ilustración 9. Laboratorio metalúrgico

5.2. Antecedentes del problema.

Los principales problemas que se encuentran en el proyecto de investigación de la empresa surgen de las razones de producción, esto ya que, el material puesto en investigación es proveniente de una planta fundidora con diferentes características físicas como químicas. De igual forma presentan diferentes leyes y variación en su composición, esto nos lleva a dar una comparación entre lo que se está trabajando actualmente en la planta y el material que se desea implementar siguiendo los mismos procedimientos y de igual forma reduciendo costos lo más posible.

Se le dará pie a comprar en escala menor en el proyecto el material proveniente de los jales de Chihuahua con el material que se trabaja actualmente en la empresa.

La siguiente comparación que se realizara se dará entre los materiales a trabajar esto empieza desde su ubicación, el transporte, las cantidades a trabajar, la producción necesaria para alcanzar la eficacia de la empresa, así como también esperando una rentabilidad prospera que deje las ganancias esperadas y sea rentable hacia la empresa.

5.2.1. FODA (Fortalezas, Oportunidades, Debilidades, Amenazas).

- Fortalezas.
 1. Parámetros de producción establecidos por la empresa.
 2. Parámetros de calidad establecidos por la empresa.
 3. Misión, visión y alcances establecidos por la empresa.
 4. instalaciones.
 5. maquinaria.
 6. Personal.

7. Razones de producción y requerimiento de reactivos ya establecidos por la empresa.

- Oportunidades.

1. Implementar un nuevo material a la planta para producción.
2. Investigación de diferentes materiales a implementar.
3. Reserva de diferentes materiales a trabajar.
4. Expansión empresarial.
5. Extender tiempo útil de la planta de lixiviación.
6. Recuperación de minerales de recursos inorgánicos.
7. Sustentabilidad empresarial.

- Debilidades.

1. Material con diferentes propiedades mecánicas físicas y químicas.
2. Nuevas razones de producción.
3. Implementar nuevos métodos de producción
4. Investigaciones a largo plazo
5. Tiempo a implementar en cada cambio de material.
6. Implementar nuevos reactivos químicos dependiendo los minerales de interés a recuperar.

- Amenazas

1. Negativa a la aceptación en la producción de la planta con nuevo material
2. Diferentes propiedades químicas de material
3. Seguridad de personal con majeo de nuevo tipo de material
4. Baja rentabilidad en implantación de nuevo material
5. Gastos elevados en la producción.
6. Razones de producción elevadas.
7. Capacidad de planta para generación y producción con elevadas porcentaje de tonelaje.

5.3. Diagnóstico.

Se respalda en análisis cuantitativos los diferentes procesos donde se observa las razones de producción en donde se pone en análisis desde la capacidad de la planta hasta el personal como la maquinaria que está disponible en el perímetro industrial esto ya que la implementación de materiales diferentes puede tener varias modificaciones en la producción y tareas laborales como los tiempos y capacidades a manejar.

Se pone a prueba las capacidades de la planta ya que el material puesto en investigación contiene diferentes leyes minerales y con diferentes composiciones químicas y mecánicas.

Desde la transportación se tiene que tener en cuenta los volúmenes que abarca el material así como también su ubicación geográfica y para así saber si la transportación es rentable, esto mediante la logística, del mismo modo si el material es manejable para lixiviación estática ya que cada material contiene diferentes elementos que lo hacen rentable para que la empresa que se decida a la lixiviación estática mediante soluciones químicas pueda ser una viabilidad rentable para ese tipo de material.

Se llevaron a cabo varias pruebas de análisis físico-químicos donde se observaron los comportamientos del material desde su transportación y su característica externa como sus características físicas y químicas, se realizarán las pruebas requeridas mediante cálculos de las razones de producción ya establecidas que son referentes al material que se está trabajando actualmente en la planta con el material a implementar proveniente de los jales de Avalos de chihuahua.

Mediante el diagnóstico que se empleó en los diferentes puntos del proyecto se pensó en cada parámetro y situación que pueda surgir en el proceso a analizar ya que si el proyecto demuestra eficiencia y rentabilidad al igual que sustentabilidad se pondrá llevar a grandes escalas dentro de la planta que esto

Se puede lograr una eficacia y rentabilidad al igual que sustentabilidad del proyecto si se trabaja de una forma ordenada y siguiendo los parámetros de producción se alcanzarán las leyes minerales requeridas para que la empresa pueda continuar siendo una industria metalúrgica que mediante residuos inorgánicos se recuperan leyes minerales dando unas altas rentabilidades a la empresa.

5.4. Alternativas de Solución.

Una de las soluciones a la problemática más identificable dentro del proyecto que fue la aglomeración fue el consumo de la solución para aglomerar se tomaron en cuenta varios parámetros y razones expuestas por la empresa y una de la solución más viable que se encontró fue ampliar la razón que había entre el material y la solución esto de una forma más explicada es que el material en grandes cantidades se comportaba de una forma más sólida y esto actuaba como adición entre sí mismo dejando atrás el alto consumo de solución para aglomerar pero una de las consecuencias de esta solución es que se tendría de una forma hipotética expandir más las razones de trabajo ya que serían más cantidades a trabajar en cada uno de los procesos de la empresa.

Esto como una solución expuesta a la empresa esta solamente fundamenta en el trabajo realizado en el laboratorio metalúrgico de la Universidad tecnológica de Parral.

Se deben de tener varios puntos expuestos y de una forma fundamentada esto para que sea una solución viable a la empresa dando a conocer cada uno de los factores involucrados en la problemática que se le quiere dar solución, guiándonos de una forma analítica y con una metodología que nos lleve a la eficiencia de la solución expuesta.

5.5. Cronograma.

Se planea darle seguimiento al proyecto en los tiempos que se determinan en las siguientes tablas esto ayuda al buen funcionamiento del proyecto y tener un orden desde el principio de la investigación hasta el término de este.

Se observan de una manera analítica cuanto tiempo se requiere para cada actividad y se planea cumplir en el tiempo establecido al inicio esto para saber el tiempo que se lleva cada proceso y tenerlo de registrado.

