

**UNIVERSIDAD NACIONAL DANIEL ALCIDES CARRIÓN
FACULTAD DE INGENIERÍA**

**ESCUELA DE FORMACIÓN PROFESIONAL DE INGENIERÍA
AMBIENTAL**



**INFLUENCIA DE LOS RELAVES EN PASTA DE LA
EMPRESA AUREX S.A. EN LA REDUCCIÓN DE IMPACTOS
NEGATIVOS AL AIRE, AGUA Y SUELO EN LA COMUNIDAD
DE YURAJHUANCA**

**TESIS
PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:
INGENIERO AMBIENTAL**

**PRESENTADO POR:
Bach. CARHUAMACA CELEDONIO, Joselyne Marlene**

Cerro de Pasco, 2018

DEDICATORIA

A Dios, por darme la vida, y abundar en gracia para conmigo, mis familiares que son la bendición de Dios para mi vida, por su apoyo y su fortaleza en cada momento.

AGRADECIMIENTO

Gracias a **Dios**, por su Gracia y amor incondicional, que siempre ha sido guiador de mi camino, y por sus múltiples bendiciones puedo salir adelante.

A mis padres, María Celedonio Arrieta y Raúl Carhuamaca Punto, que siempre me han dado su apoyo incondicional y a quienes debo este triunfo profesional, por todo su trabajo y dedicación para darme una formación académica y sobre todo humildad. De ellos es este triunfo y para ellos es todo mi agradecimiento.

Para mis hermanos, que han sido un gran apoyo e impulso para poder desarrollarme en todas las áreas de mi vida, a ellos por su gran apoyo.

A la UNDAC, la máxima casa de estudios, y la Empresa AUREX S.A. que me permitieron desarrollar este trabajo de tesis y adquirir mucha experiencia profesional. A todos mis amigos, amigas y todas aquellas personas que han sido importantes para mí durante todo este tiempo. A todos los ingenieros que aportaron a mi formación. Para quienes me enseñaron más que el saber científico, a quienes me enseñaron a ser lo que no se aprende en salón de clase y a compartir el conocimiento con los demás.

El Autor.

ÍNDICE

| | |
|----------------------|-----|
| CARÁTULA | i |
| DEDICATORIA | ii |
| AGRADECIMIENTOS..... | iii |
| RESUMEN..... | x |
| INTRODUCCIÓN..... | xii |

CAPÍTULO I: PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

| | |
|---|----|
| 1.1. DETERMINACIÓN DEL PROBLEMA..... | 01 |
| 1.2. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA | 04 |
| 1.2.1. Problema General..... | 04 |
| 1.2.2. Problema Específicos | 04 |
| 1.3. OBJETIVOS | 05 |
| 1.3.1. Objetivo General..... | 05 |
| 1.3.2. Objetivos Específicos..... | 05 |
| 1.4. JUSTIFICACIÓN DEL PROBLEMA..... | 05 |
| 1.5. IMPORTANCIA Y ALCANCES DE LA INVESTIGACIÓN | 06 |
| 1.6. LIMITACIONES | 07 |

CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO

| | |
|-------------------------|----|
| 2.1. ANTECEDENTES | 08 |
|-------------------------|----|

| | |
|---|----|
| 2.2. BASES TEÓRICO - CIENTÍFICOS..... | 12 |
| 2.2.1. Tipos de residuos mineros: | 12 |
| 2.2.2. Relaves en Pasta | 17 |
| 2.2.3. Contaminación Ambiental | 22 |
| 2.2.4. Impacto Ambiental | 22 |
| 2.2.5. Impactos de la Minería en el Medio Natural | 23 |
| 2.2.6. La Generación de Relaves en la Minería Peruana | 28 |
| 2.2.4. Los Relaves en el Perú | 33 |
| 2.3. MARCO NORMATIVO | 38 |
| 2.4. DEFINICIÓN DE TÉRMINOS | 41 |
| 2.5. HIPÓTESIS: Genéricos y Específicos | 45 |
| 2.6. IDENTIFICACIÓN DE VARIABLES | 45 |
| 2.6.1. Variables Independientes | 45 |
| 2.6.2. Variables Dependientes..... | 45 |
| 2.6.1. Variables Intervinientes | 45 |

CAPÍTULO III: METODOLOGÍA

| | |
|--|----|
| 3.1. TIPO DE INVESTIGACIÓN | 46 |
| 3.1.1. Tipo y Método de Investigación..... | 39 |
| 3.2. DISEÑO DE INVESTIGACIÓN | 47 |
| 3.3. POBLACIÓN Y MUESTRA DE ESTUDIO..... | 47 |

| | |
|--|----|
| 3.3.1. Población..... | 47 |
| 3.1.2. Muestra..... | 47 |
| 3.4. MÉTODO DE INVESTIGACIÓN | 48 |
| 3.5. TÉCNICAS E INSTRUMENTOS DE RECOLECCIÓN DE DATOS.. | 50 |
| 3.5.1. Instrumentos de Recolección de Datos | 50 |
| 3.5.2. Técnicas de Recolección de Datos..... | 50 |
| 3.6. TÉCNICAS DE PROCESAMIENTO Y ANÁLISIS DE DATOS | 51 |
| 3.6.1. Técnicas de Procesamientos de Datos..... | 51 |
| 3.6.2. Técnicas de Análisis de Datos..... | 51 |
| 3.7. TRATAMIENTO ESTADÍSTICO DE DATOS | 52 |
| CAPÍTULO IV: RESULTADOS Y DISCUSIÓN | |
| 4.1. TRATAMIENTO ESTADÍSTICO E INTERPRETACIÓN DE DATOS..... | 53 |
| 4.2. PRESENTACIÓN DE RESULTADOS, TABLAS, GRÁFICOS, FIGURAS, ETC..... | 61 |
| 4.3. PRUEBA DE HIPÓTESIS..... | 81 |
| 4.3. DISCUSIÓN DE RESULTADOS | 84 |
| CONCLUSIONES | |
| RECOMENDACIONES | |
| BIBLIOGRAFÍA | |

ANEXOS

ANEXO 1: PANEL FOTOGRÁFICO

ANEXO 2: RESOLUCIONES DE APROBACIÓN DE INSTRUMENTOS
DE GESTIÓN AMBIENTAL DE LA EMPRESA AUREX
S.A

ANEXO 3: MATRIZ DE CONSISTENCIA

LISTA DE TABLAS:

| | |
|---|----|
| Cuadro 01: Disposición de Relaves | 15 |
| Cuadro 02: Etapas del proceso de la actividad minera | 30 |
| Cuadro 03: Impactos Ambientales derivados de Residuos Mineros..... | 37 |
| Cuadro 04: Coordenadas de la Relavera Manavale y 2007 | 49 |
| Cuadro 05: Coordenadas UTM del Centro de la Planta | 55 |
| Cuadro 06: Acceso desde Lima a la Planta de Beneficio..... | 56 |
| Cuadro 07: Ubicación con Coordenadas de la Relavera Manavale 200760 | |
| Cuadro 08: Contenido de Humedad en los relaves en Pasta..... | 68 |
| Cuadro 09: Contenido de Agua y Sólidos en los Relaves | 73 |

LISTA DE GRÁFICOS:

| | |
|-------------------------------------|----|
| Gráfico 01: Tipos de Relaves..... | 17 |
| Gráfico 02: Emisiones Sólidas | 23 |
| Gráfico 03: Aerosoles Tóxicos | 24 |

| | |
|--|----|
| Gráfico 04: Modificación del Relieve | 25 |
| Gráfico 05: Drenaje Acido de Mina | 28 |
| Gráfico 06: Proceso de AUREX S.A. | 59 |
| Gráfico 07: Lavado de Cono Profundo..... | 64 |
| Gráfico 08: Recuperación de áreas | 65 |
| Gráfico 09: Diámetro de las partículas del relave en pasta | 67 |
| Gráfico 10: Relave en Pulpa vs Relave en Pasta..... | 69 |
| Gráfico 11: Unión de Partículas en los relaves en Pasta | 70 |
| Gráfico 12: Contenido de Humedad en la disposición de relaves | 71 |
| Gráfico 13: Contenido de Sólidos en los Relaves | 73 |
| Gráfico 14: Contenido de agua en los relaves | 74 |
| Gráfico 15: Disposición de Relaves con muro de contención..... | 76 |
| Gráfico 16: Disposición de Relaves en la Relavera Manavale | 78 |
| Gráfico 17: Disposición de Relaves en la Relavera 2007 Recrecimiento | |
| Lado este | 80 |
| Gráfico 18: Presentación de Resultados..... | 82 |
| Gráfico 19: Procedimiento del Ensayo de Abatimiento | 92 |
| Gráfico 20: Muestra de calidad de Pasta | 92 |
| Gráfico 21: Muestra de Comportamiento de Pasta | 93 |
| Gráfico 22: Ensayo de Canaleta de la Pasta..... | 93 |

| | |
|---|----|
| Gráfico 23: Plano de la Planta de Beneficio | 94 |
| Gráfico 24: Presa de Relaves Manavale junto a la Relavera 2007..... | 95 |
| Gráfico 25: Relavera 2007, lado este, disposición con relaves en pasta .. | 95 |
| Gráfico 26: Espesador de Cono Profundo, Aurex S.A..... | 96 |
| Gráfico 27: Extracción de Relaves Coloniales para su reaprovechamiento | 96 |
| Gráfico 28: Laboratorio químico Aurex S.A..... | 97 |
| Gráfico 29: Área de Circulación de la Solución Rica Aurex S.A. | 97 |

RESUMEN

Este trabajo de tesis ha analizado la tecnología de la empresa AUREX S.A. ubicado en la comunidad de Yurajhuanca, Distrito de Simón Bolívar, Pasco, el cual frente a su necesidad de mejorar su tecnología en sus procesos productivos de reaprovechamiento de relaves coloniales y seguir trabajando de forma amigable con el medio ambiente, especialmente en lo referente al manejo de sus desechos de producción implementó una alternativa tecnológica para el manejo de sus relaves provenientes de su Planta Concentradora, el Espesador de Cono Profundo de la empresa Aurex S.A.

El objetivo principal de la tesis es determinar la Influencia de los Relaves en Pasta de la Empresa Aurex S.A. en la reducción de impactos negativos al aire, agua y suelo en la Comunidad de Yurajhuanca, para este trabajo se han tomado en comparación la disposición de dos relaveras, los cuales son: la relavera 2007, la cual ha sido dispuesta con relaves en pulpa, disposición empleada antes de considerar el Espesador de Cono Profundo; y la Relavera Manavale, la cual está siendo dispuesta con los relaves en Pasta, también es necesario considerar que el lado este de la Relavera 2007, después de ser cerrada, se realizó un recrecimiento con los relaves en pasta. Para lograr el desarrollo y la producción de la presente ha sido necesaria tomar en cuenta los instrumentos de gestión

ambiental que han sido presentados y aprobados por la Dirección Regional de Energía y Minas, Pasco.

La tesis está compuesta por cuatro capítulos e incluye previamente un resumen y una introducción; el tema central, el cual sirvió como pilar para el desarrollo y diseño de la Tesis, es el análisis de las relaveras 2007 y Manavale; el mismo que se muestra a grandes rasgos en el Capítulo IV, y finalmente las principales conclusiones y recomendaciones de la investigación realizada.

Asimismo este trabajo de investigación contribuirá a tomar en cuenta la tecnología disponible con la que se reduce los impactos negativos a los componentes del medio ambiente, en el caso de la contaminación por polución al aire, la disminución de uso de agua que lleva consigo a reducir la contaminación al agua, y además el menor uso de terreno el cual reduce la contaminación a los suelos; es importante considerar que la empresa Aurex S.A. está considerada como Pequeño Productor Minero, y trabaja de forma responsable con el medio ambiente, por lo que considerando la mediana y gran minería, este tipo de tecnologías serían una buena opción a ser consideradas para la disposición de los desechos mineros en Pasco y el Perú, de esa forma se estaría contribuyendo a la mejora de la calidad del medio.

INTRODUCCIÓN

Los relaves son desechos que resultan del procesamiento de minerales, que tiene un contenido muy bajo de metales y que, por lo tanto, no tiene un valor comercial para su propietario. Estos residuos se generan luego de que un mineral es tratado en una planta de tratamiento, donde tras diversos procesos, se obtiene un producto de valor comercial llamado concentrado, que puede tener unas 30 veces más concentradas las especies metálicas respecto del mineral procesado, en cambio, en el relave dichas cantidades son insignificantes.

Tanto el concentrado como el relave, físicamente salen del proceso de concentración de minerales en la forma de una pulpa sólido-líquida, pero en adelante siguen caminos diferentes, porque mientras el concentrado, después de pasar por las etapas de secado y filtrado, puede ser fundido para la recuperación de los metales, el relave pasa a ser almacenado en grandes presas o depósitos que están expuestos al medio ambiente.

Los depósitos de relave se han convertido en un factor limitante para las minas. En algunas partes del mundo, y en particular en nuestro país, autorizar una expansión, menos aún un nuevo depósito, es un tema complejo, que trae consigo una serie de impactos negativos al aire, agua y suelo, existen serias repercusiones medioambientales en cuanto a los depósitos de relaves mineros, ya sea ocasionado por acción del viento al

ser estas dejadas sin control por mucho tiempo, o las altas escorrentías por la acción erosiva del agua, mencionado también el uso de grandes hectáreas de terrenos para la construcción de las presas de relaves.

La recuperación de terrenos que son depósitos de relaves, la contaminación por la polución que se tiene de las relaveras secas, las altas infiltraciones y pérdidas de grandes cantidades de agua en los procesos de producción mineros, han sido impulsores para la mejora tecnológica en la industria minera, una de estas tecnologías considerada como una de las mejores y más económicas soluciones para los problemas medioambientales, es el uso de los relaves en pasta o relaves espesados, muchas empresas mineras descubren que pueden apilar material en espacios más pequeños y salvaguardar la operación de problemas asociados a la escorrentía, la estabilidad y la erosión por acción del viento.

La empresa Aurex S.A. considerada dentro del rango de pequeño productor minero, con una producción de 350 TMD/día, adoptó la tecnología de los relaves en pasta, mediante el uso del Espesador de cono profundo, para poder reducir considerablemente los impactos al medio ambiente, por lo que la forma de disposición de sus desechos mineros cambió, para poder trabajar de forma amigable con el medio ambiente.

Este trabajo de tesis se basa en el análisis de las formas de disposición de los desechos mineros que la empresa Aurex S.A. adoptó en su momento, para poder así determinar la influencia que tiene los relaves en pasta en la reducción de los impactos negativos al aire, agua y suelo en la comunidad de Yurajhuanca.

CAPÍTULO I

I. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA:

1.1. Determinación del Problema:

AUREX S.A. Se instala el año 1994 con la finalidad de tratar los relaves coloniales con contenidos de Ag (plata), Au (oro), Hg (mercurio), Fe (fierro) los que eran tratados con una tecnología convencional, obteniendo gran cantidad de relaves con altas soluciones cianuradas, los cuales tenían serias repercusiones medioambientales y de seguridad ocasionadas por la alta escorrentía, la desestabilidad de las relaveras por la alta humedad, y la necesidad de invertir en nuevos depósitos en tiempos muy cortos, los problemas operativos de la planta son influenciados por la

cantidad de humedad en los relaves y las lluvias que dificultan la recuperación de las soluciones, para contrarrestar estos problemas se plantea la implementación de un espesador de cono profundo, el cual separa los sólidos de los líquidos en un porcentaje mayor, obteniendo un relave en pasta.

AUREX S.A. inicia sus labores con el método de electro deposición en pulpa, actualmente se trabaja por el método de lixiviación cianuración agitación y decantación en contracorriente y recuperando los valores por el proceso de Merry Crow. Durante estos años ha venido optimizando el tratamiento de los relaves coloniales de Ag (plata) y Au (oro) logrando obtener buenos resultados metalúrgicos y bajando sus costos de operación por el método de lixiviación, y con la implementación del espesador de cono profundo se logró aumentar la recuperación de los metales preciosos en un 8% logrando obtener a la fecha una recuperación del 57,8%. La planta actualmente tiene una capacidad de 350 TMD/día. Aurex S.A. es la única empresa del país que trata minerales coloniales de plata por el método de lixiviación.

El crecimiento de las diversas industrias mineras, han ocasionado que se incrementen nuevos depósitos de desechos mineros (relaves). Al respecto **DAVILA ORDOÑEZ, Nilo Rubén** (2014) en la Tesis “Estudio de los Parámetros de Operación del Espesador de

Pasta para la Disposición de Relaves en la UM Cerro Lindo Milpo”, menciona que los relaves son transportados utilizando diversas formas hasta los lugares donde son vertidos; originalmente se hacían en riachuelos, ríos, lagos y océanos generando un gran impacto ambiental, no obstante, se sostiene que los relaves son depositados en áreas adyacentes a la unidad minera debidamente acondicionadas, conocidas como canchas de relave, aunque la fisiografía (Geografía física) de algunas zonas del territorio andino peruano no siempre resulta apropiada para estos efectos.

El argumento más fuerte de los detractores de la minería es que los campos son devastados por las operaciones mineras. Además, cuando los minerales son lavados, el agua que ha sido utilizada envenena las corrientes de agua y destruye los peces o los ahuyenta. Así como se ha dicho, es claro para todos que hay un gran detrimento de la minería que supera el valor de los metales producidos por la mina, según la **Guía para el manejo de relaves minero metálica en el Perú (Ministerio de Energía y Minas Volumen VII)**.

Los relaves presentan riesgos para el ambiente y la población, entre los riesgos se puede mencionar: riesgo sísmico, hidrológico, por generación de polvo, por contaminación de suelo y riesgo de conflicto por uso de agua. **Según el artículo denominado “El**

Dorado o Caja de Pandora: matices para pensar la minería en Ecuador” de Teodoro Bustamante, Rommel Lara Ponce.

Siendo conscientes de la contaminación que se vive a causa de las canchas de relave (relaveras) en Cerro de Pasco, se desarrolla la siguiente tesis enfocada en la evaluación de la influencia de los relaves en pasta en la reducción de los impactos negativos al aire, agua y suelo, de la empresa Aurex S.A.

1.2. Formulación del Problema:

1.2.1. Problema General:

¿Influyen los relaves en pasta de la empresa Aurex S.A. en la reducción de impactos negativos al aire, agua y suelo en la Comunidad de Yurajhuanca?

