

"AÑO DE LA PROMOCIÓN DE LA INDUSTRIA RESPONSABLE Y DEL COMPROMISO CLIMÁTICO"

# **Universidad Nacional de Huancavelica**

(Creada por Ley N° 25265)

**FACULTAD DE INGENIERÍA DE MINAS - CIVIL**  
**ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE MINAS**



**LOS DRENAJES DE LA MINA PAMPAMALI S.A. EN LA  
CONTAMINACIÓN DEL RIACHUELO CCOCHATAY  
EN EL DISTRITO DE SECCLLA - HUANCVELICA**

**LÍNEA DE INVESTIGACIÓN:  
MEDIO AMBIENTE Y DESARROLLO SOCIAL  
PARA OPTAR EL TITULO PROFESIONAL DE:  
INGENIERO DE MINAS**

**PRESENTADO POR:  
Bach. ORLANDO DE LA CRUZ ORIHUELA  
Bach. RAMIRO MONTALVAN MENDOZA**

**ASESOR:  
Ing. Juan Pablo CASTRO ILLESCA**

2014



# Acta de Sustentación de Tesis de los Bachilleres



UNIVERSIDAD NACIONAL DE HUANCABECA  
SEDE LIRCAY  
INGENIERO PROFESIONAL DE ARQUITECTURA  
Específico: QUE LA PRESENTE ES COPIA FIEL  
DE LA ORIGINAL QUE SE ENVIÓ A LA LISTA.

Ing. JOSÉ MARÍA NAHUI  
(e) FEDATARIO



10 JUN. 2014

En la ciudad de Lircay, Páramo de la Facultad de Ingeniería de Minas - Civil de la Universidad Nacional de Huancavelica a los veinte días del mes de Enero del 2014 siendo las 4.00 P.M. Reunidos los miembros del jurado calificadora conformando por el Presidente: Msc. Inge. Rodrigo Huamancaya Espunga, Secretario Sr. Felisiano Germán Ramírez Rosales y Vocal Msc. Inge. Jesús Salvador Guymán Ibarra.

El Presidente del jurado da lectura de la Resolución de Consejo de Facultad de Ingeniería de Minas - Civil N° 0011-2014-FIMC-UNH para lo cual se le da 40 minutos para la Exposición de la tesis denominada "Los Drenajes de la Mina Pampamali S.A. en la Contaminación del Riochuelo Isochatay en el Distrito de Secalla - Huancavelica". Por los Bachilleres Montalban Mendoza, Romero y De la Cruz.

Tras haberse concluido la sustentación de la tesis se pasa a la Ronda de Preguntas por parte de los miembros de jurado las que son respondidas por los sustentantes, seguidamente se invita a todo el público presente incluido los sustentantes a dejar el auditorio para que el jurado calificadora pueda deliberar sobre el resultado de la sustentación, el presidente del jurado calificadora comunica retornar a los sustentantes y público en general retornar al auditorio seguidamente el Secretario del jurado calificadora da lectura del acta de sustentación donde el Resultado Final es Aprobado por unanimidad. De esta manera se da por concluido la sustentación de la tesis siendo horas 5:30 P.M. Firmando los miembros de jurado en señal de conformidad.



*[Handwritten signature]*

Ing. Rodrigo  
ESPINOZA  
PRESIDENTE.

*[Handwritten signature]*

Dr. Feliciano Ramírez Rosales  
Secretario

*[Handwritten signature]*

Msc. Ing. CÉSAR SALAZAR BUENARTE

Vocal.

**DEDICATORIA.**

A mi esposa Betzabe Prisila Poma Ramos y  
a mi hijo Aron Ramiro Montalván Poma por  
ser la razón de mi vida.

A mis padres por recibir su apoyo  
incondicional.

**Ramiro**

**DEDICATORIA.**

A mi esposa Graciela y a mi hijo Aldair De La  
Cruz, por ser la razón de mi vida.

A mis padres que desde el cielo me iluminan para  
seguir desarrollándome en mi vida profesional.

**Orlando**

## **AGRADECIMIENTOS**

Mi agradecimiento especial al Ing. José Domingo HERRERA SALAZAR, Gerente General de la Cía. Minera Pampamali S.A, quién nos brindó la oportunidad para realizar el presente trabajo de investigación.

Así mismo debo agradecer a mi alma mater la Universidad Nacional de Huancavelica, a nuestro asesor Ing. Juan Pablo CASTRO ILLESCA, por su constante colaboración en el presente trabajo de investigación.

## RESUMEN

El presente estudio de investigación surge en virtud a los conflictos sociales por la prevención en la contaminación del riachuelo Ccochatay, Comprensión del Distrito de Secclla-Huancavelica, cuyo objetivo evaluar o determinar el análisis físico-químico en la calidad de las aguas del riachuelo Ccochatay.

El estudio realizado corresponde a un estudio de carácter cuantitativo y descriptivo cuyo problema investigado fue ¿Qué influencia tiene los drenajes de la Mina Pampamali S.A, en la contaminación del riachuelo Ccochatay en el distrito Secclla – Huancavelica?, Su Objetivo: Determinar la influencia que tiene los drenajes de la Mina Pampamali S.A, en la contaminación del riachuelo Ccochatay en el Distrito Secclla – Huancavelica, e hipótesis :Los drenajes de la Mina Pampamali S.A. contribuirán positivamente, en la contaminación del riachuelo Ccochatay en el distrito Secclla – Huancavelica, el método de investigación fue el no experimental, para la medición de la calidad de aguas se tomó muestras de agua en volumen del caudal los mismos que fueron evaluados de la distribución T el nivel de significancia es 0.05 %, asimismo se ha demostrado que la calidad de aguas del riachuelo Ccochatay, influye favorablemente y significativamente.

El análisis físico-químico realizado en el laboratorio de J. Ramón del Perú S.A.C, de las muestras extraídas (06) en la inspección del campo realizada a la Mina Pampamali S.A, presentan los resultados tal como se muestra.

El pH resultante es conforme en todas las muestras (6), que cumplen con los NMP (> a 6 y < que 9); el TDS, TSS, Redox y Conductividad eléctrica, cumplen con los valores de calidad establecidos en la Ley General de Aguas, Clase III.

Palabras claves.

Calidad y muestras de agua, TDS, TSS, NMP, pH.

Los tesisistas.

## INTRODUCCIÓN

El presente proyecto de investigación tiene como finalidad de viabilizar el estudio de los drenajes de la mina Pampamali S.A, en la contaminación del riachuelo Ccochatay en el Distrito de Secclla-Huancavelica.

El cuidado del medio ambiente nos preocupa a todos y a medida que disponemos de mayor información nos comprometemos más con su protección y conservación. Todos somos responsables del cuidado del medio ambiente y el compromiso va a determinar que utilicemos los recursos naturales de una manera sostenible.

Cada día con el avance tecnológico y la modernidad la sociedad mundial necesita más minerales, pero a la vez exige que la extracción y concentración y beneficio para obtener los metales no dañen el medio ambiente y que la Empresa Minera Pampamali S.A, adopte prácticas de responsabilidad ambiental y social donde realiza sus operaciones.

La necesidad actual es preservar el medio ambiente, en todas las actividades generadas por la Empresa Minera, las empresas mineras generan impactos negativos como aguas ácidas que son vertidos por drenaje hacia las micro cuencas, que ha venido deteriorando el hábitat del hombre la hidrología flora y fauna aparte de modificar el paisaje natural.

Esta tesis pretende de alguna manera contribuir con la solución del problema generado por la actividad minera, en los drenajes al riachuelo de Ccochatay que como consecuencia de estos hechos se originaron conflictos sociales contra esta Empresa Minera Pampamali S.A. Precisamente por ello nuestro problema de investigación se inicia en:

¿Qué influencia tiene los drenajes de la Mina Pampamali S.A, en la contaminación del riachuelo Ccochatay en el distrito Secclla – Huancavelica?, cuya hipótesis planteada fue:

Los drenajes de la Mina Pampamali S.A. contribuirán positivamente, en la contaminación del riachuelo Ccochatay en el distrito Secclla – Huancavelica.

Para mayor conocimiento este proyecto de investigación se ha dividido en cuatro capítulos.

Capítulo I, trata específicamente el planteamiento y formulación del problema, objetivos general, específico y justificación.

Capítulo II, del marco teórico cabe mencionar que en este tipo de investigación todo los aspectos teóricos, como antecedentes, bases teóricas, hipótesis de investigación, así como las definiciones de términos, identificación de variables e indicadores, para dar mayor conocimiento y credibilidad en el estudio de la presente investigación.

Capítulo III, de la metodología y métodos de investigación, en el cual se detalla diseño, nivel, tipo de investigación, de igual manera el estudio de población y muestra e instrumentos de recolección de datos, además de técnicas de recolección de datos y procesamiento de información en el gabinete.

Capítulo IV, de los resultados favorecerá en todo caso a lo mejora de la calidad de vida del área de influencia de la mina, como a las comunidades de Ccochatay y Quispicancha entre otros, permitiendo dar resultados de acuerdo al análisis físico-químico, que las aguas de la Clase III, se encuentran por debajo de los valores máximos permisibles establecidos en la ley de aguas.

# INDICE

DEDICATORIA  
 AGRADECIMIENTO  
 RESUMEN  
 INTRODUCCIÓN

## CAPÍTULO I

### PROBLEMA

1.1 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA..... 9  
 1.2 FORMULACION DEL PROBLEMA..... 11  
 1.3 OBJETIVO GENERAL Y ESPECIFICOS..... 11  
 1.4 JUSTIFICACION..... 12

## CAPÍTULO II

### MARCO TEÓRICO

2.1 ANTECEDENTES..... 15  
 2.2 BASES TEORICAS..... 29  
 2.3 HIPOTESIS DE INVESTIGACIÓN..... 53  
 2.4 VARIABLES DE ESTUDIO..... 53

## CAPÍTULO III

### METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN

3.1 AMBITO DE ESTUDIO..... 55  
 3.2 TIPO DE INVESTIGACIÓN..... 55  
 3.3 NIVEL DE LA INVESTIGACIÓN..... 55  
 3.4 METODOS DE INVESTIGACIÓN..... 55  
 3.5 DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN..... 56  
 3.6 POBLACIÓN Y MUESTRA..... 57  
 3.7 TECNICAS E INSTRUMENTOS DE RECOLECCIÓN DE DATOS..... 57  
 3.8 PROCEDIMIENTO DE RECOLECCIÓN DE DATOS..... 58  
 3.9 TECNICAS DE PROCESAMIENTOS Y ANÁLISIS DE DATOS..... 58

## **CAPÍTULO IV**

### **RESULTADOS**

4.1 PRESENTACIÓN DE RESULTADOS.....	59
4.2 PRUEBA DE LA SIGNIFICANCIA DE LA HIPOTESIS.....	66
4.3 DISCUSIÓN DE RESULTADOS.....	72

### **CONCLUSIONES**

### **RECOMENDACIONES**

### **REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS**

### **ANEXOS**

- Resultado de laboratorio
- Panel fotográfico

# CAPÍTULO I

## PROBLEMA

### 1.1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

La generación del drenaje ácido de mina (DAM) y los botaderos de desmonte es un problema en los yacimientos polimetálicos peruanos, perjudican severamente la vida acuática de los ríos y la ecología de su entorno de la flora fauna y seres humanos. Causan conflictos sociales con las empresas mineras que están en explotación, también a los proyectos mineros nuevos, vale decir la actividad minera es mal vista y rechazada.

En el Perú Existen alrededor de 611 minas inactivas, las cuales al encontrarse en estado de abandono se convierten en pasivos mineros, los mismos que causan significativos problemas ambientales debidos principalmente a la generación de drenaje ácidos de mina, y canchas de desmonte y bocaminas , etc.se hace el problema aún más grave para la actividad minera.

Una vez generado el drenaje ácido de mina es difícil y costoso su control, los efectos son a largo plazo, aún a perpetuidad, y afectarán, tanto al uso de aguas superficiales, debido por sus propiedades tóxicas sobre la fauna acuática como a las fuentes de aguas subterráneas debido a la migración de los lixiviados tóxicos.

Se puede apreciar los distintos casos de contaminación de cauces de ríos en nuestro país menciono algunos de ellos la contaminación del río Huallaga por fuentes de

contaminación actuales y potenciales de las minas Pilar, Atacocha, San Miguel y Milpo que aportan sus DAM a dicho río, aunque ya cuentan con un Programa de Adecuación Medio Ambiental (PAMA), esto no quiere decir que ya no contaminen el río Huallaga.

En la región de Huancavelica, la principal contaminación mediante las aguas servidas en la cuenca del río Ichu que alberga una población grande y un amplio desarrollo de actividades socio económicas y las comunidades a lo largo de la cuenca hidrográfica afectan a las tierras agrícolas, animales y plantas.

Actualmente en la localidad las empresas mineras Caudalosa Chica y Cía. Minera de Buenaventura unidad Julcani, se encuentran en explotación de sus actividades, no están cumpliendo Programas de adecuación y Manejo Ambiental (PAMA), sin embargo están contaminando mediante sus relaves al río Opamayo. Creando un malestar y desconfianza a la población Lirqueña por la irresponsabilidad de estas actividades.

Actualmente es preocupante la contaminación de la micro cuenca del riachuelo de Ccochatay por los pasivos mineros por parte de la Cía. Minera Buenaventura Como: drenajes de mina y las canchas de desmonte. Hasta hoy no toman acciones necesarias de hacer un análisis de las aguas.

Sin embargo El Ministerio de Energía y Minas a través de la Dirección general de Asuntos Ambientales, han establecido normas legales (D.S. N° 016-93-EM del 24/04/93) con el fin de corregir, evitar y/o mitigar los daños ocasionados por las labores de explotación y operación minero-metalúrgico, a través de los Estudios de impacto ambiental (EIA) y los Programas de Adecuación y Manejo Ambiental (PAMA).

Actualmente la Cía. Minera Pampamali S.A, se encuentra paralizada sus operaciones; en la actual zona de estudio de investigación, presentaran Estudios de

Impacto Ambiental (EIA), de la misma forma preferentemente expuesta en Audiencias Públicas, en el lugar donde se va a desarrollar el Proyecto.

Es de gran utilidad realizar este estudio de investigación que mediante un sistema de comunicación de transparencia y respeto para la calidad de vida de los pobladores; conocer los niveles de contaminación de las aguas, suelos, de los efluentes mineros y canchas de desmonte, que pueden contener metales pesados que pueden ocasionar enfermedades a la salud humana, y daños a la agricultura y ganadería, ya que estas aguas es único recurso de sus actividades económicas.

## 1.2. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA

A continuación se formula la siguiente interrogante.

### 1.2.1. PROBLEMA GENERAL.

¿Qué influencia tiene los drenajes de la Mina Pampamali S.A, en la contaminación del riachuelo Ccochatay en el distrito Secclla – Huancavelica?

Variables	Indicadores
Independiente: (X) Drenajes de la mina Pampamali S.A.	x <sub>1</sub> .Composicion físico - químico x <sub>2</sub> .Caudal.
Dependiente: (Y) Contaminación del riachuelo Ccochatay	Puntos de muestreo para análisis químico.

### 1.2.2. PROBLEMAS ESPECÍFICOS

- ¿Cuál es el nivel de influencia que tienen los drenajes de la Mina Pampamali S.A. en el distrito Secclla – Huancavelica?.
- ¿Cuál es la contaminación del riachuelo Ccochatay en el distrito Secclla – Huancavelica?.

- ¿Qué relación existe entre la influencia de los drenajes de la Mina Pampamali S.A., en la contaminación del riachuelo Ccochatay en el distrito Seclla – Huancavelica?

**1.3. OBJETIVO GENERAL Y ESPECÍFICOS**

**1.3.1. OBJETIVO GENERAL**

- Determinar la influencia que tiene los drenajes de la Mina Pampamali S.A, en la contaminación del riachuelo Ccochatay en el distrito Seclla – Huancavelica.

**1.3.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS**

- Determinar el nivel de influencia que tienen los drenajes de la Mina Pampamali S.A, en el distrito Seclla – Huancavelica.
- Determinar la contaminación del riachuelo Ccochatay en el distrito Seclla – Huancavelica.
- Determinar la relación que existe entre la influencia de los drenajes de la Mina Pampamali S.A., en la contaminación del riachuelo Ccochatay en el distrito Seclla – Huancavelica.

**1.4. JUSTIFICACIÓN:**

En la medida que avanza el siglo XXI, vemos que cada día nuestro medio ambiente atraviesa por ciertos cambios y que con ellos también se va contaminado por diferentes impactos de las actividades mineras. Estos cambios e impactos hacen que nuestro medio ambiente se vea vulnerado y traiga consecuencias perjudiciales a los seres humanos, animales y plantas.

**TEÓRICA:**

Tenemos que tener en consideración que el Programa de Adecuación y Manejo Ambiental (PAMA). De los drenajes Mineros y las Canchas de desmonte, predomina el tipo de tecnología a emplearse mediante el método físico químico.

Por ejemplo, la disposición de drenaje ácido minero y la canchas de desmonte, que afectan directamente a los ríos practicada en algunas operaciones mineras, mientras

estas descargas son descontroladas a lagos o playas del mar es frecuentemente el impacto.