X = Tiempo real

X = Tiempo planeado

Actividades a realizar "LIXIVIACION DE AU Y AG DE JAL DE CHIHUAHUA MEDIANTE NaCN (CIANURO DE SODIO)																	
N o	Actividades		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
1	Diagnóstico de la situación actual	P	X	X													
		R	X	X	X	X	X										
2	Aplicación de mejoras	P			X	X	X	X									
		R					X	X	X	X	X						
3	Evaluación de resultados	P							X	X							
		R									X	X	X	X	X		
4	Ajustes posteriores	P									X						
		R												X	X	X	
5	Presentación a la dirección de resultados	P										X					
		R															X

Tabla 1. Puntos a realizar en estadía.

Actividades a realizar "LIXIVIACION DE AU Y AG DE JAL DE CHIHUAHUA MEDIANTE NaCN (CIANURO DE SODIO)																
Actividades		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
		Obtención e Identificación de la muestra.	P	X												
	R	X	X													
Obtención e Identificación de la muestra.	P	X														
	R		X	X												
Preparación mecánica y análisis de cabeza.	P	X														
	R			X	X											
Análisis Granulométrico y determinación de P80.	P		X													
	R				X											
Determinación del Peso específico del Material.	P		X													
	R				X											
Preparación de muestra para columnas de prueba.	P			X												
	R					X										
Características de las columnas a utilizar.	P			X												
	R					X										
Aglomerado y tiempo de curado del jal.	P			X												
	R						X									
Cargado de aglomerado a columnas de lixiviación.	P				X											
	R							X								
Activación de riego en columnas. Cálculo de tasa de riego)	P				X											
	R							X	X	X	X	X	X			
Cálculo de disolución de valores de Au y Ag	P				X	X	X	X	X	X	X					
	R							X	X	X	X	X	X	X		
Calculo del consumo de NaCN.	P					X	X	X	X	X	X	X	X			
	R									X	X	X	X	X	X	
Reporte final.	P											X	X	X	X	X
	R												X	X	X	X

Tabla 2. Actividades a realizar en estadía

5.6. Descripción del material.

Para llevar a cabo el proyecto, se recibió el material de jal, proveniente de los jales de la ciudad de Chihuahua.

El material se recibió el día primero de junio del 2021, fue un total de 54.350kg, al ser el material jal, este en su mayoría se encontraba en un tamaño muy pequeño, por lo cual al realizar la homogeneización se tuvo una pérdida de material.

El material se observa en un color café claro.

Este material, proviene de los apilamientos de lo que es el residuo de las moliendas de rocas cuando ya se extrajo el mineral de interés de ellas, pero en este caso y en el proyecto en particular se realizara la investigación para sacar los valores de algunos minerales de interés que aún se contienen, para así extraerlos.

5.6.1. Leyes de los minerales.

Leyes que se contienen en el material, se tomó una cabeza de 445grs para la representación del total del material, esta se sacó ya al tener una homogenización por cono y cuarteo.

Como el material ya se encontraba la gran mayoría pulverizado, la cabeza solo se etiqueto y se envió a los laboratorios de la empresa para que se le realizara la fundición y así se obtuvieron los siguientes valores en las leyes: Oro (0.30g/ton), Plata (29.65g/ton) y Cobre (772g/ton).



Ilustración 10. Homogenización por cono y cuarteo.

	Au	Ag	Cu
CABEZA ENSAYADA (g/ton)	0.30	29.65	772
LEY EXTRAIDA (g/ton)	0.26	8.19	420.27
COLA ENSAYADA (g/ton)	0.1	12.0	352
CABEZA CALCULADA (g/ton)	0.36	20.19	772.27
PORCENTAJE DE EXTRACCION (%)	72.3	40.6	54.4

Tabla 3. Resultados de fundición de cabeza.

5.7. Recolección de Datos.

Se observa el equipo con el que se trabajara y el equipo de seguridad debido para realizar las actividades que se llevan a cabo a lo largo de la estadía esto para entregar de manera más eficiente los resultados esperados.

Materiales, maquinaria e instalaciones requeridos	
Espacio para almacenamiento de material.	
Equipo para homogenización y muestreo de material.	
Equipo para análisis físico. (peso, análisis granulométrico)	
Equipo para análisis químico.	
Columnas estáticas para lixiviación.	
Maquinaria para aglomeración.	
Reactivos químicos para los diferentes procesos químicos.	
Equipo de protección personal	
Equipo de fundición para análisis de cabeza	

Tabla 4. Inventario para desarrollo de proyecto

5.7.1. Análisis granulométrico



Ilustración 11. Análisis Granulométrico.

Malla	Peso	%peso	Acumulati vo + % retenido	Acumulati vo – % retenido
10				
12				
16				
20				
30				
50	50 g	5%	5%	95%
60	50g	5%	10%	90%
100	50g	5%	15%	85%
200	50g	5%	20%	80%
-200	800g	80%	100%	0%
	1000g	100%		

Tabla 5. Análisis granulométrico

5.7.2. **Peso específico.**

Esta prueba es necesaria para conocer el peso específico del material con el que se está trabajando.

El peso específico se puede definir como una propiedad inherente, o relación existente de cada muestra mineral que relaciona la masa del mismo con el volumen real que ocupa.

Para obtenerlo en este proyecto se realizaron 3 pruebas, las cuales fueron en matraces aforados.

