

**UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO PUNO**  
**ESCUELA DE POST GRADO**  
**MAESTRÍA EN TECNOLOGÍAS DE PROTECCIÓN**  
**AMBIENTAL**



**GESTIÓN AMBIENTAL DEL EFLUENTE LÍQUIDO EN EL PROCESO  
DE FLOTACIÓN PARA MINIMIZAR LA CONTAMINACIÓN EN LA  
PLANTA CONCENTRADORA CRUCERO - PUNO.**

**TESIS**

**PRESENTADA POR:  
DANTE ATILIO SALAS AVILA**

**PARA OPTAR EL GRADO ACADÉMICO DE:  
MAGÍSTER SCIENTIAE**

**PUNO - PERÚ**

**2008**

UNIVERSIDAD SALES DE GÉTIPLANO - PARR	
BIBLIOTECA CENTRAL	
Fecha Ingreso:	04 OCT. 2012
N°	00228

**UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO PUNO**

**ESCUELA DE POST GRADO**

**MAESTRÍA EN TECNOLOGÍAS DE PROTECCIÓN**

**AMBIENTAL**



**GESTIÓN AMBIENTAL DEL EFLUENTE LÍQUIDO EN EL PROCESO DE  
FLOTACIÓN PARA MINIMIZAR LA CONTAMINACIÓN EN LA PLANTA  
CONCENTRADORA CRUCERO- PUNO**

**TESIS**

**PRESENTADA POR:**

**DANTE ATILIO SALAS AVILA**

**PARA OPTAR EL GRADO ACADEMICO DE:**

**MAGÍSTER SCIENTIAE**

**PUNO - PERU**

**2008**

UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO PUNO  
ESCUELA DE POST GRADO  
MAESTRÍA EN TECNOLOGÍAS DE PROTECCIÓN AMBIENTAL

TESIS

PRESENTADA A LA COORDINACION DE INVESTIGACIÓN DE LA  
MAESTRIA DE TECNOLOGIAS DE PROTECCIÓN AMBIENTAL, COMO  
REQUISITO PARA OPTAR EL GRADO ACADEMICO DE:

MAGÍSTER SCIENTIAE

MIEMBROS DEL JURADO:

Presidente del Jurado:

  
-----  
Dr. Eduardo Flores Condori

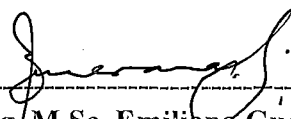
Primer Miembro:

  
-----  
Ing. M.Sc. Edwin Gallegos Pasco

Segundo Miembro:

  
-----  
M.Sc. Félix Quispe Mamani

Director de Tesis:

  
-----  
Ing. M.Sc. Emiliano Guevara Guerra

## DEDICATORIA

Dedico el presente trabajo con mucho Cariño y gratitud a mis padres **JUAN JOSE** y **LUISA FELICITAS**, Quienes con mucho Esfuerzo y sacrificio supieron encaminarme en la senda de mí formación profesional y el logro de mis Objetivos.

Con mucho cariño a mi esposa **YLIANA**, a mis Hijos **DANTE** y **MARIA LUISA**, por su apoyo Incansable para alcanzar uno de mis anhelos y ser fuentes Permanentes de mi superación.

## INDICE

RESUMEN  
ABSTRACT  
INTRODUCCION

### CAPITULO I

#### PROBLEMÁTICA DE INVESTIGACION

1.1 Planteamiento del problema.....	3
1.2 Justificación del problema.....	5
1.3 Objetivo del problema.....	6
1.4 Hipótesis del problema.....	7

### CAPITULO II

#### MARCO TEORICO

2.1 Generalidades.....	8
2.2 Antecedentes.....	8
2.3 Marco legal.....	10
2.4 Marco administrativo.....	19
2.5 Marco teórico Conceptual.....	19
2.5.1 Definiciones.....	19
2.5.2 Sistema de gestión ambiental.....	20
2.5.2.1 Elementos del SGA.....	20
2.5.2.2 Beneficios del SGA.....	21
2.5.3 Contaminación de aguas.....	22

2.5.4 Manejo ambiental del agua.....	22
2.5.4.1 Principales contaminantes del agua.....	23
2.5.4.2 Identificación de fuentes principales de descargas contaminantes...	23
2.5.4.3 Identificación y caracterización de las aguas que pueden ser impactadas por descargas contaminantes.....	24
2.6 Consideraciones del Proceso.....	25
2.7 Sedimentación.....	29

### **CAPITULO III**

#### **METODOLOGIA**

3.1 Descripción del proyecto anterior.....	30
3.1.1 Diagrama de flujo tratamiento de minerales con el Banco Minero.....	31
3.2 Tratamiento de minerales en la planta concentradora actual.....	32
3.2.1 Operación de planta.....	33
3.2.1.1 Tolva de gruesos.....	34
3.2.1.2 Área de Chancado.....	34
3.2.1.3 Faja transportadora.....	35
3.2.1.4 Tolva de finos.....	35
3.2.1.5 Molienda y Clasificación.....	36
3.2.1.6 Sección Flotación.....	37
3.2.1.7 Cochas de almacenaje de concentrado.....	39
3.2.1.8 Relaves.....	43
3.2.1.9 Deposito de relave.....	44
3.3 Agua.....	47

3.4 Reactivos.....	49
3.5 Materiales y métodos.....	49
3.5.1 Elección del área de muestreo.....	49
3.5.1.1 Recolección de muestras.....	50
3.5.2 Ubicación de zonas de muestreo.....	50
3.6 Parámetros.....	51
3.7 Operación de variables.....	54
3.8 Metodología estadística.....	54
3.8.1 Modelo estadístico lineal.....	54
3.8.2 Matriz de Consistencia.....	55
3.9 Datos de muestreo.....	57
3.9.1 Valores de normas nacionales.....	57
3.9.2 Valores de muestreo.....	57

## **CAPITULO IV**

### **RESULTADOS Y DISCUSION**

4.1 Análisis de pruebas estadísticas.....	62
4.1.1 Análisis del efecto pH.....	62
4.1.2 Análisis del efecto de conductividad eléctrica.....	64
4.1.3 Análisis del efecto turbidez.....	67
4.1.4 Análisis del efecto oxígeno disuelto.....	69
4.1.5 Análisis del efecto temperatura.....	71
4.1.6 Análisis del efecto sólidos totales disueltos.....	73
4.1.7 Análisis del efecto del potencial de reducción.....	76



<b>CONCLUSIONES</b> .....	78
<b>RECOMENDACIONES</b> .....	79
<b>BIBLIOGRAFÍA</b> .....	81

### **INDICE DE CUADROS.**

Cuadro 01: Niveles máximos permisibles de emisión.....	24
Cuadro 02: Niveles máximos permisibles que reinicien actividades.....	25
Cuadro 03: Dosificación y consumo de reactivos en molienda.....	37
Cuadro 04: Dosificación y consumo de reactivos de flotación.....	38
Cuadro 05: Balance de materia de planta de beneficio.....	41
Cuadro 06: Mano de obra requerida en planta.....	47
Cuadro 07: Relación de reactivos requeridos en planta.....	49
Cuadro 08: Límites máximos permisibles - DIGESA.....	57
Cuadro 09: Toma de muestra de agua fresca.....	58
Cuadro 10: Toma de muestra de efluente líquido de flotación – relave.....	59
Cuadro 11: Toma de muestra de espejo de agua relavera.....	60
Cuadro 12: Toma de muestra última poza de sedimentación.....	61
Cuadro 13: Análisis de varianza para el efecto pH.....	63
Cuadro 14: Rango múltiple Tukey para el efecto pH.....	64
Cuadro 15: Análisis de varianza para el efecto conductividad eléctrica.....	65
Cuadro 16: Rango múltiple Tukey para el efecto conductividad eléctrica.....	66

Cuadro 17: Análisis de varianza para el efecto turbidez.....	67
Cuadro 18: Rango múltiple Tukey para el efecto turbidez.....	68
Cuadro 19: Análisis de varianza para el efecto oxígeno disuelto.....	69
Cuadro 20: Rango múltiple Tukey para el efecto oxígeno disuelto.....	70
Cuadro 21: Análisis de varianza para el efecto temperatura.....	71
Cuadro 22: Rango múltiple Tukey para el efecto temperatura.....	72
Cuadro 23: Análisis de varianza para el efecto ST disueltos.....	74
Cuadro 24: Rango múltiple Tukey para el efecto ST disueltos.....	75
Cuadro 25: Análisis de varianza para el efecto potencial de reducción.....	76
Cuadro 26: Rango múltiple Tukey para el efecto potencial reducción.....	77

## INDICE DE FOTOGRAFIAS

Fotografía 01: Celdas de flotación.....	39
Fotografía 02: Área de espesamiento.....	40
Fotografía 03: Concentrado de cobre.....	40
Fotografía 04: Cancha de relave.....	45
Fotografía 05: Captación de agua - cancha de relave.....	45
Fotografía 06: Pozas de sedimentación.....	46
Fotografía 07: Tercera poza de sedimentación.....	46
Fotografía 08: Tubería para agua.....	48
Fotografía 09: Muestreo.....	48

## **ANEXOS**

Anexo 01: Glosario de términos

Anexo 02: Resultado del análisis estadístico (SAS) – efecto pH

Anexo 03: Resultado del análisis estadístico (SAS) – Conduct. Eléctrica.

Anexo 04: Resultado del análisis estadístico (SAS) – efecto turbidez

Anexo 05: Resultado del análisis estadístico (SAS) – Oxígeno Disuelto.

Anexo 06: Resultado del análisis estadístico (SAS) – efecto Temperatura

Anexo 07: Resultado del análisis estadístico (SAS) – ST. Disueltos.

Anexo 08: Resultado del análisis estadístico (SAS) – efecto ORP.

Anexo 09: Diagrama de bloques

Anexo 10: Plano de Crucero

## RESUMEN

El presente trabajo incide en la implementación de la gestión ambiental a los efluentes líquidos en el proceso de flotación para la recuperación de cobre. En la planta concentradora de Crucero.

Lo que permite minimizar la contaminación a zonas aledañas por los efluentes, recirculando el agua al proceso y reducir la utilización del agua fresca de alimentación.

Primeramente, se identifica el proceso de flotación, los reactivos utilizados en el proceso de recuperación de cobre. Posteriormente se ubican los puntos de muestreo, tales como la calidad de agua fresca, efluente líquido de celdas de flotación, agua en relavera y agua tratada por sedimentación. Luego se identifican los parámetros a minimizar para evitar la contaminación ambiental.

Una vez caracterizado los efluentes se instala tres pozas de sedimentación. La primera poza trata mediante una sedimentación gravitacional el efluente líquido recolectado del manejo racional del efluente en la relavera y el agua de la sección de filtrado y clarificación del proceso. El agua en tratamiento pasa por derrame a la segunda poza luego de un tiempo de sedimentación

pasa por derrame a la tercera poza. El agua de la tercera poza es recirculada al reservorio de la planta concentradora para el proceso de extracción de cobre.

El proceso natural de desarenización que se da en la cancha de relave permite que el agua recuperada en la relavera reduzcan los sólidos totales disueltos e incremente el oxígeno disuelto. El efluente líquido del proceso de flotación tratado permite reducir el pH, Sólidos totales disueltos, temperatura, y la turbidez; asimismo incrementar el oxígeno disuelto, conductividad eléctrica y potencial de reducción a valores con notable similitud que el agua fresca que se alimenta al proceso de flotación procedente del riachuelo de Puncutira. Para los diferentes efectos de los análisis y cuantificar los resultados de las pruebas de F se ha utilizado las pruebas de rango múltiple de Tukey, por ser esta prueba más estricta en su clasificación y el análisis de varianza del presente diseño se realizó con el paquete estadístico de sistema para análisis estadístico.

## **ABSTRACT**

This work is related to the implementation of environmental management for liquid effluents in the copper flotation recovering process, at Crucero concentrating plant.

This allows the minimization of pollution in surrounding areas by effluents; water is recycled in this process reducing the use of fresh water supply.

First, the flotation process and reagents used in the copper recovery process are identified. Subsequently sampling points are located, in order to measure fresh water quality, flotation cells liquid effluent, water in sedimentation pond and sedimentation treated water. Then parameters to minimize to avoid environmental pollution are identified.

After effluent characterization, three sedimentation wells are installed. First well receives the liquid effluent collected after its rational treatment in the sedimentation ponds and also the water from the filtering section and clarifying process. The water under treatment passes through a spill to the second pool, and after a long sedimentation passes through another water to the third pool. The water in the third is conducted to the concentrating plant reservoir to accomplish the copper extraction process.

The natural process of sand sedimentation occurring in the treatment pool allows recovered water to reduce total dissolved solids and increase the dissolved oxygen. The liquid effluent, product of the process of flotation, reduces the pH, total dissolved solids, temperature and turbidity; also increases dissolved oxygen, electrical conductivity and reduction potential to values remarkably similar to the fresh water feeding the floating process from Puncutira River. For the different purposes of analysis and quantification of the F test results, Tukey multiple range tests have been used, because of its strictly character in classification and analysis of variance of this current performed design with an analysis statistical package system.

Using sedimentation ponds significantly reduces the presence of total dissolved solids in the liquid effluent. Dissolved oxygen increases the important parameters for aquatic life.

## INTRODUCCIÓN

En la actualidad existe consenso que la actividad minera, así como otras actividades productivas que utilizan agua como insumo importante, ocasionan alteraciones en las fuentes naturales. Dichos impactos deben ser necesariamente controlados. Por otra parte, las actividades mineras constituyen una fuente de desarrollo y progreso; en consecuencia los impactos de sus actividades deben evaluarse considerando no sólo el control y mitigación de los efectos negativos, sino también potenciando el beneficio en las regiones en que se desarrolla como asimismo el crecimiento de la economía del país.

En la mayoría de las actividades productivas que usan agua, existe acuerdo sobre la necesidad de incorporar de manera integrada la gestión del recurso hídrico para asegurar su conservación, calidad y uso racional. Una empresa que no se preocupa de los impactos que genera en su área de influencia, pierde credibilidad y respeto ante las autoridades, la comunidad y el mercado, los cuales son cada vez más exigentes en la protección del medio



ambiente. La industria minera está empeñada en demostrar que sus actividades son compatibles con el desarrollo sustentable y específicamente con la protección de vida silvestre, ganadera, biodiversidad y vida acuática, desarrollando sus operaciones en forma responsable para respetar y proteger su entorno.