1.2.2. Problemas Específicos:

- a. ¿De qué manera reduce la contaminación al aire por polución?
- b. ¿De qué manera reduce la contaminación al agua?
- c. ¿De qué manera se incrementa el tiempo de vida de las relaveras?

1.3. Objetivos:

1.3.1. Objetivo General:

Determinar la influencia de los relaves en pasta de la empresa Aurex S.A. en la reducción de impactos negativos al aire, agua y suelo en la comunidad de Yurajhuanca.

1.3.2. Objetivos Específicos:

- a. Determinar la reducción de contaminación al aire por polución.
- b. Determinar la disminución de cantidad de agua en las relaveras.
- c. Determinar el incremento de tiempo de vida de las relaveras.

1.4. Justificación del Problema:

Este trabajo de Investigación se origina como efecto del problema de contaminación que se tiene por las relaveras convencionales sin el uso de tecnologías, que produce graves impactos al medio ambiente como son el agua, aire y suelo. Los depósitos de relave se han convertido en un factor limitante para las minas, la recuperación de agua y el ahorro de uso de suelos en la construcción de las relaveras y la polución en las relaveras son los impulsores detrás de los relaves en pasta, provenientes del espesador de cono profundo.

El estudio planteado permite establecer, entre otros aspectos, la influencia de los relaves en pasta de la Empresa Aurex S.A. en la reducción de impactos al aire, agua y suelo, por consiguiente, la disminución de sus efectos en el medio ambiente y repercusión a la Comunidad de Yurajhuanca.

1.5. Importancia y Alcances de la Investigación:

- La correcta disposición de los desechos mineros generados por el beneficio de minerales, especialmente cuando se tratan de pulpas que contienen mineral finamente molido, es de preocupación de las empresas mineras, que hacen necesario que estas dediquen sus esfuerzos para establecer las mejores tecnologías con este fin.
- Las exigencias ambientales de parte del estado aunado a las demandas sociales ambientales hacen que las empresas minero metalúrgico, se preocupen de resolver sus problemas relacionados con la disposición adecuada de sus residuos mineros.
- La obtención de resultados servirá de información como propuesta para el uso de mejoras tecnológicas en cuanto a desechos mineros (relaves) en las diferentes empresas mineras, así mismo como fuente de información para el interés de los investigadores. Siendo el desarrollo del presente trabajo importante porque contribuirá a

contrastar la realidad con otras empresas que tienen diferentes tecnologías para disposición de sus relaves.

1.6. Limitaciones:

- La disponibilidad de recursos para una investigación en laboratorio con parámetros a tiempo real.
- La información que se tiene con respecto a los relaves en pasta en el Perú.
- Los antecedentes que se tiene con respecto a investigación de relaves en pasta en el Perú.

CAPÍTULO II

II. MARCO TEÓRICO

2.1. Antecedentes:

En las conferencias de los jueves mineros promovidos ministerio de energía y minas el **Ing. José Luis Lara de Golder Associates (Octubre- 2013)**, realizó un análisis sobre la experiencia operacional de los relaves en pasta y los beneficios que trae al ambiente, considerándose como conclusión y después de una comparación con los distintas formas de disponer los desechos mineros (relaves), teniéndose como resultados: una menor

disponibilidad de agua en el área del proyecto, menor disponibilidad de áreas para uso como depósito de relaves, son tecnologías de menor impacto al medioambiente (el manejo de agua en el depósito de relaves es reducido).

Ricardo Valdebenito V. de SNC-LAVALIN (2011), en su artículo sobre aspectos relevantes, para la aplicación de la tecnología de pasta menciona, las distintas evaluaciones sobre los relaves en pasta en las plantas Collahuasi, Planta Delta, dieron como resultado la mayor recuperación de agua con respecto a depósitos convencionales, resistencia a la licuación, resistencia a la erosión, disminución de las infiltraciones, reducción en la contaminación del suelo, eliminación de las emisiones de polvo, fácil reforestación y prevención del drenaje ácido.

En la Tesis de DENIS OMAR ALMERCÓ PALOMINO 2014, sobre construcción de dique con tratamiento del relave, en mina Catalina Huanca – región Ayacucho menciona, que hasta hace algunas décadas era común en el Perú y en otros países de tradición minera, deshacerse, por ejemplo, de los relaves derivados de las operaciones minero-metalúrgicas, arrojándolos en lechos de ríos, lagunas, quebradas, valles o al mar y cuando en las cercanías de alguna faenas mineras no se disponía de estos sectores naturales tan "convenientes", los empresarios mineros solían

acumular los relaves en áreas de contención, que amurallaban con terraplenes levantados con los mismos relaves y una vez que se agotaba el yacimiento, estos depósitos quedaban abandonados.

En el estudio realizado a los relaves espesados en la Planta San Jerónimo Unidad Minera Catalina Huanca- Ayacucho, se determinó que con esa concentración de sólidos el relave no se segrega, el depósito se hace homogéneo. La pulpa escurre como un todo, sin segregación del depósito de relaves espesados material por tamaño. Se pueden disponer en pendiente y permiten minimizar o eliminar el requerimiento de muros de confinamiento y de lagunas de decantación. En el contorno del depósito se puede construir una obra para contención y recirculación de agua. Los relaves son dispuestos con una concentración de sólidos sobre 50 % en peso.

En **el Artículo publicado en la revista Seguridad Minera n° 96**, nos registra que Existe en uso la tecnología que permite depositar los “relaves secos” con la máxima recuperación de agua y en armonía con el medio ambiente, con la mayor seguridad incluyendo la sismo-resistencia de los depósitos de relaves. El agua que consume una operación de planta metalúrgica es el agua que no es recuperada (reciclada) adecuadamente y se envía a las relaveras innecesariamente.

En el artículo publicado por SERGIO LI LIN, 2013, acerca de la actividad minera en el Perú, menciona, la actividad minera en el Perú es de trascendental importancia, básicamente porque la economía del país tiene alta dependencia en ella. Sin embargo, como cualquier actividad productiva, influye en alguna medida con alteraciones al medio ambiente. Un efecto ambiental importante de esta actividad económica, es la gran generación de desechos, constituidos por los relaves de procesamiento de minerales, que además de ocupar grandes espacios geográficos, presentan el riesgo potencial de generación de ácido. El ácido que se pueda generar, ingresa en un ciclo de disolución de elementos químicos que significarían la contaminación de efluentes acuosos especialmente, comprobándose que las aguas acidas generan contaminación a los suelos y aguas.

2.2. Bases Teórico- Científico:

2.2.1. Tipos de residuos mineros: Hay diferentes y variados procesos para la extracción de mineral, comúnmente empleados en la industria minera. Pero solamente se tratara con los residuos sólidos y líquidos generados por la concentración y cianuración. La concentración no es practicada en cada mina y el lector debe tener en cuenta que los relaves, estarán asociados únicamente con aquellas minas que la efectúan. Está específicamente orientada a los relaves derivados de la extracción de metales preciosos (oro, plata) y metales básicos (cobre y plomo/zinc o Cu y Pb/Zn), ya que estos minerales son los que dominan la industria minera peruana en el futuro previsible.

a) Origen y producción de relaves de concentradoras:

El proceso de concentración comienza con el chancado del mineral proveniente de la mina hasta tamaños de partículas generalmente en el rango de centímetros o milímetros. El mineral chancado es luego reducido a tamaños menores a un milímetro, en grandes tambores rotatorios clasificados como molinos de bolas, molinos de varillas y molinos semiautógenos. Se agrega agua al mineral molido y el material permanece en forma de

lodo (pulpa) a través del resto del proceso de extracción.¹

b) Material de relave:

Los relaves son desechos tóxicos subproductos de procesos mineros y concentración de minerales, usualmente una mezcla de tierra, minerales de agua y rocas; el relave contiene altas concentraciones de químicos y elementos que alteran el medio ambiente, por lo que deben ser transportados y almacenados en relaveras para posteriormente tratarlo y reutilizarlo. Los relaves son descargas en capas delgadas que se dejan secar bajo el calor de los climas calientes y secos, resultan con un alto de sobre consolidación y/o presión de poros negativa (succión capilar). Mejorando por lo tanto las características físicas en comparación con los lodos depositados convencionalmente.

c) Disposición de Relaves:

La disposición de relaves mineros a lo largo de los años ha sido en forma de pulpa, que han sido puestas en grandes extensiones destinadas para tal propósito, las cuales requieren de grandes inversiones asociadas a infraestructura y obras de ingeniería, y además en la mayoría de casos representan un alto costo operativo. Sin embargo, la tecnología de relaves en pasta y espesados no sólo generó el interés de la industria minera en el

¹ Guía Ambiental para el Manejo de Relaves Mineros, Lima Perú 2015

campo de la disposición superficial desde el punto de vista económico (costos de inversión y de operación) sino también desde el aspecto ambiental y geotécnico. La aplicación de sistemas con funciones duales de disposición en superficie y en subterráneo se convierte en una alternativa a considerar para la gestión de residuos mineros, encontrándose ventajas adicionales de esta aplicación si es que los desechos son potencialmente generadores de ácido.²

La Guía Para el Manejo de Relaves Mineros sostiene que el chancado y la molienda de minerales generan un volumen de relaves que es aproximadamente dos tercios más grande que el volumen original del mineral "in situ", es por ello que su disposición, procurando que sea económicamente factible, así como física y químicamente estable, es tal vez el mayor problema ambiental asociado con el desarrollo minero.

Históricamente, la disposición de los relaves se hacían en riachuelos, ríos o lagos; sin embargo se vienen presentando alternativas distintas para la disposición de este material, debido, entre otros factores, a la creciente preocupación por la aparición del "drenaje ácido de roca" ARD (Acid Rock Drainage) que se originan en la actividad minera, especialmente en etapas de cierre y/o abandono -cuando no se han tomado las precauciones para

² Alexander Escobar Arocutipa, Estudio de Recuperación de Agua de Relaves Empleando la Tecnología de Espesamiento en las Empresas Peruanas de la Región Tacna, Tacna- Perú 2014

evitar su producción; hecho que genera contaminación del agua y las tierras que lo reciben.

Entre los métodos alternativos de disposición se encuentran el relleno subterráneo y la disposición submarina, así como la disposición de relaves deshidratados. El cuadro siguiente permite visualizar la disposición alternativa de los relaves mineros, sin considerar aquellos que aún son depositados, como se mencionó anteriormente, en ríos, lagos o riachuelos y que siguen funcionando, Depósitos Alternativos de Relaves:³

CUADRO 01: Disposición de Relaves

| N | Depósito | | Definición |
|---|----------------------|----------------------|---|
| 1 | Depósito superficial | Disposición sub área | Los relaves son descargas en capas delgadas que se dejan secar bajo el calor de los climas calientes y secos, resultan con un alto de sobre consolidación y/o presión de poros negativa (succión capilar). Mejorando por lo tanto las características físicas en comparación con los lodos depositados convencionalmente. |
| | | Descarga espesada | Se basa en la eliminación de mayor cantidad de agua de los lodos de relaves mediante espesamiento en la concentradora hasta por lo menos 50-60% de sólidos (% peso). Se requiere un lugar amplio y plano para utilizar la deposición mediante descarga espesada. |

³ Estudio de los Parámetros de Operación del Espesador de Pasta para la Disposición de Relaves en la UM Cerro Lindo Milpo, Huancayo- Perú, julio 2014- Davila Ordoñez.

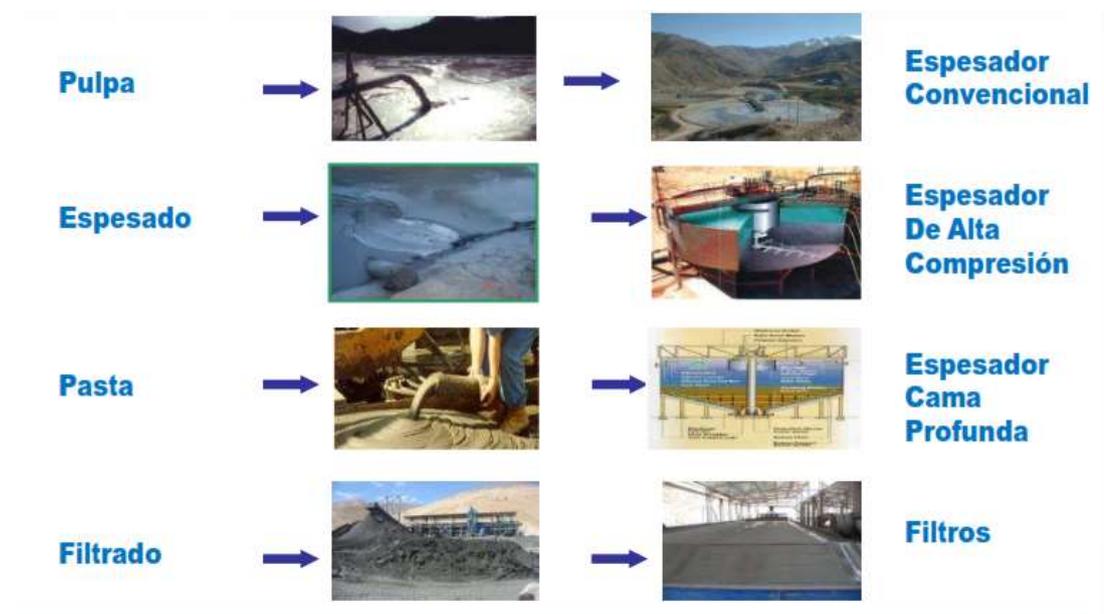
| | | | |
|---|-----------------------------------|------------------------|--|
| | | Relave Deshidratado | Es posible eliminar agua de la pulpa de relaves en la concentradora utilizando equipos tales como: filtros de vacío, de presión, filtros de tambor, filtros de faja y/o centrifuga. Debido a que los relaves aún contienen humedad significativa la terminología de relaves secos que algunas veces se aplica el método no es estrictamente correcta, el método ofrece ventajas únicas para las minas ubicadas en los valles estrechos y montañosas. |
| 2 | Relleno Subterráneo | | El relleno subterráneo, como se denomina a este procedimiento, es parte esencial de algunas operaciones subterráneas de extracción de mineral como el procedimiento de corte relleno y puede también ser utilizado para incrementar la recuperación y extracción de mineral mediante el remplazo de los pilares de sostenimiento en las operaciones subterráneas del tipo de cámaras y pilares. |
| 3 | Disposición Submarina de relaves | | Se refiere a la descarga de relaves al océano a través de un punto de descarga debidamente diseñado a una profundidad y ubicación seleccionadas para minimizar los impactos ambientales, tales como turbidez y su efecto sobre los peces. |
| 4 | Métodos combinados de disposición | | Con la finalidad de mejorar la disposición de los relaves existen minas que han diseñado más de un método en el Perú |

Fuente: UNCP – Huancayo

d) Tipos de relaves:

- ✓ Relaves filtrados
- ✓ Relaves espesados
- ✓ Relaves en pulpa
- ✓ Relaves en pasta

GRÁFICO 01: Tipos de Relaves



Fuente: José Luis Lara, Experiencias de Operación de Depósitos de Relaves Espesados y Filtrados, Golder Associates, 2013.

Solo definiremos los relaves en Pasta, ya que son a los que el estudio se abarca:

2.2.2. Relaves en Pasta:

a. Función: Los relaves en pasta, a los cuales se les remueven gran parte del agua, mediante el uso de espesadores para

obtener una concentración de sólidos con valores superiores al 50%.

- ✓ Con esa concentración de sólidos el relave no se segrega, el depósito se hace homogéneo.
- ✓ La pulpa escurre como un todo, sin segregación del depósito de relaves espesados material por tamaño.
- ✓ Se pueden disponer en pendiente y permiten minimizar o eliminar el requerimiento de muros de confinamiento y de lagunas de decantación.
- ✓ En el contorno del depósito se puede construir una obra para contención y recirculación de agua.
- ✓ Los relaves son dispuestos con una concentración de sólidos sobre 50 % en peso. En el punto de descarga se forma un cono de material con pendiente que depende del % de sólidos (de 2 a 6 % para concentraciones de 50 - 65 %).
- ✓ Con el desplazamiento del punto de descarga se obtiene un depósito de baja altura, por lo que es apropiado para disponer relaves en extensiones relativamente planas.
- ✓ El agua remanente se seca por evaporación y se alcanza el límite de contracción, lo que representa un estado geotécnico denso, no licuable y sísmicamente estable.⁴

⁴ Denis Omar, Almerco Palomino, Construcción de Dique con Tratamiento del Relave, en Mina Catalina Huanca- Región Ayacucho, Lima- Perú 2014

b. Historia: El método de relaves espesado fue desarrollado por Eli I. Robinsky en 1975, PhD en ingeniería Civil de la universidad de Toronto, profesor de esa institución por más de tres décadas, según él: Espesando el relave podría crear una pulpa que no se segrega, y una playa de mayor pendiente, y el resultado es la eliminación, o la disminución significativa del tamaño o volumen de muro de contención. El uso de relaves espesados resultaría a una revisión total del perfil de riesgo del depósito, y podría dar a reducción significativa del costo de proyecto y el consumo de agua.

El sistema de relleno de pasta fue por primera vez adoptado por Kidd Creek, mina de cobre/zinc de propiedad de Falconbridge Ltd. Ubicada en Timmins, Ontario. En principio de manera experimental, evolucionando con el tiempo de manera exitosa pues está operando desde 1973 hasta ahora. Nacida como una solución para dar respuesta a los altos estándares medioambientales que este país establece para la actividad minera. La pasta es una tecnología emergente para relleno y disposición de relaves en la industria minera, actualmente varias aplicaciones de la pasta están siendo desarrolladas en USA.⁵

c. ¿Qué son los relaves en Pasta?: La pasta corresponde a residuos que se descartan del proceso de flotación, a los que se les extrae el agua en forma profunda hasta alcanzar la consistencia, de una

⁵ Alexander Escobar Arocutipa, Estudio de Recuperación de agua de Relaves Empleando la Tecnología de Espesamiento en las Empresas Peruanas de la Región Tacna, Tacna- Perú 2014

pasta, similar a la de la pasta dental. El bajo contenido de agua (10 a 25%), hace que esta mezcla tenga una consistencia muy espesa. La variabilidad de tamaños y la ausencia de agua libre evitan que las partículas se segreguen y sedimenten cuando la mezcla este en reposo, sin agitación o sin movimiento dentro de las tuberías. La consistencia alcanzada permite que una pasta permanezca estable aun cuando este varias horas sin moverse. La pasta puede formarse a partir de la mayoría de las pulpas que se generan en las plantas de concentración.