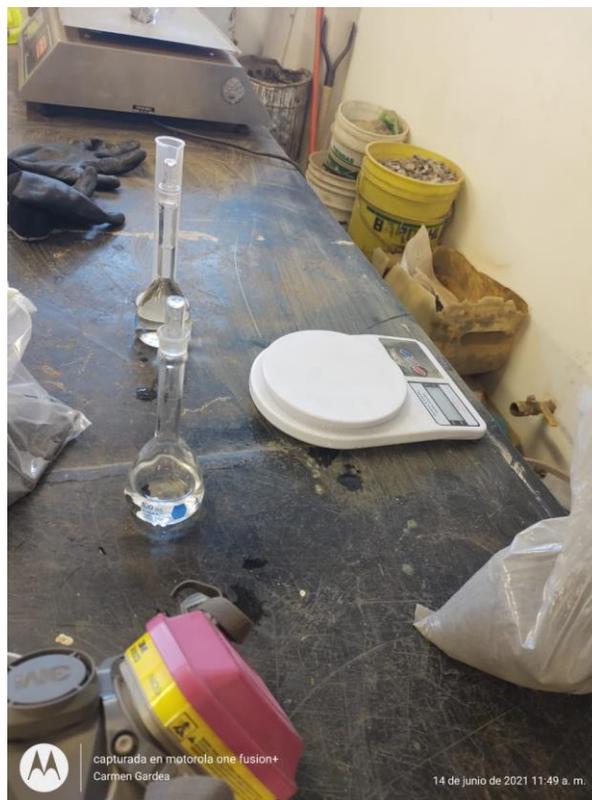


Ilustración 12. Determinación de peso específico.

M.S	86g	78g
M.A	186g	178g
M.M	102g	111g
M.M.A	200g	192g
M.S	87g	79g
M.A	189g	182g
M.M	104g	109g
M.M.A	199g	193g
M.S	87g	79g
M.A	184g	176g
M.M	100g	107g
M.M.A	197g	192g
M.S (MEDIA)	86.6g	78.6g
M.A (MEDIA)	186.3g	178.6g
M.M(MEDIA)	102g	109g
M.M.A (MEDIA)	198.6g	192.3g
Peso específico	Formula: $Pe = p / V$, $Pe = m.g / V$.	
=		

Tabla 6. Peso específico

5.8. **Aglomeración.**

Para llevar a cabo la aglomeración del material, para poder convertir el jal en los pellets que se agregaron a la columna, se realizó como se muestra en los siguientes puntos las determinaciones de cemento y de solución que se añadieron al mineral.

5.8.1. **Determinación de relación de cemento.**

La relación de cemento se realiza para así conocer las cantidades que son necesarias agregar de cemento al momento de realizar la aglomeración de jal, y este pueda terminar en pellets, ya estando el material concentrado se podrá depositar en las columnas para su lixiviación.

$$\text{Material(ton)} = \text{Cemento(ton)}$$

$$1000kg = 75kg$$

$$48.470kg = 3.64kg$$

5.8.2. **Determinación de relación de solución**

Para llevar a cabo la aglomeración del material, se preparó en este caso con una proporción de 10000ppm de CN, pero como se realiza con una solución, la cual ya cuenta con 700ppm, lo que se hace es que, a las ppm necesarias solo le quitaríamos con las que esta solución ya cuenta.



capturada en motorola one fusion+ Carmen Gardea 22 de junio de 2021 2:03 p. m.

Ilustración 13. Preparación de solución para aglomeración.

SOLUCION BARREN: 700ppm CN

10000ppm CN

$$\frac{(ppm\ necesarias - 700ppm)}{1000} (20lts) = grs\ NACN$$

$$\frac{10000ppm - 700ppm}{1000} (20lts)$$

$$\frac{9300ppm}{1000} (20lts) = 186grs\ NACN$$

Para la aglomeración del material que se tiene, solo fueron necesario 11.986 lts.

5.8.3. Características de la columna.

La columna que se encuentra en las instalaciones del laboratorio de la universidad cuenta con sus propias características se adaptó para el funcionamiento del proyecto llevando un análisis en el cual se observó las características y las necesidades del proyecto.

En la siguiente tabla se muestran las características de la columna en la que se trabajó a lo largo de la estadía al igual que las características químicas y físicas del mineral que contiene la columna.



Ilustración 14. Columna utilizada.

JAL CHIHUAHUA.	
Altura	2.04m
Borde	2cm
Grava	9cm
Columna	1.93m
Tasa	10L/hrm ²
Riego	3000ppm NaCN
Humedad	3%
Peso	44.920kg
Arranque	5/julio/2021
Primera colecta	9/julio/2021

Tabla 7. Características de columna.

5.8.4. Determinación de tasa de riesgo

Mediante la fórmula que se presenta a continuación, se lograron determinar los litros de solución que se vertieran a la columna por cada 24 horas esto tomando en cuenta el área de la columna y los ml por minuto que estará regando el caudal.

Esto nos ayudara a tener un control y un buen monitoreo del riego de la columna reconociendo cual quiere falla o imprevisto que surja durante el periodo de riego.

Área de columna:	$\frac{\pi(D^2)}{4}$
	$= \frac{\pi(15,24)^2}{4} = 182.41 \text{ cm}^2 = 0.0182 \text{ m}^2$
Caudal	$\frac{(\frac{10L}{hr \ m^2})(0.0182 \ m^2)(1000)}{60}$
Caudal	3.03 ml/min
Volumen	$\frac{3.03 \text{ ml/min}(1440)}{1000}$
Volumen	4.36 L/ día

Tabla 8. Determinación de tasa de riego

VI. ANÁLISIS DE RESULTADOS.

6.1. Resultados Obtenidos.

En base a los procesos elaborados a lo largo del proyecto se analizaron cada una de las muestras que se recogieron, para ello se tomó en cuenta cada parámetro establecido por la empresa de esta manera se dieron a conocer cada uno de los resultados del proyecto.

Fecha	Tiempo (Días)	Solución RICA							Solución POBRE						
		Volumen (kg)	CN (ppm)	CaO (ppm)	pH	Au (ppm)	Ag (ppm)	Cu (ppm)	Volumen (kg)	CN (ppm)	CaO (ppm)	pH	Au (ppm)	Ag (ppm)	Cu (ppm)
08-jul-21	1	4.36	40		11.25	0.267	14.22	1,688	4.36	2950		11.5	0.00	0.00	0
09-jul-21	2	4.36	30		11.35	0.159	19.43	704	4.36	2950		11.5	0.00	0.00	0
10-jul-21	3	4.36	120		11.26	0.100	17.25	506	4.36	2950		11.5	0.00	0.00	0
11-jul-21	4	4.36	190		11.54	0.800	12.36	450	4.36	2950		11.5	0.00	0.00	0
12-jul-21	5	4.36	260		11.25	0.660	9.06	332	4.36	2950		11.5	0.00	0.00	0
13-jul-21	6	4.36	280		11.36	0.450	6.48	248	4.36	2950		11.5	0.00	0.00	0
14-jul-21	7	4.36	290		11.57	0.140	4.70	187	4.36	2950		11.5	0.00	0.00	0
15-jul-21	8	4.36	310		11.54	0.100	2.58	159	4.36	2950		11.5	0.00	0.00	0
16-jul-21	9	4.36	210		11.96	0.090	1.20	158	4.36	2950		11.5	0.00	0.00	0
17-jul-21	10	4.36	50		11.24	0.050	1.00	100	4.36	2950		11.5	0.00	0.00	0