El presente trabajo de gestión ambiental a los efluentes líquidos en el proceso de flotación de la planta concentradora es para orientar una gestión responsable respecto al recurso hídrico en el procesamiento de cobre en la planta concentradora, que debe incorporar la variable ambiental en la operación de la planta. Teniendo como objetivo complementar el tratamiento mediante pozas de sedimentación de los efluentes líquidos para cumplir con la legislación vigente y mejorar su política ambiental.

# CAPITULO I

## PROBLEMÁTICA DE INVESTIGACION

### 1.1. Planteamiento del problema

El incremento de la población humana trae consigo derivados de la explotación incorrecta de los recursos y de la contaminación ambiental, ejemplo de ello sería el desarrollo urbano incontrolado, la devastación de la vegetación natural, erosión del suelo, eutroficación de los ríos y lagos, polución atmosférica, etc. La sumatoria de esto es la alteración de los ciclos biogeoquímicos con la consecuente degradación de los ecosistemas y la puesta en peligro del equilibrio poblacional y de numerosas especies y del hombre mismo.

Dicho de otra manera, el suelo, el agua y la vegetación se han considerado por el hombre como bienes libres, de los que se puede disponer sin costo y consecuencia alguna. La proliferación de nuevas tecnologías para la utilización de los recursos naturales ha originado subproductos que se han introducido en el medio ambiente antes de evaluar sus efectos sobre la salud

humana y el resto de los seres vivos. Los sistemas económicos mundiales actuales se ha manifestado incapaces de presentar una contabilidad en la que se incluyan los costos sociales de la contaminación y de la degradación de los elementos del medio ambiente.

La gestión o administración del medio ambiente es el conjunto de disposiciones y actuaciones necesarias para lograr el mantenimiento de un capital ambiental suficiente para que la calidad de vida de las personas y el patrimonio natural sean lo más elevado posible. El capital ambiental lo conforman los tres elementos de la biosfera (Hidrosfera, Litosfera y Atmósfera), es decir el agua, suelo y aire.

Para gestionar el medio ambiente, es necesario conocerlo, (formación de bases de datos ambientales, predicciones estadísticas), por ejemplo, proporcionar alternativas del mejor uso de los recursos naturales, o solución de los problemas de contaminación.

El inadecuado manejo y disposición final de las aguas y relaves de la Planta Concentradora de Crucero podrían generar graves problemas de contaminación ambiental en toda el área rural y especialmente en las zonas de influencia directa e indirecta del proyecto, con el agravante que si no se logra consolidar un programa de inversiones que posibilite su tratamiento y disposición final adecuada, de los efluentes líquidos, de las áreas adyacentes a las descargas se agudizará con el tiempo como consecuencia del acelerado crecimiento de las operaciones metalúrgicas.

En base a estas consideraciones es necesario utilizar una gestión ambiental del agua servida en el proceso de flotación que sale como efluentes líquidos

para reutilizar, descontaminar el agua y demostrar a la población que se puede evitar la contaminación ambiental reduciendo así los problemas sociales existentes con la minería. Con lo cual podemos plantearnos las siguientes interrogantes:

### **Problema General.**

¿Cómo influye una mala gestión ambiental de los efluentes líquidos del proceso de flotación en la planta concentradora de Crucero?

### **Problema Específico.**

- ¿De que manera y mediante que proceso se pueden controlar la contaminación ambiental de los efluentes líquidos de la planta concentradora de Crucero?
- ¿Como influye la aplicación de buenas practicas de manejo ambiental a los efluentes líquidos del proceso de recuperación de cobre por flotación?

## **1.2. Justificación del problema**

En los últimos tiempos, la ciencia y la tecnología se han caracterizado por la progresiva incorporación de la cuestión ambiental como tema de fondo en su desarrollo. Esta situación responde a una creciente preocupación por el acelerado deterioro de la naturaleza y agotamiento de recursos naturales provocados por la expansión de la actividad del hombre, tanto en su extensión como intensidad. Esto no solo representa intereses de tipo

naturalistas o conservaciones de gran difusión hoy en día, sino que una preocupación por el bienestar y calidad de vida de futuras generaciones.

En su etapa operación la planta concentradora de Crucero anteriormente no trabajaba con medidas de gestión ambiental, los efluentes se vertían en la cancha de relaves sin ningún control ambiental.

Los procesos metalúrgicos empleados en la extracción del cobre específicamente la flotación del cobre utiliza como componente principal el agua, el cual es mezclado con reactivos de flotación, luego es agitado en celdas de flotación del cual se tiene dos productos:

- **El concentrado** que es derivado a un filtrado de donde se eliminará agua con contenido de elementos químicos y sólidos en suspensión.
- **El relave** como efluente de flotación es derivado a la cancha de relaves originándose un espejo de agua Pudiendo: Los efluentes líquidos sin un programa de gestión ambiental contaminar ambientalmente a zonas aledañas a la planta concentradora.

Aplicar una adecuada gestión ambiental a los efluentes líquidos permitiría recuperar y reutilizar el agua al proceso de extracción del cobre. Demostrar que aplicando tecnologías ambientales se evita la contaminación ambiental.

### **1.3. Objetivos**

#### **a) Objetivo General.**

Proponer la adecuada gestión ambiental de los efluentes líquidos en la planta concentradora de Crucero

## **b) Objetivos específicos.**

1. Establecer programas preventivos de control de la contaminación ambiental a los efluentes líquidos de un proceso de flotación para la extracción del cobre.
2. Implementar pozas de sedimentación a los efluentes líquidos del proceso de flotación a fin de realizar el análisis comparativo de los parámetros físicos y químicos.

## **1.4. Hipótesis**

### **a) Hipótesis General**

La implementación de pozas de sedimentación al efluente líquido del proceso de flotación generará una descarga ambientalmente limpia en la Planta concentradora de Crucero – Puno.

### **b) Hipótesis Específicas.**

- 1.- El manejo de efluentes líquidos de la cancha de relaves y su tratamiento mediante sedimentación en pozas evitará probablemente la contaminación ambiental.
- 2.- La aplicación de pozas de sedimentación en el manejo ambiental de los efluentes líquidos disminuye la contaminación y se realizará una descarga limpia en la planta concentradora de Crucero.

## **CAPITULO II**

### **MARCO TEORICO**

#### **2.1. Generalidades**

Los riesgos ambientales constituyen, hoy por hoy, una nueva preocupación que debe estar presente en las decisiones de los empresarios, en los programas medio ambientales de las empresas, especialmente los riesgos de contaminación de comunidades vecinas.

La legislación ambiental se orientará como ocurrió en otros escenarios, a sancionar severamente a las empresas que trasgredían los patrones de calidad en sus descargas o que introduzcan modificaciones indeseadas en el medio ambiente. Puede considerarse como un instrumento auxiliar, ya que es un recurso técnico que facilita la aplicación de otros instrumentos preventivos y correctivos, ya que en base a lo dispuesto en la legislación se previenen impactos que pueden afectar al medio ambiente.

## 2.2. Antecedentes

La planta concentradora se ubica en el paraje Puncutira, distrito de Crucero, provincia de Carabaya en la región de Puno a una altitud de 4400 m.s.n.m.

Años anteriores el banco minero del Perú, fue propietario de la planta concentradora, posteriormente mediante decreto supremo extraordinario n° 025-PCM/93, fue transferido a la Universidad Nacional del Altiplano – Puno. Históricamente, el área de la Planta ha sido trabajada en la época del Banco Minero a pequeña escala y se han dejado en el lugar cancha de relaves sin consideraciones ambientales para la zona.

Las instalaciones de la planta concentradora de crucero, que traspaso el banco minero a la universidad Nacional del Altiplano fueron: el área de la planta de beneficio de minerales de (456.09m<sup>2</sup>), hotel de empleados (272m<sup>2</sup>), oficina de administración (74.5m<sup>2</sup>), laboratorio químico (127m<sup>2</sup>), almacén de reactivos (83.31m<sup>2</sup>), Mercantil (15m<sup>2</sup>), Campamento A para personal de trabajadores (250m<sup>2</sup>), Campamento B para personal de trabajadores (118.2m<sup>2</sup>), Campamento C para trabajadores (41.16m<sup>2</sup>), caseta de guardianía (7.56m<sup>2</sup>), taller de maestranza (60.00m<sup>2</sup>) y caseta de pesaje de camiones (52.80m<sup>2</sup>), casa fuerza motriz(6.06m<sup>2</sup>).

La planta de beneficio Crucero tiene una capacidad de procesamiento de 25 TMSD. Anteriormente no se trabajo bajo condiciones ambientales evitando contaminaciones a zonas aledañas.



El presente estudio realizara la gestión ambiental de los efluentes líquidos del proceso de flotación para evitar la contaminación del paraje Puncutira y demostrar la recirculación del efluente al proceso.

En la actualidad no existe estudios referentes a al planta concentradora de Crucero

- Estudios ambientales: se tiene conocimiento que la empresa Atlantics presento el EIA al Ministerio de Energía y Minas, que hasta la fecha no ha sido aprobado por lo cual no se tiene información escrita de la evaluación.
- Estudios técnicos del Proceso: en la escuelas profesionales de la UNA-Puno no se tiene proyectos realizados, en la Escuela profesional de Ingeniería Metalúrgica se tiene un perfil en proceso de aprobación Titulado: optimización del procesamiento de cobre en la Planta concentradora de Crucero.

### **2.3. Marco legal**

#### **Constitución Política del Perú**

Art. 66: Los recursos naturales renovables y no renovables son patrimonio de la nación, el estado es soberano en su aprovechamiento.

Art. 67: El estado determina la política nacional del ambiente. Promueve el uso sostenible de los recursos naturales.

Art. 68: El estado esta obligado a promover la conservación de la diversidad biológica y de las áreas naturales protegidas.

### **Código Penal (Decreto Legislativo N° 365)**

#### Titulo XII. Delitos contra la Ecología

Los artículos 304, 305, 306, 307, 308, 309, 310, 311, 313 y 314, establecen las penalidades del caso a los que contraviniendo las disposiciones vigentes deterioren el medio natural.

Los más importantes se mencionan a continuación:

**El artículo 304** hace referencia a la contaminación del medio ambiente y dice textualmente: El que infringiendo las normas sobre protección del medio ambiente, lo contamina vertiendo residuos sólidos, líquidos, gaseosos o de cualquier otra naturaleza por encima de los límites establecidos, y que causen o puedan causar perjuicio o alteraciones en la flora, fauna y recursos hidrológicos, será reprimidas con pena privativa de libertad no menor de uno ni mayor de tres años o con ciento ochenta a trescientos sesenta y cinco días multa. Si el agente actuó por culpa, la pena será privativa de libertad no mayor de un año o prestación de servicio comunitario de diez a treinta jornadas.

**El artículo 305** hace referencia a la contaminación agravada del medio ambiente y dice que la pena será privativa de libertad no menor de dos ni mayor de cuatro años y trescientos sesenta y cinco a setecientos treinta días - multa cuando:

Los actos previstos en el artículo 304°, ocasionan peligro para la salud de las personas o para sus bienes.

El perjuicio o alteración ocasionados adquieren un carácter catastrófico.

El agente actuó clandestinamente en el ejercicio de su actividad.

Los actos contaminantes afectan gravemente los recursos naturales que constituyen la base de la actividad económica.

Si, como efecto de la actividad contaminante, se producen lesiones graves o muerte, la pena será:

Privativa de libertad no menor de tres ni mayor de seis años y de trescientos sesenta y cinco y setecientos días-multa, en caso de lesiones graves.

Privativa de libertad no menor de cuatro ni mayor de ocho años y de setecientos treinta a mil cuatrocientos sesenta días-multa, en caso de muerte.

**El artículo 308** hace referencia a la protección de las especies de flora y fauna protegidas, agravantes y dice lo siguiente: El que caza, captura, recolecta, extrae o comercializa especies de flora o fauna que están legalmente protegidas será reprimido con pena privativa de libertad no menor de uno ni mayor de tres años.

La pena será no menor de dos ni mayor de cuatro años y de ciento ochenta a trescientos sesenta y cinco días-multa cuando:

El hecho se comete en período de producción de semillas o de reproducción o crecimiento de las especies.

El hecho se comete contra especies raras o en peligro de extinción.

El hecho se comete mediante el uso de explosivos o sustancias tóxicas.

**El artículo 310** hace referencia a la depredación de bosques y menciona lo siguiente: El que destruye, quema, daña o tala, en todo o en parte, bosques u otras formaciones vegetales naturales o cultivadas que están legalmente protegidas, será reprimido con pena privativa de libertad no menor de uno ni mayor de tres años.

La pena será no menor de dos ni mayor de cuatro años y de noventa a ciento veinte días-multa, cuando:

Del delito resulta la disminución de aguas naturales, la erosión del suelo o la modificación del régimen climático.

El delito se realiza en lugares donde existen vertientes que abastecen de agua a un centro poblado o sistema de irrigación.

**El artículo 313** hace referencia a la alteración ilegal del ambiente natural por construcción de obras y menciona lo siguiente: El que, contraviniendo las disposiciones de la autoridad competente, altera el ambiente natural o el paisaje urbano o rural, o modifica la flora o fauna, mediante la construcción de obras o tala de árboles que dañan la armonía de sus elementos, será reprimido con pena privativa de libertad no mayor de dos años y con sesenta a noventa días-multa.

El artículo 314 es una medida cautelatoria y textualmente dice: "El Juez Penal ordenará, como medida cautelar, la suspensión inmediata de la

actividad contaminante, así como la clausura definitiva o temporal del establecimiento de que se trate de conformidad con el artículo 105°, Inciso 1, sin perjuicio de lo que pueda ordenar la autoridad en materia ambiental.

De acuerdo a lo expresado en los artículos mencionados, la rehabilitación del Puente debe enmarcarse en el cumplimiento de la normatividad que sanciona los delitos contra la ecología.

### **Ley General del Ambiente (Ley 28611)**

La presente Ley es la norma ordenadora del marco normativo legal para la gestión ambiental en el Perú. Establece los principios y normas básicas para asegurar el efectivo ejercicio del derecho a un ambiente saludable, equilibrado y adecuado para el pleno desarrollo de la vida, así como el cumplimiento del deber de contribuir a una efectiva gestión ambiental y de proteger el ambiente, así como sus componentes, con el objetivo de mejorar la calidad de vida de la población y lograr el desarrollo sostenible del país.