La pasta reduce significativamente la necesidad de diseñar y construir grandes presas; los riesgos de falla asociados a los tanques convencionales; los riesgos de generación de aguas acidas y lixiviación de metales; las pérdidas de agua por infiltración y evaporización; la superficie de suelo para disponer los relaves, con lo que se optimiza el uso del suelo, además evita la emisión de material particulado. Por otro lado, la pasta incrementa significativamente la recuperación de aguas desde los procesos de concentración de minerales; la aceptación de la comunidad; y otorga la posibilidad de depositarla junto a otros residuos mineros (lastre).

La tecnología en pasta también es atractiva para utilizarla como relleno en labores mineras subterráneas con el objetivo de fortificar

zonas que son inestables y también para aprovechar el espacio dejado por la explotación en minas subterráneas.⁶

d. Depósito de relaves en pasta: En el pasado, los depósitos de relaves han sido diseñados como si fueran obras de embalse de agua, probablemente debido a que muchos diseñadores tienen gran experiencia en ese tipo de obras.

- ✓ La pasta corresponde a una mezcla de agua con sólidos de alta densidad, que contienen abundante partículas finas.
- ✓ La pasta acepta una gran variabilidad de componentes como cuarzo, feldespato, arcillas, micas y sales.
- ✓ El bajo contenido de agua (10 a 25%), hacen que esta mezcla tenga una consistencia espesa.
- ✓ Reducción significativa del manejo del volumen de agua clara en relación a las instalaciones de un tranque convencional y depósito de relaves en pasta el correspondiente uso en la eficiencia del uso del agua.
- ✓ Menores requerimientos de superficie de suelo para disponer el relave.
- ✓ Reducción de los riesgos de generación de aguas ácidas y lixiviación de metales.⁷

⁶ Paloma Gómez Paredes, Evaluación Pruebas De Espesamiento De Relaves En Planta Piloto, Pontificia Universidad Católica De Valparaíso, Chile 2012

⁷ Denis Omar, Almerco Palomino, Construcción de Dique con Tratamiento del Relave, en Mina Catalina Huanca- Región Ayacucho, Lima- Perú 2014.

2.2.3. Contaminación Ambiental:

Según el Reglamento Ambiental de Minería Artículo 2º

Contaminación Ambiental es la acción que resulta de la introducción por el hombre, directa o indirectamente en el medio ambiente, de contaminantes, que tanto por concentración, al superar los niveles máximos permisibles establecidos, como tiempo de permanencia, hagan que el medio receptor adquiera características diferentes a las originales, perjudiciales o nocivas a la naturaleza, a la salud y a la propiedad.

2.2.4. Impacto Ambiental:

Según el reglamento de la Ley del Sistema Nacional de Evaluación de Impacto Ambiental (SEIA), es la Alteración positiva o negativa de uno o más de los componentes del ambiente, provocada por la acción de un proyecto.

Artículo 34.- Impactos sociales en el ámbito del Sistema Nacional de Evaluación de Impacto Ambiental (SEIA)

Entiéndase que toda referencia al impacto ambiental en el marco del Sistema Nacional de Evaluación de Impacto Ambiental (SEIA) comprende los impactos sociales que estuvieran relacionados, respecto de los cuales se deben considerar las medidas necesarias de acuerdo a cada proyecto de inversión, de modo que se asegure una gestión social adecuada, la transparencia de los procesos, la prevención de conflictos, así como la prevención,

control, mitigación y eventual compensación e indemnización por los impactos sociales que se pudieran generar.

2.2.5. Impactos de la Minería en el Medio Natural:

a) Atmósfera:

- ✓ **Emisiones Sólidas:** El polvo emitido tiene su origen en las propias actividades extractivas, durante la voladura y arranque de material, o durante los procesos de carga y transporte, o en relación a procesos metalúrgicos. Además puede haber una importante remoción eólica de material fino en escombreras y relaveras abandonadas.

GRÁFICO 02: Emisiones Sólidas



Fuente: Javier Lillo, Impactos de la Minería en el Medio Natural, Grupo de Estudios en Minería y Medioambiente.

- ✓ **Gases:** Los gases emitidos tienen su origen en la emisión de combustión de la maquinaria, la emisión natural durante el proceso de extracción natural, proceso de extracción mezcla explosiva de mezcla explosiva de metano y aire, la emisión

en voladuras, y la emisión en procesos directamente relacionados con la actividad minera: combustión de carbón pirometalurgia.

- ✓ **Aerosoles:** La formación de aerosoles tóxicos se producen durante la explotación, y sobre todo, durante procesos de hidrometalurgia que implican el riego por aspersión de pilas de mineral con compuestos a menudo de alta toxicidad (sulfúrico para la extracción de algunos elementos, como el cobre; cianuro de sodio para la extracción del oro).

GRÁFICO 03: Aerosoles Tóxicos



Fuente: Javier Lillo, Impactos de la Minería en el Medio Natural, Grupo de Estudios en Minería y Medioambiente.

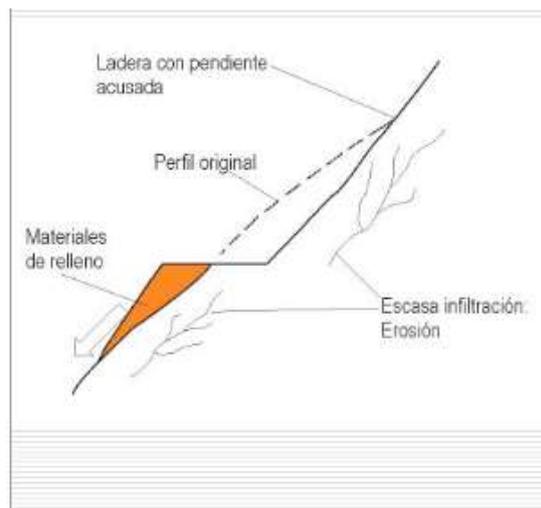
- ✓ **Ruido:** Se genera por voladuras, maquinaria pesada de arranque y transporte, maquinaria de molienda, etc.

- ✓ **Onda aérea:** Se produce por las explosiones de voladuras, y es una onda de presión, que se propaga por el aire atenuándose con la distancia, generando vibraciones.

b) Terreno:

- ✓ **Desertización:** deforestación, erosión, pérdida de suelo fértil, modificación del Relieve, impacto visual, alteración de la dinámica de los procesos de ladera.
- ✓ **Peligros Geotécnicos:** Desestabilización de laderas por sobrecargas y/o excavaciones y alteraciones en el nivel freático.
- ✓ **Subsidencia por huecos:** Subsistencia por presión en el nivel freático.

GRÁFICO 04: Modificación del Relieve



Fuente: Javier Lillo, Impactos de la Minería en el Medio Natural, Grupo de Estudios en Minería y Medioambiente.

- ✓ **Pérdida de propiedades físicas:** Variación en la textura (porosidad, permeabilidad) por procesos de esponjamiento, compactación, deposición de partículas, formación de costras.

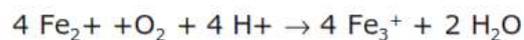
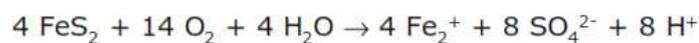
Perdida de la estructura edáfica por compactación, mezcla de horizontes, deposición de partículas, etc.

- ✓ Variación en el régimen hídrico del suelo por alteraciones en el nivel freático, y variaciones textuales y estructurales. Pérdida física de suelo por extracción y arranque, acumulación de vertidos (escombreras y balsas) o construcción de infraestructuras. Por erosión inducida.
- ✓ **Pérdidas de propiedades químicas:** Contaminación por metales pesados (Cu, Pb, Cd, Hg, etc), metaloides (As) e hidrocarburos generada por efluentes líquidos y sólidos. Acidificación por acumulación y oxidación de sulfuros y drenaje ácido. Adición de sales al suelo (sulfatos).

c) Aguas:

- ✓ **Alteración en la Dinámica Fluvial:** Variación del perfil y trazado de la corriente fluvial, variaciones en el nivel de base local, alteración en la dinámica (variaciones en las tasas de erosión/sedimentación) en el perfil (aguas abajo y arriba) por excavaciones, diques y represas. Aumento de la peligrosidad de inundación, incorporación de partículas sólidas en la corriente, aumento de la carga de fondo y en suspensión, incremento en las tasas de sedimentación aguas abajo.
- ✓ **Pérdida de Masas de Agua:** Ocupación de lagos, embalses, bahías, pérdidas de masas glaciares.

- ✓ **Alteraciones en el régimen hidrogeológico:** Variaciones en el nivel freático, variaciones en el régimen de recarga y modificaciones en el flujo subterráneo por efectos barrera, drenajes inducidos, infiltración restringida/favorecida, compactación, modificación del relieve, deforestación.
- ✓ **Contaminación por metales pesados y metaloides (As):** En coloides en suspensión, en especies en disolución: uno de los procesos más relevantes para la movilización de metales desde la fase sólida es el Drenaje Acido de Mina, además de los procesos de metalurgia por lixiviación y cianuración. Se puede producir nuevamente la incorporación de los metales a la fase sólida (sedimentos) por adsorción y/o coprecipitación.
- ✓ **Variación del pH por el drenaje acido de mina:** Se produce por la hidrólisis y oxidación de sulfuros, en especial la pirita:



En condiciones de aridez, se forman sulfatos de hierro (jarosita). Como resultado se obtiene aguas de pH muy bajo (2-3), cargadas en aniones (sobre todo sulfatos), en las que generalmente son

más solubles los metales pesados como Pb, Zn, Cu, As, Cd, etc. (a excepción de Hg).⁸

GRAFICO 05: Drenaje Acido de Mina



Río Tinto (Nerva, España)

Fuente: Javier Lillo, Impactos de la Minería en el Medio Natural, Grupo de Estudios en Minería y Medioambiente.

2.2.6. La Generación de Relaves en la Minería Peruana:

La minería es una actividad extractiva que consiste en la obtención selectiva de minerales y otros materiales obtenidos de la corteza terrestre, la cual, en muchos casos, implica la extracción física de grandes cantidades de materiales de la misma, para recuperar sólo pequeños volúmenes del producto deseado.

Existe una gran variedad de minerales explotados a lo largo del territorio nacional como los metales (Oro, Plata, Cobre, Hierro,

⁸ Javier Lillo, Impactos de la Minería en el Medio Natural, Grupo de Estudios en Minería y Medioambiente

etc.), los minerales industriales (Potasio, Azufre, Cuarzo, etc.), los materiales de construcción (arena, áridos, arcilla, grava, etc.), y combustibles (Carbón, Lignito, Turba, Petróleo y Gas).

Osinergmin ha elaborado un cuadro en el que se aprecian las etapas de este proceso, el cual no siempre es uniforme. Éste no considera como fase final a la de Cierre y/o .Abandono; sin embargo, debido a la magnitud del impacto que origina, se ha incluido esta fase en el cuadro.

En el siguiente cuadro se podrá apreciar la etapa de concentración o beneficio, donde se ejecuta el tratamiento para aumentar la pureza del mineral, para ello y según el tipo de mineral, se utilizan diversos componentes químicos además de utilizar el agua. El resultado de este proceso es por un lado el aislamiento del mineral buscado y por otro el desecho denominado relave.⁹

⁹ Dávila Ordoñez, Nilo Rubén y Paitan Quispe, Alvaro Cirilo, Estudio de los Parámetros de Operación del Espesador de Pasta para la Disposición de Relaves en la UM Cerro Lindo Milpo, Huancayo- Perú, julio 2014.

CUADRO 02: Etapas del proceso de la actividad minera

| N° | Etapas | Observación |
|-----------|---|--|
| 1 | Prospección | Comprende el cateo y la geoprospección en el terreno. |
| 2 | Solicitud de petitorio de área de concesión | Se efectúa en el registro Público de Minería para proseguir con la exploración |
| 3 | Exploración | Luego del cateo y prospección, sigue la exploración que se ejecuta con técnicas más avanzadas |
| 4 | Método de Explotación | Se elige en el estudio técnico- económico elaborado en la etapa de exploración. Puede ser superficial o subterráneo. |
| 5 | Desarrollo y preparación del yacimiento | Se realiza túneles o un desencape y as labores de acceso. |
| 6 | Explotación | Trabajo que se realiza para extraer el mineral del yacimiento. |
| 7 | Concentración o Beneficio | Tratamiento para aumentar la pureza del mineral. |
| 8 | Comercialización de concentrados | El concentrado se vende a las refinerías y fundiciones. |
| 9 | Fundición y Refinería. | El concentrado es elevado a altas temperaturas para eliminar impurezas. Luego se refina por fundiciones sucesivas. |
| 10 | Cierre o abandono | La fase de post clausura que requiere tomar precauciones para evitar la contaminación. |

Fuente: UNCP – Huancayo

Según el trabajo publicado por el Instituto de Estudios Energéticos Mineros denominado Legislación Ambiental en la Minería Peruana, el relave viene a ser el residuo resultante del proceso de concentración de minerales, constituido en un lodo que contiene mineral sedimentado en pequeñas fracciones de rocas inertes e inocuas en grandes volúmenes.

El lodo del relave lo constituye una serie de elementos y/o compuestos químicos resultantes o utilizados en las actividades del proceso minero, como se verá a continuación, los que son señalados también como potenciales contaminantes hídricos:

- ✓ Ácidos
- ✓ Metales en su forma de iones tales como Cobre, Plomo, Zinc, Níquel, Fierro, Arsénico, Cadmio.
- ✓ Cianuro de Sodio (en la minería aurífera).
- ✓ Reactivos químicos: Ácidos (H_2SO_4 , Ácido Sulfúrico).
- ✓ Alcalisis.
- ✓ Espumas y colectores
- ✓ Modificadores, ejemplo: Cianuro de Sodio $NaCN$, Sulfato de Sodio Na_2SO_3 .
- ✓ Floculantes y Coagulantes como sales de Aluminio y Fierro.
- ✓ Compuestos de Nitrógeno, provenientes de las voladuras (dinamitaje).
- ✓ Aceites y Petróleo usado en la lubricación y combustible.

- ✓ Sólidos suspendidos, provenientes del agua de la mina, afluentes, otros.

Los relaves son transportados utilizando diversas formas hasta los lugares donde son vertidos; originalmente se hacían en riachuelos, ríos, lagos y océanos generando un gran impacto ambiental, no obstante, se sostiene que los relaves son depositados en áreas adyacentes a la unidad minera debidamente acondicionadas, conocidas como canchas de relave, aunque la fisiografía (Geografía física) de algunas zonas del territorio andino peruano no siempre resulta apropiada para estos efectos.

La fisiografía determina el lugar específico de la cancha de relave, tomándose en cuenta entre otros aspectos, lo siguiente: la capacidad de almacenamiento de relaves requerida para

El tiempo de vida de la mina, así como sus posibles ampliaciones; estudios geotécnicos del sitio seleccionado analizando la actividad sísmica; la elaboración previa de un EIA (Evaluación de Impacto Ambiental), estudios de topografía, climatología, hidrología y edafología.

La Guía Para el Manejo de Relaves Mineros sostiene que el chancado y la molienda de minerales genera un volumen de relaves que es aproximadamente dos tercios más grande que el volumen original del mineral "in situ", es por ello que su disposición, procurando que sea

económicamente factible, así como física y químicamente estable, es tal vez el mayor problema ambiental asociado con el desarrollo minero.

2.2.7. Los Relaves en el Perú:

La minería es una de las actividades más importantes por la generación de divisas, empleos, la participación activa en el incremento del Producto Bruto Interno y en el ingreso per cápita nacional; sin embargo, tiene una externalidad negativa que es la producción de relaves que ocasionan diversos impactos ambientales, sociales y económicos.

a) La Producción de Relaves Mineros: En el Perú no existe un inventario específico referido a la producción de relaves mineros. La información oficial da cuenta de los pasivos ambientales entre los cuales se encuentran estos desechos.

b) El tratamiento legal a los Relaves mineros: Existe una frondosa legislación relacionada con la minería y que hace referencia a los relaves, sin embargo, como el tema de este trabajo es sobre los impactos de los relaves mineros, se ha querido señalar, más bien, aquellas leyes que tienen que ver con la protección del medio ambiente creada especialmente para proteger a la sociedad del impacto que esta produce.

Los relaves mineros son contemplados en la legislación, tanto desde su previsión en los Estudios de Impacto Ambiental (EIA), como en su conciliación con el Programa de Adecuación y

Manejo Ambiental (PAMA), y su observancia en la fase de cierre de minas; asimismo, como una de las causas que dan origen a impactos ambientales y sociales.

En su origen, esta actividad no ha considerado aspectos que eviten la contaminación; aun ahora, compañías mineras que tienen décadas explotando yacimientos, se han visto forzadas a corregir sus procedimientos de trabajo para poder conciliar con los PAMA establecidos. Así, se ha dispuesto que aquellas minas que arrojaban sus relaves a riachuelos, ríos o lagos, adopten medidas para contrarrestar estas prácticas, como también, que ejecuten acciones para reducir los grados existentes de contaminación en sus vertimientos.

Por otro lado, las minas que van a ser explotadas por primera vez al culminar la fase de exploración, o aquellas que han obtenido la autorización de ampliación; no podrán iniciar la explotación, sin haber presentado previamente el EIA que debe contener entre otros requerimientos la ubicación o la forma de disposición de los relaves. Lo más saltante de esta disposición es que se establece mediante ley la participación ciudadana, la que en acto público deberá aprobar el EIA antes de dar paso a la siguiente fase.

Las leyes de protección ambiental son importantes; sin embargo, existen algunas más identificadas con la materia de estudio, como

el transporte de residuos peligrosos que involucra en definitiva a los relaves mineros; o al cierre de minas que debe efectuarse con un procedimiento previamente establecido, o también a aquellas minas que han cerrado y/o han sido abandonadas· junto a sus depósitos de relave, llegando a convertirse en pasivos ambientales.

c) Impacto de los Relaves Mineros en el Perú: Los residuos provenientes de la actividad minera son, por su composición y densidad, materiales peligrosos capaces de romper los equilibrios de los ecosistemas, afectar la salud pública, degradar cuerpos de agua y modificar paisajes naturales. Como tales, su deficiente e irresponsable manejo suele generar altos riesgos que, no pocas veces, derivan en impactos acumulados de larga duración (como son los impactos mineros acontecidos en Cerro de Paseo, derivados de los pasivos ambientales de la antigua minería); o aquellos de factura reciente, algunos de ellos relacionados con desastres ecológicos de efecto inmediato (tal fue el caso del colapso de la presa de relaves de la minera Caudalosa, en Huancavelica, que mató a miles de truchas de piscigranjas en el río Opamayo, en junio de 2014).