Tabla 9. Datos de muestras

UPDATE	ID. COMPOSITES	IRRIGATION DAYS	Height m	Ratio l/s	HEAD ASSAY, g/t		EXTRACTION %		GRADE LEACHED		CYANIDE CONSUMPTION Kg/t	TASA, l/hr/m ²	
					Au	Ag	Au	Ag	Au, ppm	Ag, ppm		day	average
17-jul-21	Jal UTP	10	2.00	0.93	0.30	29.65	72.31	40.55	0.26	8.19	2.57	9.96	9.96

Tabla 10. Datos de muestra de columna

6.2. Graficas de resultados.

6.2.1. Prueba de columna (recuperación de Oro).

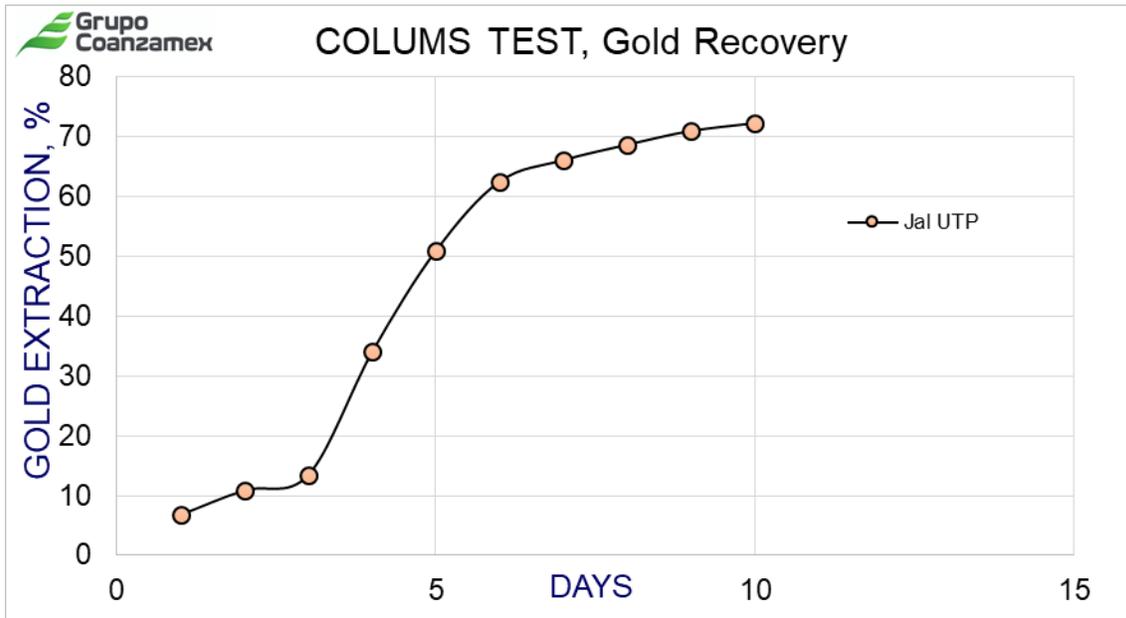


Ilustración 15. Resumen prueba de columna (oro).

6.2.2. Prueba de columna (recuperación de Ag).

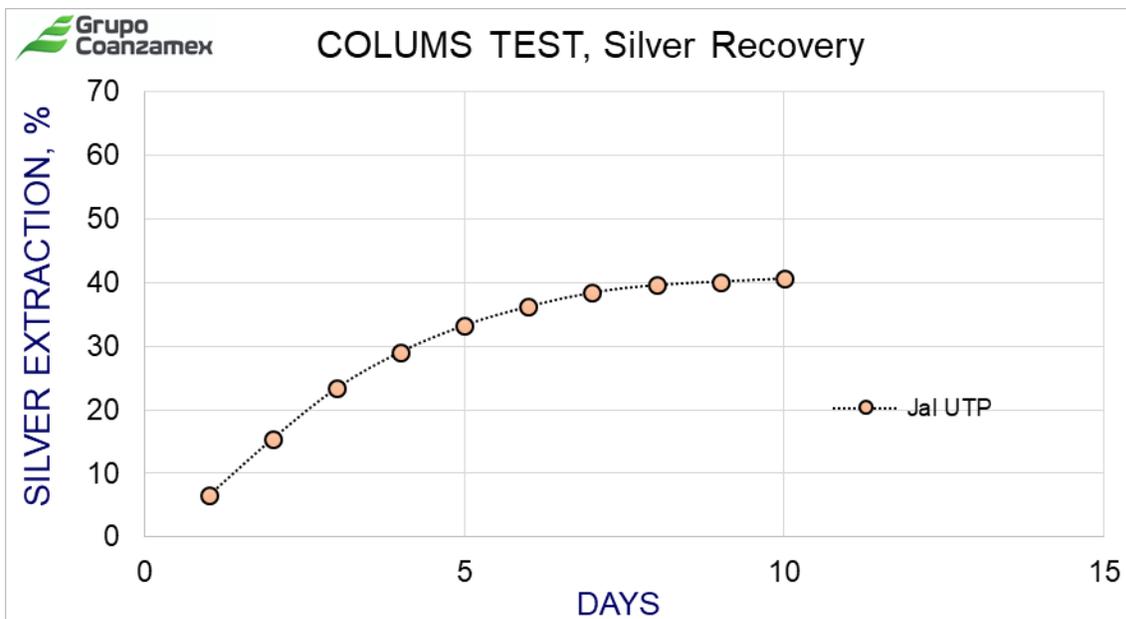


Ilustración 16. Resumen prueba de columna (Ag).