**Artículo 24°** señala que toda actividad humana que implique construcciones, obras, servicios y otras actividades, así como las políticas, planes y programas públicos susceptibles de causar impactos ambientales de carácter significativo, está sujeta, de acuerdo a ley, al Sistema Nacional de Evaluación de Impacto Ambiental – SEIA, el cual es administrado por la Autoridad Ambiental Nacional. La ley y su reglamento desarrollan los componentes del Sistema Nacional de Evaluación de Impacto Ambiental.

**Artículo 25°** refiere que los Estudios de Impacto Ambiental – EIA, son instrumentos de gestión que contienen una descripción de la actividad

propuesta y de los efectos directos o indirectos previsibles de dicha actividad en el medio ambiente físico y social, a corto y largo plazo, así como la evaluación técnica de los mismos. Deben indicar las medidas necesarias para evitar o reducir el daño a niveles tolerables e incluirá un breve resumen del estudio para efectos de su publicidad. La ley de la materia señala los demás requisitos que deban contener los EIA.

**Ley Orgánica para el Aprovechamiento Sostenible de los Recursos Naturales (Ley 268621: 07-06-97)**

Se considera recursos naturales a todo componente de la naturaleza susceptible de ser aprovechado por el ser humano para la satisfacción de las necesidades y que tenga un valor actual o potencial en el mercado tales como:

- a. Las aguas superficiales y subterráneas.
- b. El suelo, subsuelo y las tierras por su capacidad de uso mayor: agrícolas, pecuarias, forestales y de protección.
- c. La diversidad biológica: especies de flora y fauna y microorganismos; los recursos genéticos y los ecosistemas que dan soporte a la vida.
- d. Los recursos hidrocarbúricos, hidroenergéticos, eólicos, solares, geotérmicos y similares.
- e. La atmósfera y el efecto radioeléctrico.

**Art. 28.-** Los recursos naturales deben aprovecharse en forma sostenible es decir un manejo racional de recursos naturales según su capacidad de renovación evitando su sobre explotación y reponiendo cualitativamente y cuantitativamente de ser el caso.

El aprovechamiento sostenible de recursos no renovables consiste en la explotación eficiente de los mismos bajo el principio de sustitución de valores o beneficios reales evitando o mitigando el impacto negativo sobre otros recursos y del entorno del ambiente.

**Art.29.-** Las condiciones del aprovechamiento sostenible de los recursos naturales por parte del titular de un derecho de aprovechamiento sin perjuicio de lo dispuesto en las leyes especiales son:

- a. Usar el recurso natural según el título del derecho para los fines que fueron otorgado, garantizando el mantenimiento de los procesos ecológicos esenciales.
- b. Cumplir con las obligaciones dispuestas por la legislación especial correspondiente.
- c. Cumplir con procedimientos de evaluación de impactos ambientales y planes de manejo de los recursos naturales indicados sobre la legislación sobre la materia.
- d. Cumplir con la retribución económica correspondiente según las modalidades establecidas en las leyes especiales.
- e. Mantener al día el derecho de vigencia indicando en las normas legales pertinentes.

**Ley Marco para el Crecimiento de la Inversión Privada (del 08-11-91)**

**Art. 49.-** El estado estimula el crecimiento del desarrollo económico la conservación del ambiente y el uso sostenible de los recursos naturales.

**Art. 50.-** Las autoridades sectoriales competentes para conocer sobre asuntos relacionados con la aplicación de las disposiciones del código del

medio ambiente y los recursos naturales son los Ministerios de los Sectores correspondientes a las actividades que desarrollan las empresas, sin perjuicio de las atribuciones que correspondan a los gobiernos regional y local conforme a lo dispuesto en la constitución Política.

**Art. 52.-** En los casos de peligro grave e inminente para el medio ambiente la autoridad sectorial competente podrá disponer la adopción de una de las siguientes medidas de seguridad por parte del titular de la actividad.

a. Procedimientos que hagan desaparecer el riesgo o lo disminuyan a niveles permisibles estableciendo para el efecto los plazos adecuados según su gravedad e inminencia.

b. Medidas que limiten el desarrollo de actividades capaz de causar daño irreversible con peligro grave para el medio ambiente, la vida o la salud de la población, la autoridad sectorial competente podrá suspender los permisos, licencias o autorizaciones que hubiera otorgado para el efecto.

**Art. 54.-** La calidad del área natural protegida puede otorgarse por decreto supremo que cumple con el voto aprobatorio del Consejo de Ministros.

**Categorización de las Especies de Flora y Fauna Silvestre** (Resolución Ministerial N° 01710-77-AG/DGFF)

Que rige para la protección de flora silvestre, estableciendo las categorías de especies de flora amenazadas, promulgada el 30 de septiembre de 1977.

**Categorización de las Especies Amenazadas de Fauna Silvestre y Prohíben su Caza, Captura, Tenencia, Transporte o Exportación con Fines Comerciales** (Decreto Supremo N° 034-2004-AG)



Aprueban la categorización de especies amenazadas de fauna silvestre, que consta de 301 especies: 65 mamíferos, 172 aves, 26 reptiles y 38 anfibios, distribuidas indistintamente en las siguientes categorías: en peligro crítico (CR), en peligro (EN), vulnerable (VU), casi amenazado (NT).

**Ley General de Aguas:** Decreto Ley N° 17752 (1969)

Reglamento de los Títulos I, II y III del DL N° 17752. (1969)

Los puntos centrales del articulado de la Ley General de Aguas establecen:

Art. 61°.- Todo vertimiento de residuos a las aguas marítimas o terrenos del país, deberá efectuarse previo tratamiento, lanzamiento submarino o alejamiento adecuado.

Art. 173°.- Las aguas terrestres o marítimas del país, solo podrán recibir residuos sólidos líquidos o gaseosos, previa aprobación de la Autoridad Sanitaria, siempre que sus características físico - químicas y bacteriológicas no superen las condiciones máximas establecidas para dichas aguas.

Las políticas del Sector Salud para con las descargas de aguas servidas a aguas marinas establece la necesidad del tratamiento que el Proyecto contiene entre sus metas a realizar. Todo lo anterior nos lleva a concluir que el Proyecto está dentro de los lineamientos de política nacional y sectorial en desarrollo.

## **2.4. Marco administrativo**

Cada sector ministerial desarrolla acciones de política en relación al ambiente.

La consecuencia inmediata de esto viene a ser la superposición de funciones y conflictos de estamentos. Adicionalmente a esto los ministerios no cuentan con una capacidad adecuada a la tarea de las acciones de política ambiental para la operación, planificación y gestión de acciones referentes a la conservación y gestión del ambiente y de los recursos naturales

## **2.5. Marco teórico conceptual**

### **2.5.1 Definiciones**

- a) **Contaminación Ambiental.**- Acción que resulta de la introducción por el hombre, directa o indirectamente en el medio ambiente, de contaminantes, que tanto por su concentración, al superar los niveles máximos permisibles establecidos, como por el tiempo de permanencia, hagan que el medio receptor adquiera características diferentes a las originales, perjudiciales o nocivas a la naturaleza, a la salud y a la propiedad.
- b) **Aspecto Ambiental.**- Elemento de las actividades, productos o servicios de una organización que pueden interactuar con el ambiente.

c) **Impacto Ambiental.**- Cualquier cambio en el ambiente, sea adverso o beneficioso, resultante de manera total o parcial de las actividades, productos o servicios de una organización.

d) **Sistema de Gestión Ambiental.**- Es el método de trabajo, la forma adecuada de administrar el medio ambiente, que sigue una organización para lograr y mantener un determinado comportamiento en la política ambiental de la empresa.

### **2.5.2 Sistema de Gestión Ambiental**

Es parte del sistema general de gestión que incluye:

- Estructura Organizacional.
- Planificación de actividades.
- Responsabilidades.
- Practicas.
- Procedimientos.
- Procesos y recursos.

Utilizado para desarrollar, implementar, llevar a efecto, revisar y mantener la política ambiental y gestionar su relación con el medio ambiente.

#### **2.5.2.1. Elementos del SGA**

- **Estructura Organizacional:** Comité de crisis, Representantes de la alta dirección, coordinador.

- **Planificación de las actividades:** Presupuestos, programas de gestión ambiental, planes de emergencia, matrices de control operacional, programas de capacitación.
- **Responsabilidades:** Informar a la alta dirección sobre el desempeño del SGA.
- **Procedimientos:** Procedimientos de trabajo seguro, control de documentos, control de riesgos, capacitación del personal.
- **Recursos:** Provisión de recursos por parte de la alta dirección para mantener y mejorar el SGA.
- **Procesos:** Administrativos, Almacenamiento de Materiales, almacenamiento de productos terminados, Auditorías internas, tratamiento de efluentes.
- **Prácticas:** uso de equipos de protección personal, buenas prácticas de almacenamiento, etc.

#### **2.5.2.2 Beneficios de un SGA**

- Facilita el comercio.
- Mejora la credibilidad en la empresa.
- Favorece el acceso a incentivos económicos.
- Mejora el cumplimiento de requerimientos de las partes interesadas.
- Disminución de la vulnerabilidad de la organización ante regulaciones ambientales.
- Detección de áreas de oportunidad o de mejora.

- Reducción de pérdidas de materias primas, productos, subproductos.
- Ahorro en el consumo de agua, combustibles energía.
- Reducción de los costos de las primas de los seguros.

### **2.5.3 Contaminación de Aguas**

El agua es considerada con mucha razón como la víctima más común de la minería. Desde la fase de exploración hasta la de cierre, el agua puede ser agotada, re-dirigida, y contaminada, con efectos serios y de largo plazo para los organismos que viven en agua y/o tierra, incluyendo a los seres humanos.

Grandes cantidades de agua son utilizadas durante casi todas las fases de producción minera. En regiones donde las fuentes de agua son escasas, o durante las estaciones secas, puede haber necesidad de importarla de fuentes fuera del área de la mina. Si el agua es tomada de ríos o lagos, el hábitat de organismos acuáticos podría verse negativamente afectado. Por ejemplo, una caída en el nivel de agua en el verano puede resultar en temperaturas altas en el agua, así como corrientes más bajas, y por consiguiente podría crear condiciones inhabitables para algunos organismos.

### **2.5.4 Manejo ambiental del agua**

El manejo ambiental del agua comprende la fusión del manejo de los recursos hídricos aprovechables con el manejo de agua de mina, efluentes de procesos de beneficio, comprende el Sistema del Manejo

de Recursos de Aguas (SMRA). Un SMRA considera las fuentes potenciales de descargas de contaminantes relacionadas con las operaciones mineras y de beneficio, las características y utilización de las aguas subterráneas y superficiales que potencialmente pueden ser impactadas por las operaciones mineras y de beneficio y, las metodologías que pueden ser seguidas para eliminar o reducir, tratar y manejar apropiadamente las descargas.

#### **2.5.4.1 Principales contaminantes del agua**

Hay un gran número de contaminantes del agua que se pueden clasificar de muy diferentes maneras.

- a) PH
- b) Oxígeno Disuelto
- c) Sólidos totales disueltos

Los Parámetros orgánicos incluyen:

- a) Aceites y grasas
- b) Coliformes fecales

#### **2.5.4.2 Identificación de fuentes potenciales de descargas contaminantes**

En una operación subterránea, la fuente principal de contaminantes de la calidad de agua son las labores en la mina y los relaves, tales como:

- Efluentes Líquidos de Mina
- Efluentes Líquidos de Relavera
- Aguas Servidas

### 2.5.4.3 Identificación y caracterización de las aguas que pueden ser impactadas por las descargas contaminantes

La ubicación y usos benéficos de las aguas superficiales que pueden ser impactadas por actividades del proyecto. La ubicación (profundidad y extensión del área), dirección del flujo, y sus usos benéficos de las aguas subterráneas subyacentes al lugar del proyecto podrían ser impactadas por las actividades del proyecto. La identificación de todos los criterios de calidad de agua que existentes aplicables a las aguas superficiales y subterráneas, y a la presente calidad de las aguas superficiales y subterráneas potencialmente impactadas.

CUADRO 01  
MARCO TEORICO: NIVELES MÁXIMOS PERMISIBLES DE EMISIÓN  
PARA LAS ACTIVIDADES MINERO METALÚRGICAS.

Parámetros	Valor en Cualquier Momento	Valor Promedio Anual
pH	Mayor que 6 y Menor que 9	Mayor que 6 y Menor que 9
Sólidos Suspendidos (mg/l)	50	25

Fuente: Ministerio de Energía y Minas

CUADRO 02  
MARCO TEORICO: NIVELES MAXIMOS PERMISIBLES

EMPRESAS EN OPERACIÓN O QUE REINICIAN SUS ACTIVIDADES

Parámetros	Valor en Cualquier Momento	Valor Promedio Anual
pH	Mayor que 5,5 y Menor que 10,5	Mayor que 5,5 y Menor que 10,5
Sólidos Suspendidos (mg/l)	100	50

Fuente: Ministerio de Energía y Minas

## 2.6 Consideraciones del Proceso.

### 1. Flotación.

La flotación es un proceso de separación de materias de distinto origen que se efectúa desde sus pulpas acuosas por medio de burbujas de gas a base de sus propiedades hidrofílicas e hidrofóbicas.

### 2. Fundamentos fisicoquímicos del proceso.

La flotación es una operación industrial importante empleada para separar los minerales valiosos finamente molidos de gangas asociadas.

Los componentes de un sistema de flotación pueden clasificarse en tres categorías:

- Química.
- Equipamiento.
- Operación.



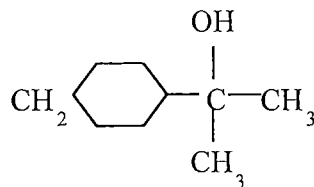
Los principales reactivos de flotación son: colectores, espumantes, activadores, depresores.

Los colectores son reactivos químicos que, hidrofóbicamente, cubren con una película ciertos minerales; los espumantes, por supuesto, inducen espuma; los activadores, son reactivos que hacen posible que un mineral, que previamente no se había recuperado, flote; los depresores hacen lo contrario, inhiben la flotación de un mineral a fin de estimular otro.