La mayoría efectúan sistemas de tratamiento de aguas acidas y los estudios técnicos para las canchas de desmonte este en un intento de mantener fuera de los arroyos y ríos; dichas aguas acidas tendrán un éxito relativo.

### **PRÁCTICA:**

Esta investigación permitirá conocer más a fondo la situación por la que atraviesa las micro cuencas del riachuelo Ccochatay, que a la vez desembocan hacia el río Sicra por ello tomar conciencia de que si no se hace nada para controlar los drenajes ácidos mineros, muy pronto este río solo será una agua residual más que tendremos que purificar, lo que conllevará su ineficacia para el consumo de los seres humanos, animales y plantas.

### **METODOLÓGICA:**

Al ser una tecnología relativamente nueva en nuestro país y amigable con el medio ambiente, este proyecto será importante para dar solución al problema de la población de los drenajes mineros y de las canchas de desmonte y saber la calidad y cantidad de metales pesados que contiene el riachuelo Ccochatay.

Permite ver la importancia de la investigación cuantitativa y cualitativa que puede ser utilizada por otras empresas mineras, recurriendo a algún tipo de instrumento de recolección de datos como entrevistas encuestas, cuestionarios u otra técnica. y en el futuro evitar la contaminación ambiental.

La clave es el análisis de datos, entre otras

Particularmente este trabajo me permitirá verificar la técnica del seguimiento de este tipo de casos, es importante para conocer los problemas medio ambientales por lo que atraviesa en la actualidad.

### **VIABILIDAD:**

Es de importancia tecnológica debido a partir del mismo se podrán realizar investigaciones posteriores en las que se pueda escalar a nivel industrial y finalmente implementar esta tecnología a empresas mineras en los drenaje ácido de mina y en las canchas de desmonte. Esta investigación es viable, con ella se efectuará el método físico químico, que exigen la Ley general de Aguas para su clase, permitiendo así proponer una alternativa de solución.

## **CAPÍTULO II**

### **MARCO TEÓRICO**

#### **2.1. ANTECEDENTES**

Dentro de los estudios previos realizados se ha podido ubicar trabajos en relación a las variables de estudio.

##### **2.1.1. A NIVEL INTERNACIONAL**

- a) Cabrera. (2005) realizó un trabajo de investigación titulado “Tratamientos de Aguas Mina con Piedra Caliza y Compost”:**

Cuyo objetivo fue desarrollar un tratamiento de aguas residuales (aguas acidas en gran cantidad de sólidos disueltos y un alto contenido de metales disueltos provenientes del Ingenio Machamarca, la hipótesis fue tratamiento de aguas residuales (aguas acidas en gran cantidad de sólidos disueltos y un alto contenido de metales y llegando a los resultados.

Los resultados encontrados del tratamiento de aguas ácidas de minas y que los parámetros físicos y químicos fueron los exigidos a los límites permisibles para una clase de agua “B” (según Ley 1333,1992).

Parámetros Físicos y químicos	unidad	Agua contaminada	Agua Tratada
		(resultado Esperado)	
Antimonio	mg/lt	0.005 ≤ 0.01	
Arsénico total	mg/lt	0.023 ≤ 0.05	
Estaño	mg/lt	-0.30 ≤ 2.0	
Cadmio	mg/lt	s/d ≤ 0.005	
Cobre	mg/lt	4.03 ≤ 1.0	
Hierro	mg/lt	66.98 ≤ 0.3	
Oxígeno	mg/lt	s/d ≥ 70% sat.	
Plomo	mg/lt	0.08 ≤ 0.05	
Sulfatos	mg/lt	s/d ≤ 400	
Sulfuros	mg/lt	s/d ≤ 0.1	
Zinc	mg/lt	27.34 ≤ 0.2	
pH		3.86 6 - 9S	
TD		1767 ≤ 1000Ce μS/cm 1756	

Se ha logrado establecer un diagrama de flujo, cuyos componentes son: poza de sedimentación, poza de RBS (sustrato adecuado con material local, compost) y neutralización de pH (áridos de calcita), y desalinizador (tipo artesanal, membrana orgánica), en las que cada uno de ellos tienen funciones específicas. Llegando a los resultados que permiten proponer técnicas de recuperación de aguas ácidas de minas, acordes a la realidad económica de la región priorizando la utilización de material local para el tratado de aguas, resolviendo en parte las demandas por parte de la sociedad civil para el mejoramiento ambiental y de la calidad de vida de la población.

- b) Madrigal. (2005) desarrollo un trabajo de investigación titulado: Determinación De Metales Pesados (Pb, Hg, Cd y As), en Agua del Mar Y Ostión (*Crassostrea* *iridiscens*) en la Costa Rica Estado De Colima:**

Cuyo objetivo fue cuantificar concentraciones de metales (Pb, Hg, Cd y As). Llegando la conclusión que la obtención de resultados fue satisfactorios en la determinación de aguas residuales, donde las concentraciones detectadas se encuentran dentro de límites máximos permisibles donde se marcan dentro de la normas oficiales NOM -129-SSA1-1995.

- c) Ordoñez. (2008) El título de investigación es “Sistemas de Tratamiento Pasivo para Aguas Ácidas de Mina: Experiencias de Laboratorio, Diseño y Ejecución” España:**

El objetivo fue variable de funcionamiento que sean más idóneas para el tratamiento de cada tipo de agua de mina, los resultados obtenidos fueron con las experiencias de laboratorio, se diseña y construye un sistema mixto de tratamiento pasivo de agua de mina a escala piloto. Durante las fases de construcción y monitorización, se modifican de forma interactiva los parámetros necesarios para la consecución de un mejor funcionamiento del sistema. Finalmente se presenta la problemática del agua de mina en un país pionero en Europa en lo que se refiere a tratamientos pasivos: se describe un caso en el que los efectos causados por una descarga de aguas de mina conducen a la elección de un sistema pasivo para su tratamiento.

- d) Temprano. (2005) Su Título De Investigación Es “Desarrollo de Nueva Versión de Vertederos en las Comunidades Afectadas por Aguas Acidas”:**

El objetivo fue caracterización del vertedero introducidos por el usuario, los valores diarios de caudal y contaminación del lixiviado, generación y composición del biogás, llegando a los resultados Finalmente se demuestra la aplicabilidad de

esta nueva herramienta en otras instalaciones simulando un vertedero europeo que se ha denominado "X". las aplicaciones hidrológicas y de emisiones se aproximan bastante a los datos disponibles, pero la cantidad y calidad de los mismos compromete la validación. Esto evidencia la necesidad de una toma de datos "específica para modelización" en las instalaciones que quieran contar con esta ayuda para el diseño, gestión y seguimiento de las medidas de protección ambiental.

**e) Bastida. (2007) realizó un estudio de investigación titulado: "La Responsabilidad del Estado Frente al Daño Ambiental - Toluca, México":**

Su objetivo fue identificar el derecho ambiental es el conservar, prevenir y preservar el medio ambiente y lograr un equilibrio ecológico Ya sea por acciones o programas para la conservación o bien la persecución de los delitos Ambientales y llegando a las conclusiones que la protección del medio ambiente es una garantía constitucional, ya que el Estado está obligado a preservar el medio ambiente, problema que a todos nos afecta como colectividad y cualquier ciudadano debe tener el Derecho de demandar, la reparación del daño al Estado, cuando se le afecte su medio ambiente.

**f) Sinche. (2004) realizó una investigación titulado: "Evaluación del Comportamiento Ambiental de los Contaminantes en Residuos Sólidos Mineros Metalúrgicos":**

El objetivo fue este trabajo es el estudio de la movilidad potencial de los elementos contaminantes de los residuos (lodos y relave), a los que denominar elementos traza (metales pesados y elementos en bajas concentraciones) el mismo que nos determinará su transferencia al medio y su posible peligrosidad llegando a los resultados:

Caracterización de los residuos. Los resultados muestran las características de las muestras compósito del lodo y residuo, ya que la homogeneidad de las mismas tomadas a diferentes profundidades nos dio la posibilidad de trabajar con un compósito.

Extracción secuencial. De los resultados obtenidos hemos realizado un análisis de Componentes Principales (ACP) el que muestra la relación de los diferentes elementos y etapas evaluadas en la extracción química secuencial.

Residual .Los mayores porcentajes de metales fuertemente unidos al residuo que no serán liberados en condiciones ambientales.

**g) López. (2000) el título de investigación se titula: “ Efectos Ambientales del Tráfico Urbano: La Evaluación de La Contaminación Atmosférica En Madrid”:**

Cuyo objetivo fue seleccionar una combinación de modelos de emisión y dispersión que permitan obtener el mapa de niveles de contaminación atmosférica, de los contaminantes más importantes, producida por el tráfico medio en una zona urbana.

Sus resultados obtenidos fueron la aplicación de las ecuaciones de dispersión indican en el apartado obtuvo un total de 9 mapas Éstos corresponden a cada uno de los tres contaminantes (CO, NOx y SO2) llegaron a las conclusiones donde se centra en el hecho de que el conjunto de modelos resulta ser aceptablemente adecuado para evaluar tanto las emisiones procedentes del tráfico como la dispersión de éstas. De esta forma podría aplicarse en muchos otros casos de una manera sencilla y podría emplearse como herramienta de planificación y evaluación de los efectos del tráfico, así como para medir la sensibilidad frente a cambios estructurales del transporte. Sin embargo pensamos que la mayor utilidad radica en su idoneidad para realizar análisis comparativos de

la calidad del aire a partir de distintas situaciones inicial es de tráfico. Esta misma conclusión es compartida por otros autores (Seika et al., 1996; Samaras et al., 1995; Namdeo, 1995).

**h) Lobo. (2003) Título de investigación fue: Desarrollo de MODUELO 2: Herramienta para la Evaluación de la Contaminación Producida en Vertederos de Residuos Sólidos Urbanos –España:**

El objetivo fue el desarrollo de una nueva versión del programa de simulación dinámica de vertederos "MODUELO", creado por el Grupo de Ingeniería Ambiental de la Universidad de Cantabria. Cuyo resultado fuese comparan con los datos disponibles y otros modelos, la versión anterior del programa, MODUELO 1, y el HELP, Finalmente se demuestra la aplicabilidad de esta nueva herramienta en otras instalaciones simulando un vertedero europeo que se ha denominado "X". En las dos aplicaciones los resultados hidrológicos y de emisiones se aproximan bastante a los datos disponibles, pero la cantidad y calidad de los mismos compromete la validación. Esto evidencia la necesidad de una toma de datos "específica para modelización" en las instalaciones que quieran contar con esta ayuda para el diseño, gestión y seguimiento de las medidas de protección ambiental.

**i) Martínez, Rodríguez, García. (2005), el título de su investigación fue: Contaminación de Aguas Subterráneas y Suelos de Origen Industrial, en el Paraje Hondón -Ciudad de Cartagena (Murcia)”:**

Su Objetivo fue conocer las características de los terrenos que subyacen a la finca propiedad de Potasas y Derivados. Llegando a las conclusiones siguientes:

Existe una capa superficial de suelo antropizado formada por residuos minerales, principalmente cenizas de pirita, con un alto contenido en metales (Pb, Zn, Cd, As) y un espesor medio de un metro, que sería preciso eliminar evacuándolo a un

depósito sellado, para una futura recalificación de usos del suelo. Dado el perímetro de la finca el volumen que supone esta capa es de 600.000 m<sup>3</sup>.

De acuerdo con la litología aparecida en los sondeos de investigación realizados (predominio de materiales arcilloso-limosos, con excepción de algún nivel lenticular, degravas), se deduce que en la parcela no existen (al menos hasta la profundidad de 15 m) terrenos claramente permeables y, en consecuencia, no se puede hablar de un acuífero "sensu estricto", pues dada su baja permeabilidad (0,2 a 0,9 m/d), no permite extraer caudales continuos capaces de atender unas necesidades determinadas durante un tiempo más o menos prolongado.

**j) Hinojosas. (2002) Título de investigación es :“Drenaje Ácido de San Quintín: Estudio y Alternativas de Remediación”:**

Su objetivo fue estudiar las aguas superficiales en la zona de San Quintín que contaminación la minería se refiere, en función de métodos de campo (determinación del pH), y análisis químicos en el laboratorio (cuantificación de metales pesados: Hg, As, Cd, Cu, Pb, Zn y pH y conductividad), Buscar posibilidades de remediación a la contaminación ambiental debido al Drenaje Ácido de Mina, para ser analizado las distintas alternativas tecnológicas empleado procesos de neutralización, para verificar. Llegando a los resultados obtenidos del pH. De acuerdo a los puntos de muestrea cuyos valores obtenidos son: Arroyo y zona de San Quintín Este: Al Este de las escombreras de mina presentan aguas del drenaje con un valor de pH de 6.5. Arroyo de San Quintín Oeste: En el área de escombreras el pH desciende hasta valores (2.49 y 2.56) presenta valores de carácter ácido a débilmente ácido aguas abajo (valores en torno a 4.62). Arroyo de la Mina: Este arroyo Este presenta valores aceptables de 7.1, arroyo de San Quintín Oeste desemboca Arroyo de la Mina cuando se aprecian los valores ácidos (los valores de pH oscilan entre 5.20 y 6.05.) Río Tirteafuera: Se detectan valores de contaminación ácida que pueda relacionarse con el efecto de la mina San Quintín (pH próximo a 7.35).

Resultados de los Análisis Químicos.

Las muestras de los análisis se muestran en la tabla

	pH	(ppb) Hg	(ppm) Cu	(ppm) Cd	(ppm) Cu	(ppm) Pb	(ppm) Zn
Q-4	2.2	65,764488	l. d.	24,049	70, 103	1,0127	1.554,8
Q-15	7.1	No datos	l. d.	0,55178	20,1858	41,326	110,88
Q-35	5.28	1,537364	l. d.	1,3150	0,72494	4,1035	217,05
Q-41	3.61	27,362186	l. d.	2,5651	2,0465	3,0966	388,69
Q-46	2.49	87,47089	l. d.	30,942	50,589	1,3793	1.550,6
Q-51	5.20	0	l. d.	1,2303	0,39920	3,9590	185,30

Los valores más altos en metales pesados se encontraron en muestras de agua procedentes de las escombreras (pH más bajos), a excepción del Pb que presenta mayor concentración en muestras con pH más altos; y los valores más bajos se obtuvieron en muestras de agua de zonas más alejadas de las escombreras (a mayor distancia menor concentración en metales).

Resultados en pH y Conductividad.

Muestran a los análisis realizados en el laboratorio en la tabla

	pH (campo)	pH (laboratorio)	Conductividad (ms/cm)
SQ-1	7.35	7.49	5.10
SQ-2	4.6 4.	70 1	5.53
SQ-4	2.2	2.35	58.1
SQ-16	4.60	5.08	35.4
SQ-25	7.08	7.44	7.33
SQ-41	3.61	5.27	12.80
SQ-42	6.83	7.03	9.39
SQ-46	2.49	6.45	11.12

Los valores más bajos de conductividad los presentan las muestras recogidas en el Río Tira afuera y en el Arroyo de la Mina, les siguen las muestras tomadas en San Quintín Oeste, y las de San Quintín Este con los valores más altos. Estos resultados revelan indicios de contaminaciones parcialmente en la zona de escombreras de San Quintín Este y proximidades. Comparando los valores de pH y conductividad, se aprecia que generalmente las aguas más ácidas presentan mayor conductividad y por tanto mayor contenido en sales.

### 2.1.2 NIVEL NACIONAL

a) **De La Cruz. (2006) en su trabajo de investigación: “Mitigación de Drenaje Ácido en Minas Subterráneas Aplicando Fangos Artificiales.” Caso: Mina Orcopampa:**

El objetivo fue Disminuir el grado de contaminación del drenaje ácido, para ello será necesario la supresión de la acidez, la precipitación de los metales pesados, la eliminación de los sólidos en suspensión y la disminución de sulfato. Llegando al resultado de la mitigación del drenaje ácido de las minas subterráneas Santiago y Tudela, ha sido un éxito, porque los contaminantes principales están dentro de los niveles máximos permisibles.

pH = 6,45, T.S.S . (mg/l) = 15,3, Cu. (mg/l) = 0,03, Fe. (mg/l) = 0,44, Pb . (mg/l) = 0,19, Zn . (mg/l) = 0,35

Comparando la caracterización del drenaje ácido de la mezcla de la bocamina Santiago y Tudela (ET - 2) y la salida del efluente del fango anaeróbico, notamos que efectivamente el fango artificial ha mitigado así mismo obtuvo las siguientes conclusiones:

El tratamiento pasivo aplicando fangos artificiales ha sido un éxito porque se logró disminuir la acidez, el contenido de los metales pesados hasta obtener los niveles máximos permisibles fijados por el sector.

Se ha encontrado substratos en la zona en estudio, los cuales han facilitado la implementación en el terreno del fango anaeróbico, especialmente, para el tratamiento de los sulfatos y la reducción de los metales.

Se ha logrado establecer un diagrama de flujo, cuyos componentes son: Poza de sedimentación, Fangos aeróbicos, Fangos anaeróbicos, en las que cada uno de ellos tienen funciones específicas.