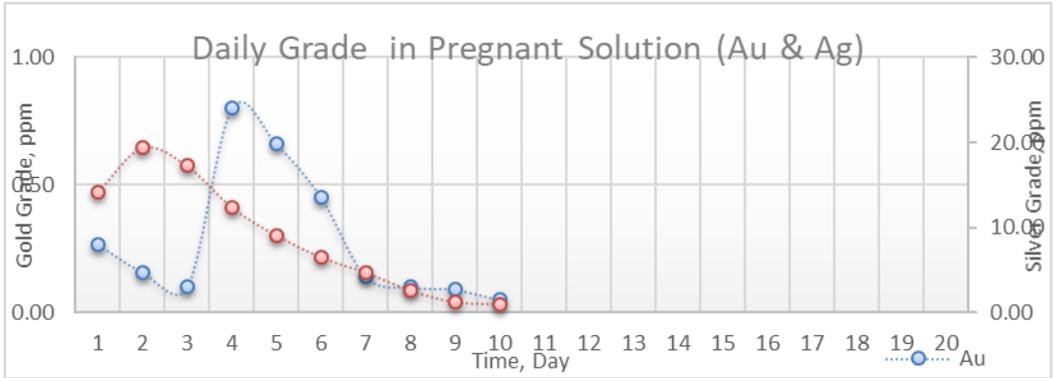


Ilustración 17. Grado de solución por día.

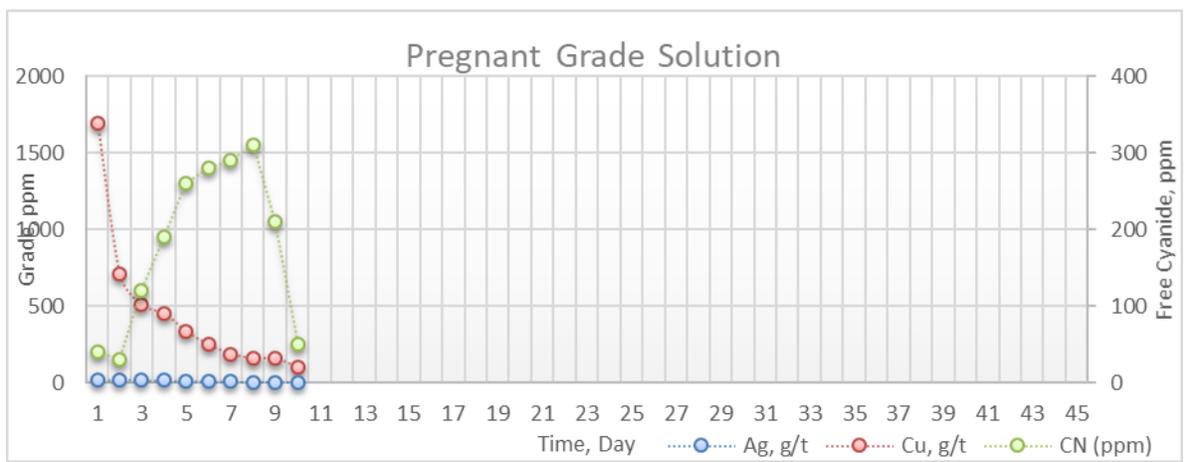


Ilustración 18. Grado de solución relación ppm por día.

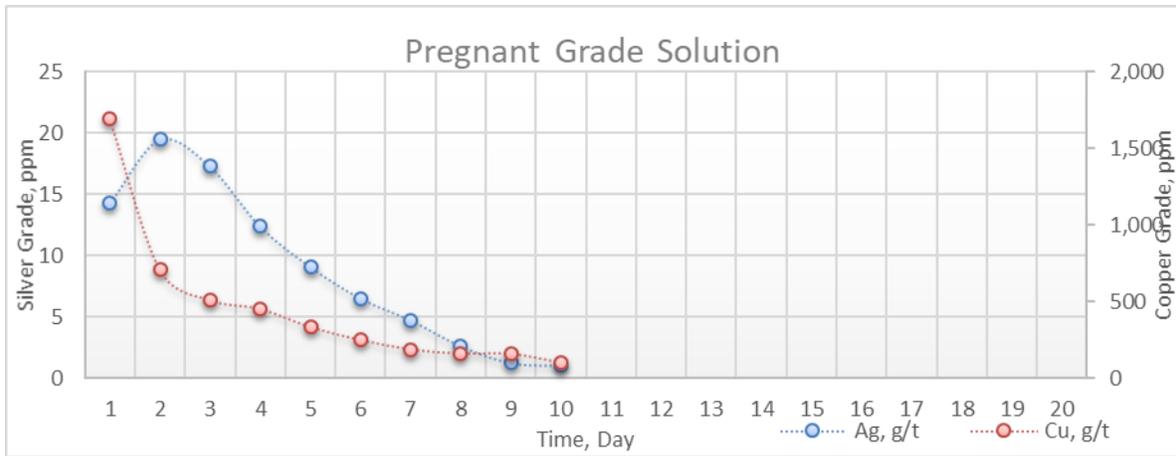


Ilustración 19. Grado de solución.