Los principios básicos, en que se basa el proceso de flotación son: Mineral hidrofóbico, repele y desplaza agua de la superficie de sus partículas. Esto permite la acción de las burbujas de aire que se unen a la partícula. Las burbujas de aire pueden mantener las partículas en la superficie, si se forma una espuma estable.

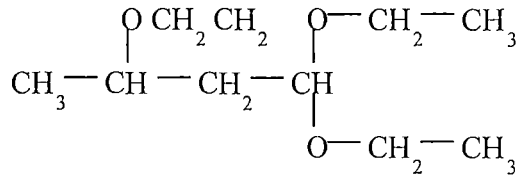
Para cumplir esos principios básicos, se usan reactivos químicos. Estos agentes de flotación son los llamados colectores, activadores, depresores y modificadores. Los reactivos espumantes, más utilizados.

- **Aceite de pino:** terpinoles  $\alpha$ ,  $\beta$ ,  $\gamma$



(Ejemplo, Aceite de pino, aceite de eucalipto)

- **Trietoxibutano.**

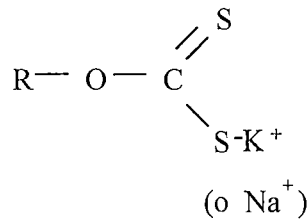


(FROTHER)

Los colectores Son:

**Xantatos (alquilditiocarbonatos).**

Su estructura principal es la siguiente:



Las familias que llevan azufre y fósforo son buenos colectores, ya que permiten ordenamientos espaciales, que le dan una estructura más ordenada al compuesto.

**3. Elementos de Flotación.**

El proceso de flotación contempla la presencia de tres fases: sólida, líquida y gaseosa, la fase sólida esta representada por la materia prima a separar, la fase líquida es el agua que debido a sus propiedades específicas constituye un medio ideal para el proceso. Los sólidos y el agua antes de la aplicación del proceso se prepara en forma de pulpa. El gas utilizado en las separaciones es el aire que se inyectan a la pulpa, para poder formar las burbujas que son los centros sobre los cuales se adhieren las partículas sólidas y son llevadas por rebose como concentrado.

#### **4. Reactivos de Flotación.**

Los reactivos de flotación son sin duda el componente y la variable más importante del proceso debido a que la flotación no se puede efectuar sin ellos, en la actualidad los reactivos se clasifican en tres grupos:

Los colectores cuya función es la proporcionar propiedades hidrofóbicas a las superficies de los minerales. Como colectores se utilizaran reactivos que son susceptibles a la descomposición y se tiene a los Xantatos Z-11(sal de sodio dietil y dibutilica, susceptibles a la descomposición en tritio carbonato y en el disulfuro de carbono a su vez también se hidrolizan), Aerofloats 242(son sales solubles en agua), aerofloats 208(sales solubles en agua).

Los modificadores, que sirven para la regulación de las condiciones de funcionamiento de los colectores y aumentan su selectividad. Los modificadores utilizados son: Cal viva, silicato de sodio y magnafloc siendo compuestos que no contaminan el medio ambiente.

Los espumantes, que permiten la formación de una espuma estable de tamaño de burbujas apropiada para llevar lo valioso al concentrado. Los espumante a utilizar son: Frother 70 y Aceite de Pino(es el producto de la destilación del pino seco, color amarillo  $C_{10}H_{17}OH$  es ligeramente alcalino)

#### **5. Equipo de flotación.**

Los equipos de flotación consisten en unas celdas cuadradas hechas de acero cada una con propio agitador y reunidas en grupos de 2,4,6 o mas según las necesidades, Se alimentan mediante un tubo lateral y descargan el relave por otro situado en un nivel mas bajo, de modo que el movimiento de

la pulpa dentro de la maquina se efectúa por gravitación. El concentrado se retira de la parte superior de las celdas a un depósito por medio de paletas giratorias.

## **2.7 Sedimentación.**

La sedimentación de partículas en un fluido no es un fenómeno nuevo, ya que ha sido utilizada con fines prácticos desde épocas muy remotas por la humanidad y actualmente juega un rol de especial relevancia para las tecnologías de descontaminación, en la industria farmacéutica, la de procesos, etc.

Como fue indicado, en términos fisicoquímicos en un proceso de sedimentación por gravimetría existen dos tipos de fuerzas, las que corresponden a las fuerzas mecánicas originadas por la acción de un campo de fuerzas de gravimetría o centrífugo y las fuerzas de tipo electroquímico que se dan por la acción de las diferencias de peso específico y Potencial electrostático entre las superficies de las partículas.

## **CAPITULO III**

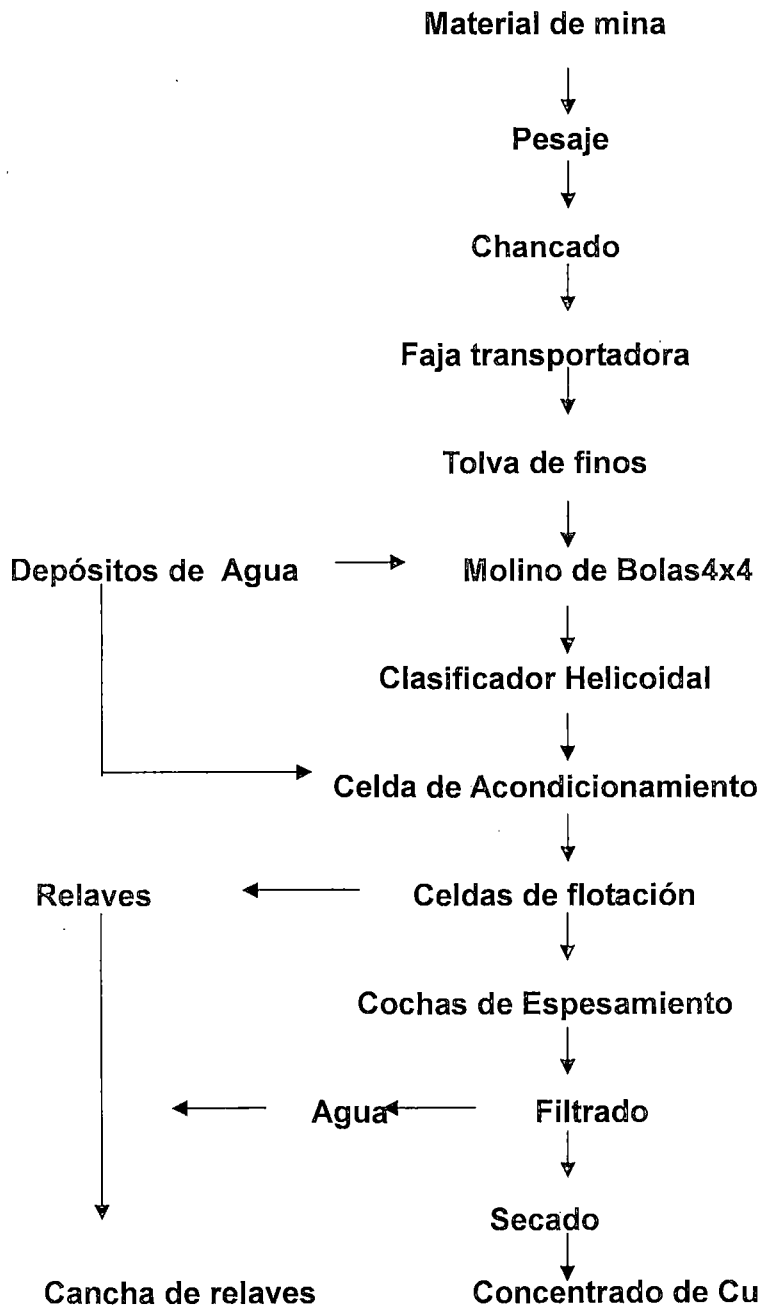
### **METODOLOGIA**

#### **3.1. Descripción del proyecto Anterior.**

La planta concentradora de Crucero esta diseñada para realizar el proceso de extracción de cobre mediante el proceso de flotación de mineral de cobre y el relave era depositado en la cancha de relaves no incluyendo pozas de sedimentación para recuperación del agua al proceso.

A continuación se tiene una descripción mediante un diagrama de flujos de la operación tradicional del procesamiento de mineral de cobre en la planta concentradora operada por el Banco Minero.

**3.1.1 Diagrama de flujos del tratamiento de Minerales en la Planta Concentradora con el Banco Minero (Fuente: Informe Banco Minero)**



### **3.2 Tratamiento de Minerales en la Planta Concentradora Actual**

La planta de beneficio crucero tiene una capacidad de procesamiento de 25 TMSD. El yacimiento minero no se encuentra ubicado en la Quebrada Puncutira, distrito de Crucero, solamente, se ubica la planta de beneficio de minerales mediante la concentración por flotación. Las especies mineralógicas principales son sulfuros de cobre de alta ley. El mineral será transportado a la planta concentradora mediante volquetes, con una relación estéril/mineral de 1.8/1. El beneficio del mineral, a razón de 25 ton/día. Incluye etapas convencionales de chancado, molienda y flotación, obteniéndose un producto final o concentrado con ley entre 35% y 40% Cu para recuperaciones metalúrgicas entre 70% y 80%.

El yacimiento o depósito de mineral está ubicado fuera del área de la planta de procesamiento de minerales a 35km al norte de Crucero. El material pesado procedente de la mina es sometido a chancado, molienda fina húmeda y flotación alcalina lo que le permite obtener por una parte, como producto útil, concentrado de cobre, por otra parte como desecho, material estéril o relave (89%-90% del tonelaje extraído) que en forma de pulpa es conducido y depositado en el embalse de relaves.

El relave se depositará en una cancha de relaves sobre los depósitos de relaves anteriores que han sido compactados y analizado en sus alrededores determinando que por el suelo arcilloso no ha contaminado aguas abajo.

Adicionalmente, en el caso de los depósitos de relaves, se verificó la baja permeabilidad del suelo que servirá de base, no obstante lo cual se ha

considerado la colocación de carpeta plástica impermeable para asegurar una condición de mínima o nula infiltración de agua hacia el subsuelo. La medida anterior obedece a la intención de tomar las máximas precauciones para evitar la contaminación del río en el sector.

#### **a) Fase de operación**

La etapa de operaciones comprende el tratamiento del mineral en la planta concentradora mediante un circuito de flotación que producirá mediante un proceso de separación, un concentrado de cobre. Estas actividades también involucran la puesta en operación del depósito de relaves. A continuación se describe las actividades involucradas en la etapa de operación del proyecto. El Proyecto Planta concentradora de Crucero considera las siguientes actividades de operación:

- Transporte de mineral hasta la planta concentradora para la sección de chancado.
- Procesamiento y beneficio del mineral en la planta de flotación.
- Construcción de las fases de la presa de relaves.
- Disposición de relaves.
- Transporte de concentrados.

#### **3.2.1. Operación de Planta**

La planta de beneficio consiste en la etapa de reducción mecánica de mineral y la separación del cobre, teniendo la planta un área construida de 456.09 m<sup>2</sup>. La planta esta construida con estructura metálica, las paredes y techo



de calamina a una sola agua, El área tiene piso de cemento traslucido, en tres desniveles divididos con muros de cemento.

#### **3.2.1.1 Tolva de Gruesos.**

Esta tolva esta construida de planchas de hierro, siendo de forma cúbica en la parte superior y con un plano inclinado en el inferior que permite la descarga de gruesos. La función de la tolva es proporcionar una capacidad grande de regulación y permitir la alimentación de sólidos a la etapa subsiguiente de procesamiento a un régimen de alimentación controlada.

El mineral es alimentado a la tolva de gruesos a través de una compuerta y pasa por un grizzly estacionario de 2´\*4´ con abertura de 1" entre rieles, los finos pasan directamente a la faja N° 1 y los +1" pasan a la sección de chancado por intermedio de un chute con plancha de 1/8.

#### **3.2.1.2 Área de Chancado.**

El proceso de chancado se refiere a la reducción mecánica de las partículas por medio de la chancadora que reducen el tamaño del mineral.

Esta área inicia con el paso de mineral por el Gryzzly. El proyecto contempla operar una chancadora primaria tipo BLAKE 8"x10" fabricado por COMESA, para lo cual el mineral es alimentado a la chancadora de quijadas, la chancadora es accionada con un motor de 33 HP y 1715 rpm.

Las operaciones de chancado se emplean para fracturar los agregados de minerales y así inducir la liberación de partícula. Esta sección ocasiona la fractura por compresión ya que este es el método mas practico de aplicar la fuerza de fractura a las partículas grandes. Esto significa a su vez que la maquina esta construida para que las aberturas impongan limitaciones al

tamaño de la alimentación y el producto. La descarga de la chancadora es alimentada a una faja transportadora.

#### **3.2.1.3 Faja transportadora.**

El equipo de transporte más usado se compone de una banda sin fin que se mueve sobre una serie de rodillos, las fajas transportadoras se fabrican en una amplia gamma de tamaños y materiales. Pueden diseñarse para trabajar horizontalmente o a una cierta inclinación. En este caso la chancadora descarga mineral a la faja transportadora N° 1 de 16" x 14m. de largo. Con estructura metálica con faja de jebe de 16" accionada con un motor de 4.8 Hp, Esta faja sirve para el transporte del material chancado y alimentar a la tolva de finos. Esta Faja tiene implementados en los puntos de transferencia, "correas magnéticas" autolimpiantes para captar elementos metálicos no deseados en el mineral.

#### **3.2.1.4 Tolva de finos.**

El mineral transportado por la faja transportadora es alimentado a una tolva de finos con una capacidad de 50 Ton. De forma circular con fondo cónico fabricada de plancha de acero A-36 de  $\frac{1}{4}$  de espesor de secciones desarmables. Esta tolva descarga por la parte inferior controlada con un tope a una faja transportadora N° 2 de 16" \* 5' de largo con bastidor metálico, suspendido sobre pólines y accionada por reductor de velocidad con una excéntrica de 2"x19" y brida de 4" con motor de 3HP. Esta faja transportadora por intermedio de un chute alimenta mineral al molino.

### **3.2.1.5 Molienda y Clasificación.**

El molino es el equipo por el cual se aplica una pequeña fuerza de fractura a un gran número de partículas, lográndose el efecto mediante el uso de medios de molienda para que se produzca predominantemente fractura por estallido. (La molienda se desarrolla por medio de la acción mecánica de un molino de bolas).