**b) Lovera. (2005) realizó un trabajo de investigación titulado “*Simulación de la Producción y Remediación de Aguas Provenientes del Drenaje de Rocas Ácidas (ARD)*”:**

El objetivo fue buscar la remediación de la contaminación ambiental de dichos efluentes, para ello emplearon procesos de neutralización, precipitación química de los iones metálicos presentes, uso apropiado de floculantes; para, finalmente, tener un efluente que cumpla con los "límites máximos permisibles" internacionales, y llegando a los resultados de :determinación de flujo se riego, Simulación de la velocidad superficial del fluido en la columna de percolación, Variación del pH en la Solución Percolada, Variación del sulfato en la Solución Percolada y la Solución ácida neutralizada, llegando a las siguientes conclusiones:

Logro reproducir a nivel de laboratorio las aguas ácidas y correlacionar las distintas variables involucradas.

Las simulaciones de la percolación del agua dentro la columna es controlada mediante un modelo fenomenológico.

La remediación del agua ácida puede ser lograda mediante varias tecnologías, se empleó en este trabajo es el empleo de cal y agitación química.

Se dio la posibilidad de hacer estudios empleando tecnologías biohidrometalúrgicas para lograr la remediación de efluentes ácidos.

c) **Nina. (2008) en su trabajo de investigación: "Evaluación de los Métodos Químicos y Biogénico para el Tratamiento de Drenaje Ácido de Mina a Escala de Laboratorio. Caso: Mina Cerro De Pasco":**

Donde el Objetivo fue determinar la eficiencia tecnológica ambiental del tratamiento del drenaje ácido de la mina Cerro de Pasco empleando el método biogénico y el tratamiento químico (con cal), a escala de laboratorio y la Hipótesis "El empleo de bacterias sulfato reductoras (BSR) generadoras de H<sub>2</sub>S en birreactores continuos incrementa la eficiencia técnico ambiental en la reducción de metales pesados y sulfatos del DAM de la mina Cerro de Pasco respecto al método de neutralización química del DAM con cal a escala de laboratorio", llegando a los resultados la relación entre pH y precipitación de metales pesados es inversamente proporcional llegándose a obtener valores de pH de 7.3 a 7.9. El catión calcio no es un metal pesado pero se ha considerado para comparar con las concentraciones de calcio obtenidas en los drenajes ácidos de mina tratados por el método químico con cal en el que se incrementa significativamente. Donde las conclusiones fueron las experiencias realizadas a escala de laboratorio determinaron que el método biogénico para el tratamiento del drenaje ácido de la mina Cerro de Pasco es más eficiente técnicamente consiguiéndose remover 99.99% de cobre, 99.99% de hierro, 96.67% de plomo, 99.94% de zinc, y 97.55% de sulfatos respecto al método químico en el cual se alcanzaron porcentajes de remoción de 99.99% de cobre, 99.99% de hierro, 96.67% de plomo, 99.92% de zinc y 70.98% de sulfatos, además con el método biogénico en 2 etapas no fue necesaria la adición de cal ni hidróxido de sodio para incrementar el pH y ambientalmente es más eficiente por el hecho de que con el método biogénico no se generan lodos de hidróxidos inestables sino sulfuros de los metales precipitados que incluso pueden ser recuperados para su comercialización; por tanto se acepta la hipótesis.

**d) Domínguez. (2009) en su trabajo de investigación titulado: " Influencia de Relaves Mineros en la Contaminación Ambiental " Trujillo:**

Su objetivo fue determinar la influencia que ejercen los relaves mineros en la contaminación del río Moche, llegando a la hipótesis a mayor arrojado de relaves mineros, mayor contaminación de las aguas del río Moche de la ciudad de Trujillo, llegando a los resultados fueron donde se logró encontrar el nivel de contaminación que generan los relaves mineros en el estudio ambiental.

De acuerdo al estudio ambiental realizado al río Moche, se comprobó que el arrojado de residuos líquidos, en este caso los relaves mineros, son un factor influyente en la contaminación de las aguas del río Moche. Lo cual indica que el grado de influencia es relativo al que deducimos de nuestras encuestas hechas a expertos en estos estudios. Según los resultados arrojados por la CHI X<sup>2</sup>, se rechaza la hipótesis nula, la cual indicaba que la influencia de los relaves mineros en la contaminación del río Moche es media.

**e) Cesel. (2006) realizó Trabajo de investigación Titulado: "Estabilidad Física de Botaderos de Desmontes":**

Su objetivo fue de cierre correspondientes a los Botaderos dirigidos a asegurar la estabilidad física como: en los taludes, en las coberturas, en el ingreso de aguas de escorrentía y con pequeñas obras de contención llegando a los resultados en los análisis de estabilidad de taludes de los botaderos de desmonte de la mina muestran:

En el Cuadro 1 se muestra los resultados del análisis evaluado a los botaderos en el estado pseudo estático, por ser ésta, la condición más desfavorable.

Las soluciones para estabilizar los taludes, consisten en darles un perfilado e inclinación adecuada hasta llegar a valores FS estables.

Se muestra en el cuadro 1, el resumen de los Pad de lixiviación que se estabilizará in situ, físicamente:

Botadero Sur	Área (Has.)	Volumen (m <sup>3</sup> )	Factor de Seguridad	
			Pseudo Estático	Estático
Sec. A-A'			1.019	1.505
			1.166	1.663
Sec. B-B'			1.026	1.514
			1.174	1.728
Sec. C-C'			1.072	1.615

f) **Romero. (2004) "Estudio de los Metales Pesados en el Relave Abandonados Ticapampa",:**

El objetivo fue determinar el residuo sólido minero, resultado de operaciones de tratamiento de beneficio metalúrgico por flotación y luego a los resultados donde observa el sulfuro de plomo, la galena rodeada de estructuras de silicio que se aprecia como una especie de cuarzo que está rodeando al metal pesado, este análisis se hizo para malla es +150 para ambas. La existencia del pasivo ambiental minero abandonado de Ticapampa, ubicado en los alrededores de la cuenca del río Santa, involucra una serie de problemas, entre los cuales destacan: En la determinación de la mineralogía de muestras de relaves por Difracción de Rayos X (DRX), se observa que el relave está asociado con grandes cantidades de sulfuros metálicos, tales como: galena y pirita, los cuales son los principales sulfuros generadores de las aguas ácidas.

g) **LLANTOY, (2000) proyecto de investigación titulado: "Estudio para Mitigar los Impactos Ambientales en la Unidad de producción Morococha":**

Cuyo propósito fue identificar o evaluar los componentes minera de las aguas ácidas, canchas de relave, la hipótesis fue los impactos ambientales negativos que genera las actividad minera, cuyo resultado logra identificar los componentes que afectan la actividad minera son altamente tóxicos para la salud humana y requiere mitigación ambiental de acuerdo a las normas vigentes.

**h) Sinche. (2007) El título de investigación es: "Evaluación del Comportamiento Ambiental de los Contaminantes en Residuos Sólidos Mineros Metalúrgicos (RSMM) por el Método de Extracciones Secuenciales y Aplicación de Modelos de Movilidad y Transporte":**

El objetivo fue el estudio de la movilidad potencial de los elementos contaminantes de los residuos (lodos y relave), a los que denominaremos elementos traza (metales pesados y elementos en bajas concentraciones) el mismo que nos determinará su transferencia al medio y su posible peligrosidad llegando a las siguientes conclusiones:

El método de extracción secuencial permite obtener las especies químicas de los residuos mineros permitiéndonos predecir la posible movilidad de contaminantes a condiciones ambientales.

La lixiviación podemos relacionarla adecuadamente la especiación esta nos permite predecir tiempos, lo que se complementa a su vez con el modelo de movilidad con el que podemos hallar las constantes de cinética para cada metal.

El pH y tamaño de partícula son factores esenciales en la solubilidad de metales, la mayoría de los metales tienden a estar más disponibles a pH ácido y mayor área superficial favorece la lixiviación.

La extracción química secuencial nos permitió predecir la movilidad de los metales, junto con otras herramientas como el Análisis de Componentes Principales y los modelos matemáticos es posible estimar los resultados de su comportamiento y efectos en el medio ambiente.

Al emplear un modelo podemos observar que ha sido posible reproducir el comportamiento de los iones metálicos en el agua. La experiencia de su utilización también nos dice que es posible predecir la evolución del comportamiento de los residuos en el tiempo y en el espacio.

Los modelos aplicados pueden ser aplicados no solo al transporte desde las condiciones iniciales definidas por nuestro trabajo sino complementarse y aplicarlo al transporte de contaminantes en otros sistemas de agua (escorrentías, efluentes, ríos).

### 2.1.3. A NIVEL LOCAL

**De La Cruz. (2005) desarrollo un trabajo de investigación titulado: “Análisis del cierre de operaciones Mineras para alcanzar la protección ambiental caso: mimosa”,**

Cuyo objetivo analizar desde el punto de vista técnico, económico social y medio ambiental en el cierre de operaciones subterráneas en la mina mimosa, hipótesis fue el planeamiento análisis del cierre de operaciones y identificar los impactos ambientales llegando a la conclusión que la propuesta de un planeamiento define con respecto al cierre de minas no favorece al desarrollo sostenible, a los problemas técnico social, económico y ambiental.

## 2.2. BASES TEÓRICAS

### 2.2.1. A NIVEL INTERNACIONAL

Respecto a la primera variable: Drenajes de la Mina Pampamali S.A.

#### a) DRENAJE ÁCIDO DE LA MINERIA.

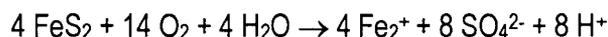
Brothers (2005) Menciona que el drenaje de roca ácida (DRA) es un proceso natural a través del cual el ácido sulfúrico se produce cuando los sulfatos de las rocas son expuestos al aire libre o al agua. El drenaje de la minería ácida (DAM) es esencialmente el mismo proceso, solo que magnificado. Cuando las grandes cantidades de roca que contienen minerales sulfatados, son excavadas en tajo abierto o en vetas en minas subterráneas, estos materiales reaccionan con el aire o con el agua para crear ácido sulfúrico. Cuando el agua alcanza cierto nivel de acidez, un tipo de bacteria común llamada "Tiobacillus Ferroxidante", puede aparecer

acelerando los procesos de oxidación y acidificación, lixiviando aún más los residuos de metales de desecho.

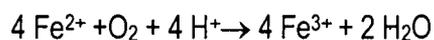
El ácido lixiviara la roca mientras que la roca fuente este expuesta al aire y al agua. Este proceso continuara hasta que los sulfatos sean extraídos completamente; este es un proceso que puede durar cientos, o quizás miles de años. El ácido es transportado desde la mina por el agua, las lluvias o por corrientes superficiales, y posteriormente depositado en los estanques de agua, arroyos, ríos, lagos y mantos acuíferos cercanos. El DAM degrada severamente la calidad del agua y puede aniquilar la vida acuática, así como volver el agua prácticamente inservible.

**b) DRENAJE ÁCIDO DE MINA,**

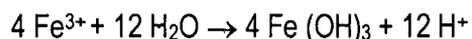
Higuieras, Oyarzun. (2006) considera los problemas que representan la minería frente a las aguas es la formación del denominado drenaje ácido de mina ("acid mine drainage", AMD), consistente en la emisión o formación de aguas de gran acidez, por lo general ricas en sulfatos, y con contenidos variables en metales pesados. Dicho drenaje se desarrolla a partir de la lixiviación de sulfuros metálicos o y de la pirita presente en carbones. Para ello existen dos fuentes principales: 1) el mineral sulfurado "in situ" (causa no antropogénica), y 2) las escombreras (mineral dumps). No obstante, en algunos casos los fenómenos naturales, ejemplificados en el caso del Río Tinto (Huelva), pueden llegar a alcanzar grandes proporciones. Este fenómeno se produce por la oxidación e hidrólisis de los sulfuros, y en especial de la pirita, mediante la serie de reacciones:



A su vez, los iones ferrosos ( $\text{Fe}^{2+}$ ) se oxidarán de la siguiente manera:



Los iones férricos se hidrolizan para formar hidróxido férrico:



Este hidróxido es el precursor de una serie de minerales típicos del ambiente oxidativo de menas sulfuradas, y otorgan a las escombreras y arroyos un típico

color amarillento-rojizo. El mineral más común de este grupo llamado genéricamente "limonitas" es la goethita,  $\text{FeO}(\text{OH})$ .

### **c) DRENAJE ÁCIDO DE MINA**

Mariano. (2005) Define el Drenaje Ácido de Mina se origina en los botaderos de desechos mineros expuestos a la atmósfera como resultado de la excavación, es un importante aspecto ambiental que enfrentan las industrias mineras de todo el mundo.

Para explicar lo anterior, es necesario indicar que el fenómeno de drenaje ácido proveniente de minerales sulfurosos es un proceso que ocurre en forma natural. Es así como, el drenaje ácido de mina se refiere al drenaje contaminado que resulta de la oxidación de minerales sulfurados y lixiviación de metales asociados, provenientes de las rocas sulfurosas cuando son expuestas al aire y al agua.

Es un proceso dependiente del tiempo y que involucra procesos de oxidación tanto química como biológica y fenómenos físico-químicos asociados, incluyendo la precipitación y el encapsulamiento. Lo anterior, es debido a que las proporciones de minerales sulfurados en las rocas que contienen depósitos minerales, son considerablemente más elevadas que las que se encuentran en las rocas comunes de la corteza terrestre. es importante reconocer que la acidez y el pH. Más bien, la preocupación fundamental la constituyen los elevados niveles de metales disueltos, debido a su potencial impacto adverso sobre la flora y fauna del ambiente acuático receptor y, en menor grado, riesgo a la salud humana. Los peces y otros organismos acuáticos, son más sensibles que los seres humanos a los niveles elevados de la mayoría de metales.

### **d) GENERACIÓN DE DRENAJE ÁCIDO DE MINA**

La generación de ácido es originada por la oxidación de los minerales sulfurosos cuando son expuestos al aire y agua, lo cual da por resultado la producción de acidez, sulfatos y la disolución de metales. No todos los minerales sulfurosos son

reactivos, ni la acidez se produce en igual proporción. Además, no todos los minerales sulfurosos o rocas con contenido de sulfuro son potencialmente generadores de ácido. La tendencia de una muestra particular de roca a generar acidez neta es una función del balance entre los minerales (sulfurosos) productores potenciales de ácido y los minerales (alcalinos) consumidores potenciales de ácido.

El proceso mediante el cual se consume ácido se denomina "neutralización". Teóricamente, cada vez que la capacidad consumidora de ácido de una roca ("potencial de neutralización") excede al potencial de generación de ácido, se consumirá toda la acidez y el agua que drene de la roca se encontrará en el nivel de pH neutro o cerca de él. El drenaje ácido generado por la oxidación de sulfuros puede neutralizarse por contacto con minerales consumidores de ácido. Como resultado de ello, el agua que drena de la roca puede tener un pH neutro y una acidez insignificante, a pesar de la continua oxidación de sulfuros.

#### **e) PROCESO DE DRENAJE ÁCIDO DE MINA**

La calidad del agua de drenaje proveniente de faenas mineras depende tanto de la presencia en la roca, de metales/minerales que se pueden lixiviar, como del incremento en el grado de lixiviación que resulta de la generación de ácido y que puede ocurrir cuando hay presencia de sulfuros reactivos en cantidades suficientes. Por lo tanto, la generación de ácido es controlada por:

- El tipo de mineral sulfuroso
- La distribución y exposición del mineral sulfuroso
- El tipo, distribución y exposición de minerales alcalinos
- Las características de oxidación química y biológica
- La temperatura y pH
- El flujo de oxígeno y agua
- Las concentraciones químicas

El desarrollo del drenaje ácido es un proceso de tres etapas. Inicialmente, dominan los procesos de oxidación química, relativamente lentos, y la alcalinidad disponible controla los valores de pH en el rango cercano al neutro. Durante esta etapa, se reducen los productos ácidos y la velocidad de lixiviación de muchos de los contaminantes potenciales. A medida que se consume la alcalinidad disponible, el pH se vuelve más ácido y la velocidad de oxidación aumenta. A valores de pH por debajo de 4,5; predominan las reacciones de oxidación biológicamente catalizadas, las cuales son más rápidas, el pH disminuye y la concentración de muchos contaminantes aumenta.

El control de las reacciones de generación de ácido, en las etapas iniciales de oxidación, exige el control del pH, para evitar la ocurrencia de oxidación biológica; o bien, el control de oxígeno, el oxidante principal. En las etapas posteriores de la oxidación rápida, es más difícil el control de las reacciones de generación de ácido. La oxidación de minerales sulfurosos produce hierro ferroso. La actividad biológica oxida el hierro ferroso y lo convierte en férrico, el cual actúa como el oxidante principal. En este momento, las reacciones son esencialmente "autosuficientes".

Finalmente, el drenaje ácido de mina que se produce de esta forma, no sólo tiene un pH bajo, sino que además presenta metales pesados tales como hierro, manganeso, cobre, zinc y plomo, entre otros. Debido a la alta solubilidad de dichos metales en una solución ácida, el origen de las altas concentraciones de metales pesados en el drenaje ácido de minas se atribuye a la lixiviación de los metales de las rocas en el área minera.