De acuerdo a la literatura especializada (Yupari, s/f; Glynn y Heinke, 1999; Medel, 2008), el riesgo del mal manejo de los relaves mineros proviene tanto de la manera en que se lo gestiona (confinamiento, recolección, transporte, tratamiento) cuanto de la alta toxicidad de

sus componentes (Arsénico, Cadmio, Cobre, Plomo, Mercurio, Cromo, Selenio, Zinc, entre otros), lo que agrava su peligrosidad y su potencial como generador de impactos contaminantes. En forma general, se podría agrupar los impactos atribuibles al mal manejo de los relaves mineros del modo siguiente:

- **Impactos Ambientales:** Se trata de los efectos que los relaves provocan, en los entornos donde se depositan y confinan, lo cual, al hacerse sin las precauciones técnicas recomendadas, puede causar daños en cuerpos acuíferos (ríos, lagunas, napa freática), suelos y atmósfera (Ver cuadro siguiente). Tal vez lo más evidente de estos impactos tiene que ver con la degradación del paisaje que origina el relave, el cual, tras su acumulación, desaparece las coberturas vegetales, deseca lagunas y crea montículos que, al "crecer", conforman colinas que modifican el relieve de un territorio. Sin embargo, los impactos no se limitan a los aspectos físicos del entorno ambiental: sus efectos se extienden hacia las dimensiones químicas de los ecosistemas, con lo cual los recursos naturales se degradan para luego desaparecer. La inadecuada disposición de relaves y desmontes, así como los métodos inapropiados para la disposición de efluentes peligrosos y materiales contaminantes de las operaciones mineras, ya han causado casos graves de filtraciones, drenaje ácido y contaminación de cuerpos acuíferos,

así como otros efectos negativos en la biodiversidad y los ecosistemas.¹⁰

CUADRO 03: Impactos Ambientales derivados de Residuos

Mineros

| Impactos Ambientales Derivados de los Relaves y Residuos Mineros | |
|---|---|
| Atmósfera | Partículas de materia derivadas de la explotación superficial y transporte. |
| Cuerpos de Agua | Desagüe de desechos de minas. Filtración a napa freática por lixiviación. Residuos de procesamiento descargados directamente en cuerpos de agua. |
| Suelos | Descarga de desechos de minas y residuos de procesamiento. Trastorno de la agricultura, la silvicultura y la recreación por minas a cielo abierto. Deforestación. |

Fuente: UNCP – Huancayo

¹⁰ Dávila Ordoñez, Nilo Rubén y Paitan Quispe, Alvaro Cirilo, Estudio de los Parámetros de Operación del Espesador de Pasta para la Disposición de Relaves en la UM Cerro Lindo Milpo, Huancayo- Perú, julio 2014.

2.3. Marco Normativo:

- Ley N° 27446, Ley del Sistema Nacional de Evaluación de Impacto Ambiental, y su modificatoria.
- Decreto Supremo N° 019-2009-MINAM Reglamento de la Ley del Sistema Nacional de Evaluación de Impacto Ambiental.
- Decreto Supremo N°040-2014-EM Reglamento de Protección y Gestión Ambiental para las actividades de Explotación, Beneficio, Labor General, Transporte y almacenamiento minero.
- Resolución Ministerial N° 304-2008-ME/DM, Normas que regulan el proceso de participación ciudadana en el Sub sector minero.
- Decreto Supremo N° 060-2013-PCM, Aprueban disposiciones especiales para la ejecución de procedimientos administrativos y otras medidas para impulsar proyectos de inversión pública y privada.
- Ley N° 28090 que regula el Cierre de Minas. Esta Ley define al Plan de Cierre de Minas como un instrumento de gestión ambiental conformado por acciones técnicas y legales, efectuadas por los titulares mineros, destinado a establecer medidas que se deben adoptar a fin de rehabilitar el área utilizada o perturbada por la actividad minera para que ésta alcance características de ecosistemas compatible con un

ambiente saludable y adecuado para el desarrollo de la vida y la preservación paisajística.

- D. S. N° 033-2005-EM que aprueba el Reglamento de la Ley de Cierre de Minas, este reglamento fue modificado por el D. S. N° 035-2006-EM y el D. S. N° 045-2066-EM (en adelante, el Reglamento). El Reglamento estableció en su artículo 9° la obligación de presentar el Plan de Cierre de Minas de su unidad minera en el plazo máximo de un año a partir de la aprobación del respectivo EIA.
- Decreto Supremo N° 054-2013-PCM, En los casos en que sea necesario modificar componentes auxiliares o hacer ampliaciones en proyectos de inversión con certificación ambiental aprobada que tienen impacto ambiental no significativo o se pretendan hacer mejoras tecnológicas en las operaciones, no se requerirá un procedimiento de modificación del instrumento de gestión ambiental.
- Resolución Ministerial N° 120-2014-MEM/DM, Aprueban nuevos Criterios Técnicos que regulan la Modificación de componentes mineros ampliaciones y mejoras tecnológicas en las unidades mineras de proyectos de exploración explotación con impactos ambientales no significativos, que cuenten con certificación ambiental; así como, la estructura mínima del Informe Técnico que deberá presentar el titular minero.

- Resolución Directoral N° 011-2014-GRP-GGR-GRDE/DREMH, donde aprueba la Modificación del Estudio de Impacto Ambiental Semidetallado de la Planta de Beneficio Andes.
- Resolución Directoral N° 034-2016- GRP-GGR-GRDE/DREMH que da conformidad al Informe Técnico Sustentatorio de N° 1 Lado Este- Relavera 2007- Planta de Beneficio Andes.

2.4. Definición de Términos:

- **Contaminante del Aire:** Sustancia o elemento que en determinados niveles de concentración en el aire genera riesgos a la salud y al bienestar humano.
- **Contaminación Ambiental:** Acción y estado que resulta de la introducción por el hombre de contaminantes al ambiente por encima de las cantidades y/o concentraciones máximas permitidas tomando en consideración el carácter acumulativo o sinérgico de los contaminantes en el ambiente.
- **Contaminación del agua:** Incorporación al agua de materias extrañas, como microorganismos, productos químicos, residuos industriales y de otros tipos, o aguas residuales. Estas materias deterioran la calidad del agua y la hacen inútil para los usos pretendidos.
- **Cuerpo de agua:** Curso de agua natural o artificial tales como ríos, lagos, manantiales, reservorios, lechos subterráneos u océanos; en los cuales son vertidas las aguas residuales con o sin tratamiento.
- **Desmorte:** Es un material proveniente de la actividad minera de quiebre o perforación de la roca, es el “polvo” o las cantidades de rocas fragmentadas originadas en la perforación o rotura de los espacios aledaños o ubicados dentro de la mina.

- **Depósito de relaves:** Son obras constructivas de disposición en la superficie de la tierra acondicionadas específicamente para emplearlos en el almacenamiento de materiales que contienen residuos producto de actividades minero-metalúrgicas.
- **Ecosistema.** Los ecosistemas son sistemas complejos como el bosque, el río o el lago, formados por una trama de **elementos físicos** (el **biotopo**) y **biológicos** (la **biocenosis** o comunidad de organismos).
- **Espesador Cono Profundo:** Los Espesadores, son Equipos de separación continua Sólido – Líquido (sedimentación), en la que la pulpa en suspensión es alimentada al Feed well, luego de aplicar el floculante se deja decantar, produciendo un rebose de Agua clarificada y un lodo concentrado en el cono de la descarga.
- **Flora.** Conjunto de especies vegetales que se pueden encontrar en una región geográfica, la flora atiende al número de especies mientras que la vegetación hace referencia a la distribución de las especies y a la importancia relativa.
- **Impacto Ambiental:** Alteración, positiva o negativa, de uno o más de los componentes del ambiente, provocada por la acción de un proyecto. El “impacto” es la diferencia entre qué habría pasado con la acción y que habría pasado sin ésta.

- **Polución:** La polución implica una modificación dañina de un ecosistema, a partir de la introducción al ambiente de un agente contaminante. Dicho agente puede tener diferentes características, de acuerdo a su origen, en el caso del aire se da por la introducción de gran cantidad de partículas contaminantes que modifican el aire.
- **Pulpa:** una pulpa puede ser considerada como un material de transición entre el rango líquido (a muy bajas concentraciones en volumen como el agua turbia) y sólido (a muy altas concentraciones en volumen como “cake” o tortas o tierra). El comportamiento del flujo de una pulpa también estará entre las transiciones de líquido a sólido, cuando la concentración en volumen se incrementa.
- **Relaveras:** Son depósitos de los residuos provenientes de la actividad minera son, por su composición y densidad, materiales peligrosos capaces de romper los equilibrios de los ecosistemas, afectar la salud pública, degradar cuerpos de agua y modificar paisajes naturales.
- **Relaves:** Son los fragmentos generalmente de carácter arenoso y mezcladas con agua que surgen del procesamiento del mineral con cualquier método que involucra el uso del agua y de químicos, los relaves forman pequeños lagos con una mezcla de agua y ácidos minerales.

- **Relaves en Pasta:** La pasta corresponde a residuos que se descartan del proceso de flotación, a los que se les extrae el agua en forma profunda hasta alcanzar la consistencia, de una pasta, similar a la de la pasta dental. El bajo contenido de agua, hace que esta mezcla tenga una consistencia muy espesa.
- **Residuos Minerales:** por su composición y densidad, materiales peligrosos capaces de romper los equilibrios de los ecosistemas, afectar la salud pública, degradar cuerpos de agua y modificar paisajes naturales.

2.5. Hipótesis: Genéricos y Específicos:

2.5.1. Hipótesis General:

El relave en pasta de la empresa Aurex S.A. influye en la reducción de impactos negativos al aire, agua y suelo en la Comunidad de Yurajhuanca.

2.5.2. Hipótesis Específicos:

- a. El relave en pasta reduce la contaminación al aire por polución.
- b. Con la disminución de agua en las relaveras se reduce la contaminación al agua.
- c. El incremento de tiempo de vida de las relaveras por los relaves en pasta reduce los impactos negativos a los suelos.

2.6. Identificación de Variables:

2.6.1. Variable Dependiente

Impactos negativos al aire, agua y suelo

2.6.2. Variable Independiente

Relave en pasta

2.6.3. Variable Interviniente:

No se presenta

CAPÍTULO III

III. METODOLOGÍA:

3.1. Tipo de Investigación:

Por su naturaleza la investigación es: según la tendencia, cuantitativo, ya que determinaremos los valores con los cuales se muestra la reducción al aire por polución, la reducción de contaminación al agua y el incremento de tiempo de vida de las relaveras.

Según la orientación, aplicada, ya que se utiliza información de la empresa Aurex S.A.

Según el tiempo de ocurrencia, retrospectivo, ya que se están tomando información de los instrumentos de gestión ambiental, de la empresa Aurex S.A. aprobados con anterioridad.

Según el análisis y alcance de sus resultados, correlacional, ya que del uso de los relaves en pasta depende la reducción de impactos negativos al aire, agua y suelo.

3.2. Diseño de la Investigación:

El diseño de la investigación es no experimental, ya que se toman los datos que resultan de las evaluaciones de los instrumento de gestión ambiental de la empresa, los cuales fueron evaluados por los técnicos de la DREMH- Pasco, de tipo transversal correlacional, ya que se tomaran en cuenta los resultados emitidos en los estudios de la empresa Aurex S.A., con datos recolectados en un tiempo determinado, con intervención de medición analítico y causal retrospectivo.

3.3. Población y Muestra:

3.3.1. Población:

Población es la Comunidad de Yurajhuanca donde se ubica la Empresa Aurex S.A., para el estudio se ha tomado en cuenta la superficie de la Comunidad de Yurajhuanca, el cual tiene en su totalidad 697 hectáreas.

3.3.2. Muestra:

Muestra la Relavera Manavale y Relavera 2007 de la Empresa Aurex S.A., la empresa tiene un total de 36 hectáreas, dentro de los cuales se ha tomado 5,56

hectáreas en la Relavera Manavale y 4,38 hectáreas de la Relavera 2007, haciendo un total de 9,94 hectáreas.

3.4. Métodos de Investigación:

Correlacional porque se recolectan datos en un tiempo determinado, en el que se utilizan las dos formas de disposición de relaves en pulpa y en pasta, con intervención de medición analítica, transversal ya que se toma los datos en el avance del uso de la tecnología, y los instrumentos de gestión ambiental aprobados.

Muestreo: Para el estudio se han establecido 2 zonas de muestreo los cuales son las Relaveras Manavale y la Relavera 2007 de la Empresa Aurex S.A. con un área total de total de 9,94 hectáreas.

CUADRO 04: Coordenadas de la Relavera Manavale y 2007

| Relavera Manavale | | Relavera 2007 | |
|--------------------------|-------------------------|----------------------|---------------------------|
| Punto 1 | 357182.19 8816133.91 | Punto 1 | 356902.11 8816088.76 |
| Punto 2 | 357019.51 8815867.03 | Punto 2 | 357011.19 8816160.93 |
| Punto 3 | 356854.21 8815900.45 | Punto 3 | 357057.91 8816186.77 |
| Punto 4 | 356862.28 8816000.38 | Punto 4 | 357151.86 8816125.67 |
| Punto 5 | 356870.96 8816035.20 | Punto 5 | 357125.18 8816115.18 |
| Punto 6 | 356901.77 8816045.79 | Punto 6 | 356997.677 8816036.953 |
| Punto 7 | 356934.75 8816012.58 | Punto 7 | 356946.556 8816035.00 |
| Punto 8 | 356989.59 8816015.47 | | |
| Punto 9 | 357053.62 8816041.53 | | |

Fuente: Propias de investigador, 2018

3.5. Técnicas e Instrumentos de Recolección de Datos:

3.5.1. Técnicas: Para la recolección de datos se utilizaron las siguientes técnicas:

- Observación: Observación insitu de las áreas (empresa y ambiente) para explorar, describir, identificar y comprender el contexto del estudio.
- Instrumentos de Gestión Ambiental Presentados y Aprobados por la DREMH-Pasco, además de los Estudios realizados para las Relaveras: Consiste en recopilar los Instrumentos presentados y aprobados por la Dirección Regional de Energía y Minas Pasco, órgano encargado de la evaluación de los Pequeños productores mineros, para luego evaluarlos mediante un análisis cualitativo y cuantitativo e identificar y determinar las mejoras ambientales en cuanto al uso de los Relaves en Pasta.

3.5.2. Instrumentos:

Para la recolección de datos se utilizaron los siguientes instrumentos de investigación:

- Modificación del Estudio de Impacto Ambiental Semidetallado Planta de Beneficio Andes – AUREX S.A.- 2014

- Informe Técnico Sustentatorio para el Recrecimiento de Relavera 2007(Lado Este) con Relave en Pasta- AUREX S.A. 2016.
- Memorias descriptivas de las Relaveras Manavale y 2007 de los Instrumentos de Gestión Ambiental, donde se realizó la evaluación cuantitativa.
- Recopilación de Contenidos, estudios similares del proyecto.
- Fichas, apuntes, notas de libreta.
- Registro Fotográfico in situ.

3.6. Técnicas de Procesamiento y Análisis de Datos:

3.6.1. Técnica de Procesamiento de Datos:

Experiencias de Ingenieros Ambientales, Recolección de información detallada con el estudio de tecnología de espesamiento, junto a la experiencia de comparaciones de formas de disponer los relaves. Tomando en cuenta los datos de los Instrumentos de Gestión Ambiental Aprobados con Resoluciones Directorales de la Empresa Aurex S.A. se pudo realizar el análisis de los datos presentados en las Memorias descriptivas.

3.6.2. Técnica de Análisis de Datos:

Se procedió a la siguiente secuencia para el análisis de datos:

- Revisión de material recolectado, instrumentos de gestión ambiental, datos del GPS, y de campo.
- Establecimiento de plan de trabajo inicial.
- Ejecución del plan de trabajo en sus 3 etapas (Preliminar, Campo y Gabinete).
- Codificación textual de los datos.
- Análisis e Interpretación de datos.
- Descripción del contexto, situaciones y sujetos para explicar sucesos.
- Establecimiento de resultados, conclusiones y recomendaciones.

3.7. Tratamiento Estadístico de Datos:

El proceso de tabulación, graficación y presentación de los resultados se efectuó con principios estadísticos realizados en forma progresiva buscando obtener la tabla de frecuencias, los resultados descriptivos según las variables estudiadas. Con ellos se determinó:

- La comparación de los niveles de reducción de polución de las relaveras, en sus tipos de disposición.
- La medición del uso de agua en las dos formas de disposición y el porcentaje de reducción de agua.
- Y el tiempo de vida de las relaveras, tomando en cuenta el área que se requiere para su la disposición de las dos formas de relave.

CAPÍTULO IV

IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN:

4.1. Tratamiento Estadístico e Interpretación de Cuadros:

Los resultados de la reducción de Impactos al Aire, agua y suelo por el uso de los relaves en pasta de la empresa AUREX S.A., del presente trabajo de investigación. Tiene como referencia el Resolución Directoral N°011-2014-GRP-GGR-GRDE/DREMH, donde aprueba la Modificación del Estudio de Impacto Ambiental Semidetallado de la Planta de Beneficio Andes, y la Resolución Directoral N° 34-2016- GRP-GGR-GRDE/DREMH que da conformidad al Informe Técnico Sustentatorio de N° 1 Lado Este-Relavera 2007- Planta de Beneficio Andes que fueron importantes para la determinación de los resultados.

También se tiene como referencia el Estudio De Pre-Factibilidad De Instalación De Un Espesador De Cono Profundo En La Planta

De Beneficio Andes, y los Informes de los Monitoreos realizados en el año 2016 a la Planta de Beneficio AUREX S.A., por la empresa consultora Environmental Quality Analytical Services S.A. "EQUAS S.A."