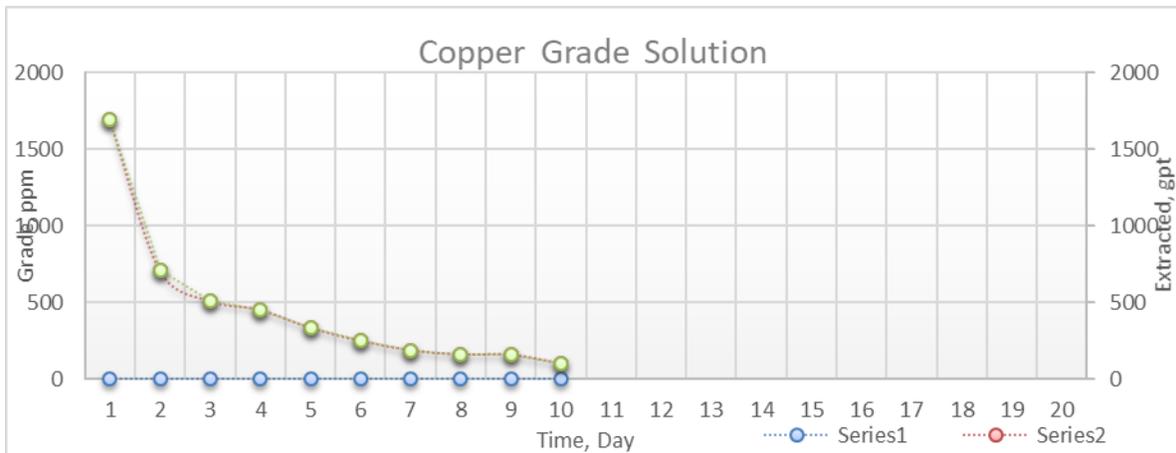


Ilustración 20. Grado de solución de cobre.

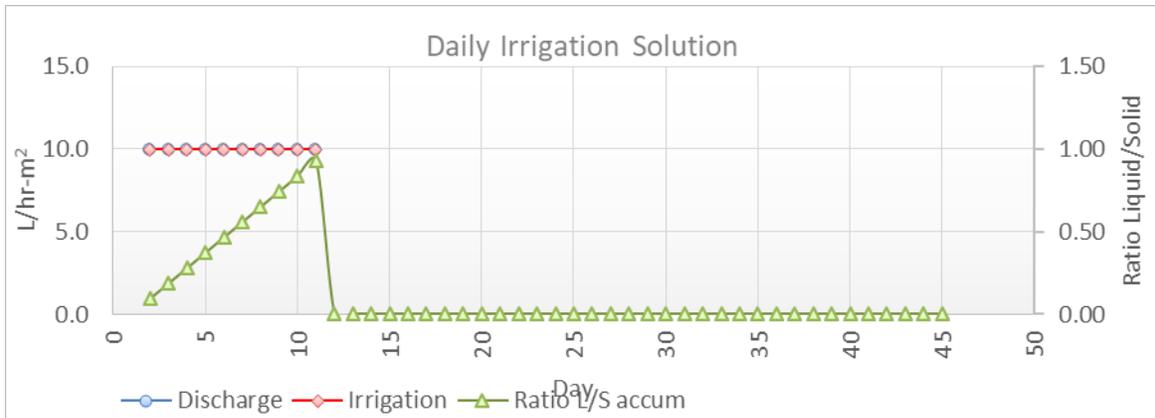


Ilustración 21. Riego diario de solución.

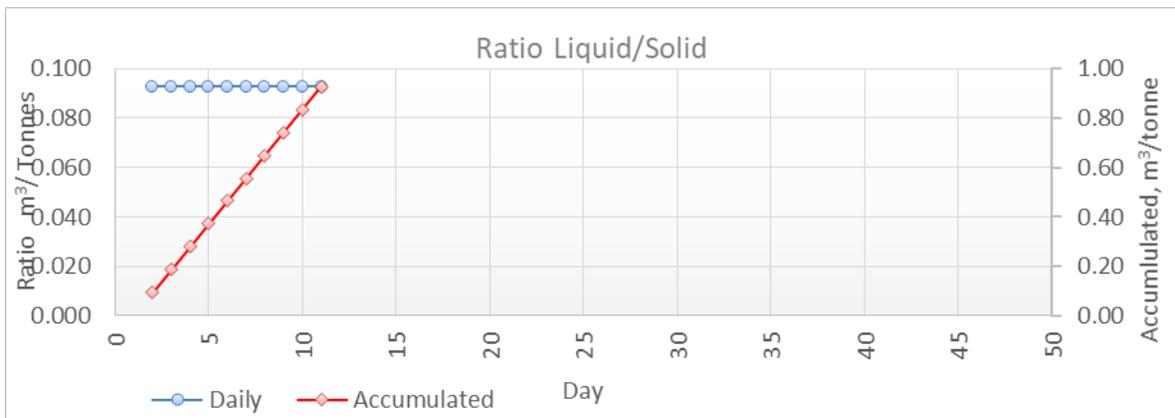


Ilustración 22. Relación líquido sólido.

VI. CONCLUSIONES O RECOMENDACIONES.

En cada una de las pruebas realizadas a lo largo del proyecto se observó de una manera detallada su proceso eso sirvió de una manera más específica su entendimiento ayudándonos a darnos una noción del trabajo que se realiza en la empresa en cada uno de sus procesos.

Los resultados obtenidos fueron los esperados y se encontró una relación entre el trabajo y los alcances esperados al principio del proyecto. Esto nos da entender que tuvimos una factibilidad acertada a lo largo del proyecto siguiendo cada una de las observaciones e indicaciones de nuestro asesor empresarial como nuestra asesora académica

El conocimiento aprendido a lo largo de la estadía fue un avance para a la empresa en la investigación planteada al inicio del periodo de estadía al igual que nosotros nos vimos beneficiados al encontrar un espacio donde pudimos ejercer nuestro conocimiento a lo largo de nuestro periodo escolar de técnicos en beneficio minero .

La empresa coanzamex siendo una empresa sustentable otorgando un proyecto a estudiantes la universidad tecnológica de parral. Pudo lograr un avance más, siendo una empresa con óptimas condiciones para realizar proyectos de investigación para estudiantes en busca de ampliar su conocimiento.

Referencia bibliográfica.

Hierro Crudo. (2006, 6 febrero). metinvest. <https://metinvestholding.com/es/products/semi-finished-products-chemical-and-by-products/iron-ore-concentrate>.

Lixiviación. (2014, 8 agosto). Ministerio de minería. <https://www.minmineria.cl/glosario-minero-l/lixiviacion/>.

En que consiste el proceso de lixiviación. (2013, 3 diciembre). Evalac. <http://www.evalc.cl/en-que-consiste-el-proceso-de-lixiviacion/>.

Homogenización. (2012, 23 mayo). Minero Ambiental. <http://mineroambiental.blogspot.com/2012/05/homogenizacion.html>.