#### **f) FUENTES DE DRENAJE ÁCIDO DE MINA**

Los minerales sulfurosos están en todas partes en el ambiente geológico, pero se encuentran principalmente en rocas que yacen debajo de una capa de suelo y, a menudo, debajo de la napa freática. Bajo condiciones naturales, el suelo que cubre la roca y el agua subterránea minimiza el contacto con el oxígeno, permitiendo así

que la generación de ácido prosiga a una velocidad tan baja que el efecto sobre la calidad general del agua será insignificante o indetectable.

La exposición de roca sulfurosa reactiva al aire y al agua, como resultado de actividades tales como la construcción de carreteras o explotación minera, puede acelerar la velocidad de generación de ácido y ocasionar un impacto en el ambiente.

En el caso del Proyecto Caserones, dado los resultados de laboratorio de las pruebas de lixiviación aplicadas en las muestras de lastre (presentados en el Anexo II-5 del EIA), es posible estimar que el depósito de lastre que se habilitará, es una posible fuente de potencial de generación de aguas ácidas en el futuro.

#### **g) METALES PESADOS EN AGUAS RESIDUALES**

Aguado. (2008) Considera que los metales de aguas residuales que tenga un peso atómico superior a 23 (que corresponde al peso atómico del sodio) se considera un metal pesado; Entre ellos se puede destacar níquel, manganeso, plomo, cromo, cadmio, zinc, cobre, hierro y mercurio, entre otros.

Todos ellos se encuentran catalogados en la Directiva Europea 96/61/CE IPPC (Ley 16/2002) sustancias contaminantes que deben tenerse obligatoriamente en consideración para fijar valores límites de emisiones, aunque algunos de ellos son imprescindibles para el normal desarrollo de la vida biológica, y la ausencia de cantidades suficientes de ellos podría limitar, por ejemplo, el crecimiento de las algas. (Revistas de Universidad Complutense de Madrid Pág. 08-09 opiniones en minería y medio ambiente).

Considera que los metales pesados en aguas residuales que tenga un peso atómico superior a 23 (que corresponde al peso atómico del sodio) se considera un metal pesado; así, las aguas residuales contienen gran número de metales pesados

diferentes. Entre ellos se puede destacar níquel, manganeso, plomo, cromo, cadmio, zinc, cobre, hierro y mercurio, entre otros.

Todos ellos se encuentran catalogados en la Directiva Europea 96/61/CE IPPC (Ley 16/2002) como sustancias contaminantes que deben tenerse obligatoriamente en consideración para fijar valores límites de emisiones, aunque algunos de ellos son imprescindibles para el normal desarrollo de la vida biológica, y la ausencia de cantidades suficientes de ellos podría limitar, por ejemplo, el crecimiento de las algas.

### **Respecto a la variable. Contaminación ambiental**

#### **h) CONTAMINACIÓN AMBIENTAL**

Jurado. (2005) establece que los centenares de años, la minería se ha constituido en la base de la economía boliviana y continuará contribuyendo de manera significativa en el futuro previsible. Su desarrollo ha seguido ciclos de producción, sujetos a factores externos e internos que han hecho que con el correr de los años se cierren y reactiven minas ó sea las abandono definitivamente .Por falta de un marco jurídico regulatorio adecuado, muchos de los sitios mineros permanecen, como focos de contaminación ambiental que degradan el medio ambiente, generando drenaje ácido de mina, con altos contenidos de metales pesados contaminando cursos de agua, lagos y acuíferos, eliminando la flora y fauna acuática.

#### *Reducción de la Contaminación Ambiental debida a la Pequeña Minería en la Cuenca del Río Suratá.*

En el río Suratá, al nororiente del departamento de Santander – Colombia, hay residuos de mercurio y cianuro con unos niveles cuyos valores están por encima de la norma colombiana (Decreto 1594 de 1984). Estos contaminantes provienen de la parte alta de la cuenca de este río (), específicamente como desechos del beneficio

de minerales auroargentíferos existentes en la micro cuenca del río Vetás – afluente importante del río Suratá – (quebradas La Baja (California), y El Salado (Vetas).

### 2.2.2. A NIVEL NACIONAL

Respecto a la primera variable.

Drenajes de la mina Pampamali S.A.

#### a) EL DRENAJE DE UNA MINA

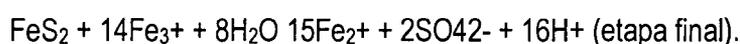
Vega. (2003), define que consiste en agua rica en metales, que se forma a través de la reacción química entre el agua y la roca que contiene minerales sulfurados. El escurrimiento así producido en su mayor parte es ácido, y generalmente proviene de áreas de actividad minera donde rocas que contienen pirita han quedado expuesta a la lluvia o nieve (a la acción del agua en general). Proceso de drenaje ácido de las minas. Oxígeno + agua + sulfuros = ácido sulfúrico Metales pesados, mortalidad de peces. Uno de los problemas más importantes de la minería, y más difíciles de resolver, es el referido al drenaje ácido de la mina, que puede emanar desde diferentes actividades y lugares de la mina. Entre ellos:

- Trabajos en la superficie y subterráneos
- Desechos rocosos (provenientes de la planta chancadora)
- Sitios de acopio de estériles provenientes de la molienda u otro
- Desechos provenientes de embalses de relave, flotación, otros.

El drenaje se forma debido a la oxidación de minerales que contienen azufre, principalmente pirita ( $\text{FeS}_2$ ) y pirrotita ( $\text{Fe}_{1-x}\text{S}$ ), que expuestos al aire y agua reaccionan formando ácido sulfúrico y hierro disuelto. Parte del hierro se puede precipitar formando en el fondo de los lechos una capa roja, naranja o amarilla, que contiene el drenaje de la mina.

Reacciones Químicas Involucradas en Drenaje Ácido

Aunque es un proceso complejo se puede simplificar en:



## b) ESTUDIO DEL IMPACTO AMBIENTAL

Compañía Minera Antamina S.A. (1998), presenta el marco normativo (institucional y legal) del Perú, en el cual se desarrollará un Proyecto. Éste define el proceso de autorizaciones, incluyendo la aprobación del Estudio de Impacto Ambiental.

Límites Máximos Permisibles de Emisión en Minería El Ministerio de Energía y Minas, es el encargado de controlar los niveles máximos permitidos de los contaminantes en líquidos y gases y de supervisar que estén dentro de niveles que no representen peligro directa e indirectamente para los seres vivos. Niveles Máximos Permisibles para los Efluentes Líquidos Los niveles máximos permisibles para los efluentes líquidos descargados por las operaciones minero-metalúrgicas fueron fijados por el MEM y aprobados mediante la Resolución Ministerial N° 01 1-96-EM/VMM en enero de 1996.

Valor en cualquier momento:

Parámetro	Valor en cualquier momento	Valor promedio anual
pH	>6 - <9	>6 - <9
<b>Sólidos Suspendidos(mg/L)</b>	50	25
Plomo(mg/l)	0.4	0.2
<b>Cobre* (mg/L)</b>	1.0	0.3
<b>Zinc* (mg/L)</b>	0.3	1.0
<b>Hierro* (mg/L)</b>	2.0	1.0
<b>Arsénico* (mg/L)</b>	1.0	0.5
<b>Cianuro Total (mg/L)**</b>	1.0	1.0

Valor Máximo de Emisión para Unidades Mineras en Operación o que Reinician Operaciones

Parámetro	Valor en cualquier momento	Valor promedio anual
pH	>6 - <9	>6 - <9
<b>Sólidos Suspendidos(mg/L)</b>	100	50.0
Plomo(mg/l)	1.0	0.5
<b>Cobre* (mg/L)</b>	2.0	1.0
<b>Zinc* (mg/L)</b>	6.0	3.0
<b>Hierro* (mg/L)</b>	5.0	2.0
<b>Arsénico* (mg/L)</b>	1.0	0.5
<b>Cianuro (mg/L)**</b>	2.0	1.0

**c) El Problema Ambiental Causado por la Contaminación con Metales Pesados en el Perú:**

Beltrán. (2004).considera en la mayoría de países, no todas las minas en el Perú producen ácido. Existen tres factores principales que tienden a contribuir al potencial de generación de ácido y a la calidad del drenaje ácido de las minas en el Perú:

La compleja configuración geológica, principalmente, en lo referente a vetas; la variada mineralogía con potencial para contribuir con diferentes contaminantes en el tiempo, y en diferentes lugares; la asociación del mineral con la pirita como el principal mineral sulfurado.

Una característica exclusiva de los depósitos del norte y centro del Perú es la abundancia de la enargita (Cu<sub>3</sub>AsS<sub>4</sub>), un mineral comparativamente raro. Tal como lo describe Hulburt y Klein (1971), la enargita ".se encuentra en vetas y depósitos de reemplazo formado a temperaturas moderadas, asociada con la pirita, esfalerita, bornita, galena, tetrahedrita, covelita y calcocita".

Debido a estas características especiales de los minerales de Perú tanto en el norte, centro y sur es que se generan los actuales problemas ambientales. Por ejemplo, las actividades de extracción en minas de cobre en Cuajone y Toquepala, localizadas en el sur del país, exponen grandes cantidades de contaminantes como sulfuros minerales  $Cu_3S_4$ , que producen el drenaje ácido de mina cuando se ponen en contacto con agua y oxígeno.

Estos residuos mineros de la extracción de cobre y de las operaciones de las refinerías contaminaban el río Locumba. Otro problema sabido es la contaminación del lago Junín y el río de Mantaro, que indirectamente, reciben efluentes de la mina de Colquijirca. Otra característica de la minería en el Perú que contribuye a la reactividad de los relaves es la necesidad de un grado de molienda muy fino para poder ejecutar una adecuada recuperación por flotación de estos minerales complejos.

Las minas operativas es 180 en el Perú (grande, mediana y pequeña minería) unas 25 a 30 presentan un declarado problema de drenaje ácido de mina. Es probable que existan otras concesiones que actualmente generen ácido pero no se posee información al respecto. Con frecuencia, como las áreas antiguas y abandonadas de las minas activas y también de las áreas mineras de larga explotación como Cerro de Pasco, Huancavelica y Ayacucho.

Hay pocas minas operativas que tienen un potencial muy bajo de drenaje ácido de mina debido tanto a la geología favorable como al hecho de que están localizadas en áreas con un balance neto de agua negativo. Para el remanente de las minas operativas, el potencial de generación ácida en el futuro no ha sido determinado.

Para mejorar el impacto ambiental causado por los drenajes ácidos de las minas de nuestro país se han desarrollado programas ambientales en los cuales se invierten grandes cantidades de dinero, pero la mayoría de estos tratamientos son químicos (tratamiento del DAM por precipitación con cal), sin desmerecer el efecto

positivo del mismo, sin embargo se puede tener significativos ahorros con la implantación de sistemas biológicos tanto de fito como de bioremediación adaptadas a las situaciones específicas de cada drenaje ácido de mina.

Un tratamiento pasivo fue empleado para tratar el DAM en Orcopampa, Arequipa. Se utilizó un sistema "wetland", donde las plantas acuáticas tal como el *Juncus imbricatus* "totora", y algas del género *Cyanophyta* *Chlorophyta* las que aportan el oxígeno al proceso. Los agentes contaminadores presentes en el DAM tales como  $Fe^{3+}$ ,  $Cu^{2+}$ ,  $Pb^{2+}$  y  $Zn^{2+}$  fueron reducidos considerablemente y el efluente final fue utilizado para fines agrícolas (Beltrán, Vilma, 2004).

#### Caracterización de los drenajes ácidos de mina.

La caracterización precisa del drenaje ácido de mina es muy importante para efectuar la correcta selección y dimensionamiento de los dispositivos operacionales que configuran el conjunto del tratamiento pasivo. Una adecuada caracterización debe incluir la medida precisa y representativa del caudal, y de al menos los parámetros químicos siguientes: pH in situ, pH en laboratorio.

Alcalinidad total, acidez o alcalinidad neta (expresadas todas como  $CaCO_3$ ), además de contenidos de  $Fe^{2+}$ , Fe total, Al, Mn,  $SO_4^{2-}$  y conductividad (Hyman y Watzlaf, 1995). Estos autores consideran deseable analizar también el Ca, Mg, Na, Cl, K, Br y Zn, lo que permite en la mayoría de los casos efectuar un correcto balance iónico. El conjunto de estas medidas se ha de registrar al menos durante un año hidrológico.

La "acidez" y la "alcalinidad" de un drenaje ácido de mina son parámetros básicos en la selección del tipo de tratamiento pasivo; representan la capacidad de esas aguas para neutralizar una base o un ácido. Que una solución presente acidez o alcalinidad está en función de que predomine en ella su acidez total o su alcalinidad total, hablándose entonces con más precisión de soluciones con acidez o alcalinidad neta.  $Acidez/alcalinidad\ neta = acidez\ total - alcalinidad\ total$ .

La acidez total representa la concentración de iones hidrógeno libres (los que definen el pH), junto con los iones hidrógeno que se pueden generar por la oxidación e hidrólisis de los metales que contiene la solución, tales como Fe, Al.

En la práctica, lo que se mide en el laboratorio es la acidez neta y la alcalinidad total, deduciéndose la acidez total mediante la ecuación (5). La acidez y la alcalinidad se suelen medir como equivalentes de  $\text{CaCO}_3$ . La acidez medida en el laboratorio generalmente representa la acidez neta, ya que se suele efectuar la valoración con  $\text{CaCO}_3$  después de haber añadido  $\text{H}_2\text{O}_2$  y calentado la muestra para promover la total oxidación e hidrólisis de todos los metales.

La acidez total teórica puede ser calculada si se conoce el pH y la concentración de cada uno de los cationes que generan acidez. La acidez total sería la suma de la acidez atribuible a los iones  $\text{H}^+$  y la potencial de los cationes metálicos ( $\text{Me}^{+n}$ ). El cálculo se hace mediante la fórmula siguiente considerando que la reacción acidez total equivalente  $\text{CaCO}_3$  (mg/L) =  $\text{Me}^{+n}$  (mg/L)  $(50,045 / \text{PaMe}) n$  (7).

Dónde: Pa Me: Peso atómico del metal y 50,045 es un factor de conversión resultado de dividir el  $\text{PmCaCO}_3$  por su valencia.

En el caso del pH se tiene que la concentración de iones  $\text{H}^+$  es igual a  $10^{-\text{pH}}$ . Hay que tener en cuenta que la acidez total así calculada no considera el efecto de los iones complejos, frecuentes a pH neutros, y que no producen acidez.

Que un drenaje ácido de mina presente alcalinidad neta significa que una vez que se ha llevado a cabo la oxidación e hidrólisis de los metales que pueden generar iones hidrógeno libres aún presenta cierta capacidad para neutralizar cierto volumen de un ácido.

#### Control del drenaje ácido de minas

Los métodos para el control del drenaje ácido de minas se pueden clasificar en tres categorías:

- Métodos Primarios o Preventivos
- Métodos Secundarios o de contención
- Métodos Terciarios o de remediación.

d) **MÉTODOS PREVENTIVOS DE FORMACIÓN DE DAM**

Escobar. (2008) menciona que los Métodos preventivos es detener o reducir drásticamente la velocidad de la generación de ácido. Esto se puede realizar, impidiendo el contacto de los sulfuros con el agua o el aire, o ambos, eliminando las bacterias responsables de la catálisis de las reacciones o controlando otros factores que influyan sobre las reacciones, tal como el pH, por adición de álcali al sistema. Dentro de esta categoría se encuentran los siguientes métodos:

- Remoción de sulfuros/aislamiento
- Exclusión del oxígeno por recubrimiento con agua
- Cubiertas de agua en estructuras de contención
- Disposición en lagos naturales
- Disposición de relaves en el mar
- Cubiertas de agua soportadas biológicamente
- Exclusión del oxígeno por cubiertas secas y selladas
- Cubiertas orgánicas
- Aditivos Alcalinos
- Bactericidas
- En la siguiente tabla se resumen algunos de los métodos preventivos de formación de drenajes ácidos de mina.

e) **MÉTODOS DE CONTENCIÓN**

Ayudan a prevenir o reducir la migración de drenajes ácidos de mina al ambiente. Se utilizan fundamentalmente para remover los iones metálicos que migran al ambiente. Se pueden señalar los siguientes métodos:

- Desviación del agua superficial.
- Interceptación de aguas subterráneas.
- Reducción de infiltración.

f) **MÉTODOS DE REMEDIACIÓN**

Constituyen el tercer nivel de control y su objeto es recolectar y tratar el drenaje contaminado. Los métodos pueden ser:

Sistemas activos, los cuales requieren operaciones continuas como una planta de tratamiento químico.