4.1.1. Descripción del área de estudio y de las instalaciones del proyecto:

A. Antecedentes:

AUREX S.A. se instala el año 1993 con la finalidad de tratar los relaves coloniales por el método de lixiviación, iniciándose sus labores con el método de carbón lixiviado, en pulpa, luego se pasó a la electro deposición y actualmente se trabaja por el método de lixiviación (cianuración) – agitación y lavado en contracorriente y recuperando los valores por el proceso de Merrill Crowe.

AUREX S.A. durante estos años ha venido optimizando el tratamiento de los relaves coloniales de plata y oro logrando obtener buenos resultados metalúrgicos y bajando sus costos de operación. Cabe mencionar que AUREX S.A. es la única empresa en el país que trata minerales coloniales de plata por el método de lixiviación logrando obtener a la fecha una recuperación del 57.8%. La planta actualmente tiene una capacidad de 350 TMD y trabaja en circuito cerrado recirculando las soluciones.

B. Ubicación Geográfica:

Región : Pasco.
Departamento : Pasco.
Provincia : Pasco.
Distrito : Simón Bolívar.
Anexo : Yurajhuanca.
Paraje : Uchucancha.

CUADRO 05: Coordenadas UTM del Centro de la Planta**ANDES**

| Punto | Norte | Este |
|---------------------|--------------|-------------|
| Centro de la Planta | 8816097 | 356885 |

Fuente: Elaboración Propia

C. Accesibilidad:

El acceso desde la Ciudad de Lima es mediante la Carretera Central hasta la ciudad de Cerro de Pasco; y desde esta ciudad mediante una carretera afirmada hasta la Planta de Beneficio Andes.

CUADRO 06: Acceso desde Lima a la Planta de Beneficio

| De | A | Km. | T. hrs | Tipo de Vía |
|----------------|----------------|-----|--------|--------------------|
| Lima | La Oroya | 195 | 4.5 | Asfaltada |
| La Oroya | Cerro de Pasco | 120 | 2.5 | Asfaltada |
| Cerro de Pasco | Rancas | 10 | 0.20 | Asfaltada/afirmada |

Fuente: Elaboración Propia

D. Descripción del Proceso:

Explotación y Transporte de Relaves

Los trabajos de explotación de los “relaves coloniales” son realizados mediante el método de canteras, que consiste en lo siguiente:

- Cubicación de reservas.
- Desbroce de materia vegetal. .
- Acumulación, carguío y transporte hacia la planta de procesos.
- Se acumula utilizando el cargador frontal, luego se inicia el carguío con volquetes hacia la planta.

Molienda y repulpador

El relave colonial es depositado en una tolva y se le adiciona cal para subir el PH de 6 a 10.8 luego es alimentado a un tromell lavador para ser repulpado con solución intermedia y

lechada de cal, este tromell elimina los materiales orgánicos y gravas los finos o pulpa separados son enviados a una zaranda de orgánicos y luego a molienda.

El molino de bolas recibe la pulpa libre de orgánicos, en este punto se alimenta el cianuro, la descarga del molino es bombeado a un hidrociclón el U/F (gruesos) regresa al molino y el O/F (finos) va a los tanques de agitación.

Tanques de agitación

Se tiene 2 tanques Homogenizadores de agitación de 10'x 10', estos reciben a la pulpa del O/F, con una fuerza de cianuro de 0.20%, y un PH de 11.50 por el efecto de la agitación en cascada pasan a tres agitadores de 25'x25' para darle el tiempo de residencia a la pulpa necesario para la disolución de la plata.

Espesadores

Se tiene tres espesadores de 34'x10' que trabajan en el sistema de lavado en contra corriente, la solución que genera el primer espesador viene a ser la solución rica y esta es enviada a un cuarto espesador para sedimentar los coloides, agregándole el coagulante aquí se da la formación de los coágulos, que hay que drenarlos cada cierto tiempo, durante el día, generando este espesador, la solución clara o clarificando

con NTU entre 30 y 40 y esta es alimentada a la poza rica, para luego ser tratada en los procesos de Merrill Crowe (precipitación con zinc).

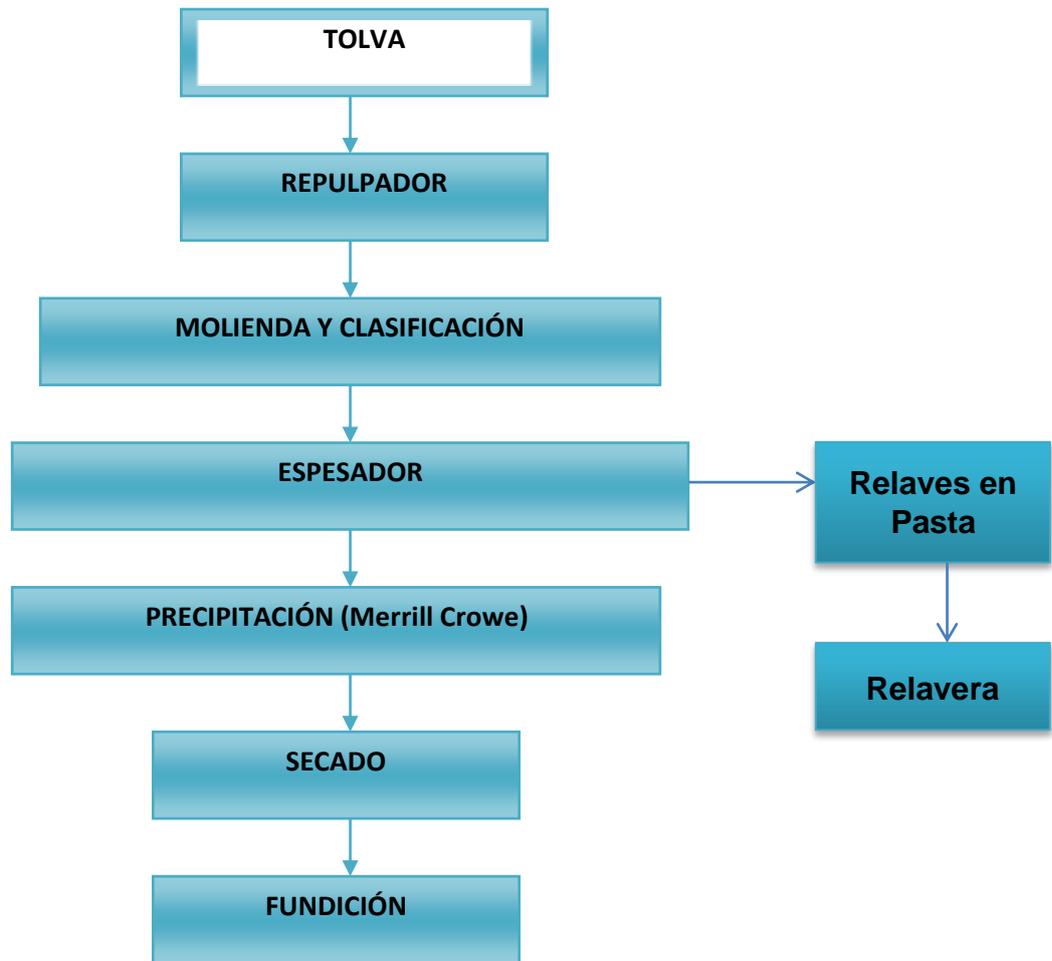
Precipitación (Merrill Crowe)

La solución rica en el proceso Merrill Crowe, es bombeada a los filtros clarificadores, para clarificar aún más la solución saliendo esta hasta con 5 NTU la solución luego pasa a una torre de desoxigenación donde se le elimina el oxígeno para entrar en contacto con el Zinc y luego precipitarse, obteniéndose un precipitado de plata – oro que se obtiene en el filtro prensa de placas.

Secado

Este consiste en secar el precipitado obtenido en una retorta que contiene un destilador donde se obtiene como un sub producto el mercurio, y el precipitado seco pasa a fundición.

GRÁFICO 06: Proceso de AUREX S.A.



Fuente: Elaboración Propia

4.1.2. Resultados de ubicación y descripción de los puntos de toma de muestra:

El siguiente cuadro muestra las coordenadas de ubicación de las relaveras a comparar, la relavera 2007 y la relavera Manavale, las cuales tienen distintos tipos de relaves, en Pulpa y en Pasta, para poder ver la influencia de los relaves en pasta en la reducción de impactos al aire, agua y suelo en la comunidad de Yurajhuanca.

CUADRO 07: Ubicación con Coordenadas de la Relavera Manavale y 2007

| Relavera Manavale | | Relavera 2007 | |
|--------------------------|-------------------------|----------------------|---------------------------|
| Punto 1 | 357182.19 8816133.91 | Punto 1 | 356902.11 8816088.76 |
| Punto 2 | 357019.51 8815867.03 | Punto 2 | 357011.19 8816160.93 |
| Punto 3 | 356854.21 8815900.45 | Punto 3 | 357057.91 8816186.77 |
| Punto 4 | 356862.28 8816000.38 | Punto 4 | 357151.86 8816125.67 |
| Punto 5 | 356870.96 8816035.20 | Punto 5 | 357125.18 8816115.18 |
| Punto 6 | 356901.77 8816045.79 | Punto 6 | 356997.677 8816036.953 |
| Punto 7 | 356934.75 8816012.58 | Punto 7 | 356946.556 8816035.00 |
| Punto 8 | 356989.59 8816015.47 | | |
| Punto 9 | 357053.62 8816041.53 | | |

Fuente: Propias de investigador, 2018

4.2. PRESENTACIÓN DE RESULTADOS, TABLAS, GRÁFICOS, FIGURAS, ETC.

4.2.1. Características de los relaves en Pulpa (de abaja densidad) de la relavera 2007:

La Relavera 2007 de la Planta Andes, es un depósito construido desde el dique de arranque (en su primera etapa de vida útil), con material de préstamo, fundamentalmente compuesta por Grava con arena que la hacen por si sola resistente.

4.2.1.1. Tiempo de Vida Útil de la Relavera:

La “Relavera 2007”, ya fue utilizada en su totalidad. Su vida útil de 8 años, con una capacidad de recepción de 380 000 m³ a un ritmo de disposición de 156,25 m³/día; en 300 días/año, ya que por la baja densidad de la pulpa, no se podía disponer en mayor cantidad, teniendo una vida útil de 43,776.39 m³.

4.2.1.2. Riesgos de Construcción de la Relavera:

- ✓ Fallas en los muros de contención, por escorrentías presentes en los relaves.
- ✓ Arrastre de relaves por efecto de lluvias intensas, ya que la baja densidad no los permite compactar ni secar de inmediato.
- ✓ Alta filtración de aguas al entorno, e infiltración.

- ✓ Levantamiento y arrastre de material fino por acción del viento al secarse las relaveras ya que las partículas no se adhieren unas con otras.

4.2.1.3. Costos en construcción de relavera:

Para la construcción de estas relaveras y debido a la baja densidad con las que se disponían, se necesitaba mayor cantidad de material de préstamo para el dique de contención para soportar altas presiones, ya que la relavera podía estar propensa a rajaduras, las cuales podrían terminar en derrames por la presión de los relaves, teniendo el riesgo de un accidente ambiental.

4.2.1.4. Impactos Ambientales:

- ✓ Cuando los relaves son descargados en una relavera como un relave convencional (a bajas concentraciones de sólidos), las partículas tienden a segregarse. Los materiales gruesos se depositarán cerca de los puntos de descarga formando una “playa” y los materiales finos serán “lavados” o desplazados dentro de la relavera, formando una cama de lodos.

La cama de lodos tendrá una pequeña resistencia cuando este húmeda y no estará bien compactada. En el caso de una ruptura del dique de la relavera, los relaves perdidos pueden fluir y causar un flujo de lodo peligroso (por ejemplo

un “huayco”), donde el lodo será difícil de drenar, haciendo difícil la recuperación de dicha área.

- ✓ Las fuertes lluvias causan la erosión de sólidos, deslizamientos de lodos (“huaycos”) y el eventual drenaje de pulpas a través de los ríos.
- ✓ Mayor uso de aguas, ya que Todas estas son pulpas diluidas, en el sentido que la mezcla natural con sólidos será a una concentración en volumen de sólidos a líquidos menor que 15%.
- ✓ El viento causa erosión en los sólidos sedimentados cerca a las descargas, movilizandolos las partículas.
- ✓ Cuando la pulpa es de baja densidad es muy difícil su transporte por tuberías ya que presenta problemas de segregación o sedimentación.

4.2.2. Características de los Relaves en Pasta de la Relavera Manavale y el Recrecimiento del lado este de la relavera 2007:

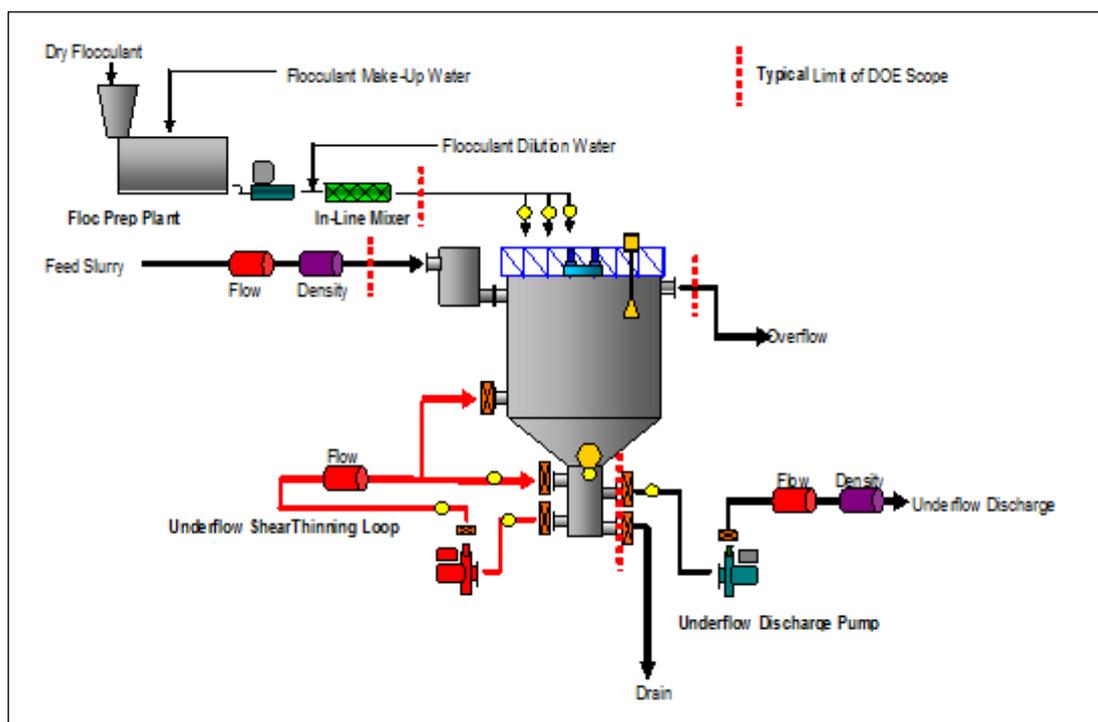
La implementación de relaves en pasta, mediante el Espesador de Cono Profundo (ECP) a las operaciones de la Planta de Lixiviación Andes ofrece las siguientes características:

4.2.2.1. Mayor eficiencia de lavado:

La eficiencia de lavado del circuito, de los últimos seis meses de operación, antes de considerar los relaves en pasta era de 86.47%. (Cada uno de los actuales 4

espesadores aportaba una eficiencia de lavado de 35% y sólo espesador de pasta aportó 72% de recuperación de solución rica.). Con la implementación de cono profundo al sistema CCD, se alcanzó incrementar la eficiencia de lavado en 94%, y como consecuencia se llegó a recuperar 1.1 kg de plata más por día.

GRÁFICO 07: Lavado de Cono Profundo



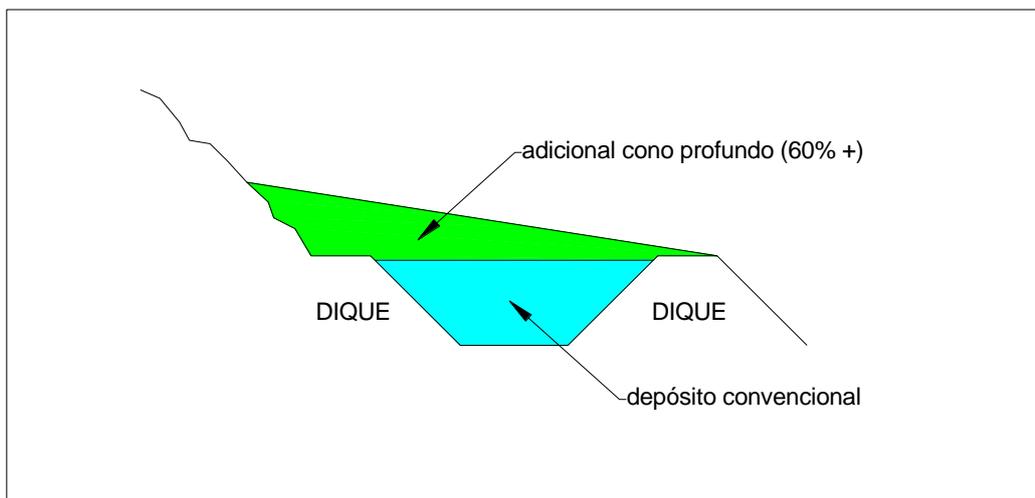
Fuente: AUREX S.A.

4.2.2.2. Incremento de la vida útil de la relavera:

Se estima en 40% más, el incremento de la vida útil de relavera convencional con respecto al sistema de disposición superficial de relaves en pasta, con las siguientes características:

- ✓ Mayor eficiencia de almacenamiento por m². La limitante es la capacidad portante del terreno.
- ✓ Mayor estabilidad. El depósito es auto-soportante; no existe riesgos de licuefacción o falla.
- ✓ Mayor ángulo de disposición. Permite el uso del área adyacente, la Relavera 2007 lado este, el incremento de la vida este depósito de relaves, debido a que los relaves en pasta son relaves con menor cantidad de humedad; lo cual conlleva también a generar nuevos diques o disposiciones de relave que en condiciones normales no se podrían presentar.

GRÁFICO 08: Recuperación de áreas



Fuente: Elaboración Propia

- ✓ El crecimiento de los diques perimetrales se realizara con el mismo relave mediante el uso de geo-estructuras; evitando el uso del área disponible con material externo.
- ✓ Menor inventario de solución en el depósito.