Los medios de molienda lo constituyen las bolas de acero. La molienda se realiza en medio húmedo requiriendo agua, este tipo de molienda precisa menos energía y no necesita de control de polvo por lo tanto en esta sección no existirán partículas en suspensión.

La sección de molienda está en circuito cerrado, en el circuito tiene un molino de 4" x 4" de carga y descarga, equipado con un motor de 40HP y 1750rpm. Accionado desde un tablero electrónico adecuadamente en el cual el material es reducido bajo 200 mallas tyler. La pulpa de la descarga del molino entra al clasificador helicoidal. Marca COMESA de 24" de diámetro y 16 " de largo, con una polea conducida de 18" con motor eléctrico de 10HP, el clasificador tiene dos descargas los finos que van a la celda de acondicionamiento con 60 – 70 % a malla -200 para flotación. Y los gruesos al molino y a remolienda.

El clasificador helicoidal y el molino para remolienda trabajan en circuito cerrado. El molino de remolienda es de 3"x2" es alimentado con los gruesos del clasificador y su descarga alimentan al clasificador helicoidal para formar un circuito cerrado de clasificación.

La alimentación al molino es controlada cada hora mediante pesaje y la densidad de pulpa se controlara cada media hora en el overflow del clasificador y un continuo control de pH. En molienda y flotación.

**CUADRO 03**  
**METODOLOGIA: DOSIFICACIÓN Y CONSUMO DE REACTIVOS EN**  
**MOLIENDA**

Molienda	Solución	Kg/TMS
- Cal	Sat.	0.031kg/T
- Aerofloat 208	5%	0.030 Kg./T
- Aerofloat 242	5%	0.026 Kg./T
- Aerofloat 404	5%	0.032 Kg./T

Fuente: Minero Puno (2007)

### **3.2.1.6 Sección Flotación.**

En cuanto a la alternativa de tipo de proceso a emplear, el sistema de flotación es reconocidamente, dentro de las tecnologías disponibles para concentrar el cobre, el menos contaminante, considerando que se usan principalmente aceites orgánicos naturales.

La pulpa del overflow del clasificador helicoidal es alimentado a la celda de acondicionamiento n° 1, donde se realiza una operación unitaria donde son dosificados los reactivos colectores, modificadores y espumantes.

La pulpa generada en el molino pasa por un proceso de acondicionamiento y luego, por espumación y adherencia (absorción) selectiva con la ayuda de reactivos de flotación, se logra elevar las partículas cupríferas mineralizadas

en la espuma generada; obteniéndose de esta forma el concentrado. El material estéril sale como relave.

La sección de flotación consta de una celda de acondicionamiento y un banco de 06 celdas de flotación. El circuito de flotación produce un concentrado de cobre. Las celdas son cleaner, rougher y scavenger. El concentrado de este circuito es recepcionado en un depósito en forma cuadrada de material metálico (caja metálica de recepción) y por medio de una tubería de acero de 3" es llevada a dos cochas de concentrado.

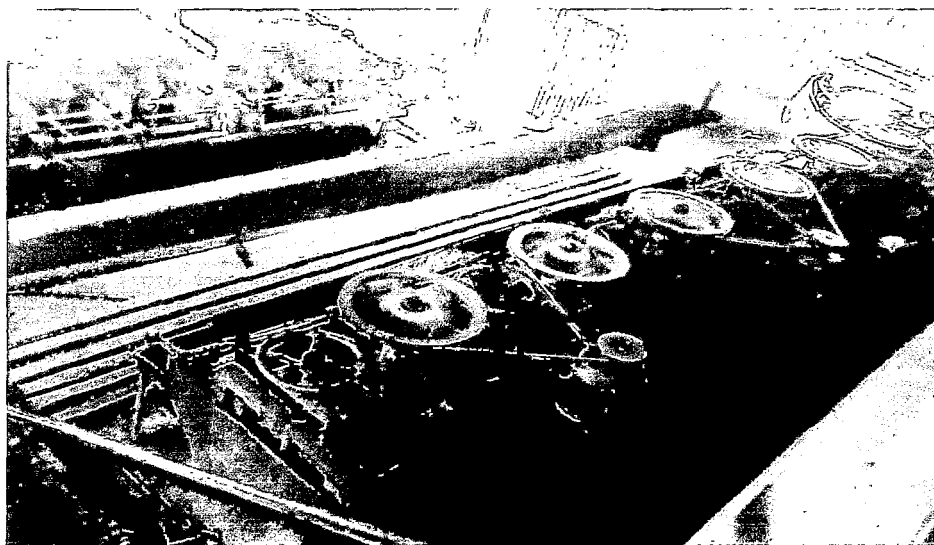
CUADRO 04  
METODOLOGIA: DOSIFICACIÓN Y CONSUMO DE REACTIVOS EN  
FLOTACIÓN.

Flotación Rougher	Solución	Kg./TMSD
- Zantato Z-11	5%	0.076 kg/t
- Frother 70	100%	0.032 kg/t
- Na <sub>2</sub> SiO <sub>3</sub>	10%	0.071kg/t
- Flotación scavenger	Solución	Kg/TMSD
- Cal	Sat.	0.025kg/t
- Xantato Z-6 / Z-11	5%	0.015kg/t
- Frother 70	100%	0.006kg/t

Fuente: Minero Puno (2007)

Los reactivos son preparados en soluciones de concentración que están dentro el rango permisible por ley, la adición de la cal en el proceso de flotación permite trabajar en condiciones alcalinas.

## FOTOGRAFÍA 01: CELDAS DE FLOTACIÓN



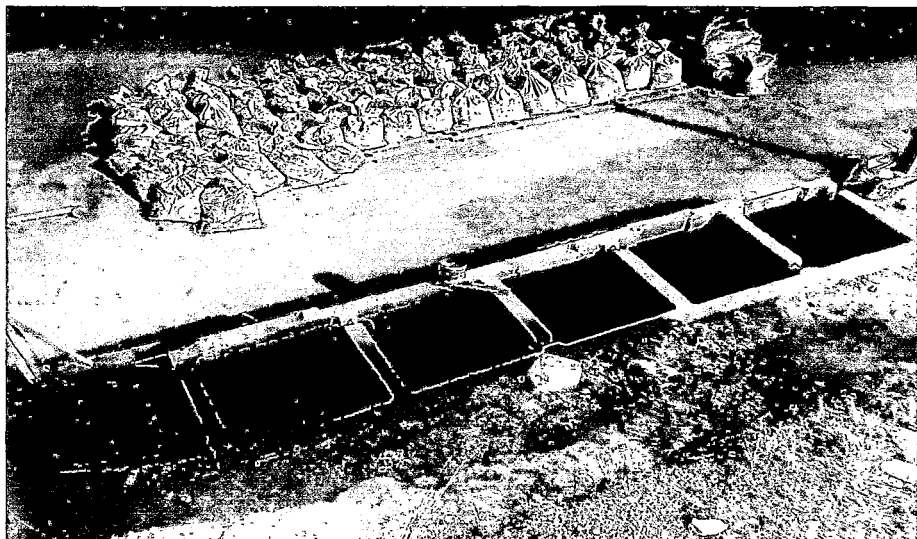
### **3.2.1.7 Cochas para almacenaje de concentrado.**

El concentrado de flotación es recolectado en un deposito de acero y enviado mediante tubería a las cochas de concentrado para su filtrado siendo la zona de decantación y control de concentrado final. Cada cocha tiene dimensiones de 2 x 6 x 3Mts, construidas de material de concreto en la cual se utiliza para decantación del concentrado. En el fondo de estas cochas se adecua un doble fondo con rafia y madera de modo tal que el agua es filtrada, El concentrado posteriormente es secado y transferido de la pila de acopio a los camiones para el transporte del concentrado. El flujo filtrado es derivado por una tubería de acero de 2" a unas cinco pozas de sedimentación para evitar cualquier fuga de sólidos en las cuales serian recuperadas para su posterior secado, en estas pozas confeccionadas de concreto sirve para clarificar el agua y derivar por tubería a la cancha de relaves.

FOTOGRAFIA 02: ÁREA DE ESPESAMIENTO



FOTOGRAFÍA 03: CONCENTRADO DE COBRE



El relave de las celdas de flotación son derivadas a la cancha de relaves por medio de una tubería de concreto hasta el exterior de la planta y después mediante una tubería de PVC de 3" de diámetro. La topografía del sitio es utilizada al máximo para permitir el flujo por gravedad.

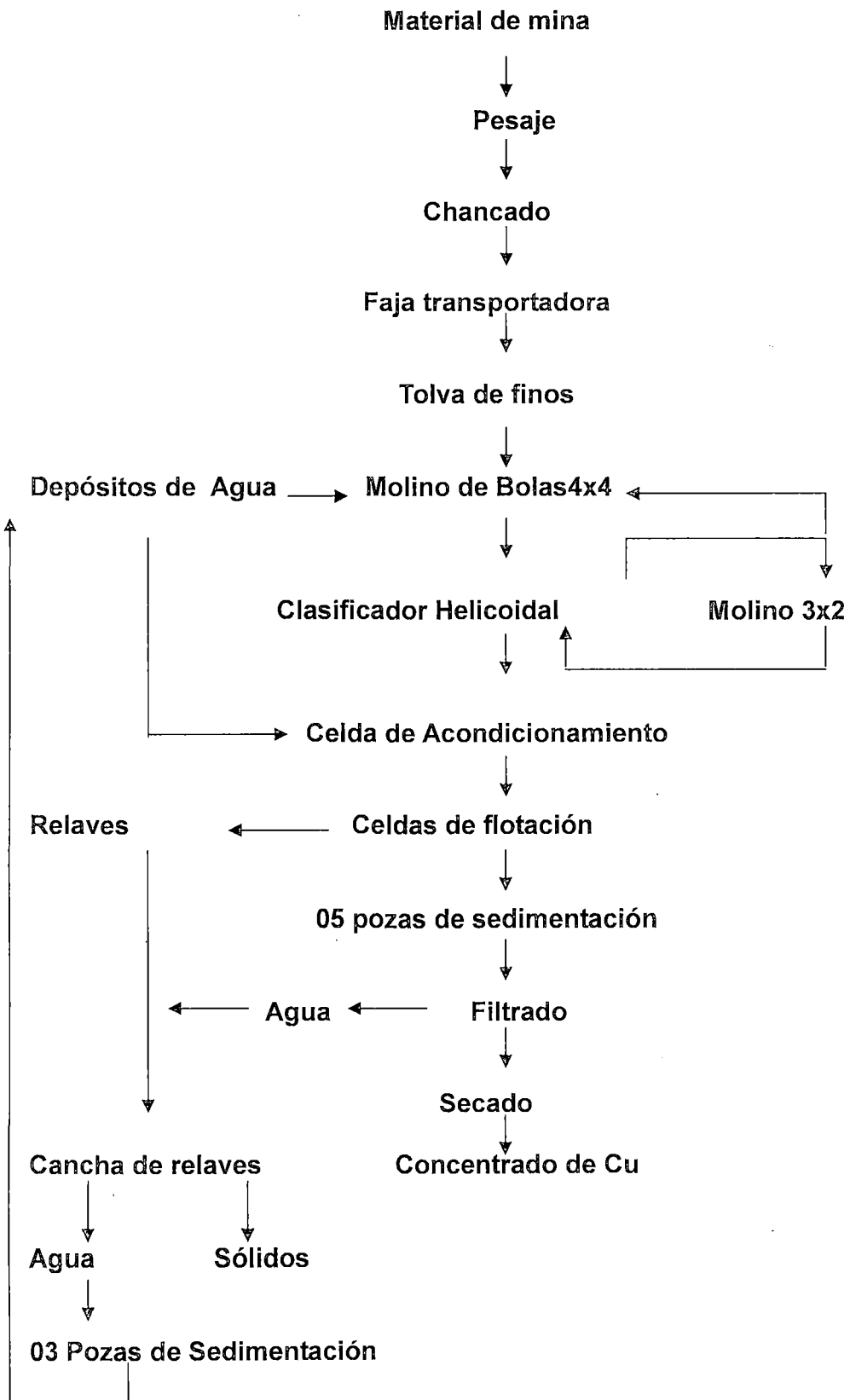
CUADRO 05  
BALANCE DE MATERIA DE PLANTA DE BENEFICIO.

Descripción	TMD	% Peso	% Cu	% Recuperación
Cabeza	30.00	100.00	3.1	
Concentrado	2.84	9.46	29.6	91.40
Relave	27.16	90.5	0.3	

Fuente: Minero Puno (2007)



# DIAGRAMA DE FLUJOS DEL PROCESO DE FLOTACION ACTUAL



### **3.2.1.8 Relaves.**

Las fundaciones estarán libres de todo el suelo orgánico y material coluvial. Se instalarán drenajes para interceptar cualquier filtración o manantial. Tendrá canales de derivación sobre banquetas seleccionadas y con pendientes determinadas para eliminar la escorrentía de manera segura.

El relave será derivado por gravedad mediante o a través de una cañería de HDPE y será depositado clasificando hidráulicamente por cicloneo; arenas y lamas para formar el muro y lago del depósito para luego ser recolectado mediante tubería a tres pozas de sedimentación. Posteriormente ser bombeada recirculando el agua al proceso.