Sistemas pasivos, los cuales funcionan sin un ajustado control. Los tratamientos químicos ofrecen un método seguro de corto término, pero no sirven para minas redundantes. En estos casos, los sistemas de tratamiento pasivo son considerados como una alternativa.

g) **MANEJO DE BOTADEROS DE DESMONTE**

(2005) Reporte De Auditoría Y Evaluación Ambiental respecto al manejo de estériles ácido, son los siguientes:

Identificación y clasificación del desmonte: Durante la operación de arranque, se toman muestras de los tajos para identificar el desmonte o material estéril y clasificarlo en: generador de acidez o "PAG", desmonte mixto (referenciado en EIAs (1992) y por operarios en campo) y desmonte inerte o no "PAG" (se denomina también oxidado). El desmonte PAG no se utiliza como material de relleno, no permanece más de un mes acumulado en el área de trabajo y es depositado siguiendo procedimientos específicos en botaderos especiales. El desmonte mixto, cuando se presenta, y el desmonte inerte, son depositados en botaderos comunes.

Almacenamiento de desmonte No generador de acidez en botaderos comunes: De acuerdo con los EIAs, para depositar el desmonte mixto e inerte se construyen

botaderos en zonas en las que el drenaje natural pertenece a una sola cuenca hidrográfica y en donde la afectación del medio natural sea menor. Todo botadero de desmonte cuenta con plan de control de drenaje y plan de control de sedimentos.

Manejo de aguas de escorrentía: Para prevenir el acceso de aguas de escorrentía, se construyen canales de derivación que bordean el perímetro del área del botadero. Adicionalmente se adecúan pendientes y se establecen canales de derivación al interior del botadero para evitar empozamiento de aguas.

Manejo de deslizamientos: Para prevenir deslizamientos, se procede a re-contorneo o re-adecuación de superficies externas del botadero y a revegetación con medios auto-sostenibles. Para evitar que el material del botadero se deslice de los taludes y afecte el suelo orgánico no perturbado, se construyen zanjas entre el límite del botadero y el suelo orgánico no perturbado.

Monitoreo y seguimiento: La efectividad de las medidas de manejo del desmonte es monitoreada en aguas subterráneas y superficiales, en estaciones ubicadas aguas arriba y aguas abajo de los botaderos.

**h) ESTUDIO DEL IMPACTO AMBIENTAL**

Compañía Minera Antamina S.A. (1998) presenta en las Instalaciones de desmontes de La Mina, Un total de aproximadamente 1,360 millones de toneladas de roca de desmonte se producirán a lo largo de la vida de la mina. De este total, aproximadamente 1,300 millones de toneladas serán dispuestas en botaderos de desmonte y las restantes 53 millones de toneladas serán aprovechadas para la construcción de la presa de relaves.

Los botaderos de desmonte están localizados en una zona de terreno muy escarpado y han sido diseñados para facilitar la colección de las filtraciones y contener la roca de desmonte reactiva.

Pila de Almacenamiento de Mineral de Baja Ley y de Material de Cubierta la pila de almacenamiento de mineral de baja ley estará localizada en una zona adyacente al tajo abierto, la pila ha sido diseñada para almacenar 66 millones de toneladas de mena de baja ley, la misma que será procesada, durante los últimos años de vida de la mina. La base de la pila será preparada con una capa de 10 m de caliza, antes de depositar el skarn de baja ley. La base de caliza ayudará a atenuar el potencial de lixiviación de metales de la pila durante las operaciones y reducir su mezcla con los suelos originales. Las filtraciones de la pila fluirán hacia la poza de colección del Botadero Sur, en donde podrán ser retornadas a la planta o descargadas a la quebrada si la calidad del agua fuera aceptable.

#### **i) MANEJO DEL AGUA**

La práctica general del manejo de agua para las pilas de desmonte incluirá lo siguiente:

- Las pilas serán escalonadas para permitir un mejor control de la escorrentía; se construirán zanjas alrededor de las pilas; y cualquier escorrentía que contenga muchos sedimentos será derivada a las instalaciones de control de sedimentos antes de su descarga.
- El drenaje del Botadero Sur requerirá de un cuidadoso control debido al potencial de lixiviación de metales que tiene la roca de desmonte reactiva. La escorrentía superficial limpia será derivada alrededor de la pila. Las filtraciones y la escorrentía de la pila serán derivadas a una poza de colección para el monitoreo. Este sistema se describe con mayor detalle en la Sección.

#### **j) CONTROLES AMBIENTALES**

Controles ambientales han sido incorporados en los aspectos de diseño, construcción, operación y clausura de las instalaciones de la pila de desmonte. Los controles principalmente están relacionados con la estabilidad física, manejo de agua.

### k) COMPOSICIÓN QUÍMICA DE LOS SUELOS LOCALES

Por lo general los suelos contienen bajas concentraciones de metales en comparación con los criterios para agricultura vigentes en British Columbia, Canadá; estos criterios no existen en el Perú. No obstante, a lo largo del límite oriental del valle de Huincush, se observaron altas concentraciones de arsénico, plomo y zinc; que podrían estar asociadas a la mineralización.

Una muestra del área de Condorcocha presentó un alto contenido de arsénico (36.5 ppm). Una muestra de suelo del valle de Antamina presentó un alto contenido de concentraciones de metales, lo cual podría estar asociado a la mineralización en Antamina ver tabla.

Tabla Composición Química de una Muestra de Suelo del Valle Antamina

	Concentración en la Muestra (ppm)
Arsénico	63.1
Cadmio	9.5
Cobre	1770
Plomo	869
Molibdeno	16
Zinc	5020

### l) CANCHAS DE DESMONTES

Según la revista Sociedad Nacional De Minería Petróleo Y Energía .(2010) considera que el desmonte Para producir los productos que conocemos hoy en día, las diferentes actividades productivas transforman una diversidad de insumos, obteniéndose finalmente el producto y quedando un residuo que ya no es útil para ningún proceso productivo, al cual conocemos como desecho.

#### ¿Qué es un desmonte?

Son los desechos que se generan producto de los trabajos realizados para llegar a la zona donde se encuentra el mineral. Así, por ejemplo, en el caso de una mina

de tajo abierto hay que remover una gran cantidad de material de la superficie para poder llegar al cuerpo de mineral que será usado en el proceso productivo. Por lo general no posee valor comercial.

El material de desmonte no ha pasado por ningún proceso, son sólo rocas con pequeño contenido metálico y tierra removida por lo que no ocasionan mayor efecto sobre el medio ambiente. Sin embargo, se depositan en zonas especiales acondicionadas para este propósito y son monitoreados continuamente, pues al contener pequeñas cantidades de mineral podrían generar compuestos químicos por el contacto con el agua o el aire.

Al finalizar el ciclo de vida de la mina, los desmontes son generalmente revegetados para integrarlos nuevamente al ambiente. Debido a la cantidad de desmonte generado a lo largo de la vida de la mina. Como hemos mencionado, el desmonte puede contener pequeñas cantidades de mineral, por lo que podría en un futuro ser procesado si el precio y el costo de su procesamiento permiten darle valor comercial<sup>3</sup>, es decir, que se pueda extraer de él su contenido metálico.

Similitudes.

Los principios básicos para su almacenamiento son: la SEGURIDAD (estabilidad) y el CUIDADO del Medio Ambiente.

Son tratados con la finalidad de que puedan ser integrados al ambiente. En muchos casos son revegetados. Reciben un monitoreo y control permanentes a lo largo del ciclo de vida de la mina, incluso después del cierre de la misma.

Sus características dependerán de las condiciones geográficas, climatológicas, hidrológicas, entre otras particularidades.

La forma en que serán dispuestos se determina en el Estudio de Factibilidad y en el Estudio de Impacto Ambiental.

Como podemos ver, los relaves y los desmontes requieren de una planificación precisa, que considere las características particulares de cada operación.

A continuación, veamos algunos puntos importantes a saber respecto de los relaves y de los desmontes mineros.

**m) PUNTOS A TOMAR EN CUENTA**

- A pesar de ser totalmente diferentes, los desmontes son planificados técnica y ambientalmente incluso desde antes del inicio de la operación minera.
- Sin duda, existen dos principios esenciales para el trabajo de desmontes: la seguridad, que será la piedra angular para el diseño, manejo y monitoreo de las instalaciones (pues tiene que considerar eventos posibles en el Perú como sismos, huaycos y lluvias de gran intensidad) y el cuidado del ambiente.
- La forma en que se han de disponer los relaves y los desmontes son seleccionados durante el estudio de factibilidad desarrollado antes del inicio de cualquier operación minera, considerando como mencionamos anteriormente puntos importantes como el tipo de explotación que se va a realizar, la ubicación de la mina (sobre todo en el caso del Perú que es un país con gran diversidad geográfica) las condiciones climáticas, el tipo de rocas que se encuentran, sus características físicas y químicas, entre otras variables.
- Estas diferencias hacen que la forma de disponer de los relaves no sea la misma para todos los proyectos, por lo cual se realizan siempre estudios para cada unidad minera reconociendo las variantes de cada una de ellas, con lo cual se elegirá el lugar de disposición de cada uno de ellos, así como el método y la tecnología necesaria para su trabajo.
- Es importante mencionar que después del cierre de la mina, los desmontes, también son monitoreados constantemente para minimizar posibles riesgos,

realizándose los trabajos necesarios para asegurar su seguridad física y ambiental en el tiempo.

- Como podemos ver, las empresas mineras tienen que administrar los desmontes y relaves a lo largo de su vida útil, desde la selección del sitio y diseño inicial, a través de la construcción y operación hasta el cierre definitivo y supervisión post-cierre.

Respecto a la variable, contaminación ambiental

#### **n) CONTAMINACIÓN AMBIENTAL.**

Carranza. (2006) define. Es la introducción de cualquier sustancia o forma de energía que puede provocar algún desequilibrio, irreversible o no, en el medio inicial. Para que exista contaminación, la sustancia contaminante deberá estar en cantidad relativa suficiente como para provocar ese desequilibrio. La contaminación ambiental supone la presencia de sustancias indeseables en contacto con el medio y que pueden provocar efectos nocivos sobre la biosfera.

El aumento continuo de la población, su concentración progresiva en grandes centros urbanos y el desarrollo industrial ocasionan, día a día, más problemas al medio ambiente conocidos como contaminación ambiental. Ésta consiste en la presencia de sustancias (basura, pesticidas, aguas sucias) extrañas de origen humano en el medio ambiente, ocasionando alteraciones en la estructura y el funcionamiento de los ecosistemas.

#### **o) EFECTOS DE LA CONTAMINACIÓN**

Los efectos se manifiestan por las alteraciones en los ecosistemas; en la generación y propagación de enfermedades en los seres vivos, muerte masiva y, en casos extremos, la desaparición de especies animales y vegetales; inhibición de sistemas productivos y, en general, degradación de la calidad de vida (salud, aire puro, agua limpia, recreación, disfrute de la naturaleza, etc.).

p) **CAUSANTES DE LA CONTAMINACIÓN**

Los causantes o contaminantes pueden ser químicos, físicos y biológicos. Los contaminantes químicos se refieren a compuestos provenientes de la industria química. Pueden ser de efectos perjudiciales muy marcados, como los productos tóxicos minerales (compuestos de fierro, cobre, zinc, mercurio, plomo, cadmio), ácidos (sulfúrico, nítrico, clorhídrico), los álcalis (potasa, soda cáustica), disolventes orgánicos (acetona), detergentes, plásticos, los derivados del petróleo (gasolina, aceites, colorantes, diesel), pesticidas (insecticidas, fungicidas, herbicidas), detergentes y abonos sintéticos (nitratos, fosfatos), entre otros.

Los contaminantes físicos se refieren a perturbaciones originadas por radioactividad, calor, ruido, efectos mecánicos, etc. Los contaminantes biológicos son los desechos orgánicos, que al descomponerse fermentan y causan contaminación. A este grupo pertenecen los excrementos, la sangre, desechos de fábricas de cerveza, de papel, aserrín de la industria forestal, desagües. etc.

q) **FORMAS DE CONTAMINACIÓN**

Se manifiesta de diversas formas:

- La contaminación del aire o atmosférica, se produce por los humos (vehículos e industrias), aerosoles, polvo, ruidos, malos olores, radiación atómica, etc. Es la perturbación de la calidad y composición de la atmósfera por sustancias extrañas a su constitución normal.
- La contaminación del agua, es causada por el vertimiento de aguas servidas o negras (urbanos e industriales), de relaves mineros, de petróleo, de abonos, de pesticidas (insecticidas, herbicidas y similares), de detergentes y otros productos.

- La Contaminación del suelo es causada por los pesticidas, los abonos sintéticos, el petróleo y sus derivados, las basuras, etc.
- La contaminación de los alimentos, afecta a los alimentos y es originada por productos químicos (pesticidas y otros) o biológicos (agentes patógenos). Consiste en la presencia en los alimentos de sustancias riesgosas o tóxicas para la salud de los consumidores y es ocasionada durante la producción, manipuleo, el transporte, la industrialización y el consumo.
- La contaminación agrícola, es originada por desechos sólidos, líquidos o gaseosos de las actividades agropecuarias. Pertenecen a este grupo los plaguicidas, los fertilizantes, los desechos de establos, la erosión, el polvo del arado, el estiércol, los cadáveres y otros.
- La contaminación electromagnética, es originada por la emisión de ondas de radiofrecuencia y de microondas por la tecnología moderna, como radares, televisión, radioemisoras, redes eléctricas de alta tensión y las telecomunicaciones. Se conoce como contaminación ergo magnética.
- La contaminación óptica, se refiere a todos los aspectos visuales que afectan la complacencia de la mirada. Se produce por la minería abierta, la deforestación incontrolado, la basura, los anuncios, el tendido eléctrico enmarañado, el mal aspecto de edificios, los estilos y los colores chocantes, la proliferación de ambulantes, etc.
- La contaminación publicitaria es originada por la publicidad, que ejerce presiones exteriores y distorsiona la conciencia y el comportamiento del ser humano para que adquiera determinados productos o servicios, propiciando ideologías, variaciones en la estructura socioeconómica, cambios en la cultura, la educación, las costumbres e, incluso, en los sentimientos religiosos.

- La contaminación radiactiva, es la resultante de la operación de plantas de energía nuclear, accidentes nucleares y el uso de armas de este tipo. También se la conoce como contaminación neutrónica, por ser originada por los neutrones, es muy peligrosa por los daños que produce en los tejidos de los seres vivos.
- La contaminación sensorial, es la agresión a los sentidos por los ruidos, las vibraciones, los malos olores, la alteración del paisaje y el deslumbramiento por luces intensas. La contaminación sónica se refiere a la producción intensiva de sonidos en determinada zona habitada y que es causa de una serie de molestias (falta de concentración, perturbaciones del trabajo, del descanso, del sueño).
- La contaminación cultural, es la introducción indeseable de costumbres y manifestaciones ajenas a una cultura por parte de personas y medios de comunicación, y que son origen de pérdida de valores culturales. Esta conduce a la pérdida de tradiciones y a serios problemas en los valores de los grupos étnicos, que pueden entrar en crisis de identidad.

**r) CONTAMINACIÓN DEL AGUA**

Quijada. (2005) Establece que la Contaminación Minero-Metalúrgica la explotación de los recursos minerales que se encuentran en la superficie, en el subsuelo, en los lechos de los ríos, en la plataforma continental y en el fondo del océano, tales como carbón, hierro cobre, plata, oro, plomo, zinc, arena, caliza, etc.; es una actividad de la cual depende el bienestar de la humanidad y exige la aplicación de procesos industriales específicos. Tiene la capacidad de extraer minerales con frecuencia da lugar a modificaciones rápidas del ecosistema circundante superando su capacidad de auto depuración, creando la contaminación ambiental.

En la Región de La Libertad la principal contaminación es el agua al arrojar las empresas mineras los relaves a los ríos y por ende al mar. Actualmente es preocupante la Contaminación del río Moche.

s) **FUENTES DE CONTAMINACIÓN**

- Efluentes emitidos a la atmósfera por las operaciones mineras y metalúrgicas.
- Efluentes líquidos de las canchas de relaves, botaderos.
- Efluentes líquidos generados en los procesos metalúrgicos.

### **2.3. HIPOTESIS DE INVESTIGACIÓN**

#### **2.3.1. Hipótesis general**

Los drenajes de la Mina Pampamali S.A. contribuirán positivamente, en la contaminación del riachuelo Ccochatay en el distrito Secclla – Huancavelica

#### **2.3.2. Hipótesis específicas**

- El nivel de influencia que tienen los drenajes de la mina Pampamali S.A., en el distrito Secclla – Huancavelica, será superior a los límites máximos permisibles
- La contaminación del riachuelo Ccochatay en el distrito Secclla – Huancavelica es superior a otros análisis reportados.
- A mayores niveles de influencia de los drenajes de la mina Pampamali S.A., mayor será la contaminación del riachuelo Ccochatay en el distrito Secclla – Huancavelica

### **2.4. VARIABLES DE ESTUDIO**

**a. Variable Independiente:**

Drenajes de la Mina Pampamali S.A. (X)

**b. Variable Dependiente:**

Contaminación del riachuelo Ccochatay (Y)

### 2.4.1 DEFINICIÓN OPERATIVA DE LA VARIABLE E INDICADORES

Variables	Indicadores
Independiente: (X) Drenajes de la mina Pampamali S.A.	x <sub>1</sub> . Composición físico - químico x <sub>2</sub> . Caudal.
Dependiente: (Y) Contaminación del riachuelo Ccochatay	Puntos de muestreo para análisis químico.