- ✓ La construcción del recremento denominado Presa Manavale incrementó la capacidad de almacenaje de relaves en un 49%.
- ✓ La reutilización del terreno es posible.

4.2.2.3. Menores costos en construcción de relavera:

La construcción de relavera convencional requiere mayor cantidad de material de préstamo para el dique de contención para soportar altas presiones, mientras que para el sistema de pasta se requiere menor cantidad de material de empréstito sólo para el muro de confinamiento.

La pasta siendo un fluido no newtoniano (con viscosidad alta, definida y constante), es autosoportable; reduciendo así los requerimientos de contención. La pasta confinada en geoestructuras puede reemplazar al material externo en la construcción de los diques de contención.

Adicionalmente, la inversión de levantamiento de los diques se distanció debido a la mayor eficiencia de almacenamiento.

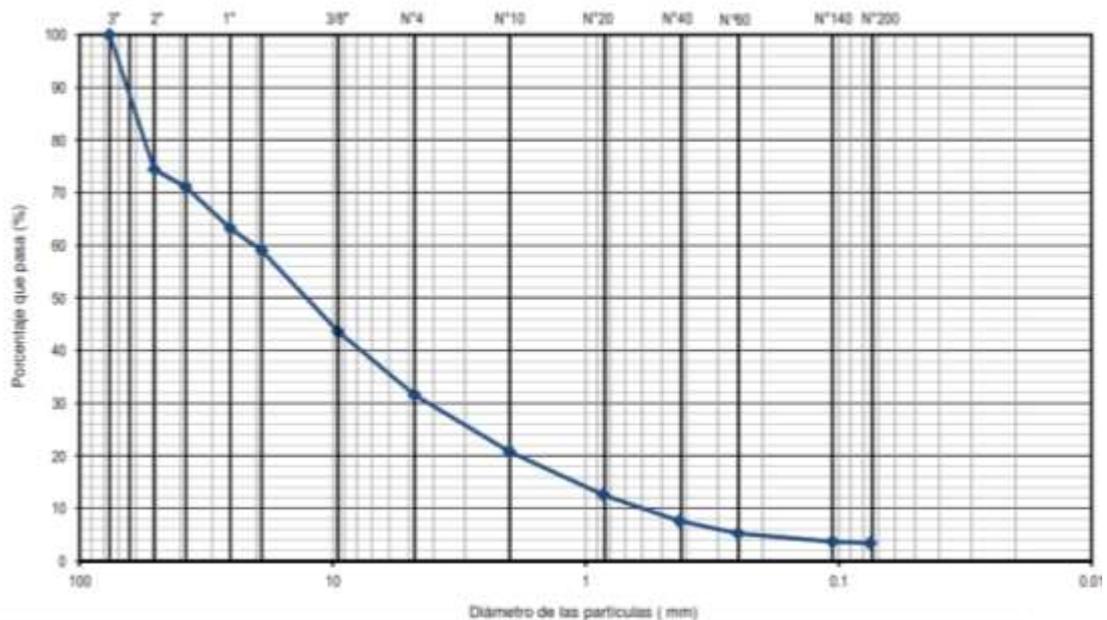
4.2.2.4. Menor impacto ambiental:

El sistema de pasta es muy amigable con el medio ambiente por lo siguiente:

- ✓ Evita generación de contaminación por polvo. Las partículas finas permanecen adheridas a las partículas gruesas por la acción

del floculante. Los relaves en Pasta tienen 15% de concentración en peso de partículas de tamaño menor a 20 micrones.

GRÁFICO 09: Diámetro de las partículas del relave en Pasta



Fuente: Elaboración Propia

- ✓ Evita infiltraciones. La permeabilidad de la pasta es negativa. La solución intersticial migrará a la superficie y el agua de lluvia permanecerá en la superficie o será captada por el sistema de drenaje.
- ✓ Otra propiedad de esta pasta es que es eficientemente transportada por tuberías sin los problemas de segregación o sedimentación que ocurren normalmente en las pulpas de relaves.
- ✓ Evita inventario significativo de soluciones en superficie.

CUADRO 08: Contenido de humedad en los relaves en pasta

| Ensayo N° | | 01 | 02 | 03 |
|--------------------------------------|----------|--------------|----------|----------|
| Recipiente N° | | P-01 | P-02 | P-03 |
| Peso del Recipiente | gr. | 105.30 | 105.50 | 101.40 |
| Peso del Recipiente + Suelo Humedo | gr. | 1,202.50 | 1,181.00 | 1,018.90 |
| Peso del Recipiente + Suelo Seco | gr. | 1,071.00 | 1,043.50 | 910.41 |
| Peso del Suelo Humedo | gr. | 1,097.20 | 1,075.50 | 917.50 |
| Peso del Suelo Seco | gr. | 965.70 | 938.00 | 809.01 |
| Contenido de Humedad | % | 13.62 | 14.66 | 13.41 |
| Promedio Contenido de Humedad | % | 13.90 | | |

Fuente: Elaboración Propia

- ✓ Evita riesgos de licuefacción y consecuente contaminación a la cuenca adyacente.
- ✓ Recuperación del área durante operación.
- ✓ Reducción de inventario de solución cianuradas.
- ✓ Menor área requerida tanto para el equipo como para la disposición.

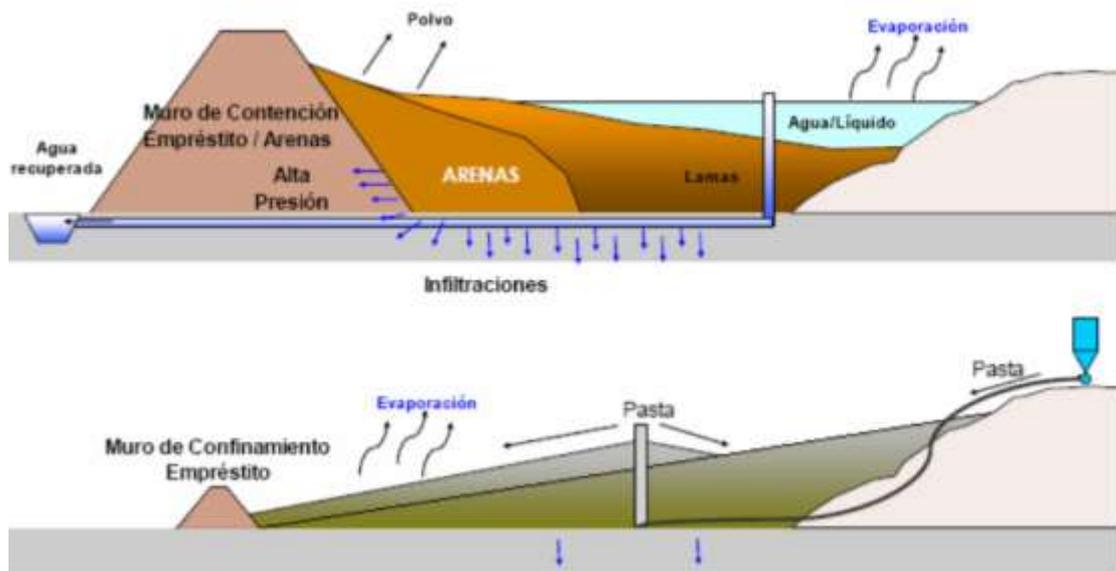
4.2.2.5. Mejor percepción de las comunidades adyacentes:

La alta estabilidad del depósito, control en la generación de polvo e infiltraciones tienen un impacto muy favorable en consideración a la higiene ocupacional, salud y medio ambiente.

4.2.3. Relaves en Pulpa y Relaves en Pasta:

A continuación se mostrara las diferencias que se tienen los relaves en pulpa (baja densidad) y los relaves en Pasta, que la empresa AUREX S.A. utilizó en la disposición de relaves en las relaveras 2007 y la relavera Manavale.

GRAFICO 10: Relave en pulpa vs Relave en Pasta



Fuente: AUREX S.A.

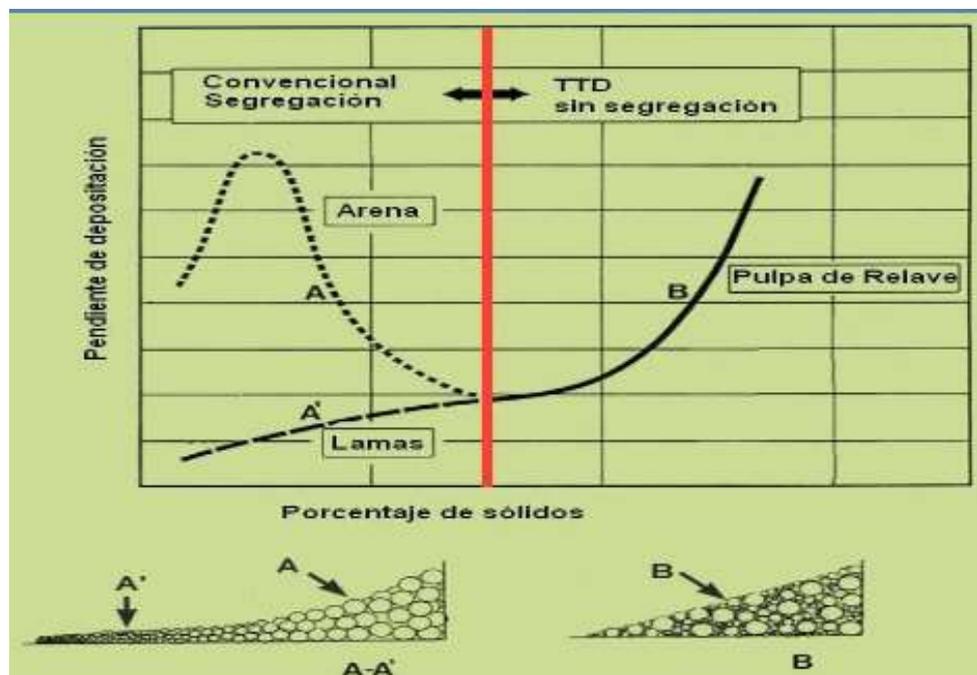
4.2.3.1. Aire:

De acuerdo a los instrumentos de gestión ambiental presentados a la Dirección Regional de Energía y Minas, los cuales fueron evaluados y aprobados, se tiene las siguientes características con respecto a los impactos ambientales al aire, comparando los relaves en pulpa y en pasta.

- Los relaves en Pasta a diferencia de los relaves en Pulpa, contienen partículas muy finas el diámetro de las partículas sólidas es menor a 20 micrones en un 15% de concentración en peso, no quiere decir que no contengan partículas más gruesas, la variabilidad de tamaños evita que las partículas se segreguen y sedimenten cuando la mezcla esté en reposo, esto se debe a que las partículas finas

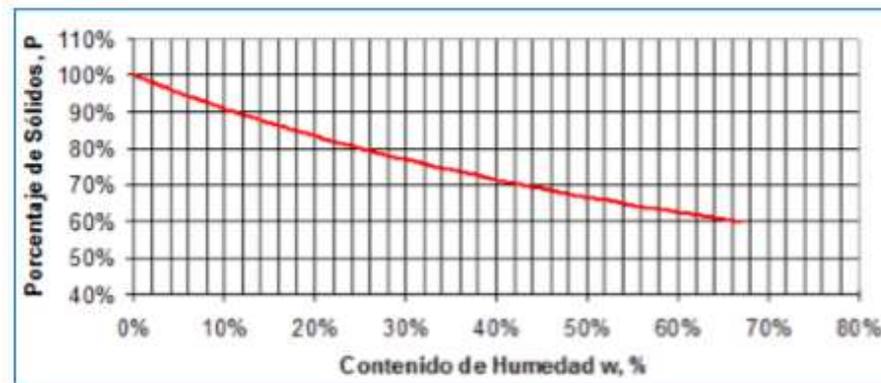
(típicamente menores a 20 micrómetros) forman enlaces a través de interacciones electroestática, estos enlaces resultan en una malla continua que actúa como una especie de red que retiene a las partículas más gruesas no pudiendo éstas segregarse ni sedimentar; esta malla se rompe solamente cuando existe algún tipo de presión aplicada. Se puede decir que en comparación a los relaves en pulpa de baja densidad la polución se reduce en hasta un 50%.

GRÁFICO 11: Unión de Partículas en los relaves en pasta



Fuente: Elaboración Propia

GRAFICO 12: Contenido de Humedad en la disposición de relaves



Fuente: Elaboración Propia

4.2.3.2. Agua:

De acuerdo a los instrumentos de gestión ambiental presentados a la Dirección Regional de Energía y Minas, los cuales fueron evaluados y aprobados, se describe el uso de agua que requieren los relaves en Pasta en comparación con los relaves en pulpa.

Para esto es necesario definir y conocer mediante las pruebas y ensayos realizados en los laboratorios de la empresa Compumet EIRL, la viscosidad:

- La Viscosidad: La viscosidad es una magnitud que representa la "resistencia a fluir" o densidad de un fluido. A mayor viscosidad, más espeso es el fluido y a menor viscosidad, menos espeso. Unidad de medida: Pa.s o mPa.s

Para nuestro caso, la viscosidad del relave en pasta define el rozamiento interno entre las capas de fluido. A causa de la viscosidad es necesario ejercer una fuerza para obligar a una capa de fluido a deslizar sobre otra.

La viscosidad se manifiesta en la pasta-agua en movimiento lo que nos permite confirmar la definición de viscosidad, como la relación existente entre el esfuerzo cortante y la gradiente de velocidad. Esta viscosidad recibe el nombre de viscosidad absoluta o viscosidad dinámica.

Se ha determinado que el fluido de la pasta al momento de salir del tubo que lo expulsan a la Relavera es altamente viscosos por su consistencia y por la cantidad de floculantes (0.01%) que tiene en su composición, por ser altamente viscoso se mueve con menos facilidad que un fluido de baja viscosidad, debido a que es directamente proporcional a la intensidad de estas fuerzas que le apliquen.

Los espesadores de cono profundo representan un ahorro considerable de agua (se requiere más de un 60 por ciento menos de agua que en la co-eliminación), por lo que los relaves en Pasta contiene 0.3 m³/ton de agua con un 75 % de sólidos.

Los relaves en pasta, tienen un alto porcentaje menor de humedad por que se retira en mayor cantidad de las soluciones ricas (Solución de cianuro cargada con plata y oro producto de la cianuración de concentrados o minerales con plata y oro, la solución rica es luego enviada al circuito de precipitación de plata y oro.).

A continuación se muestra la tabla donde se muestra el porcentaje de sólidos y agua que se tiene entre los relaves en Pulpa, usado en

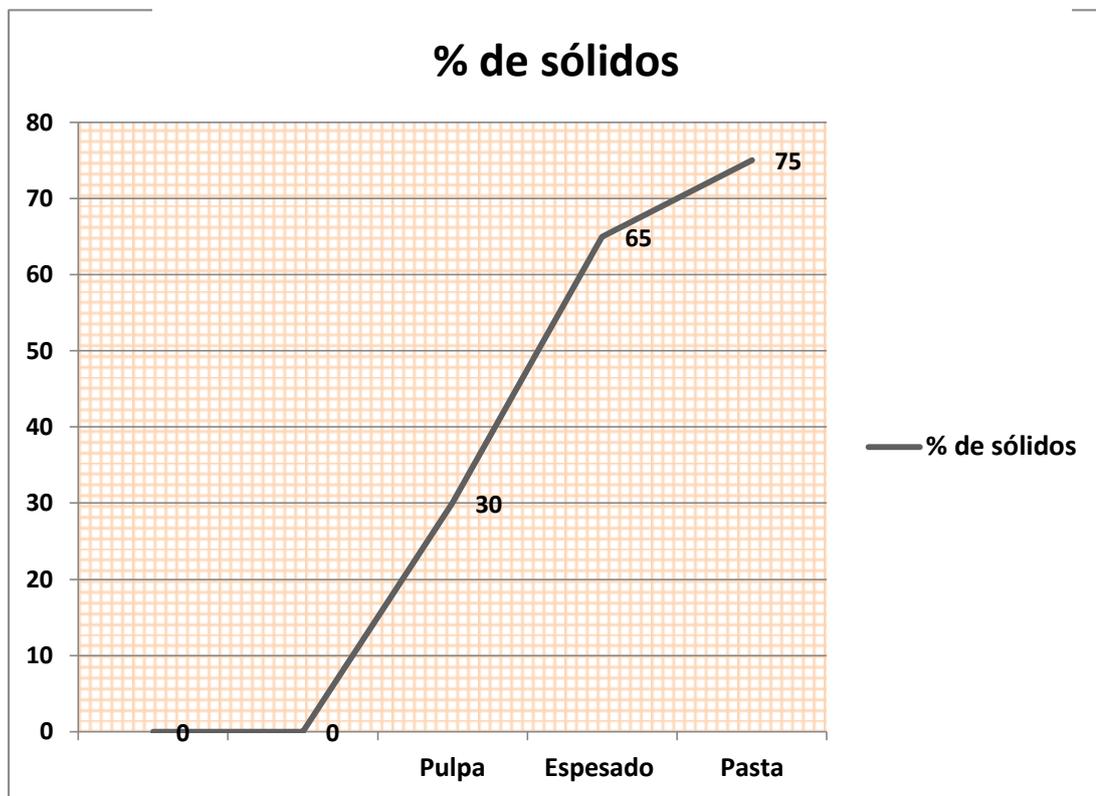
la relavera 2007, y los relaves en Pasta, usados en la relavera Manavale,

CUADRO 09: Contenido de agua y sólidos en los relaves

| Densidad de Sólidos | Vol. De agua por Tonelada de Relave | Consistencia de Relave |
|----------------------------|--|-------------------------------|
| % de Sólido | m³/ton | |
| 30 | 2.3 | Pulpa |
| 65 | 0.5 | Espesado |
| 75 | 0.3 | Pasta |

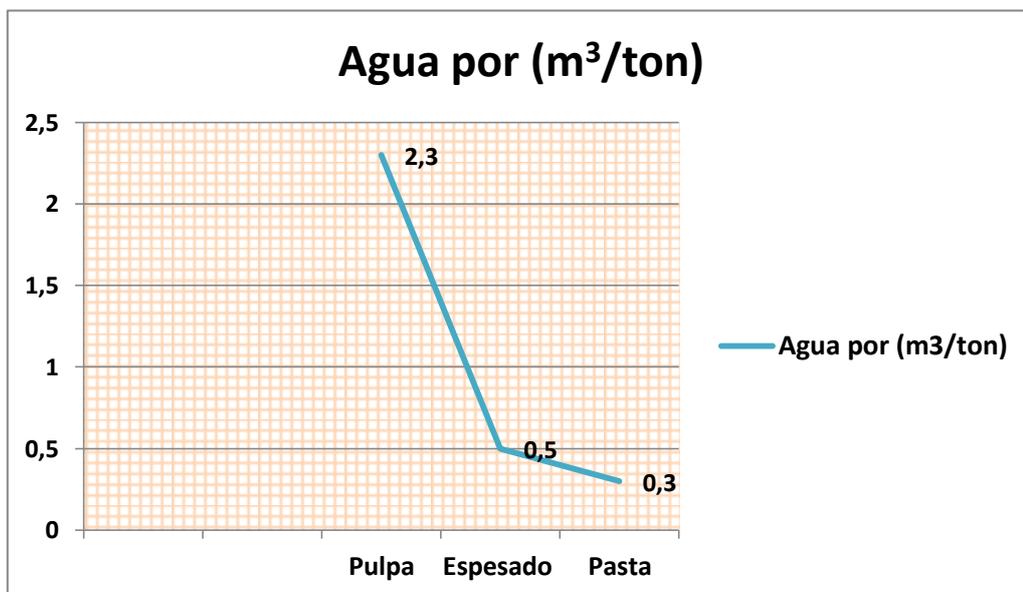
Fuente: Propias del investigador, 2018

GRÁFICO 13: Contenido de sólidos en los relaves



Fuente: Propias del investigador 2018

GRÁFICO 14: Contenido de agua en los relaves



Fuente: Propias del investigador, 2018

4.2.3.3. Suelo:

De acuerdo a los instrumentos de gestión ambiental presentados a la Dirección Regional de Energía y Minas, los cuales fueron evaluados y aprobados, se tiene la evaluación de uso de suelos en Yurajhuanca.