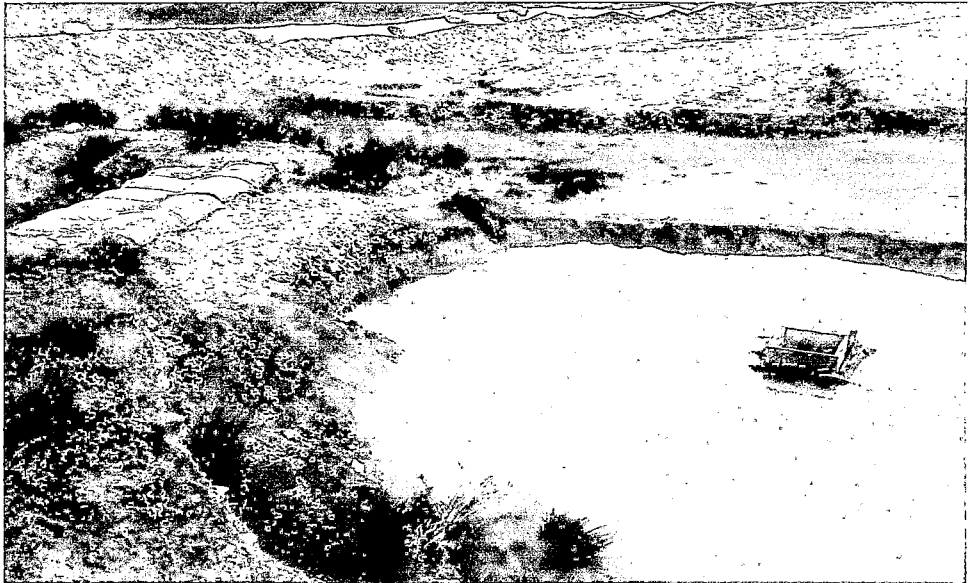
Por utilizar en el proceso de separación selectiva los reactivos Cal, aceite de pino, reactivos (xantato – 11, Aeroflot 208, 242, 404). La caracterización de la cancha de relaves es alcalina con componentes de S y N, que serán cuidadosamente controlados y protegidos en el depósito, a pesar que son elementos que benefician a la agricultura. Los relaves estará compuesto de material estéril y agua en una relación de 2.5/1, la cancha de relaves tiene un área de 4000m<sup>2</sup> constituido en dos áreas para realizar cambios y acondicionamientos oportunos sin ocasionar derrames. El muro inicial será con piedras y material de la zona, luego con material grueso se incrementara para formar el talud de reposo, mientras los finos se acumulan en la parte central y decantar originando agua clarificada o espejo de agua, esta agua será colectada y dirigida a las tres pozas de sedimentación.

### **3.2.1.9 Deposito de Relaves**

Los relaves serán almacenados en la parte baja de la Planta Concentradora sobre antiguos relaves ya existentes en el área del proyecto completamente segura y diseñada para ser construida por etapas, principalmente con caliza, desmonte y óxidos no mineralizados. La presa de relaves será construida usando el método de línea central modificada y presentará una baja permeabilidad interna, un núcleo vertical y una cortina de grouting en la cimentación para reducir la infiltración. . La estabilidad física completa será provista por la construcción de espaldones rígidos y densos de relleno de roca tanto aguas arriba como aguas abajo de la presa. Internamente utilizando como base el antiguo relave se instalara una mini manta con inclinación de 5° hacia tuberías de 3" para captar e interceptar la filtración de efluente liquido. La presa será diseñada como una estructura de retención de agua y de relaves que servirá como poza para obtener agua para el proceso de sedimentación del estudio.

Las pozas de agua servirán como punto principal para el control de calidad y manejo de aguas y la presa de relaves ha sido dimensionada para proveer suficiente almacenamiento temporal sobre el nivel normal de operación de la poza, en todo momento, para permitir que la descarga de agua excedente sea detenida, de ser necesario, por períodos significativos de tiempo. A lo largo de la vida de la Planta se llevará a cabo la progresiva recuperación de las aguas mediante pozas de sedimentación.

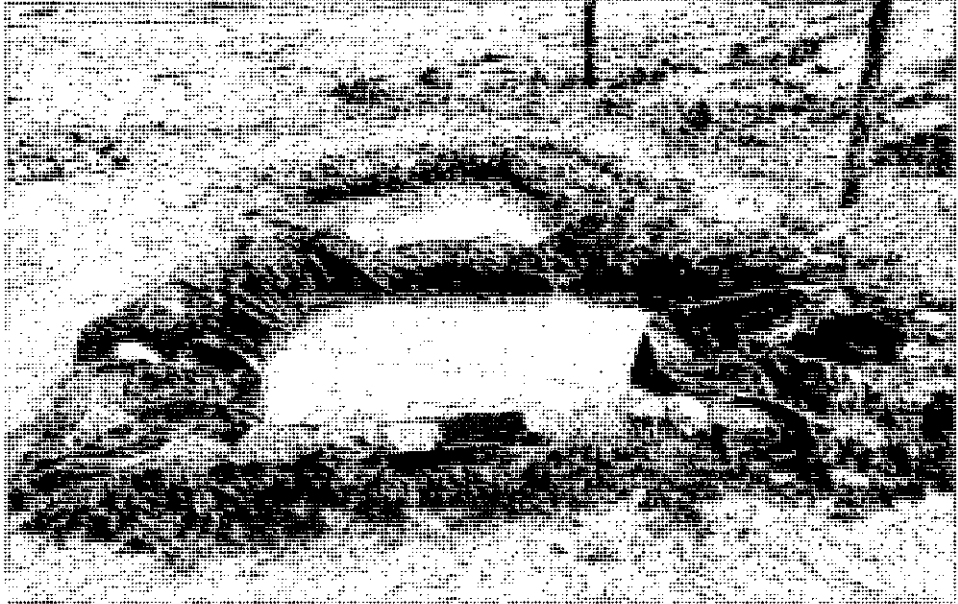
FOTOGRAFIA 04: CANCHA DE RELAVE



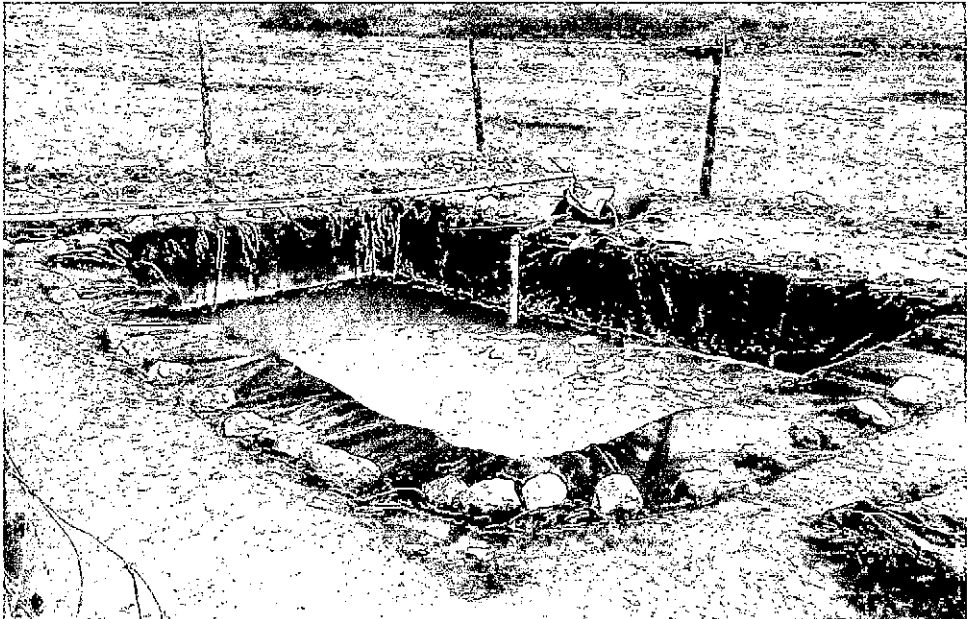
FOTOGRAFÍA 05: CAPTACION DE AGUA - CANCHA DE RELAVES



FOTOGRAFÍA 06: POZAS DE SEDIMENTACIÓN.



FOTOGRAFÍA 07: TERCERA POZA DE SEDIMENTACIÓN



## CUADRO 06

### METODOLOGIA: MANO DE OBRA REQUERIDA EN LA PLANTA

Especificación	Numero de personas
1.- Mano de obra directa	
➤ Obreros Planta	02
2.- Mano de obra indirecta.	
➤ Superintendente de Planta	01
➤ Jefe de Planta	01
➤ Jefe de guardia	02
3.- Administración	
➤ Almacenero	01
➤ Guardián	02
Cocinero	02
Total	10

Fuente: Minero Puno (2007)

### 3.3 Agua

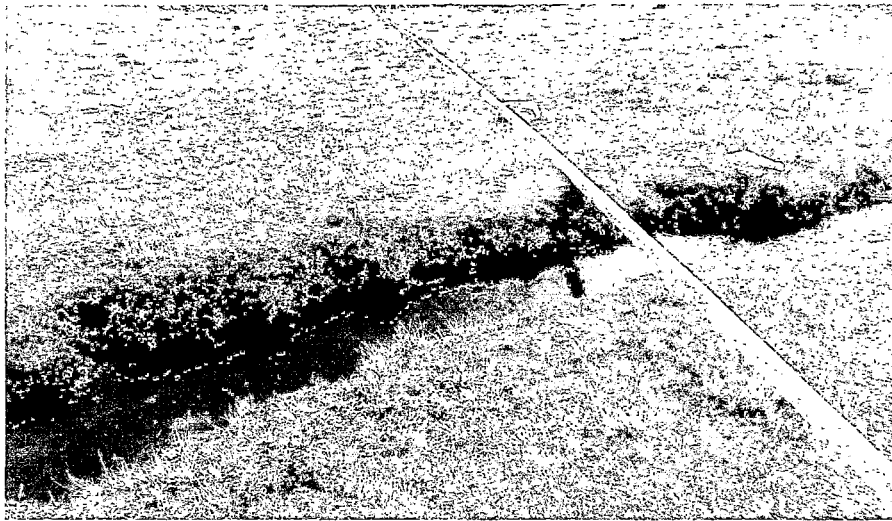
El sistema portátil de tratamiento de agua propuesto para el proyecto durante la etapa de operaciones consiste de los siguientes componentes: Pozo de aprovisionamiento de agua potable ubicado en la parte superior del proyecto en pozas de concreto y por gravedad se abastecen las necesidades de la planta. El sistema de aprovisionamiento de agua para la operación, para el proceso y el sistema de descarga incluye los siguientes componentes:

- Sistema de colección de escorrentía incluyendo diques de derivación y pozas de retención de sedimentos para la planta.
- Tubería de descarga de relaves y tuberías para recuperación de agua en el depósito de relaves.

- Descarga desde el depósito de relaves, incluyendo el sistema de tratamiento de agua si fuera necesario.

La demanda de agua de proceso es nominalmente 1.5 lt./s. El agua será recirculada al máximo posible, El agua fresca requerida provendrá del riachuelo en un inicio para el arranque de planta posteriormente reducirá el consumo de agua fresca por utilizar agua de retorno.

FOTOGRAFÍA 08: TUBERÍA PARA AGUA.



FOTOGRAFÍA 09: MUESTREO



### 3.4 Reactivos.

Los reactivos que son usados en el proceso de flotación del cobre se muestran en la siguiente tabla:

**CUADRO 07**  
**METODOLOGIA: RELACIÓN DE REACTIVOS REQUERIDOS POR LA PLANTA**

Relación	Nombre del Reactivo
----------	---------------------

1.-	Colectores <ul style="list-style-type: none"><li>- Xantato Z-11</li><li>- Aerofloat 242</li><li>- Aerofloat 208</li><li>- Aeropromotor 404</li></ul>
2.-	Espumantes <ul style="list-style-type: none"><li>- Aceite de Pino</li><li>- Frother 70</li></ul>
3.-	Modificadores <ul style="list-style-type: none"><li>- Cal viva</li><li>- Silicato de Sodio</li><li>- Floculante</li></ul>

Fuente: Minero Puno (2007)

### 3.5 Materiales y Métodos

#### 3.5.1 Elección del área de muestreo.

El área de muestreo se ubicó en el riachuelo Puncutira, relaves de flotación, el espejo de agua de la cancha de relaves y pozas de sedimentación. El riachuelo principal se localiza a 1.0 kilómetro al sur de la planta concentradora.



### **3.5.1.1 Recolección de las muestras.**

Se tomaron manualmente muestras captadas de diferentes puntos en horas de la tarde en cada uno de los sitios de muestreo. La recolección se llevó a cabo en envases de plástico (PET) de 1000 ml, previamente enjuagados varias veces. Las muestras fueron almacenadas a temperatura de 5° C hasta el momento del análisis.

Se llevó a cabo un muestreo sistemático y estratificado. El muestreo fue sistemático, ya que la toma de muestra se hizo a intervalos constantes de espacio y tiempo (mismo día y misma hora) y estratificado ya que se dividió los puntos estableciendo como: 1, 2 ,3 y 4. El muestreo fue paralelo con la toma de datos en equipos portátil marca OARTON y Multípara metro HORIBA para la comparación de datos con resultados de análisis.

### **3.5.2 Ubicación de sitios de muestreo.**

En la figura se muestra la ubicación de los sitios de muestreo. La descripción de los sitios de muestreo comprende:

- La zona de alimentación de agua fresca del riachuelo Puncutira. Con la codificación de T1 - muestras 05 (punto 1).
- El segundo punto de muestreo se tomo de los efluentes líquidos de relave de la sección de flotación. T2- muestras 05 (punto 2).
- La Muestra codificada con T3 es de los efluentes líquidos del agua recolectada en la cancha de relaves. T3- muestras 05 (punto 3).

- En la tercera poza de sedimentación denominada agua de recirculación a planta fue el último punto. T4 – muestras 05 (punto 4).

### **3.6 Parámetros**

Se midieron el pH, temperatura, conductividad y oxígeno disuelto en las diferentes zonas al momento de la recolección de las muestras de acuerdo a las técnicas de medición analítica estándar.

**pH:** El término pH es usado universalmente para determinar si una solución es ácida o básica. Lo óptimo debe estar entre 6,5 y 8,5, es decir, entre neutra y ligeramente alcalina, el máximo aceptado es 9. Las aguas de pH menor de 6,5 son corrosivas debido al anhídrido carbónico, ácidos o sales ácidas que tienen en disolución.

En la determinación "in situ" del pH, se utilizó un pH metro digital Marca OARTON, previamente calibrado cuyo electrodo se introdujo directamente en la fuente de agua.

**Temperatura.** La temperatura influye de forma muy significativa en las especies acuáticas determinando su metabolismo, productividad primaria, respiración y descomposición de materia orgánica. Por ejemplo cuando la temperatura aumenta se da una proliferación del fitoplancton aumentando también la absorción de nutrientes disueltos.