## **CAPÍTULO III**

### **METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN**

#### **3.1. AMBITO DE ESTUDIO**

Distrito:	Seclla
Provincia:	Angaraes
Región:	Huancavelica

#### **3.2. TIPO DE INVESTIGACIÓN**

Según Oseda, D. (2008), El tipo de estudio de la presente investigación es aplicado porque persigue fines de aplicación directos e inmediatos. Busca la aplicación sobre una realidad circunstancial antes que el desarrollo de teorías. Esta investigación busca conocer para hacer y para actuar.

#### **3.3. NIVEL DE LA INVESTIGACIÓN**

Por la variable del estudio, el nivel de investigación es descriptivo, Cuantitativo, porque supone procedimiento de procesamiento de datos que puede validar lo interno y externo de la evaluación.

#### **3.4. METODOS DE INVESTIGACIÓN**

##### **3.4.1 Método General**

En esta investigación, se utilizara el método científico como método general.

Kerlinger, F., y otros (2002), "el método científico comprende un conjunto de normas que regulan el proceso de cualquier investigación que merezca ser calificada como científica"

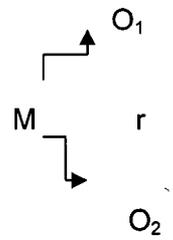
**3.4.2 Método Específico**

El método experimental. Según Oseda, J. (2008): "El método experimental es un proceso lógico como sistemático que responde a la incógnita: ¿Si esto s dado bajo condiciones cuidadosamente controladas; que sucederá?".

**3.5. DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN.**

El diseño a emplearse es no experimental puesto que no se manipuló las variables independientes, los datos han sido recolectados de los resultados de análisis de aguas que fue realizada por J. Ramón del Perú S.A.C, finalmente es comparativo ya que se comparan las medias de calidad de agua de la salida de la Bocamina de la Mina Pampamali S.A, y el recorrido del riachuelo de Ccochatay. Y Tabla 2-1 Estándares de Calidad de Agua. (D.S. 261-69-AP, mod. por D.S. 007-83-SA y D.S. 003-2003-SA) Usos: III. Riego de vegetales de consumo crudo y bebida de animales (anexo).

**DISEÑO DESCRIPTIVO – CORRELACIONAL SIMPLE.**



M = Muestra

O1 = Observación de la variable X

O2= Observación de la variable y

r = relación de las variables

### 3.6. POBLACIÓN Y MUESTRA.

#### 3.6.1. POBLACIÓN

Según Oseda, Dulio (2008:120) "La población es el conjunto de individuos que comparten por lo menos una característica, sea una ciudadanía común, la calidad de ser miembros de una asociación voluntaria o de una raza, la matrícula en una misma universidad, o similares".

En este caso de esta investigación la población de estudio, estará constituida por Bocamina de la Mina Pampamali S.A. y el recorrido del riachuelo de Ccochatay.

**Cuadro 1. Distribución de la Población**

RIACHUELO	Nº
<b>Ccochatay</b>	<b>1</b>
Total	<b>1</b>

Fuente: Cuencas Hidrográfica.

#### 3.6.2. Muestra

Se obtuvo datos de resultados de análisis de muestras de agua de puntos de muestreo, una situada a la entrada y otra en todo el recorrido del riachuelo de Ccochatay,. Como se observa en el (anexo).

### 3.7. TÉCNICAS E INSTRUMENTOS DE RECOLECCIÓN DE DATOS.

#### TECNICAS

Las principales técnicas que se utilizará en este estudio, se utilizó la guía de protocolo de monitoreo de calidad de agua para minería, donde se sigue los diferentes lineamientos para sacar una muestra de agua para su análisis respectivo en laboratorios de análisis de agua de mina.

#### INSTRUMENTOS:

Los instrumentos utilizados para la lectura de variables físicas y, químicas, son fiables, ya que se trata de instrumentos que han pasado las respectivas pruebas de calidad y son utilizados en los laboratorios.

### **3.8. PROCEDIMIENTO DE RECOLECCIÓN DE DATOS:**

Se obtuvo la diferente toma de muestras de los puntos PM1 al PM6, como se observa en el anexo.

### **3.9. TÉCNICAS DE PROCESAMIENTO Y ANÁLISIS DE DATOS:**

Se utilizó el programa SPSS para procesar los datos utilizando las técnicas de la estadística descriptiva, tales como: tablas de resumen simple, tablas de contingencia, diagrama de barras y medidas de tendencia central; así como de la estadística inferencial para la contratación de la significancia estadística de la hipótesis, mediante los estadístico "t" de Student y el análisis de varianza "ANOVA" a fin de obtener la significancia de la relación entre las variables al nivel de 0,05 (5%).

## CAPÍTULO IV

### RESULTADOS

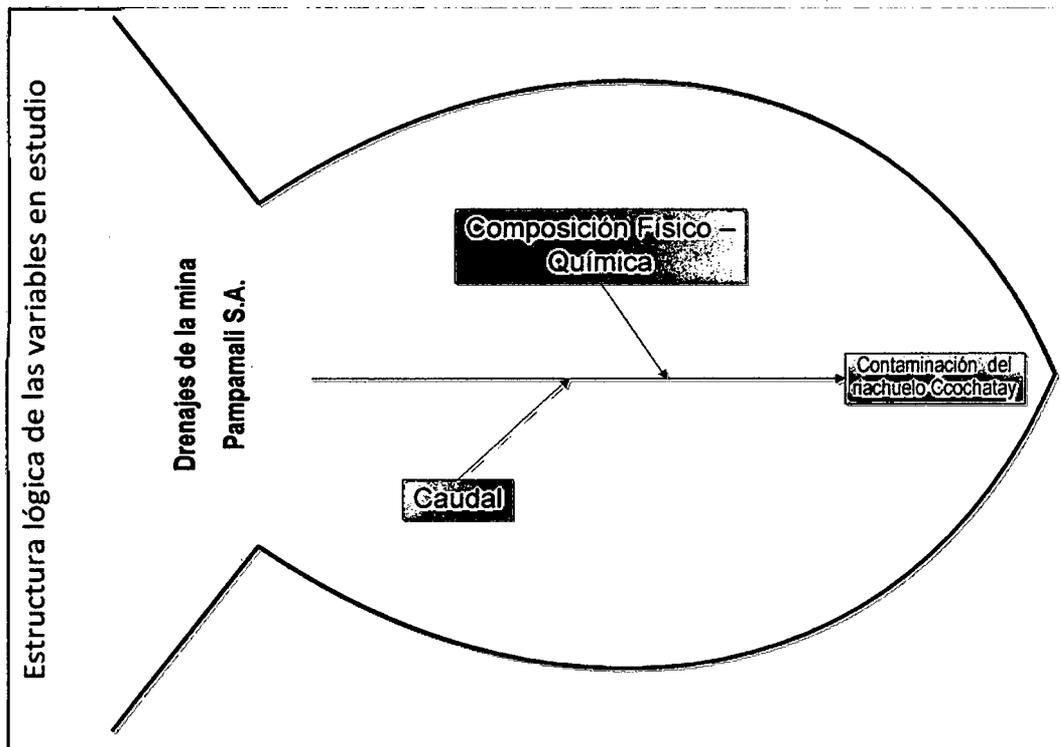
Para la obtención de los resultados, se ha aplicado los respectivos instrumentos de medición en las 06 muestras de la investigación, teniendo como sujetos de estudio los Drenajes de la Mina Pampamali S.A.; asimismo como segunda variable se ha tenido lo referente a la contaminación del riachuelo Ccochatay. Posteriormente con la información obtenida, se ha procedido a recodificar las respectivas variables en estudio, con lo cual se ha generado el respectivo *MODELO DE DATOS* (matriz de información distribuido en variables y casos) a partir del cual se ha realizado el análisis de la información a través de las técnicas de la estadística descriptiva, tales como: tablas de resumen simple, tablas de contingencia, diagrama de barras y medidas de tendencia central; así como de la estadística inferencial para la contrastación de la significancia estadística de la hipótesis, mediante los estadístico “t” de Student y el análisis de varianza “ANOVA” a fin de obtener la significancia de la relación entre las variables al nivel de 0,05 (5%).

Posteriormente se hizo la respectiva discusión de los resultados que se han obtenido, para lo cual se ha tenido presente la estructura de las variables de estudio ya sea a nivel general y a nivel de dimensiones; para lo cual se ha tomado como referencia el marco teórico y los respectivos antecedentes del estudio.

Como herramienta de apoyo, se ha utilizado el programa IBM SPSS Versión 21.0 (Programa Estadístico para las Ciencias Sociales) con lo cual se contrasto la veracidad de

los resultados obtenidos en forma manual, asimismo se realizó las simulaciones de los modelos estadísticos utilizados en el estudio y la obtención de la significancia estadística.

**GRÁFICO 1.** Diagrama de pescado (causa – efecto) de la relación lógica de las variables independiente y dependiente de la investigación.



*Elaboración Propia.*

En el gráfico N° 01 se observa la estructura lógica de las variables en estudio; observamos que los investigadores han manipulado los elementos de la variable independiente referida al Drenaje de la mina Pampamali S.A. y que constituyen las causas para el proceso de investigación; el efecto está constituido por los niveles de la Contaminación del riachuelo Coochatay.

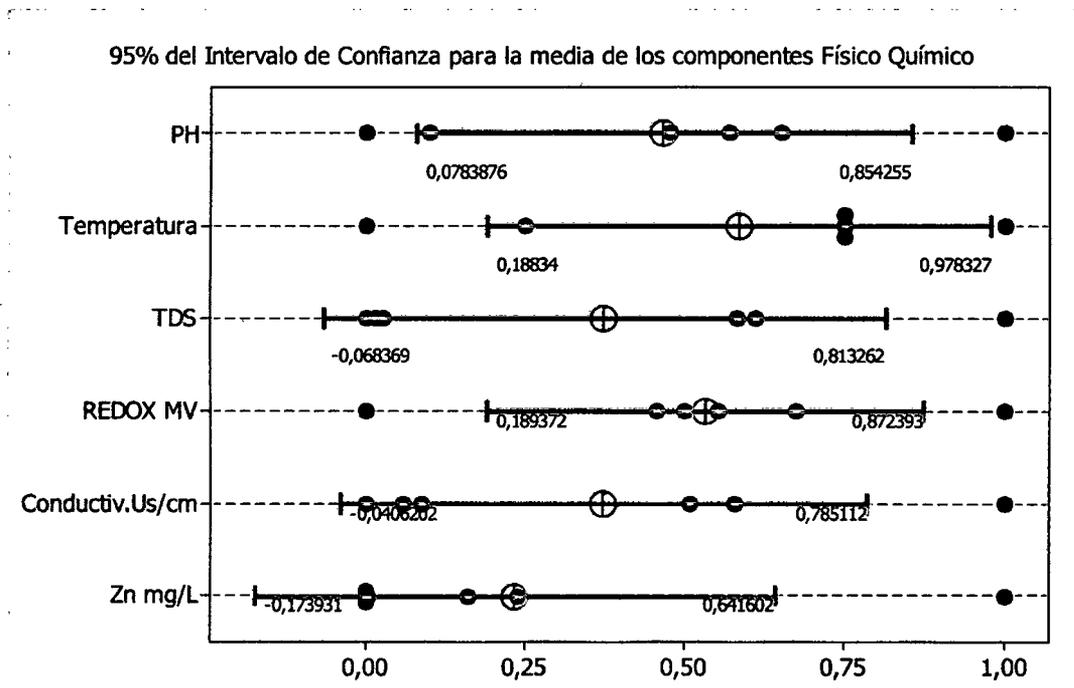
#### 4.1. PRESENTACIÓN DE RESULTADOS

##### 4.4.1. RESULTADOS DE LAS CARACTERÍSTICAS FÍSICO QUÍMICA DE LOS DRENAJES DE LA MINA PAMPAMALI S.A.

Para el cumplimiento del primer objetivo planteado en la investigación se ha procedido a elaborar las correspondientes tablas de frecuencia y medidas de la

composición Física – Química y los caudales del drenaje de la Mina Pampamali S.A. en sus dos dimensiones.

**Tabla 1. Resultados de la variabilidad de los indicadores de los recursos hídricos del río Ccochatay.**



Fuente: Tabla 1.

En la tabla N° 1 observamos los resultados de la variabilidad de los indicadores de los recursos hídricos del río Ccochatay. Los datos fueron estandarizados de acuerdo con Guisante (2011) el proceso para estandarizar la información sigue una distribución cuyo modelo es:

$$z = \frac{x - Min}{Max - Min}$$

De esta manera la información de los indicadores fueron estandarizados, luego se procedió a determinar la variabilidad a través de la generación de los intervalos de confianza al 95%.

- Para el PH notamos que el intervalo de confianza tienen una variabilidad entre 0,0783 y 0,8542.
- Para la temperatura notamos que el intervalo de confianza tienen una variabilidad entre 0,1883 y 0,9783.
- Para el TDS notamos que el intervalo de confianza tienen una variabilidad entre -0,0683 y 0,8132.
- Para el REDOX MV notamos que el intervalo de confianza tienen una variabilidad entre 0,1893 y 0,8723.
- Para la Conductiv. Us/cm notamos que el intervalo de confianza tienen una variabilidad entre -0,0406 y 0,7851.
- Para el Zn mg/L notamos que el intervalo de confianza tienen una variabilidad entre -0,1739 y 0,6416.}

**Tabla 2.** Estadísticas descriptivas de los indicadores de los recursos hídricos del río Ccochatay.

Estadísticos						
	PH	Temperatura	TDS	REDOX_MV	Conductiv_U s_cm	Zn_mg_L
N	6	6	6	6	6	6
	0	0	0	0	0	0
Media	,4663217	,5833333	,3724467	,5308817	,3722450	,2338350
Desv. tip.	,36965848	,37638633	,42004984	,32542283	,39341863	,38855833
Varianza	,137	,142	,176	,106	,155	,151
Mínimo	,00000	,00000	,00000	,00000	,00000	,00000
Máximo	1,00000	1,00000	1,00000	1,00000	1,00000	1,00000

Fuente: Mediciones efectuadas en los caudales.

Puesto que los datos se encuentran estandarizados, a decir de Zamora (2007) conservan todas sus propiedades en su forma de distribución, por lo que procedemos a describir sus correspondientes estadísticas descriptivas:

- Para el PH, podemos observar que la media es de 0,4663 dentro del dominio probabilístico de [0-1] la misma que tienen una desviación estándar de 0,369 que representa el nivel de variabilidad de este indicador, además su varianza es de 0,137 que representa el valor de las desviación estándar elevado al cuadrado,

como es de suponer el valor mínimo de los datos luego de ser estandarizados es de 0 y el valor máximo es de 1.

- Para la temperatura, podemos observar que la media es de 0,583 dentro del dominio probabilístico de [0-1] la misma que tienen una desviación estándar de 0,3763 que representa el nivel de variabilidad de este indicador, además su varianza es de 0,142 que representa el valor de las desviación estándar elevado al cuadrado, como es de suponer el valor mínimo de los datos luego de ser estandarizados es de 0 y el valor máximo es de 1.
- Para el TDS, podemos observar que la media es de 0,372 dentro del dominio probabilístico de [0-1] la misma que tienen una desviación estándar de 0,42 que representa el nivel de variabilidad de este indicador, además su varianza es de 0,176 que representa el valor de las desviación estándar elevado al cuadrado, como es de suponer el valor mínimo de los datos luego de ser estandarizados es de 0 y el valor máximo es de 1.
- Para el REDOX/MV, podemos observar que la media es de 0,5301 dentro del dominio probabilístico de [0-1] la misma que tienen una desviación estándar de 0,325 que representa el nivel de variabilidad de este indicador, además su varianza es de 0,106 que representa el valor de las desviación estándar elevado al cuadrado, como es de suponer el valor mínimo de los datos luego de ser estandarizados es de 0 y el valor máximo es de 1.
- Para la Conductiv/US/CM, podemos observar que la media es de 0,3722 dentro del dominio probabilístico de [0-1] la misma que tienen una desviación estándar de 0,3934 que representa el nivel de variabilidad de este indicador, además su varianza es de 0,155 que representa el valor de las desviación estándar elevado al cuadrado, como es de suponer el valor mínimo de los datos luego de ser estandarizados es de 0 y el valor máximo es de 1.
- Para el Zn/Mg/L, podemos observar que la media es de 0,2338 dentro del dominio probabilístico de [0-1] la misma que tienen una desviación estándar de 0,388 que representa el nivel de variabilidad de este indicador, además su varianza es de

0,151 que representa el valor de la desviación estándar elevado al cuadrado, como es de suponer el valor mínimo de los datos luego de ser estandarizados es de 0 y el valor máximo es de 1.

Estos resultados se comparan tanto con los niveles máximos permisibles del Ministerio de Energía y Minas (MEM), como la Ley General de Aguas, dado que estos cuerpos de agua son afluentes de uso doméstico para el consumo humano, así como bebedero de animales y riego agrícola.

El pH resultante es conforme en todas las muestras (06), cumplen con los NMP ( $> 6$  y  $< 9$ ); el TDS, TSS, redox y Conductividad eléctrica, cumplen con los valores de calidad establecidos en la Ley General de Aguas, Clase III.

Estas características fueron obtenidas al momento de evaluación in situ en el campo.