Para el uso actual de la Tierra utilizaremos la escala propuesta por la Unión Geográfica Internacional (UGI), la cual contiene nueve clases:

1. Áreas Urbanas y/o instalaciones gubernamentales y privadas.
 - Centros poblados.
 - Instalaciones de gobierno y/o privadas (carreteras, granjas, Canales, establos, huacas).

2. Terrenos con hortalizas.
3. Terrenos con huertos de frutales y otros cultivos perennes.
4. Terrenos con cultivos extensivos (papa, camote, yuca, etc.).
5. Áreas de praderas mejoradas permanentes.
6. Áreas de praderas naturales.
7. Terrenos con bosques.
8. Terrenos hidromórficos: pantanos, ciénagas, bofedales.
9. Terrenos sin uso y/o improductivos:
 - Tierras en barbecho (preparación o descanso temporal).
 - Terrenos agrícolas sin uso (actualmente abandonados).
 - Terrenos de litoral, caja de río.
 - Áreas sin uso no clasificadas.

De acuerdo a la aprobación de los Instrumentos de Gestión Ambiental, en la zona del proyecto, se han reconocido las siguientes Clases:

- Clase 1, son las Áreas Urbanas y/o instalaciones gubernamentales y privadas; agrupa a las poblaciones de Yurajhuanca, Quiulacocha.

Las instalaciones de la empresa AUREX S.A., están compuestas por:

- Clase 6, son terrenos con praderas naturales, constituidas por pastos de porte bajo y por pajonales (ichu). Se hallan como una

unidad individual y en asociación con superficies hidromórficas y afloramientos líticos.

➤ Clase 9, terrenos sin uso y/o improductivos. Afloramientos líticos, constituido por afloramientos rocosos en laderas y cimas de colinas. Se hallan en asociación con praderas naturales.

- La construcción de una relavera convencional requiere mayor cantidad de material de préstamo para el dique de contención para soportar altas presiones, mientras que para el sistema de pasta se requiere menor cantidad de material de empréstimo sólo para el muro de confinamiento.

Por lo que el uso de material para la construcción de los depósitos en Pasta es menor, y será menor la contaminación al usar poco material para la construcción del depósito.

GRÁFICO 15: Disposición de Relaves con muro de contención



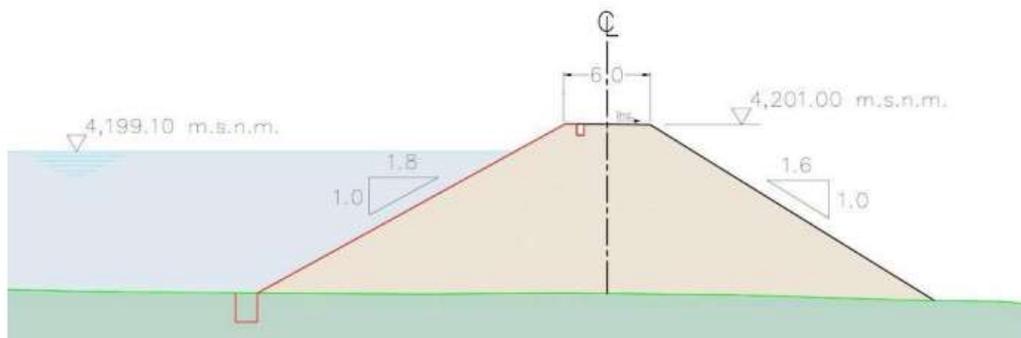
Fuente: AUREX S.A.

- Menor área requerida tanto para el equipo como para la disposición:
El beneficio más importante de los relaves en Pasta radica en el incremento de la vida de los depósitos ya que se retirará una cantidad sustancial de las soluciones contenidas en ellos, las mismas que se recircularán y volverán a la Planta, e incluso el material para futuros diques de construcción de los depósitos sería el relave mismo. Se estima en **40%** más, el incremento de la **vida útil de relavera convencional**, permite el uso del área adyacente a la antigua relavera.

Se dan a continuación las características más resaltantes tanto de la presa (del tipo homogénea) construida con materiales sueltos como de su embalse, con una vida útil de 2 años:

- a) Cota del nivel máximo de operación del embalse (NAMO) 4,199.1 m.s.n.m. Este es el nivel máximo de deposición de relaves.
- b) Cota del nivel máximo extraordinario (NAME) 4,200.1 m.s.n.m.
- c) Cota del coronamiento de la presa (CP) 4,201 m.s.n.m.
- d) Borde libre normal de la presa (CP - NAMO) 1.9 m
- e) Borde libre mínimo (CP - NAME) 1 m
- f) Altura máxima de la presa desde la cimentación 9 m
- g) Volumen útil del embalse (entre NAMI y NAMO) **188,900 m³**
- h) Longitud del coronamiento de la presa en la cota 4,201.0 m.s.n.m. es 723.42 m.

GRÁFICO 16: Disposición de Relaves en la Relavera Manavale



Fuente: AUREX S.A.

- Considerando la Producción de la Planta Andes de la empresa Aurex S.A. y habiendo tenido por clausurado la Relavera 2007, se presentó un Informe Técnico Sustentatorio para el recrecimiento de la Relavera 2007 lado este, con los relaves en Pasta ya que teniendo las consideraciones técnicas, y trabajando de forma amigable con el ambiente, se consideró el trabajo de la Planta Andes de 300 días por año, el periodo de vida del proyecto será de 8 años (entre un factor de seguridad de 1,3 negativo, en adelante considerar 6 años la vida de la “Relavera 2007”), a un ritmo de disposición de relaves de 156,25 m³/día, para una Capacidad de la “Relavera 2007” calculada en **380 000 m³ de volumen útil**.

La consistencia alcanzada sobre el ángulo de reposo de 5% permite que la pasta permanezca estable, aun cuando esté varias horas sin moverse. La pasta que viene disponiéndose en la Relavera 2007, está conformada a partir de una gran variabilidad de componentes

como cuarzo, feldespato, arcillas, micas y sales, producto restante del mineral de Pasivos Coloniales.

Área (A) : 40,056.65 m² (Área Superficial de la Relavera 2007).

Densidad (d) : 1.64 Tn/m³ (Densidad de la pasta).

Descarga (Dc) : 200 Tn/día (Descarga de la pasta) = 121.95 m³/día.

Superficie : Prácticamente horizontal.

Tabiques de Presa:

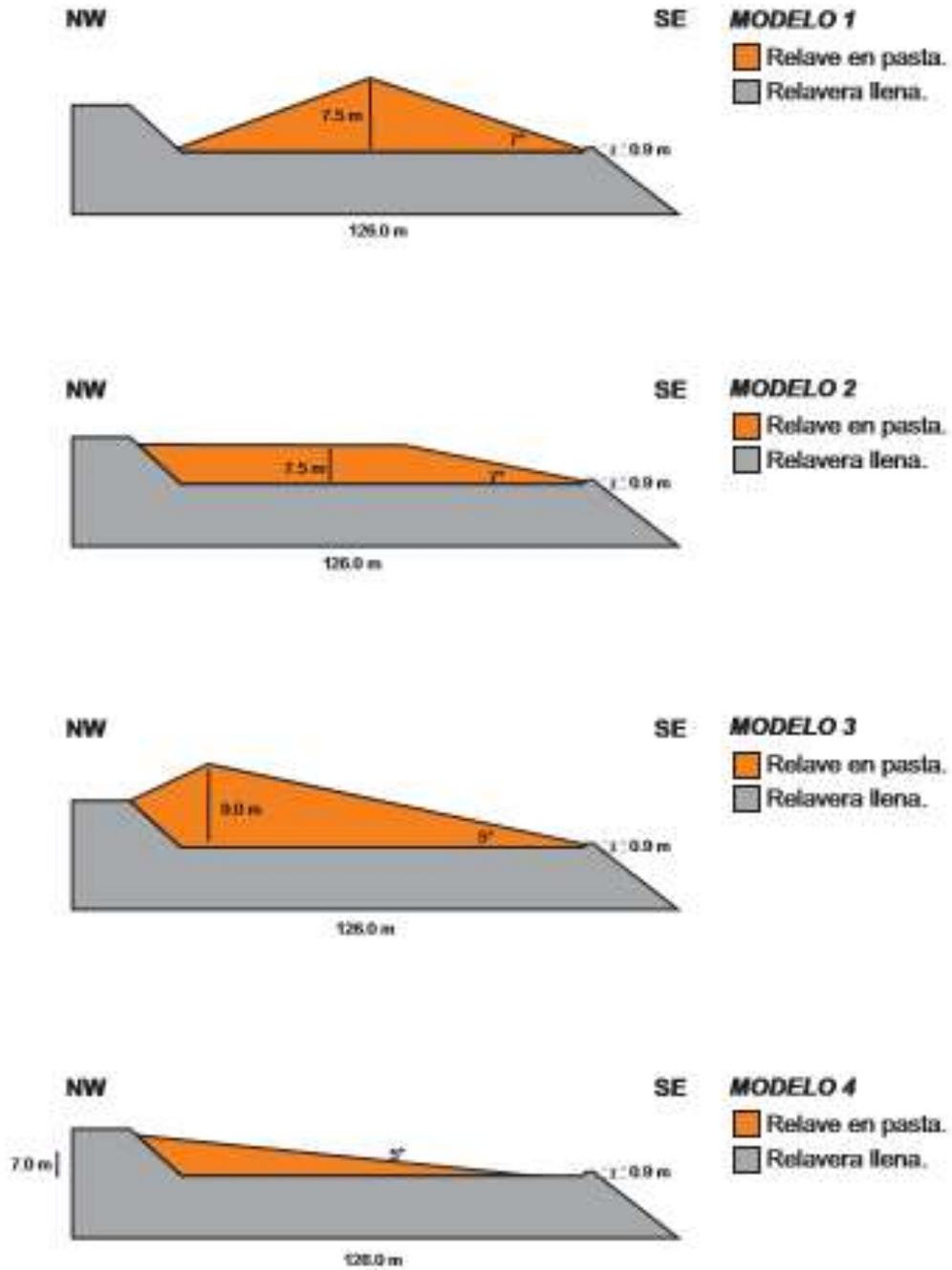
a. Al Nor-Oeste (NW): Intermitente de 2,0 a 8,0 m (requiere uniformizar a 8.50 m.

b. Al Sur-Este (SE) y el Sur-Oeste (SW): Prom. 0,90 m.

Muestra 3 Modelos de descarga de relave en pasta propuestos y 1 ya existente (Modelo 4) con actual descarga al 44.32% de volumen utilizado (Modelo 5); y 55.68% por utilizar; los siguientes

Croquis:

**GRÁFICO 17: Disposición de Relaves en la Relavera 2007
Recrecimiento Lado Este**



Fuente: AUREX S.A.

4.3. PRUEBA DE HIPÓTESIS:

La Hipótesis es:

El relave en pasta de la empresa Aurex S.A. influye en la reducción de impactos negativos al aire, agua y suelo en la Comunidad de Yurajhuanca.

Debido a que:

$$Y=f(X)$$

Donde:

Y= Variable dependiente; Impactos negativos al aire, agua y suelo

X= Variable independiente; relaves en pasta

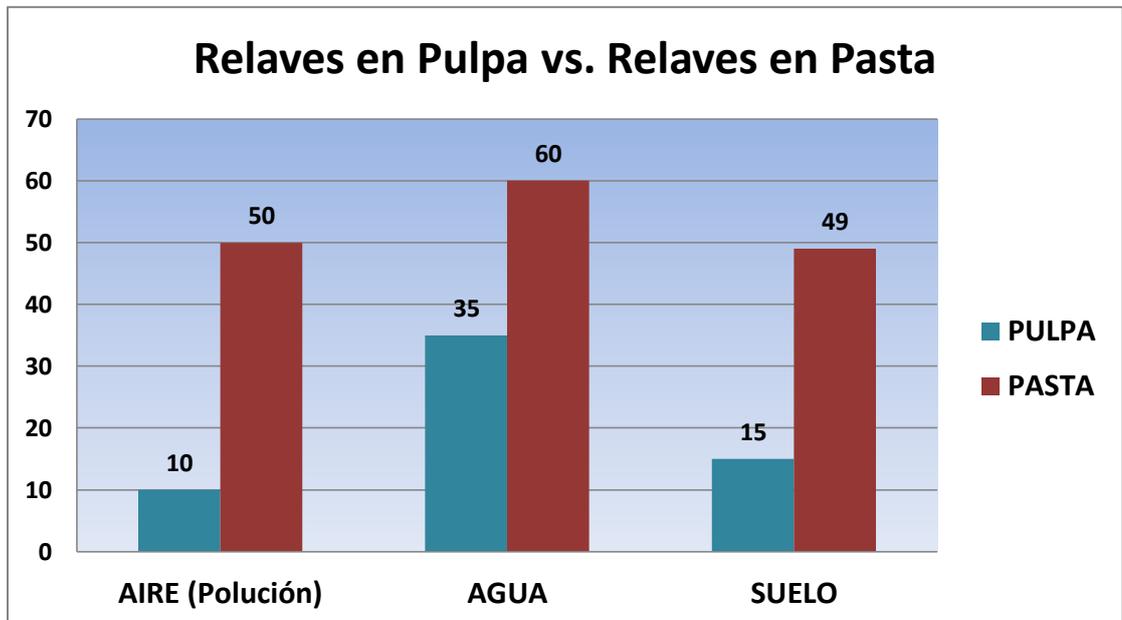
f= Función

Tomaremos la influencia de los Relaves en Pasta en la reducción de impactos a los siguientes componentes del medio ambiente:

- a. El uso de la tecnología del Espesador de cono profundo permite que el relave en pasta contenga partículas finas (partículas sólidas es menor a 20 micrones) en un 15% de concentración en peso, permanecen adheridas a las partículas de mayor tamaño por la acción del floculante (0.01%), evitando la erosión, de esta forma se reduce la contaminación al aire por polución, hasta en un 50%.

- b. El agua que sale del Espesador de Cono Profundo, es recirculada para ser aprovechada de esta forma, el relave en pasta sale hasta con el 60% menos de agua, la disminución de agua en las relaveras, permite que se reduzca la contaminación al agua, ya que se utilizara menor cantidad de agua, además se reducirá la infiltración de las aguas de la relavera al subsuelo.
- c. El incremento de tiempo de vida de las relaveras debido a que, se requiere menos área tanto para el equipo como para la disposición, se calcula y de acuerdo a los estudios presentados se puede usar hasta 49% menos de área para disponer los relaves, ya que estos secan con mayor facilidad y se amplía el tiempo de vida de las relaveras a un 40%, reduciendo los impactos negativos a los suelos.

GRÁFICO 18: Presentación de Resultados



Fuente: Elaboración Propia

Se acepta la hipótesis alterna: H_1

- **El uso de los relaves en pasta de la empresa Aurex S.A. influye en la reducción de los impactos negativos al aire, agua y suelo, en la comunidad de Yuarjhuanca.**

Se rechaza la hipótesis nula: H_0

- El uso de los relaves en pasta de la empresa Aurex S.A. no influye en la reducción de los impactos negativos al aire, agua y suelo, en la comunidad de Yuarjhuanca.

4.4. DISCUSIÓN DE RESULTADOS:

De los resultados presentados se deduce que los relaves en pasta son una tecnología que a comparación de los relaves en pulpa influyen en la reducción de los impactos negativos al aire, agua y suelo, por lo siguiente:

- Evita generación de polución por polvo. Las partículas finas (partículas sólidas es menor a 20 micrones) en un 15% de concentración en peso, permanecen adheridas a las partículas de mayor tamaño por la acción del floculante (0.01%), evitando la erosión, aun cuando el relave en pasta se seca las partículas permanecen adheridas y reducen los impactos por contaminación al aire, ya que las partículas mayores y menores a 20 micrones forman enlaces a través de interacciones electroestática, estos enlaces resultan en una malla continua que actúa como una especie de red que retiene a las partículas más gruesas no pudiendo éstas segregarse ni sedimentar, se puede decir que en comparación a los relaves en pulpa de baja densidad la polución se reduce en hasta un 50%.
- Reducción de inventario de solución cianuradas, el agua que sale del Espesador de Cono Profundo, es recirculada para ser aprovechada de esta forma, el relave sale hasta con el 60% menos de agua y es más fácil su proceso de secado, además,

evitando el uso de agua limpia, reduciendo el impacto ambiental por contaminación al agua.