Un líquido caliente que vuelca a un curso receptor, puede aumentar la temperatura del entorno e incidir en la solubilidad del oxígeno disuelto en él, a mayor temperatura disminuye la solubilidad del oxígeno, influye también en

las velocidades de las reacciones químicas, en los usos del agua y en la vida de la flora y la fauna acuática, ya que puede provocar la coagulación de las proteínas de la materia orgánica y aumentar la toxicidad de algunas sustancias. Para la determinación de la temperatura en los análisis "in situ" se utilizó un pechimetro OARTON sumergido directamente a una profundidad estándar de 8 a 10 cm.

**Conductividad:** La conductividad es una expresión numérica de la capacidad de una solución para transportar una corriente eléctrica. Esta capacidad depende de la presencia de iones y de su concentración total, de su movilidad, valencia y concentraciones relativas así como de la temperatura de medición. Cuanto mayor sea la concentración de iones mayor será la conductividad.

En las aguas continentales los iones que son directamente responsables de los valores de conductividad son entre otros el calcio, magnesio, potasio, sodio, carbonatos, sulfatos y cloratos. En aguas naturales la medida de la conductividad tiene varias aplicaciones, tal vez la más importante sea la evaluación de las variaciones de la concentración de minerales disueltos en aguas naturales y residuales. La variación estacional mínima que se encuentra en las aguas embalsadas contrasta notablemente con las fluctuaciones diarias de algunas aguas de río contaminadas. La conductividad se puede expresar de diferentes formas, lo más común es expresarla en microhomios por centímetro ( $\mu\text{mhos/cm}$ ) o si utilizamos el sistema internacional en micro siemens por centímetro ( $\mu\text{S/cm}$ )

Para la determinación de la conductividad se tomó una muestra de 1000 cm<sup>3</sup>, luego en un vaso de precipitado de 100 ml se vació el contenido de muestra y se introdujo el aditamento del equipo multiparametro Horiba procurando que quede bien cubierto, de esa forma podremos leer el valor de la conductividad en la pantalla del aparato.

**Oxígeno Disuelto:** La presencia de oxígeno en el agua es indispensable para la vida acuática y depende de las condiciones ambientales, ya que su cantidad aumenta al disminuir la temperatura o aumentar la presión.

Los desperdicios orgánicos que se encuentran en el agua son descompuestos por microorganismos que usan el oxígeno para su respiración, esto quiere decir que cuanto mayor es la cantidad de materia orgánica mayor es el número de microorganismos y por tanto mayor el consumo de oxígeno. En muchas ocasiones esta falta de oxígeno es la causa de la muerte de peces y otros animales acuáticos más que la existencia de compuestos tóxicos.

Por tanto el análisis de oxígeno disuelto es una prueba clave en la determinación de la contaminación del agua. Para el análisis "in situ" del nivel de oxígeno en las aguas muestreadas se utilizó el Multiparametro Horiba medidor de oxígeno disuelto, previamente calibrado. Para ello se introdujo el dispositivo para medir el oxígeno disuelto de forma que quede bien cubierto en un vaso precipitado la muestra de agua, tras unos segundos el aparato nos ofrece una medida.

### **3.7 Operación de Variables:**

Primero se representa lo relacionado a la variable independiente (Vi):

- Variable independiente: Gestión ambiental del efluente líquido

Indicadores:

- Medidas Preventivas
- Identificación de Impactos.
- Medidas correctivas

Seguidamente lo relacionado a la variable dependiente (Vd.):

- Variable Dependiente: Contaminación Ambiental

Indicadores:

- Volumen de efluentes contaminados
- Capacitación Ambiental

### **3.8 Metodología Estadística.**

#### **3.8.1 Modelo Estadístico lineal.**

Para los diferentes efectos de los análisis como los parámetros de: pH, conductividad Eléctrica, Turbidez, Oxígeno Disuelto, Temperatura, Sólidos Totales Disueltos y potencial de reducción (ORP). Se ha utilizado el diseño completo al azar y cuyo modelo estadístico es la siguiente:

$$Y_{i,j} = U + T_i + e_{i,j}$$

Donde:

$$i = 1, 2, \dots, t,$$

t = número de tratamientos de la planta concentradora

$$j = 1, 2, \dots, n,$$

n = número de replicaciones por tratamiento donde :

u = es el efecto medio

$t_i$  = es el efecto de i - éximo tratamiento

$e_{i,j}$  = error experimental

Para cuantificar los resultados de las pruebas de F se ha utilizado las pruebas de rango múltiple de TUKEY (P = 0.05) por ser esta prueba mas estricta en su clasificación.

Para el análisis de varianza del presente diseño se ha utilizado el paquete estadístico de sistema para análisis estadístico (SAS 9.0).

### **3.8.2 MATRIZ DE CONSISTENCIA.**

PROBLEMA	OBJETIVO	HIPOTESIS	VARIABLE	INDICADOR
<p><b><u>Problema General</u></b></p> <p>¿Cómo influye una mala gestión de los efluentes líquidos del proceso de flotación en la planta concentradora de Crucero?</p>	<p><b><u>Objetivo General</u></b></p> <p>Proponer la adecuada gestión ambiental de los efluentes líquidos en la planta concentradora de Crucero</p>	<p><b><u>Hipótesis General</u></b></p> <p>La implementación de pozas de sedimentación al efluente líquido generara una descarga ambientalmente limpia en la planta concentradora de Crucero - Puno</p>	<p><b><u>VI:</u></b> Gestión Ambiental del efluente líquido</p> <p><b><u>VD:</u></b> Contaminación Ambiental</p>	<p>- Medidas Preventivas - Medidas Correctivas - Identificación de Impactos Ambientales</p> <p>- Volumen de efluentes contaminados. - Capacitación ambiental</p>
<p><b><u>Problema Especifico</u></b></p> <p>1. ¿De que manera y mediante que proceso se pueden controlar la contaminación de los efluentes líquidos en la planta concentradora?</p> <p>2. ¿Cómo influye la aplicación de buenas practicas de manejo ambiental a los efluentes líquidos del proceso de recuperación de cobre por flotación?</p>	<p><b><u>Objetivos Específicos</u></b></p> <p>1. establecer programas preventivos de control de la contaminación ambiental a los efluentes líquidos de un proceso de flotación para la extracción de cobre.</p> <p>2. Implementar pozas de sedimentación a los efluentes líquidos del proceso de flotación a fin de realizar el análisis comparativo de los parámetros físicos y químicos</p>	<p><b><u>Hipótesis General</u></b></p> <p>1. El manejo de efluentes líquidos de la cancha de relaves y su tratamiento mediante sedimentación en pozas evitara probablemente la contaminación ambiental.</p> <p>2. La aplicación de pozas de sedimentación en el manejo ambiental de los efluentes líquidos disminuirá la contaminación y se realizará una descarga limpia en la planta concentradora</p>	<p>VI: Eficiencia y buen uso del agua.</p> <p>VD: Minimizar la contaminación.</p> <p>VI: gestión ambiental</p> <p>VD: Descarga limpia del efluente</p>	<p>- Capacitación Ambiental</p> <p>- Tratamiento de aguas en pozas.</p> <p>-Capacitación Ambiental.</p> <p>- Normas Ambientales</p>

### 3.9 Datos de muestreo.

#### 3.9.1 Valores de normas nacionales.

CUADRO 08  
METODOLOGIA: LÍMITES MÁXIMOS PERMISIBLES

- STD mg/l	1000
- Cu mg/l	2.0
- STS mg/l	25 -50
- OD mg/l	15
- pH	6 - 9
- Turbidez NTU	10

Fuente: DIGESA

#### 3.9.2 Valores de muestreo

Se considera la toma de muestras en cuatro puntos:

T1: Toma de muestra de agua Fresca

T2: Toma de muestra del efluente líquido del proceso de flotación ( Relave)

T3: Toma de muestra del efluente espejo de agua de la relavera

T4: Toma de muestra en la última poza de sedimentación

Nota: por cada punto de muestreo se realizó 5 muestras y analizadas con un equipo multiparametro marca HORIBA



CUADRO 09  
METODOLOGIA: T1 (TOMA DE MUESTRA DE AGUA FRESCA)

Parámetros	Muestra 1	Muestra 2	Muestra 3	Muestra 4	Muestra 5
pH	7.0	7.4	7.3	7.2	7.2
Conductividad Eléctrica ms/m	33	33	32	32	33
Turbidez NTU	2	2	2	2.3	2.2
Oxígeno disuelto mg/l	6.9	7.3	6.8	7.5	7.3
Temperatura °C	17.6	17.4	17.0	17.1	17.0
Sólidos Totales Disueltos g/l.	0.21	0.21	0.20	0.22	0.21
ORP Mv	195	203	197	195	195

Fuente: Elaborado en base a datos de muestreo

**CUADRO 10**  
**METODOLOGIA: T2 (TOMA DE MUESTRA DEL EFLUENTE LIQUIDO DEL**  
**PROCESO DE FLOTACIÓN- RELAVE)**

Parámetros	Muestra 1	Muestra 2	Muestra 3	Muestra 4	Muestra 5
pH	8.7	8.9	8.8	8.8	8.7
Conductividad Eléctrica ms/m	78	81	75	75	76
Turbidez NTU	120	110	78	160	85
Oxígeno disuelto mg/l	2.5	2.5	3	2.8	3.7
Temperatura °C	18.3	18.7	18	18.3	18.5
Sólidos Totales Disueltos g/l.	0.52	0.60	0.50	0.55	0.73
ORP Mv	158	160	160	158	156

Fuente: Elaborado en base a datos de muestreo

CUADRO 11  
 METODOLOGIA: T3 (TOMA DE MUESTRA DEL EFLUENTE PROCEDENTE  
 DEL ESPEJO DE AGUA – RELAVERA)

Parámetros	Muestra 1	Muestra 2	Muestra 3	Muestra 4	Muestra 5
pH	8.7	8.6	8.0	8.5	8.6
Conductividad Eléctrica ms/m	59	58	55	54	58
Turbidez NTU	51	110	54	51	54
Oxígeno disuelto mg/l	5.7	6.0	6.6	5.4	5.7
Temperatura °C	17.4	17.1	16.8	16.5	17.1
Sólidos Totales Disueltos g/l.	0.37	0.37	0.36	0.38	0.37
ORP Mv	147	156	161	160	148

Fuente: Elaborado en base a datos de muestreo

CUADRO 12  
 METODOLOGIA: T4 TOMA DE MUESTRA EN LA ULTIMA POZA DE  
 SEDIMENTACIÓN

Parámetros	Muestra 1	Muestra 2	Muestra 3	Muestra 4	Muestra 5
pH	7.2	7.7	7.4	7.8	7.4
Conductividad Eléctrica ms/m	52	59	54	55	54
Turbidez NTU	3	2	2.5	2.8	3.2
Oxígeno disuelto mg/l	6.6	7.1	7.2	7.5	7.3
Temperatura °C	17.4	17.1	17.5	17.3	17.1
Sólidos Totales Disueltos g/l.	0.33	0.34	0.33	0.32	0.33
ORP Mv	197	205	190	190	192

Fuente: Elaborado en base a datos de muestreo

## CAPITULO IV

### RESULTADOS Y DISCUSIÓN

#### 4.1 Análisis de la Prueba Estadística.

##### 4.1.1 Análisis del efecto pH.

De acuerdo al cuadro 13 del análisis de varianza para el efecto de pH, existe una diferencia altamente significativa entre los tratamientos, es decir la alcalinidad de los efluentes en los diferentes estados varían notablemente. El coeficiente de variabilidad es de 2.55% lo cual indica que nuestro diseño estadístico es adecuado en su aplicación. También el coeficiente de determinación es alto  $R^2 = 92.74\%$  por lo que estos valores indican la confiabilidad del presente análisis.

CUADRO 13  
 RESULTADOS Y DISCUSION: ANÁLISIS DE VARIANCA PARA EL EFECTO  
 DE PH, DE LOS EFLUENTES LÍQUIDOS EN LA PLANTA  
 CONCENTRADORA DE CRUCERO 2007

F. de V.	GL	SC	CM	Fc	P
Tratamiento	3	8.48550000	2.82850000	68.16	<.0001
Error	16	0.66400000	0.04150000		
Total	19	9.14950000			

Fuente: Elaborado en base a paquete estadístico (SAS)

$$CV = 2.548036$$

$$R^2 = 92.7428\%$$

De acuerdo al cuadro 14 de la prueba rango múltiple de Tukey ( $P=0.05$ ), indican que los tratamientos T2 (Toma de muestra del efluente líquido del proceso de flotación - Relave) y T3 (Toma de muestra del efluente procedente del espejo de agua de la relavera), estadísticamente similares en cuanto al efecto de pH debido a la presencia de elementos alcalinos y son superiores a los tratamientos T4 (Toma de muestra en la última poza de sedimentación) y T1 (Toma de muestra de agua Fresca), indicando que existe similitud en cuanto a los valores de pH se refiere, el valor crítico del rango estudentizado es de 4.04609 y la diferencia mínima significativa es de 0.3686.

**CUADRO 14**  
**RESULTADOS Y DISCUSION: PRUEBA DE RANGO MÚLTIPLE DE TUKEY**  
**(P=0.05) PARA EFECTO DE PH DE LOS EFLUENTES**

Orden	Clave	Valores de (pH)	Tukey (P=0.05)
1	T2	8.7800	a
2	T3	8.4800	a
3	T4	7.5000	b
4	T1	7.2200	b

Fuente: Elaborado en base a paquete estadístico (SAS)

Valor crítico del rango estudentizado 4.04609

Diferencia significativa mínima 0.3686

Los resultados estadísticos nos indican satisfactoriamente que la sedimentación de los efluentes líquidos nos permite obtener un efluente con similitud de pH al agua fresca que se alimenta a los procesos metalúrgicos en la planta concentradora de crucero. Los valores de pH son altos debido a la utilización de reactivos alcalinos utilizados en el proceso que forman hidróxidos dando la alcalinidad a los resultados después del procesó de sedimentación los valores óptimos.

#### **4.1.2 Análisis del efecto de Conductividad eléctrica.**

La conductividad Eléctrica en el cuadro 15 del análisis de varianza para el efecto de conductividad eléctrica, nos indica que existe una diferencia altamente significativa entre los tratamientos, es decir la conductividad eléctrica de los efluentes en diferentes estados varían notablemente. El

coeficiente de variabilidad es de 3.86% lo cual indica que nuestro diseño estadístico es adecuado en su aplicación. También el coeficiente de determinación es alto  $R^2 = 98.55\%$  por lo que estos valores indican la confiabilidad del presente análisis.