- **pH.**

De los resultados de pH obtenidos en el campo se encuentran dentro del rango permisible de 5 a 9 establecidos por la Ley General de Aguas Clase III y de pH 5,5 a 10,5 establecidos por el MEM.

- **Conductividad.**

Es una medida indirecta a la cantidad de sales minerales disueltas en el agua, en la cual es de vital importancia para el consumo humano, la conductividad no alcanzó niveles que pudieran indicar contaminación por sales u otros elementos en los (06) puntos de monitoreo.

- **Temperatura.**

La temperatura medida corresponde a la ambiental, ésta se halló entre los 6,8 y 11,0.

- **Oxígeno Disuelto.**

Los niveles de concentración de oxígeno disuelto en los puntos evaluados es adecuada para mantener el ecosistema acuático.

#### 4.1.1. CARACTERÍSTICAS DE LOS METALES PESADOS Y NO METALES.

Los metales pueden ser precipitados y/o absorbidos por los microorganismos que en función de su tamaño y composición de sus paredes celulares actúan como micro receptores orgánicos pudiendo ser medio de cadena trófica contaminando todo el ambiente y llegando al ser humano.

- **Plomo.**

Considerando el PM1, éste se encuentra ligeramente sobre la ley de Aguas, estando además valores muy por debajo de lo establecido por la Ley General de Aguas siendo remediable este punto con la ejecución de pozas de sedimentación, en general estos valores de monitoreo están muy por debajo de lo establecido por los LMP-MEM, siendo eficientes.

- **Cobre.**

Se debe considerar como muy eficiente todo estos valores obtenidos en los puntos de monitoreo del PM1 al PM6, debido a que dichos valores se encuentran por debajo de la Ley de Aguas y por lo establecido en los Límites Máximos Permisibles del MEM.

- **Zinc.**

El PM1, excede la Ley General de Aguas y los Límites Máximos Permisibles del MEM, siendo controlables mediante la implementación de pozas de sedimentación en interior mina, su elevada concentración se debería probablemente a que la toma de muestra que se realizó en la cuneta de decantación de sólidos en frente de la veta melita Nv. 44775 como lo muestra de la foto EIA.

Aun así su efecto se diluye aguas abajo en los puntos de toma de agua doméstica.

El PM2 está por debajo de lo establecido por la Ley General de Aguas (Clase I) y encima de los LMP-MEM, siendo totalmente remediable estos puntos.

El PM3 se encuentra por debajo de la Ley de Aguas y ligeramente por encima de los LMP-MEM.

Los puntos de monitoreo PM4, PM5 y PM6 se encuentran muy por debajo de la Ley General de Aguas, en función de LMP-MEM estos distan muy largamente.

- **Hierro.**

En general las 06 muestras que se tomaron presentan valores muy inferiores con relación a la ley de aguas y en función de los LMP-MEM, estos distan muy largamente considerándose como eficientes estos resultados.

- **Arsénico.**

Las 06 muestras de PM1 al PM6, las muestras ensayadas por arsénicos, representan valores inferiores muy óptimos, estando por debajo de la ley de aguas y los LMP-MEM.

#### **4.2. PRUEBA DE LA SIGNIFICANCIA DE LA HIPÓTESIS**

Para realizar la prueba de la significancia estadística de la hipótesis, se procederá a seguir el esquema propuesto por Pearson (Sanchez, 1998) que consta de cinco pasos. La prueba central de Hipótesis haremos uso de las herramientas de la estadística Inferencial y por la naturaleza de la variable en estudio los métodos de la estadística no paramétrica para datos nominales u ordinales. Específicamente la Prueba de Independencia Ajuste Chi Cuadrado para un nivel de significancia o error de tipo I del 0,05 % que es usual en las investigaciones.

##### **a) SISTEMA DE HIPÓTESIS.**

- **Hipótesis Nula (Ho):**

Los drenajes de la Mina Pampamali S.A. no contribuirán positivamente, en la contaminación del riachuelo Ccochatay en el distrito Secclla – Huancavelica.

- **Hipótesis Alterna (H1):**

Los drenajes de la Mina Pampamali S.A. contribuirán positivamente, en la contaminación del riachuelo Ccochatay en el distrito Secclla – Huancavelica.

### b) NIVEL DE SIGNIFICANCIA

Representa el error de tipo I, es decir la probabilidad de rechazar la hipótesis nula cuando en realidad es verdadera.

$$\alpha = 0,05 = 5\%$$

### c) ESTADÍSTICA DE PRUEBA

Por el nivel de medición de la variable, se utilizara la prueba de independencia Chi Cuadrado con cuatro grados de libertad. Es decir:

$$t = \frac{\bar{x} - \mu}{s / \sqrt{n}}$$

### d) CÁLCULO DEL ESTADÍSTICO

Para evaluar las hipótesis se utilizó los resultados de análisis físico/químico de 06 muestras de agua, desde la bocamina y todo el recorrido del riachuelo de Ccochatay, para ello recurrimos al estadístico, prueba de "t" para muestras relacionadas. Obteniéndose las medias y el grado de significación (bilateral) para la variable física: temperatura y las variables químicas (pH, Temperatura, conductividad eléctrica, TDS, TSS), y de los contaminantes metálicos (Pb, Cu, Zn, Fe, As, ), todo ellos según la cantidad encontrada en el análisis químico los resultados se presentan a continuación:

Tabla 1. Estadístico descriptivo y prueba de medias (t de student) respecto a las propiedades físico/químicos desde la bocamina y el recorrido del riachuelo de Ccochatay). Distrito de Seclla-Huancavelica. 2013.

	N	Media	Desviación típ.	Error típ. de la media
pH	6	7.2500	.71344	.29126
TEMPERATURA	6	7.333	1.5055	.6146
TDS	6	128.0667	112.40539	45.88931
TSS	6	137.2167	324.01543	132.27875
REDOX	6	403.8500	33.19312	13.55103
CONDUCTIVIDAD	6	226.8333	175.58210	71.68109

## Prueba de muestras relacionadas las propiedades fisico/químicos

	T	gl	Sig. (bilateral)	Diferencia de medias	95% Intervalo de confianza para la diferencia	
					Inferior	Superior
pH	24.892	5	.000	7.25000	6.5013	7.9987
TEMPERATURA	11.931	5	.000	7.3333	5.753	8.913
TDS	2.791	5	.038	128.06667	10.1044	246.0289
TSS	1.037	5	.347	137.21667	202.8167	477.2500
REDOX	29.802	5	.000	403.85000	369.0160	438.6840
CONDUCTIVIDAD	3.164	5	.025	226.83333	42.5712	411.0954

### e) TOMA DE DECISIÓN

Puesto que  $V_c > V_t$  decimos que se ha encontrado evidencia para rechazar la hipótesis nula; el valor calculado se ubica en la región de rechazo de la Hipótesis Nula (RR/Ho).

Concluimos que:

**Los drenajes de la Mina Pampamali S.A. contribuirán positivamente, en la contaminación del riachuelo Ccochatay en el distrito Seclla – Huancavelica con un 95% de confianza.**

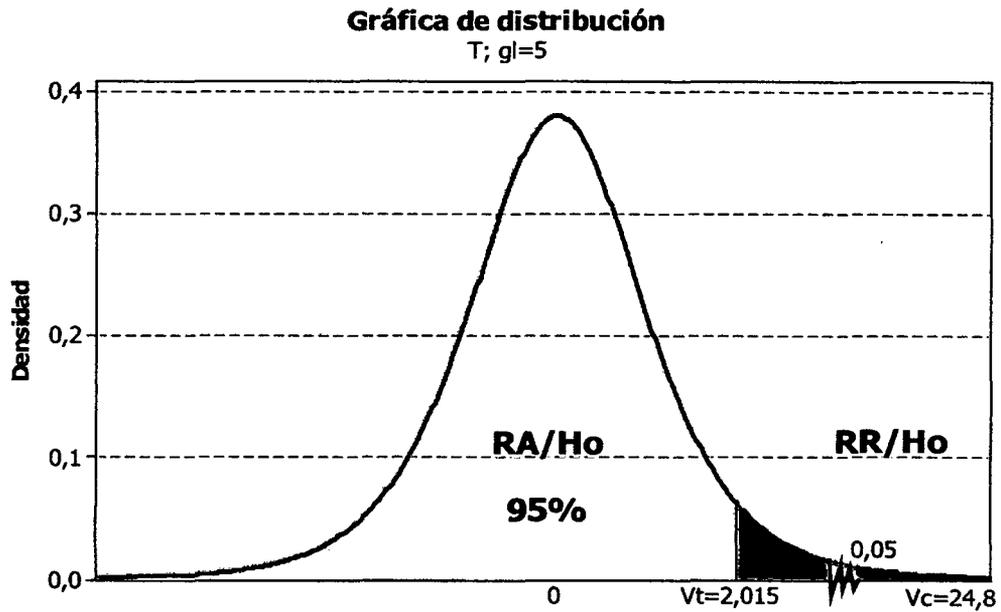
Estos mismos resultados podemos observar en la gráfica siguiente de la distribución para 4 grado de libertad. Notemos que el valor calculado se ubica en la región de rechazo de la hipótesis nula (RR/Ho).

Asimismo podemos mostrar para la prueba la probabilidad asociada al estudio:

$$Sig. = P[t > 24,8] = 0,00 < 0,05$$

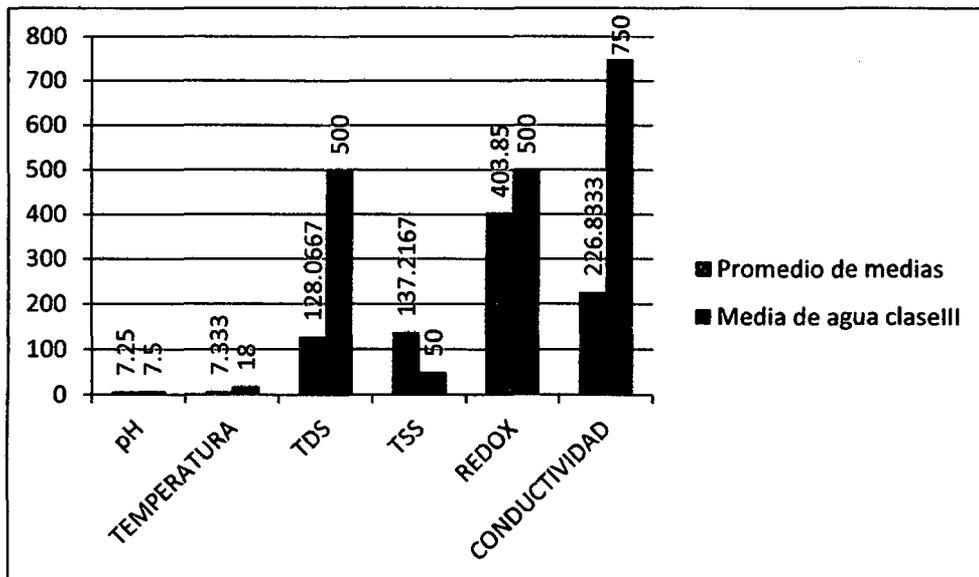
Puesto que esta probabilidad es menor que 5% (0,05) se confirma en rechazar la hipótesis nula y acepta la alterna.

**Gráfico 2.** Diagrama de la distribución T para la significancia de la Hipótesis de Investigación.



Fuente: Tabla 10.

**GRÁFICO 3.** Comparación de las propiedades físicos/químicas desde la bocamina y el recorrido del riachuelo de Ccochatay). Distrito de Seclla-Huancavelica. 2013.



Fuente: Base de datos.

Se compara las medias de los parámetros físicos/químicos de las muestras de los puntos 1 al 6 que comprende desde la bocamina y el recorrido del riachuelo de Ccochatay). (Tabla 1), obteniéndose con respecto al pH dándonos un valor de  $t=24.892$ ,  $g.l.=5$  y una  $P=0.000$ , la misma que determina que existe diferencias de medias Tabla 2-1 Estándares de Calidad de Agua. (D.S. 261-69-AP, mod. por D.S. 007-83-SA y D.S. 003-2003-SA) Usos: III. Riego de vegetales de consumo crudo y bebida de animales que están el (anexo) y se observa en el grafico 1 de color rojo ladrillo que significa que el agua de drenaje de mina se encuentra dentro de los límites máximos permisibles de la misma manera se tiene para las Temperaturas un valor de  $t=11.931$ ,  $g.l.=5$  y una  $P=0.000$ , la Conductividad eléctrica dándonos un valor de  $t=3.164$ ,  $g.l.=5$  y una  $P=0.025$ , el STD dándonos un valor de  $t=2.791$ ,  $g.l.=5$  y una  $P=0.038$ , el TSS dándonos un valor de  $t= 1.037$ ,  $g.l.=5$ , y un  $p=0,347$ . el redox dándonos un valor de  $t=29.80$ ,  $g.l.=5$ , y un  $p=0.025$ . las mismas que determinan que existen diferencias de medias con la Tabla 2-1 de Estándares de Calidad de Agua. (D.S. 261-69-AP, mod. por D.S. 007-83-SA y D.S. 003-2003-SA) Usos: III. Riego de vegetales de consumo crudo y bebida de animales que están el (anexo) y se observa en el grafico 1 de color rojo ladrillo que significa que el agua de drenaje de mina se encuentra dentro de los límites máximos permisibles. Donde se puede ver que la contaminación de agua de mina (drenaje) de la Mina Pampamali S.A se encuentra en la normatividad legal peruana en materia de calidad ambiental distingue dos instrumentos complementarios, los Estándares de Calidad Ambiental (ECA) y los Límites Máximos Permisibles (LMP).

**Tabla 3.** Estadístico descriptivo y prueba de medias (t de student) respecto a los metales que contiene en el drenaje desde la bocamina y el recorrido del riachuelo de Ccochatay). Distrito de Secclla-Huancavelica. 2013.

	N	Media	Desviación típ.	Error típ. de la media
PLOMO	6	.02667	.030461	.012436
COBRE	6	.02000	.000000	.000000
ZINC	6	4.68283	7.768052	3.171294
HIERRO	6	.04717	.042050	.017167
ARSENICO	6	.01233	.005715	.002333
ANTIMONIO	6	.2000	.00000	.00000

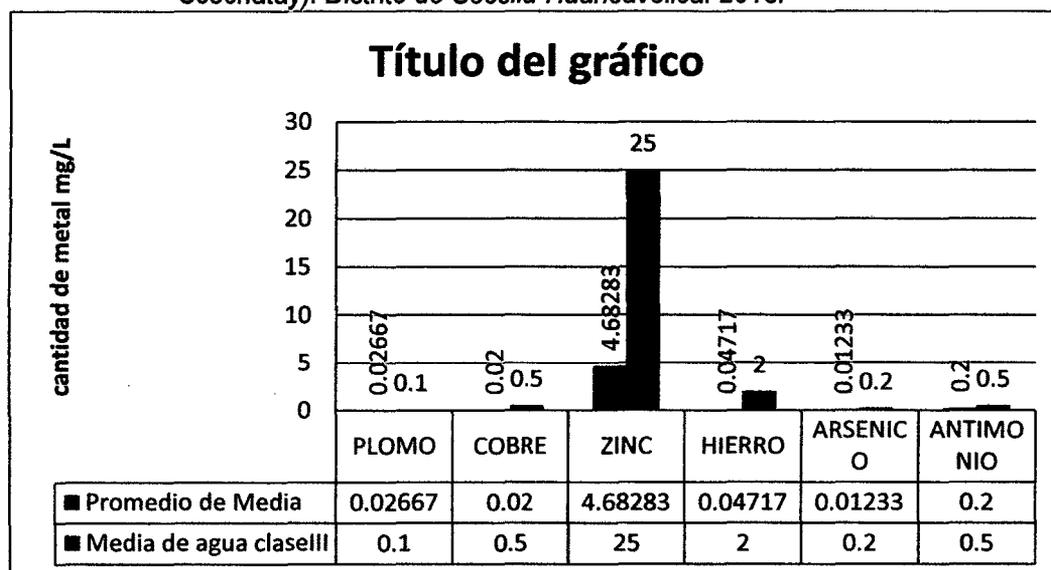
Fuente: Base de datos.

**Tabla 4.** Prueba de muestras relacionadas de metales que contiene en el drenaje, desde la bocamina y el recorrido del riachuelo de Ccochatay). Distrito de Secclla-Huancavelica. 2013.

	t	gl	Sig. (bilateral)	Diferencia de medias	95% Intervalo de confianza para la diferencia	
					Inferior	Superior
PLOMO	2.144	5	.085	.026667	.00530	.05863
COBRE	9E +016	5	.000	.020000	.02000	.02000
ZINC	1.477	5	.200	4.682833	-3.469	12.8349
HIERRO	2.748	5	.040	.047167	.00304	.09129
ARSENICO	5.286	5	.003	.012333	.00634	.01833
ANTIMONIO	6E+016	5	.000	.20000	.2000	.2000

Fuente: Base de datos.

**GRÁFICO 4.** Comparación de los metales que contienen el drenaje de aguas de Mina Pampamali, tomadas desde la bocamina y el recorrido del riachuelo de Ccochatay). Distrito de Secclla-Huancavelica. 2013.