- Evita infiltraciones. La permeabilidad de la pasta es negativa. La solución intersticial migrará a la superficie y el agua de lluvia permanecerá en la superficie o será captada por el sistema de drenaje, de esta forma se evita la contaminación al agua, por escurrimiento, lo que puede verse también como una reducción de impactos al suelo y a las aguas subterráneas.
- Recuperación del área durante operación. Menor área requerida tanto para el equipo como para la disposición, se calcula y de acuerdo a los estudios presentados se puede usar hasta un 49% menos de área de almacenaje aumentando así en un 40 % la vida útil de la relavera, por lo que se deja de usar suelos, los cuales pueden ser utilizados en las áreas de pastoreo, como nos menciona la categorización de uso de suelo en los resultados, reduciendo así la contaminación a los suelos.

CONCLUSIONES

Basados en los resultados, se llegó a las siguientes conclusiones:

- A. Los relaves en pasta de la empresa Aurex S.A. si influyen en gran medida a la reducción de impactos al aire, agua y suelo, por el uso del Espesador de Cono Profundo el cual permite que se mejore tecnológicamente la disposición de los residuos mineros, permitiendo que los impactos negativos al medio ambiente sean menores en la Comunidad de Yurajhuanca.
- B. Se determinó, que el uso de los floculantes (0.01%), en el proceso de separación líquidos con sólidos, en el Espesador de cono profundo, hace que las partículas menores a 20 micras, se adhieran a las partículas más grandes, formándose la pasta, de esta forma se reduce la polución en las relaveras, reduciendo así el impacto ambiental por contaminación al aire en la comunidad de Yurajhuanca.
- C. Gracias a la reducción de hasta un 60% de agua en los relaves en pasta, y que esta agua sea recirculada para poder seguir con los procesos, reduciéndose así el consumo de aguas limpias, de esta forma se reduce el impacto negativo al agua, permitiendo que las aguas limpias sean usadas para otras actividades en la comunidad de Yurajhuanca.
- D. Debido a que los relaves en pasta son más viscosos, y tienden a secar más rápido, y gracias a su consistencia la presa que

contiene los relaves no necesita de mucho material a comparación de las otras formas de pulpas, para su construcción, reduciéndose así el material de préstamo, también a raíz de la prolongación de vida de las relaveras se utilizara menos espacio para la construcción de relaveras, esto nos indica una reducción a los impactos negativos a los suelos, ya que se tendrá más suelos libres de presas con relaves, y se podrá dar el uso correspondiente a los suelos.

RECOMENDACIONES

- A. Los relaves en Pasta son una tecnología que a comparación de otras formas de disposición de relaves, impactan menos de forma negativa al ambiente, se recomienda una investigación más profunda de este tipo de tecnologías para la conservación del medio ambiente en el tema minero.
- B. Se sugiere, que se siga investigando el uso de flocculantes y demás químicos que aportan mejoras en cuanto a la reducción de impactos negativos al aire, y de esta forma se pueda seguir trabajando de forma amigable con el ambiente.
- C. El empleo de tecnología en pasta es una solución adecuada para la disposición de relaves, pero es conveniente estudiar en este sistema el comportamiento de los químicos usados, y en cómo influye en la generación de aguas ácidas, y como se puede seguir usando en menor cantidad el agua limpia.
- D. Otro aspecto importante es complementar la información que permita diseñar la infraestructura de almacenamiento de este tipo de materiales pastosos, de tal forma que se pueda seguir reduciendo el uso de los suelos.

REFERENCIA BIBLIOGRÁFICA

- **Alexander Escobar Arocutipa**, Estudio de Recuperación de Agua de Relaves Empleando la Tecnología de Espesamiento en las Empresas Peruanas de la Región Tacna, **Tacna- Perú 2014**
- **Amelia Condezo Remigio**, Impacto de los Pasivos Ambientales Mineros en el Recurso Hídrico de la Microcuenca Quebrada Párac, Distrito de San Mateo de Huanchor, Lima, **Lima- Perú 2015**.
- **Dávila Ordoñez, Nilo Rubén y Paitan Quispe, Alvaro Cirilo**, Estudio de los Parámetros de Operación del Espesador de Pasta para la Disposición de Relaves en la UM Cerro Lindo Milpo, **Huancayo- Perú, julio 2014**.
- **Denis Omar, Almerco Palomino**, Construcción de Dique con Tratamiento del Relave, en Mina Catalina Huanca- Región Ayacucho, **Lima- Perú 2014**.
- **Dirección General de Políticas, Normas e Instrumentos de Gestión Ambiental, Viceministro de Gestión Ambiental**, Glosario de Términos para la Gestión Ambiental Peruana, **Lima- Perú 2012**.
- **El Dorado o Caja de Pandora: matices para pensar la minería en Ecuador by Teodoro Bustamante, Rommel Lara Ponce – Flacso Quito- Ecuador, 2010**

- **Emmanuel Pornillos**, Disposición de Relaves Desaguados en Superficie y en Minado Subterránea Aplicadas en Perú, **Jueves Minero**, julio del 2013, Lima- Perú.
- **Gutiérrez Conde, Marco Antonio Claudio**, Operación de la Presa de Relaves del Proyecto Toromocho, **Arequipa Perú 2015**.
- **Javier Lillo**, Impactos de la Minería en el Medio Natural, **Grupo de Estudios en Minería y Medioambiente**.
- **José Luis Lara**, Experiencias de Operación de Depósitos de Relaves Espesados y Filtrados, **Golder Associates**, **Octubre del 2013**
- **Juanita Galaz Palma**, Estado del Arte en la Disposición de Relaves Espesados, **VI Mediana Minería**, agosto 2011- **Santiago – Chile**.
- **Paloma Gómez Paredes**, Evaluación Pruebas De Espesamiento De Relaves En Planta Piloto, **Pontificia Universidad Católica De Valparaiso**, **Chile 2012**
- **Portal minero**, “Cabildo a la vanguardia en innovación tecnológica para el depósito de residuos mineros”, Santiago de Chile, **agosto 2006**. Disponible en: <http://www.miningpress.com/nota/129484/innovador-proyecto-para-el-deposito-de-residuos-mineros->
- **Programa de Asistencia Técnica al Ministerio de Energía y Minas del Perú**, Guía Ambiental para el Manejo de Relaves Mineros, **Lima Perú 2015**.

- **Ricardo Valdebenito V.**, Disposición de Relaves en Pasta- Aspectos Relevantes, para la Aplicación de la Tecnología en Pasta, **Mine Reclamación and Geotechnical Service SNC.LAVALIN 2015.**
- **San José**, Desmontes Escorias y Relaves, **viernes 22 de agosto del 2014,** **Disponible** **en:**
<http://apuntesingenierialegal.blogspot.pe/2014/08/desmontes-escorias-y-relaves-3041.html>
- **Seguridad Minera**, Depósitos de Relaves secos y la Reducción del Consumo de Agua, 04 de noviembre del 2013. Disponible en:
<http://www.revistaseguridadminera.com/operaciones-mineras/depositos-de-relaves-secos-y-la-reduccion-del-consumo-de-agua/>

**ANEXO 01:
PANEL FOTOGRÁFICO**

GRÁFICO 19: Procedimiento del ensayo de abatimiento



GRÁFICO 20: Muestra de Calidad de Pasta



GRÁFICO 21: Comportamiento de la Muestra de la Pasta



GRÁFICO 22: Ensayo de Canaleta de la Pasta



GRÁFICO 24: Presa de Relaves Manavale junto a la Relavera 2007



GRÁFICO 25: Relavera 2007, lado este, disposición con relaves en pasta



GRÁFICO 26: Espesador de Cono Profundo, AUREX S.A.



GRÁFICO 27: Extracción de Relaves Coloniales para su reaprovechamiento



GRÁFICO 28: Laboratorio químico AUREX S.A.



GRÁFICO 29: Área de recirculación de la solución rica AUREX S.A.



ANEXO 02

Resoluciones de Aprobación de Instrumentos de Gestión Ambiental de la empresa Aurex S.A.



Resolución Directoral

N° 011 /2014-GRP-CGR-GRDE/DREM/

Cerro de Pasco, 07 MAR 2014

Visto, el Registro N° 233114 y Expediente N° 138970 de fecha 19 de diciembre del 2013, en donde Compañía Minera Aurífera Aurex S.A., presenta la Actualización del Estudio de Impacto Ambiental Semi detallado de la Planta de Beneficio Andes ubicado en el Distrito de Simón Bolívar, Provincia y Departamento de Pasco.

CONSIDERANDO:

Que, el Artículo 15° de la Ley de Formalización y Promoción de la Pequeña Minería y Minería Artesanal, Ley N° 27651, modificada por Decreto Legislativo N° 1040, establece que para el inicio o reinicio de actividades, los pequeños productores mineros y productores minero artesanales, estarán sujetos a la presentación de Declaración de Impacto Ambiental y/o el Estudio de Impacto Ambiental Semidetallado, según corresponda, para la obtención de Certificación Ambiental;

Que, por Decreto Supremo N° 019-2009-MINAM se aprobó el reglamento de la Ley N° 27446, Ley del Sistema Nacional de Evaluación de Impacto Ambiental, estableciendo en el artículo 30, referida a la actualización de estudio ambiental indica que: el estudio ambiental aprobado, debe ser actualizado por el titular en aquellos componentes que lo requieran, al quinto año de iniciada la ejecución del proyecto y por periodos consecutivos y similares, debiendo precisarse sus contenidos así como las eventuales modificaciones de los planes señalados en el artículo precedente. Dicha actualización será remitida por el titular a la autoridad competente para que esta la procese y utilice durante las acciones de vigilancia y control de los compromisos ambientales asumidos en los estudios ambientales aprobados.

Que, el inciso c) del artículo 36 de la Ley 27783, Ley de Bases de la Descentralización establece que la Promoción, Gestión y regulación de las actividades económicas y productivas, en el ámbito y nivel correspondiente al Sector Minería, es una competencia compartida entre el Gobierno Nacional y el Gobierno Regional;

Que, mediante Resoluciones Ministeriales N° 179-2006-MEM-DM, N° 550-2006-MEM-DM, N°316-2007-MEM/DM y N° 145-2008-MEM/DM se ha transferido funciones ambientales a los Gobiernos Regionales por tanto les corresponde Evaluar,





Todos a trabajar
Por Pasco

Aprobar o Desaprobar los estudios ambientales correspondientes a la Pequeña Minería o Minería Artesanal, así como fiscalizar su cumplimiento;



**DIRECCIÓN REGIONAL
ENERGÍA Y MINAS**

74

Con Registro N° 233114 y Expediente N° 138970 de fecha 19 de diciembre del 2013, Compañía Minera Aurífera Aurex S.A., presenta la Actualización del Estudio de Impacto Ambiental Semi detallado de la Planta de Beneficio Andes ubicado en el Distrito de Simón Bolívar, Provincia y Departamento de Pasco.



Que, Mediante INFORME N° 001-2014-GRP-GGR-GRDE-DREMH/ATAA, de fecha 08 de enero del 2014, se observa la Actualización del Estudio de Impacto Ambiental Semi detallado de la Planta de Beneficio Andes.

Que, con Auto Directoral N° 003-2014-G.R.P-GGR-GRDE-DREMH, de fecha 16 de enero del 2014; sustentado en el INFORME 001-2014-GRP-GGR-GRDE-DREMH/ATAA se otorga 30 días calendario para la absolución de observaciones.

Con Registro N° 251828 y Expediente N° 138970 de fecha 04 de febrero del 2014, Compañía Minera Aurífera Aurex S.A., presenta subsanación de observaciones a la Actualización del Estudio de Impacto Ambiental Semi detallado de la Planta de Beneficio Andes ubicado en el Distrito de Simón Bolívar, Provincia y Departamento de Pasco.



Que, Mediante INFORME N° 010-2014-GRP-GGR-GRDE-DREMH/ATAA, de fecha 20 de febrero del 2014, se recomienda aprobar la Actualización del Estudio de Impacto Ambiental Semi detallado de la Planta de Beneficio Andes perteneciente a Compañía Minera Aurífera Aurex S.A.

Que, con Auto Directoral N° 025 -2014-G.R.P-GGR-GRDE-DREMH, de fecha 05 de Marzo del 2014; sustentado en el INFORME 010-2014-GRP-GGR-GRDE-DREMH/ATAA se resuelve APROBAR la Actualización del Estudio de Impacto Ambiental Semi detallado de la Planta de Beneficio Andes perteneciente a Compañía Minera Aurífera Aurex S.A.



De conformidad con la Ley N° 27651, Ley 27783, Ley N°27446, Ley N°27867 Decreto Supremo N° 013-2002-MEM, Decreto Supremo N° 019-2009-MINAM, Resoluciones Ministeriales N° 179-2006-MEM/DM, N° 550-2006-MEM-DM, N° 316-2007-MEM/DM y N° 145-MEM/DM y demás normas reglamentarias y complementarias.



SE RESUELVE:

Artículo 1°.- APROBAR la Actualización del Estudio de Impacto Ambiental Semi detallado de la Planta de Beneficio Andes perteneciente a Compañía Minera Aurífera Aurex S.A., ubicado en el Distrito de Simón Bolívar, Provincia y Departamento de Pasco.



Las especificaciones técnicas de la Evaluación Ambiental se encuentran indicadas en el INFORME 010-2014-GRP-GGR-GRDE-DREMH/ATAA, de fecha 20 de febrero del 2014, el cual se adjunta como anexo de la presente Resolución Directoral por ser parte integrante de la misma.



Artículo 2º - La aprobación de la Actualización del Estudio de Impacto Ambiental semi detallado, no constituye el otorgamiento de autorizaciones, permisos y otros, que por leyes orgánicas o especiales son de competencia de otras autoridades nacionales, sectoriales, regionales o locales.



Artículo 3º - Compañía Minera Aurífera Aurex S.A. se encuentra obligado a cumplir con lo estipulado en la Actualización del Estudio de Impacto Ambiental Semi detallado de la Planta de Beneficio Andes, así como con la presente Resolución Directoral y los compromisos asumidos a través de los recursos complementarios presentados por el administrado.



Artículo 4º Remitir al órgano competente copia de la presente Resolución Directoral y de los documentos que sustentan la misma, para los fines de fiscalización correspondiente.

Regístrese, Comuníquese y Archívese.

Atentamente:

GOBIERNO REGIONAL DE PASCO
DIRECCIÓN REGIONAL DE ENERGÍA Y MINAS
Ing. Rafael Trujillo Bofalo
DIRECTOR REGIONAL



"Año de la Consolidación del Mar de Grau"



DIRECCIÓN REGIONAL DE ENERGÍA MINAS E HIDROCARBUROS DE PASCO

Resolución Directoral

N° 34 -2016-GRP-GGR-GRDE/DREMH

Cerro de Pasco, 01 SEP 2016

Visto, el proveído el **INFORME N° 080-2016-GRP-GGR-GRDE-DREMH/AT/AA/GRCB** que antecede y estando de acuerdo con lo expresado;

Que, mediante carta N° 042-2016-PBA/CMAA, con registro de Expediente N° 403455 y Doc. N° 617082 de fecha 04 de mayo del 2016, **AUREX S.A.**, presenta ante la Dirección Regional de Energía y Minas de Pasco el informe Técnico Sustentatorio para el recrecimiento de la relavera 2007 con relave en pasta;

Que, mediante documento registrado en mesa de partes con Reg. 429893 y Doc. 657006 con fecha de recepción del 02 de agosto del 2016, **AUREX S.A.** presento información Aclaratoria, al informe Técnico Sustentatorio.



Que, habiendo sido evaluados mediante **INFORME N° 080-2016-GRP-GGR-GRDE-DREMH/AT/AA/GRCB** de fecha 22 de agosto del 2016.

SE RESUELVE: DAR CONFORMIDAD para el recrecimiento de la relavera del nuevo depósito de relaves- lado Esta planta de Beneficio Andes perteneciente a **AUREX S.A.** de conformidad con el **Artículo 4° del decreto Supremo N° 054-2013-PCM**, El titular minero deberá cumplir con todas las especificaciones indicadas en el informe Técnico Sustentatorio, además deberá realizar la modificación del plan de Cierre de Minas aprobado, considerando las modificaciones efectuadas y aprobadas.



REGÍSTRESE Y COMUNÍQUESE.

Atentamente:

Ing. Cornelio RAMOS ALANÍA
DIRECTOR



DIRECCION: EDIFICIO ESTATAL N°3 2DO. PISO
(AV. LOS PROCERES) SAN JUAN PAMPA

TEL/FAX: (063) 422153
E-MAIL: direccion@regionpasco.gob.pe

Reg. Doc.: 671441
" 2016 "

ANEXO 03

MATRIZ DE CONSISTENCIA

“INFLUENCIA DE LOS RELAVES EN PASTA DE LA EMPRESA AUREX S.A. EN LA REDUCCIÓN DE IMPACTOS NEGATIVOS AL AIRE, AGUA Y SUELO EN LA COMUNIDAD DE YURAJHUANCA”

| Problema | Objetivos | Hipótesis | Variables |
|--|--|---|---|
| <p>A. General: ¿Influyen los relaves en pasta de la empresa Aurex S.A. en la reducción de impactos negativos al aire, agua y suelo en la Comunidad de Yurajhuanca?</p> | <p>A. General: Determinar la influencia de los relaves en pasta de la empresa Aurex S.A. en la reducción de impactos negativos al aire, agua y suelo en la comunidad de Yurajhuanca.</p> | <p>A. Hipótesis General: El relave en pasta de la empresa Aurex S.A. influye en la reducción de impactos negativos al aire, agua y suelo en la Comunidad de Yurajhuanca.</p> | <p>A. Variable Dependiente Impactos negativos al aire, agua y suelo</p> |
| <p>B. Específicos a. ¿De qué manera reduce la contaminación al aire por polución? b. ¿De qué manera reduce la contaminación al agua? c. ¿De qué manera se incrementa el tiempo de vida de las relaveras?</p> | <p>B. Específicos a. Determinar la reducción de contaminación al aire por polución. b. Determinar la disminución de cantidad de agua en las relaveras. c. Determinar el incremento de tiempo de vida de las relaveras.</p> | <p>B. Hipótesis Específicos: a. El relave en pasta reduce la contaminación al aire por polución. b. La disminución de agua en las relaveras reduce la contaminación al agua. c. El incremento de tiempo de vida de las relaveras por los relaves en pasta reduce los impactos negativos a los suelos.</p> | <p>B. Variable Independiente: Relave en pasta</p> |