Preparación de muestra minerales. (2010, 29, junio). Agqmining. <http://www.agqmining.com/preparacion-muestras-mineria>.

Partes por millón. (2016, 14 diciembre). SyP. <https://www.solerpalau.com/es-es/blog/partes-por-millon/>.

Solución química. (2021, 15 julio). Concepto. <https://concepto.de/solucion-quimica/>

Solución química. (2019, 7 agosto). Significados. <https://www.significados.com/solucion-quimica/>

Reactivos y consumibles – Merck. (2015, 20 mayo). Artilab. <https://artilab.com.co/reactivos-para-laboratorio/>.

Hoja informativa sobre sustancias peligrosas. (1998, 5 julio). *Departamento de salud y servicios para mayores de new jersey*.

<https://nj.gov/health/eoh/rtkweb/documents/fs/1693sp.pdf>.

Beneficio y transformación de minerales. (2020, 2 septiembre). Servicio geológico mexicano.

https://www.sgm.gob.mx/Web/MuseoVirtual/Aplicaciones_geologicas/Beneficio-y-transformacion--minerales.html.

Fimbres, O. (2018, 13 mayo). *Proceso de aglomeración de minerales*. LinkedIn.

<https://www.linkedin.com/pulse/proceso-de-aglomeraci%C3%B3n-minerales-omar-fimbres/>

Proceso de aglomeración. (2012, 25 junio). yomineria.

<https://yomineria.jimdofree.com/metalurgia-extractiva/hidrometalurgia/aglomeracion/>

Crushing and Grinding Calculations". (1961, 5 junio). Metcom training.

<https://www.metcomtech.com/espanol/grindingbulletin-sp5.php>.

Oro. (2020, 20 diciembre). Minería en línea.

https://mineriaenlinea.com/rocas_y_minerales/oro/

Fundición. (2014, 20 marzo). Ministerio de minería. <https://www.minmineria.cl/glosario-minero->

Secado de muestras. (2012, 13 mayo). SGS. <https://www.sgs.mx/es-es/mining/analytical-services/geochemistry/sample-preparation/sample-drying>.

Lixiviación con cianuro. (2014, 2 junio). SGS. <https://www.sgs.mx/es-es/mining/metallurgy-and-process-design/cyanidation-technologies/cyanide-leaching>.

Bustillo Revuelta, M. (2018). *MINERALES INDUSTRIALES* (Vol. 514). Fueyo.

García De La Cal, Á. (2014). *MANUAL DE CRIBADO Y CLASIFICACION*. Fueyo.

Vázquez Guzmán, F. (2013). *MANUAL DE YACIMIENTOS MINERALES* (Vol. 600).
universidad politécnica de Madrid.

P.M.S.A. (2013). *manual de merinera y metalurgia* (Vol. 400). Portal Minero Ediciones.

APÉNDICE.

NOM-043- SEMARNAT1993 Emisión de partículas de fuentes fijas.

NOM-001- SEMARNAT -1996 Descargas de aguas residuales en aguas y bienes nacionales.

NOM-002- SEMARNAT -1996 Descargas de aguas residuales al alcantarillado.

NOM-003- SEMARNAT -1997 Aguas residuales tratadas que se reúsen en servicios al público.

NOM-157-SEMARNAT-2009, Que establece los elementos y procedimientos para instrumentar planes de manejo de residuos mineros.

NOM-018-STPS-2015 peligros y riesgos por **sustancias** químicas **peligrosas** en los centros de trabajo.

NOM-005-STPS-1998, Relativa a las condiciones de seguridad e higiene en los centros de trabajo para el manejo, transporte y almacenamiento de sustancias químicas peligrosas.

NOM-155-SEMARNAT-2007, Que establece los requisitos de protección ambiental para los sistemas de lixiviación de minerales de oro y plata.

NOM-004-STPS-1999 Sistemas y dispositivos de seguridad en maquinaria.

NOM-006-STPS-2014 Manejo y almacenamiento de materiales.

NOM-017-STPS-2008 Equipo de protección personal.

NOM-019-STPS-2011 Comisiones de seguridad e higiene.

NOM-026-STPS-2008 Colores y señales de seguridad.

NOM-028-STPS-2012 Seguridad en procesos y equipos con sustancias químicas.

NOM-030-STPS-2009 Servicios preventivos de seguridad y salud.

Anexo I.

“RECUPERACION DE ZINC DE UNA ESCORIA DE FUNDICION MEDIANTE H2O4”

Obtención e identificación de la muestra.

Para llevar a cabo el proyecto, se recibió el material de escoria, proveniente de Avalos de la ciudad de Chihuahua.

El material se recibió el día primero de junio del 2021, fue un total de 25.960kg, este en su mayoría se encontraba en rocas de tamaño que superaban las 5 pulgadas. El material se observa en color negro, todo en su tonalidad oscuro.

Preparación mecánica

Trituración primaria.

Para la preparación mecánica se inició con el quebrado a mano de las rocas que superaban el tamaño de alimentación de la quebradora de mandíbulas para posteriormente alimentar dicha quebradora reduciendo está el mineral a un tamaño promedio de 2 pulgadas.



Ilustración 23. quebrado de muestra

Trituración secundaria.

Después de salido el material de la trituradora de mandíbulas, se procede a alimentar la trituradora de cono la cual recibe el material menor a 2 pulgadas ajustando el tamaño de salida a menos malla 10.

El material que no pasa por la malla 10 se vuelve a introducir a la quebradora de cono hasta lograr el tamaño deseado.



Ilustración 24.alimentación de quebradora de cono

Homogeneización

Se realizó la homogeneización correspondiente de la muestra ya triturada mediante los métodos adecuados para posteriormente realizar cuarteos hasta tomar una muestra de cabeza para análisis

Análisis de cabeza

Para la obtención de las leyes que se contienen en el material, se tomó una cabeza de 525grs para la representación del total del material la cabeza solo se etiquetó y se envió a los laboratorios de la empresa para que se le realizara la fundición y así poder obtener los siguientes valores en las leyes:

Zn: 8.81%

Fe: 21.24

Análisis granulométrico para determinación del P80

El análisis granulométrico nos ayudara para observar el f80 de la muestra al igual que sus propiedades fisicas y su medición del tamaño de un grano, esto ayudara a los siguientes procesos en lo que resultara más fácil trabajar con el material.