Se compara las medias de los parámetros físicos/químicos de las muestras de los puntos 1 al 6 que comprende desde la bocamina y el recorrido del riachuelo de Ccochatay). (tabla 2), obteniéndose con respecto al PLOMO dándonos un valor de  $t=2.144$ ,  $g.l=5$  y una  $P=0.085$ , la misma que determina que existe diferencias de medias Tabla 2-1 Estándares de Calidad de Agua. (D.S. 261-69-AP, mod. por D.S. 007-83-SA y D.S. 003-2003-SA) Usos: III. Riego de vegetales de consumo crudo y bebida de animales que están el (anexo) y se

observa en el grafico 1 de color rojo ladrillo que significa que el agua de drenaje de mina se encuentra dentro de los límites máximos permisibles de la misma manera se tiene para el COBRE un valor de  $t=9E+016$ , g.l.=5 y una  $P=0.000$ , el ZINC dándonos un valor de  $t=1.477$ , g.l.=5 y una  $P=0.200$ , el HIERO dándonos un valor de  $t=2.748$ , g.l.=5 y una  $P=0.040$ , el ARSENICO dándonos un valor de  $t=5.286$ , g.l.=5 y una  $P=0.000$ , el ANTIMONIO dándonos un valor de  $t=6E+016$ , g.l.=5 y un  $p=0,000$  las mismas que determinan que existen diferencias de medias con la Tabla 2-1 de Estándares de Calidad de Agua. (D.S. 261-69-AP, mod. por D.S. 007-83-SA y D.S. 003-2003-SA) Usos: III. Riego de vegetales de consumo crudo y bebida de animales que están el (anexo) y se observa en el grafico 2 de color rojo ladrillo que significa que el agua de drenaje de mina se encuentra dentro de los límites máximos permisibles. Donde se puede ver que la contaminación de agua de mina (drenaje) de la Mina Pampamali S.A se encuentra en la normatividad legal peruana en materia de calidad ambiental distingue dos instrumentos complementarios, los Estándares de Calidad Ambiental (ECA) y los Límites Máximos Permisibles (LMP).

#### **4.3 DISCUSIÓN DE RESULTADOS**

Luego de haber recogido la información los datos o resultados de laboratorio fueron ingresados a una base de datos del formato SPSS para Windows, para luego en busca de atender a los objetivos e hipótesis planteados para el presente estudio, se procedió a ejecutar el estadístico respectivo, a fin de dar respuesta a los mismos, a continuación se presenta el análisis y discusión de los resultados:

Cumple con la Hipótesis Alterna

$H_1$ : Los drenajes de la Mina Pampamali S.A. contribuirán positivamente, en la contaminación del riachuelo Ccochatay en el distrito Secclla – Huancavelica, Como se encuentra en los diferentes parámetros del promedio de las medias.

## CONCLUSIONES

1. Los drenajes de la Mina Pampamali S.A. no contribuirán positivamente, en la contaminación del riachuelo Ccochatay en el distrito Secclla – Huancavelica.
2. Se han establecido seis (06) puntos de monitoreo, siendo dos efluentes líquidos con la finalidad de reducir y controlar la acción de los agentes contaminantes.
3. El pH resultante es conforme en las (06) muestras que cumplen con los Niveles Máximos permisibles (> a 6 y < que 9); asimismo la cantidad total de sólidos totales disueltos (TDS), sedimento total suspendido (TSS), redox y conductividad eléctrica, cumplen con los valores de calidad establecidos en la Ley General de Aguas, Clase III.
4. Los metales pesados como As, Pb, Zn, Fe y Cu, metales que se encuentran en concentraciones muy por debajo de los valores de los Límites Máximos Permisibles, establecidos en la Ley General de Aguas, Clases III.
5. Se ha demostrado con un nivel de significancia del 0.05 % y la prueba de "t" de Student que el tratamiento de agua de la Mina de Pampamali S.A, ha influido favorablemente y significativamente que no altera en la calidad de agua del Riachuelo de Ccochatay.
6. Se ha determinado que los efectos positivos de la Mina Pampamali S.A, tienen prevaencia ante la evaluación final de los impactos ambientales, por lo que se concluye que el estudio de investigación generara una mejora bienestar social de las poblaciones del área de influencia de la Mina.

## RECOMENDACIONES

1. Aplicando siempre las nuevas tecnologías y métodos que tiendan siempre a optimizar continuamente la prevención y mitigación de los impactos negativos como consecuencia de la actividad negativa, logrando una gestión integral en el cuidado de los recursos naturales y la agricultura.
2. Cumplir la legislación vigente aplicable para el cuidado del medio ambiente, desarrollando acciones de interrelación comunidad y empresa mirando siempre la fortaleza.
3. Efectuar el programa de monitoreo establecido en el presente estudio de investigación y evaluar sus cumplimientos.
4. Las superficies removidas (Bocaminas, Canchas de desmonte, Canchas de depósito, Campamentos, Trochas carrózales), deben ser reforestadas convenientemente, para evitar la erosión en dichas áreas, por agentes meteóricos.
5. Cuidar el patrimonio arqueológico de la nación, si se diagnosticará la presencia de restos arqueológicos en la zona.
6. Tener especial cuidado en la restitución de las áreas afectadas por la operación minera en la protección y conservación ambiental.
7. Implementar nuevos métodos para la prevención o mitigación de los impactos negativos, como consecuencia de la actividad minera a la nueva minería o minería moderna.
8. Mejoramiento de las nuevas prácticas de la mina, concentrándose en reducir y minimizar la generación de Drenaje Ácido Mima (DAM).
9. El sistema de gestión ambiental permitirá mediar los esfuerzos y la cultura de las comunidades y la de la empresa para identificar los puntos fuertes como los puntos débiles (Fortaleza y debilidades), con el objetivo de desarrollo un mejoramiento ambiental.
10. Conformar el comité ambiental a través de las comunidades y sus representantes de la empresa, con el fin de realizar monitoreo ambiental en conjunto.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- No hay ninguna fuente en el documento actual. GOLDER ASSOCIATES S.A (2008) Manual De Evaluación De Riesgos De Fma/P- Sernageomin – BGR Chile. Pp51-53.
- Palomino, P y Villanueva, O. (2005); Universidad Nacional Santiago Antúnez de Mayolo (UNSAM). Bioremediación de Drenajes Ácidos de Mina (DAM) mediante el sistema de humedales”, tomado del IV Congreso Internacional de Medio Ambiente en Minería y Metalurgia, 13-16 de Julio del 2005.
- SANCHEZ, H. 1998, Metodología de Investigación, 2da Edición editorial Mantaro. Lima- Perú Pp. 57- 59.
- García, A.(2008) Minería y desarrollo sostenible. Instituto geológico y minería de España.PP.32.
- Céspedes, M. (2008) Ciencias Naturales, Editorial Bruquera, Vol. I. pp. 35.

## FUENTES ELECTRÓNICAS

- BROTHERS, R. (2005) Drenaje Ácido De La Minería. Minería y Contaminación De Agua En La Columbia Británica, Canadá. PP. 4-6. Dispuesto en mail :emcbc@miningwatch.org
- CESEL Ingenieros. (2006) Plan de cierre de la Mina Aruntani S.A.C. – Minera Santa rosa. En su sitio de Pág. Web:
- [http://www.labor.org.pe/descargas/plancierre/051300%20\(D\)/A.%20Anexos/01%20Texto/2.1.3%20Caracteristicas%20Geotecnicas%20Botadero.doc](http://www.labor.org.pe/descargas/plancierre/051300%20(D)/A.%20Anexos/01%20Texto/2.1.3%20Caracteristicas%20Geotecnicas%20Botadero.doc).
- Guía Ambiental para el manejo de los drenajes ácidos mineros. dispuesto en la Pág. Web:
- (<http://www.minem.gob.pe/archivos/dgaam/legislacion/guias/drenajesminero.pdf>)
- ECOAMÉRICA. (2007) Minería y Medio Ambiente. En su sitio Web: [http://www.ecoamerica.cl/pdf\\_notas/67/eco67\\_18-21.pdf](http://www.ecoamerica.cl/pdf_notas/67/eco67_18-21.pdf)
- Ministerio de Energía y Minas (2008) “Guía ambiental para el manejo de relaves mineros” del Ministerio de Energía y Minas dispuesto en la pág. Web: (<http://www.minem.gob.pe>)

- Referencias de los pasivos mineros de la mina Pampamali. Distrito de Seclla Provincia de Angaraes–Hvca)
- <http://www.angaraes.cl/archivos/mineriapampamali.com>

**ANEXOS**

RECURSOS HIDRICOS DE DATOS - FEBRERO Y MARZO EL 2013

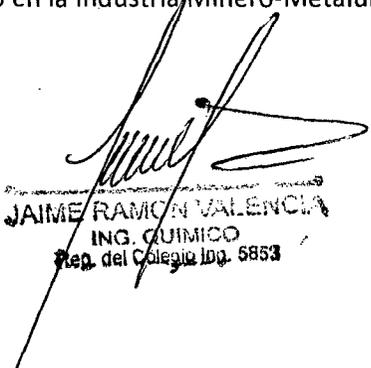
RIoccochatay CLASE III CALIDAD SANITARIA

CAUDAL MAXIMO: 5 L/s CAUDAL MINIMO: 2.5 L/s CAUDAL PROMEDIO: 3.6 L/s

PROMEDIO DE ESTACION	pH	T. °C	TDS mg/l	TSS mg/l	Redoxm V	Conducti v.Us/cm	Pb mg/L	Cu mg/L	Zn mg/L	Fe mg/L	As mg/l	Sb mg/l	coliformes totales NMP/100ml	Coliformes fecales NMP/100 ml	Bacterias Aurobias Mesofilas UFC/ml
Ley del agua Clase III	6-9	-	-	-	-	-	0.1	0.5	25						
PM1	6.54	5	192.00	<2.0	451.7	319.0	0.086	<0.020	20.00	<0.030	0.024	<0.2			
PM2	7.27	6	296.00	798.50	406.2	507.0	0.033	<0.020	4.80	<0.030	<0.010	<0.2			
PM3	7.61	8	35.60	16.80	418.5	99.2	<0.010	<0.020	0.008	0.133	<0.010	<0.2			
PM4	7.45	8	184.40	<2.0	400.7	288.0	<0.010	<0.020	3.20	<0.030	<0.010	<0.2			
PM5	6.35	8	32.00	<2.0	396.3	87.1	0.011	<0.020	0.008	<0.030	<0.010	<0.2	Negativo	Negativo	5.6x10
PM6	8.28	9	28.40	<2.0	349.7	60.7	0.01	<0.020	0.081	<0.030	<0.010	<0.2	Negativo	Negativo	4.0x10
Ley del agua Clase III (*)	7.5	18	500	-	-	750	3	15	0.2	0.05	0.5	1	2		0.1

LEYENDA

- PM1 En la cuneta Bocamina, veta Victoria Nv:4515
- PM2 En la cuneta Bocamina, veta Melita Nv:4475
- PM3 A 110 metros, frente de la veta Melita aguas abajo
- PM4 A 230 metros aprox. Al este de la veta Melita Nv:4475, escorrentía a la carretera
- PM5 A 60 metros al oeste de veta Melita Nv: 4475
- PM6 Agua de consumo Rio Ccochatay
- (\*) Completado con dato de la Tabla 2-2 Límites Máximos Permisibles de vertimiento en la Industria Minero-Metalúrgica

  
**JAIME RAMON VALENCIA**  
 ING. QUIMICO  
 Reg. del Colegio Ing. 5853



PANEUX FOTOGRAFICO DEL PM1, BOCAMINA NV 4515 VETA VICTORIA.





PANEUX FOTOGRAFICO PM2 BOCAMINA NV. 4475 VETA MELITA.



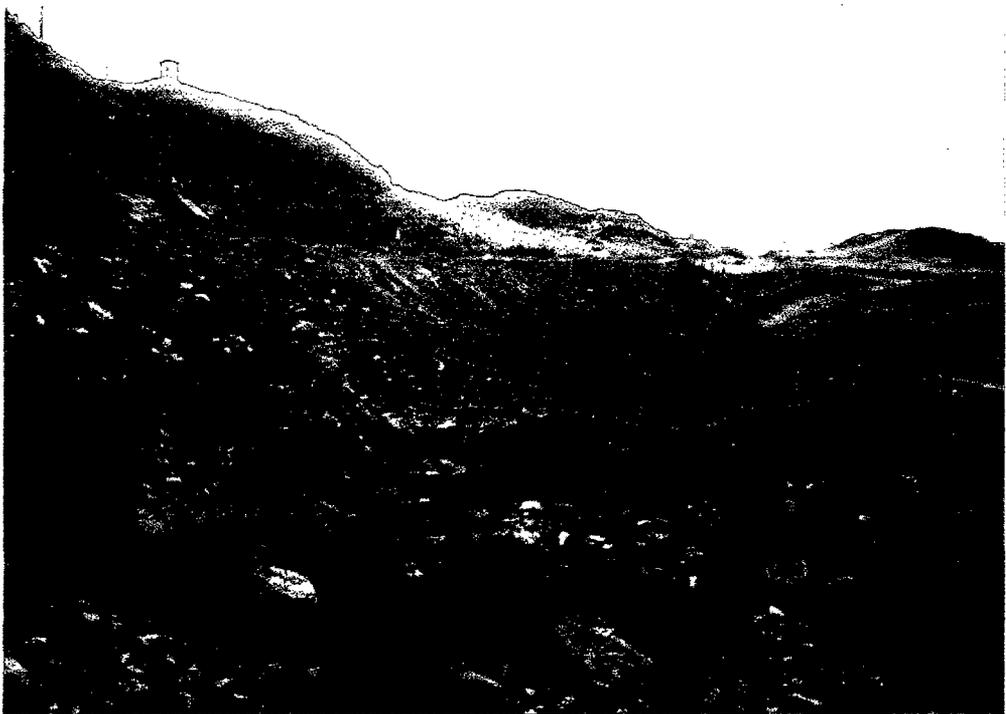


PANEUX FOTOGRAFICO PM1 CUNETA BOCAMINA NV. 4515 VETA VICTORIA.





PANEUX FOTOGRAFICO DE TESISISTAS EN EL PROYECTO DE INVESTIGACIÓN.





PANEUX FOTOGRAFICO PM3, FRENTE DE LA BOCAMINA MELITA, NV. 4475 AGUAS ABAJO.





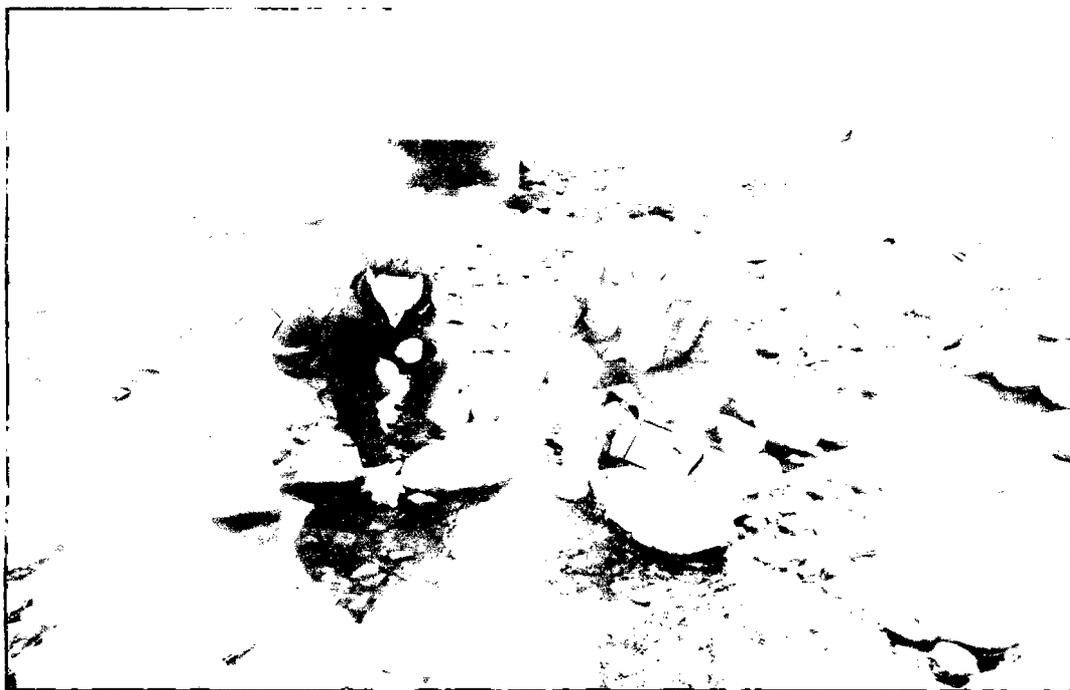
PANEUX FOTOGRAFICO DEL PM4, A 230 METROS APROX, AL ESTE DE LA VETA MELITA ESCORRENTIA CARRETERA.





PANEUX FOTOGRAFICO PM5, A 60 METROS APROX, AL OESTE DE LA VETA MELITA NV.4475.





PANEUX FOTOGRAFICO DEL PM6, AGUA DE CONSUMO RIO CCOCHATAY.