Malla	Peso (g)	%peso	Acumulativo + % retenido	Acumulativo – % retenido
10				
12	7	0.7	0.7	99.3
16	91	9.1	9.8	90.2
20	199	19.9	29.7	70.3
30	149	14.9	44.6	55.4
50	199	19.9	64.5	35.5
60	35	3.5	68	32
100	91	9.1	77.1	22.9
200	103	10.3	87.4	12.6
-200	126	12.6	100	0
	1000gr	100%		

Tabla 11. análisis granulométrico.



Ilustración 25. mallas para análisis granulométrico.

Peso determinación del peso específico del material

El peso específico es uno de los puntos que se pide sacar en el laboratorio metalúrgico para diferenciar entre la masa de la muestra y su volumen esto nos proporciona datos para la continuidad del trabajo y seguir observando las características físicas del material que nos servirá para las razones de medición a la hora de llevar a cabo el proyecto.



Ilustración 26. peso específico

M.S	78g	86g
M.A	178g	186g
M.M	103g	111g
M.M.A	195g	204g
M.S	78g	86g
M.A	178g	186g
M.M	105g	112g
M.M.A	195g	203g
M.S	78g	86g
M.A	179g	187g
M.M	105g	111g
M.M.A	196g	203g
M.S (MEDIA)	78g	86g
M.A (MEDIA)	178.3g	186.3g
M.M(MEDIA)	104.3g	111g
M.M.A (MEDIA)	195.3g	203.3g
Peso específico	Formula: $Pe = p / V$, $Pe = m.g / V$.	
=		

Tabla 12. peso específico.

Elaboración de muestras de 1 kg para moliendas

Después de que el material ha pasado por la malla 10 se elaboran muestras de un kg para proseguir con la molienda.



Ilustración 27. muestra de 1 Kg

Molienda.

Para la molienda se utilizaron molinos de bolas de laboratorio con dimensiones de 0.6 ft de diámetro y una longitud de 0.72 ft.

Se realizaron los cálculos correspondientes para calcular la velocidad crítica, la velocidad de operación, así como también el gradiente de bolas y se llevó una relación liquido-sólido de 50/50.

Velocidad critica: 98.91 rpm

Velocidad de operación: 6,988.44 rpm

X Plg	X / B	(X / B) ^{3.8}	%	Kg de Fe para cada tamaño	Peso Unitario Kg / Bola	Número de Bolas	Peso Unitario g / Bola	Kg / Bola por Tamaño
1.575	1.0000	0.0000	0.00	0.00	0.385	0	385	0.00
1.37	0.8698	0.5887	49.66	2.20	0.180	12	180	2.20
1.18	0.7492	0.3338	28.16	1.25	0.109	11	109	1.25
0.984	0.6248	0.1674	14.12	0.63	0.072	9	72	0.63
0.787	0.4997	0.0716	6.04	0.27	0.058	5	58	0.27
0.59	0.3746	0.0240	2.02	0.09	0.016	6	16	0.09
			1.1854	100.0	4.44	43		4.44

Tabla 13. Gradiente de bolas de molino.

Para realizar la molienda se introdujeron por molino 1kg de escoria, 1 litro de agua, 4.44 kg de bolas de diferentes dimensiones y se pusieron en funcionamiento durante 10 minutos en la mesa de rodillos.

Terminando la molienda se extrajo el material del molino y se colocó sobre una malla para posteriormente dejarse secando al sol durante 1 día. Después de secada la muestra se seleccionaron muestras de 200g para las pruebas de botella.

Se realizo un análisis granulométrico del material después de dicha molienda el cual arrojó los siguientes resultados.

Se observo que en la primera molienda paso un aproximado de 10% de material por la malla 200 por lo cual se llegó a la conclusión de que era necesario

hacer una segunda molienda con la misma carga de material y agua, pero con el doble de carga de bolas y el suficiente tiempo extra para una opima molienda



Ilustración 28. Molienda

ANALISIS GRANULOMETRICO DE PRIMER MOLIENDA				
			%RETENIDO	%PASA
MALLA	PESO (g)	%PESO	ACUM +	ACUM -
12	16	0.60240964	0.60240964	99.39759036
16	284	10.6927711	11.2951807	88.70481928
20	544	20.4819277	31.7771084	68.22289156
30	399	15.0225904	46.7996988	53.2003012
50	523	19.6912651	66.4909639	33.50903614
60	98	3.68975904	70.1807229	29.81927711
100	254	9.56325301	79.7439759	20.25602409
200	266	10.0150602	89.7590361	10.24096385
-200	272	10.2409639	100	0
	2656			

Tabla 14. análisis granulométrico 1er molienda

Como resultado de la segunda molienda podemos observar un aumento de material que paso por la malla 200, significando una correcta molienda como estaba esperado

ANALISIS GRANULOMETRICO SEGUNDA MOLIENDA				
			%RETENIDO	%PASA
MALLA	PESO	%PESO	ACUM +	ACUM -
16	5	1.5625	1.5625	98.4375
20	12	3.75	5.3125	94.6875
30	13	4.0625	9.375	90.625
50	47	14.6875	24.0625	75.9375
60	18	5.625	29.6875	70.3125
100	54	16.875	46.5625	53.4375
200	75	23.4375	70	30
-200	96	30	100	0
	320			

Tabla 15. análisis granulométrico 2da molienda

preparación de solución lixiviante de H₂SO₄

Para preparar la solución se requirió utilizar el ácido sulfúrico con una concentración de 30% ácido diluido en H₂O, el cual al hacer contacto con el agua tendría una reacción repentina lo cual deberá hacerse con suma precaución.



Ilustración 29. preparación de solución lixiviante.

Ejecución de pruebas de botella para lixiviación

Teniendo la solución preparada y las muestras de 200 g se introducen a las botellas de vidrio color ámbar e inmediatamente se ponen a girar en la mesa de rodillos durante 24 horas teniendo en constante observación.



Ilustración 30. prueba de botellas.