CUADRO 15  
 RESULTADOS Y DISCUSION: ANÁLISIS DE VARIANCIA PARA EL EFECTO DE CONDUCTIVIDAD ELÉCTRICA, DE LOS EFLUENTES LÍQUIDOS EN LA PLANTA CONCENTRADORA DE CRUCERO 2007

F. de V.	GL	SC	CM	Fc	P
Tratamiento	3	4943.400000	1647.800000	362.15	<.0001
Error	16	72.800000	4.550000		
Total	19	5016.200000			

Fuente: Elaborado en base a paquete estadístico (SAS)

$$CV = 3.857275$$

$$R^2 = 98.5487\%$$

En el cuadro 16 de la prueba rango múltiple de Tukey ( $P=0.05$ ), indica que los tratamientos T2 (Toma de muestra del efluente líquido del proceso de flotación - Relave) es diferente a los demás tratamientos, T3 (Toma de muestra del efluente procedente del espejo de agua de la relavera) y T4 (Toma de muestra en la última poza de sedimentación), estadísticamente similares en cuanto al efecto de conductividad eléctrica existiendo una diferencia mínima con T1 (Toma de muestra de agua fresca), resaltando que existe diferencia del agua fresca al de relave reduciendo esta diferencia mediante pozas de sedimentación en cuanto a los valores de conductividad



eléctrica se refiere, el valor crítico del rango estudentizado es de 4.04609 y la diferencia mínima significativa es de 3.8597.

CUADRO 16  
 RESULTADOS Y DISCUSION: PRUEBA DE RANGO MÚLTIPLE DE TUKEY  
 (P=0.05) PARA EFECTO DE CONDUCTIVIDAD ELÉCTRICA DE LOS  
 EFLUENTES.

Orden	Clave	Valores de (CE)	Tukey (P=0.05)
1	T2	77.000	a
2	T3	56.800	b
3	T4	54.80	b
4	T1	32.60	c

Fuente: Elaborado en base a paquete estadístico (SAS)

Valor crítico del rango estudentizado : 4.04609

Diferencia significativa mínima : 3.8597

Los resultados nos indican satisfactoriamente que la sedimentación de los efluentes líquidos nos permite obtener un efluente con mejores valores ambientales que los efluentes sin sedimentación. La conductividad eléctrica es un indicador de los iones presentes existiendo iones sulfatos, carbonatos elevando la conductividad del efluente. La conductividad es una expresión numérica de la capacidad de una solución para transportar una corriente eléctrica depende de la presencia de iones concentración movilidad, valencia

#### 4.1.3 Análisis del efecto Turbidez.

De acuerdo al cuadro 17 del análisis de varianza para el efecto de turbidez, existe una diferencia altamente significativa, es decir la presencia de sólidos en suspensión en los relaves muestra una diferencia de los efluentes en los diferentes estados los cuales varían notablemente. El coeficiente de variabilidad es de 46.42% lo cual indica que nuestro diseño estadístico es adecuado en su aplicación. También el coeficiente de determinación es alto  $R^2 = 85.7805\%$  por lo que estos valores indican la confiabilidad del presente análisis.

CUADRO 17  
RESULTADOS Y DISCUSION: ANÁLISIS DE VARIANCA PARA EL EFECTO DE TURBIDEZ, DE LOS EFLUENTES LÍQUIDOS EN LA PLANTA CONCENTRADORA DE CRUCERO - 2007.

F. de V.	GL	SC	CM	Fc	P
Tratamiento	3	41639.35000	13879.78333	32.17	<.0001
Error	16	6902.40000	431.40000		
Total	19	48541.75000			

Fuente: Elaborado en base a paquete estadístico (SAS)

$$CV = 46.41379$$

$$R^2 = 85.7805\%$$

De acuerdo al cuadro 18 de la prueba rango múltiple de Tukey ( $P=0.05$ ), indican que los tratamientos T2 (Toma de muestra del efluente líquido del proceso de flotación - Relave) es diferente a los demás tratamientos. El punto denominado con T3 (Toma de muestra del efluente procedente del espejo de

agua de la relavera), tiene diferencia pronunciada con los relaves, existiendo similitud estadísticamente en cuanto al efecto T1 y T4 debido a la sedimentación de los efluentes. La sedimentación por gravitación favorece en cuanto a los valores de turbidez se refiere, el valor crítico del rango estudentizado es de 4.04609 y la diferencia mínima significativa es de 37.583.

CUADRO 18  
 RESULTADOS Y DISCUSION: PRUEBA DE RANGO MÚLTIPLE DE TUKEY  
 (P=0.05) PARA EFECTO DE TURBIDEZ DE LOS EFLUENTES.

Orden	Clave	Valores de (Turbidez)	Tukey (P=0.05)
1	T2	110.60	a
2	T3	64.00	b
3	T4	2.400	c
4	T1	2.000	c

Fuente: Elaborado en base a paquete estadístico (SAS)

Valor crítico del rango estudentizado : 4.04609

Diferencia significativa mínima : 37.583

Los resultados estadísticos nos indican satisfactoriamente que la sedimentación de los efluentes líquidos nos permite obtener un efluente clarificado con bajos valores de turbidez entre el agua fresca que se alimenta a los procesos metalúrgicos en la planta concentradora de crucero y el efluente de la última poza de sedimentación.

#### 4.1.4 Análisis del efecto de oxígeno disuelto.

El Oxígeno Disuelto de acuerdo al cuadro 19 del análisis de varianza para el efecto de oxígeno disuelto, indica que existe una diferencia altamente significativa entre los tratamientos, es decir la presencia de oxígeno en los diferentes estados varían notablemente. El coeficiente de variabilidad es de 7.00% lo cual indica que nuestro diseño estadístico es adecuado en su aplicación. También el coeficiente de determinación es alto  $R^2 = 95.85\%$  por lo que estos valores indican la confiabilidad del presente análisis.

CUADRO 19  
RESULTADOS Y DISCUSION: ANÁLISIS DE VARIANCA PARA EL EFECTO DE OXIGENO DISUELTO, DE LOS EFLUENTES LÍQUIDOS EN LA PLANTA CONCENTRADORA DE CRUCERO - 2007

F. de V.	GL	SC	CM	Fc	P
Tratamiento	3	60.29000000	20.09666667	123.10	<.0001
Error	16	2.61200000	0.16325000		
Total	19	62.90200000			

Fuente: Elaborado en base a paquete estadístico (SAS)

$$CV = 7.002462$$

$$R^2 = 95.8475\%$$

En el cuadro 20 de la prueba rango múltiple de Tukey ( $P=0.05$ ), indica que los tratamientos T1(Toma de muestra de agua Fresca ) y T4 (Toma de muestra en la ultima poza de sedimentación) tienen similitud en la cantidad de oxígeno disuelto favoreciendo a la flora y fauna de la zona con valores mayores a los demás tratamientos, el tratamiento T3 (Toma de muestra del efluente procedente del espejo de agua de la relavera), estadísticamente nos

muestra que tiene valores mayores que el tratamiento T2 puesto que este ultimo tendría malas condiciones ambientales en lo que se refiere al oxígeno disuelto el tratamiento T2 demuestra que los relaves contienen pequeños valores de oxígeno disuelto por la afinidad del oxígeno con elementos alcalinos y metálicos, el valor crítico del rango estudentizado es de 4.04609 y la diferencia mínima significativa es de 0.7311

CUADRO 20  
 RESULTADOS Y DISCUSION: PRUEBA DE RANGO MÚLTIPLE DE TUKEY  
 (P=0.05) PARA EFECTO DE OXIGENO DISUELTO DE LOS EFLUENTES

Orden	Clave	Valores de (OD)	Tukey (P=0.05)
1	T1	7.1600	a
2	T4	7.1400	a
3	T3	5.8800	b
4	T2	2.9000	c

Fuente: Elaborado en base a paquete estadístico (SAS)

Valor crítico del rango estudentizado : 4.04609

Diferencia significativa mínima: 0.7311

Los resultados estadísticos nos indican satisfactoriamente que la sedimentación de los efluentes líquidos nos permite obtener un efluente con valores mayores de oxígeno y similares al agua fresca que se alimenta a los procesos metalúrgicos en la planta concentradora de crucero. Es de suma importancia el incremento de los valores del oxígeno disuelto en la tercera poza de sedimentación por que si es vertida al medio ambiente con estos

valores no influye en la flora y fauna de las zonas aledañas permitiendo reducir la contaminación en el paraje de Puncutira. La presencia de oxígeno en el agua es indispensable para la vida acuática cuanto mayor es la cantidad de materia orgánica mayor el número de microorganismos y por tanto el consumo de oxígeno.

#### 4.1.5 Análisis para el efecto temperatura.

En el cuadro 21 del análisis de varianza para el efecto de temperatura, existe diferencias entre los tratamientos, es decir el relave tiene una mayor temperatura por ser un efluente del proceso de flotación y que en su operación es agitada generando un incremento en la temperatura que varía con los diferentes estados. El coeficiente de variabilidad es de 1.75% lo cual indica que nuestro diseño estadístico es adecuado en su aplicación. También el coeficiente de determinación es alto  $R^2 = 81.45\%$  por lo que estos valores indican la confiabilidad del presente análisis.

CUADRO 21  
RESULTADOS Y DISCUSION: ANÁLISIS DE VARIANCA PARA EL EFECTO  
DE TEMPERATURA, DE LOS EFLUENTES LÍQUIDOS EN LA PLANTA  
CONCENTRADORA DE CRUCERO - 2007

F. de V.	GL	SC	CM	Fc	P
Tratamiento	3	6.58950000	2.19650000	23.49	<.0001
Error	16	1.49600000	0.09350000		
Total	19	8.08550000			

Fuente: Elaborado en base a paquete estadístico (SAS)

$$CV = 1.748800$$

$$R^2 = 81.4977\%$$

De acuerdo al cuadro 22 de la prueba rango múltiple de Tukey ( $P=0.05$ ), indican que el tratamiento T2 (Toma de muestra del efluente líquido del proceso de flotación - Relave) tiene los valores más altos en temperatura debido al proceso de flotación, agitación y acción mecánica a la que es sometida, los tratamientos T3 (Toma de muestra del efluente procedente del espejo de agua de la relavera), T4 (Toma de muestra en la última poza de sedimentación) y T1 (Toma de muestra de agua fresca), estadísticamente similares en cuanto al efecto de temperatura indicando que existe similitud en cuanto a los valores de temperatura se refiere, el valor crítico del rango estudentizado es de 4.04609 y la diferencia mínima significativa es de 0.5533.

**CUADRO 22**  
**RESULTADOS Y DISCUSION: PRUEBA DE RANGO MÚLTIPLE DE TUKEY**  
**( $P=0.05$ ) PARA EFECTO DE TEMPERATURA DE LOS EFLUENTES**

Orden	Clave	Valores de ( $T^a$ )	Tukey ( $P=0.05$ )
1	T2	18.4600	a
2	T4	17.2800	b
3	T1	17.2200	b
4	T3	16.9800	b

Fuente: Elaborado en base a paquete estadístico (SAS)

Valor crítico del rango estudentizado : 4.04609

Diferencia significativa mínima: 0.5533

Los resultados estadísticos nos indican satisfactoriamente que la temperatura se incrementa en los efluentes que se evacúan del proceso de flotación pero después de la sedimentación en la cancha de relaves y posteriormente en las pozas de sedimentación bajan los valores de temperatura al igual que los valores del riachuelo de Puncutira de donde se alimenta a los procesos metalúrgicos en la planta concentradora de crucero. La temperatura en las celdas de flotación se incrementan debido a la agitación que se da por la acción del proceso, reacciones exotérmicas que se producen generan incremento en los valores y posteriormente con la permanencia en la cancha de relave y retención en las pozas de sedimentación la temperatura toma valores iniciales al igual que del riachuelo o toma de captación de agua.

#### **4.1.6 Análisis para el efecto de sólidos totales disueltos.**

El efecto Sólidos totales en suspensión de acuerdo al cuadro 23 del análisis de varianza para el efecto de sólidos totales disueltos, indica la existencia de diferencias entre los tratamientos, es decir el agua del riachuelo tiene valores bajos a comparación de los sólidos presentes en el relave del proceso de flotación y estos en comparación con los efluentes de sedimentación varían levemente. El coeficiente de variabilidad es de 12.45% lo cual indica que nuestro diseño estadístico es adecuado en su aplicación. También el coeficiente de determinación es alto  $R^2 = 91.20\%$  por lo que estos valores indican la confiabilidad del presente análisis.



CUADRO 23  
 RESULTADOS Y DISCUSION: ANÁLISIS DE VARIANCA PARA EL EFECTO  
 DE SÓLIDOS TOTALES DISUELTOS, DE LOS EFLUENTES LÍQUIDOS EN  
 LA PLANTA CONCENTRADORA DE CRUCERO - 2007

F. de V.	GL	SC	CM	Fc	P
Tratamiento	3	0.35637500	0.11879167	55.25	<.0001
Error	16	0.03440000	0.00215000		
Total	19	0.39077500			

Fuente: Elaborado en base a paquete estadístico (SAS)

$$CV = 12.44781$$

$$R^2 = 91.1970 \%$$

De acuerdo al cuadro 24 de la prueba rango múltiple de Tukey ( $P=0.05$ ), indican que los tratamientos T2 (Toma de muestra del efluente líquido del proceso de flotación - Relave) se diferencian notablemente de los demás tratamientos en cuanto al efecto de sólidos totales disueltos, puesto que el porcentaje de sólidos en estos efluentes es llevado y T3 (Toma de muestra del efluente procedente del espejo de agua de la relavera), y T4 (Toma de muestra en la última poza de sedimentación) tienen una similitud en cuanto a sólidos totales debido al proceso de sedimentación al que son sometidos. El tratamiento T1 (Toma de muestra de agua fresca), presenta los valores más bajos con diferencia mínima a los efluentes con tratamiento en tres pozas de sedimentación y diferencia notoria con los relaves del proceso en cuanto a los valores de sólidos totales disueltos se refiere, el valor crítico del rango

estudentizado es de 4.04609 y la diferencia mínima significativa es de 0.0839.

**CUADRO 24**  
**RESULTADOS Y DISCUSION: PRUEBA DE RANGO MÚLTIPLE DE TUKEY**  
**(P=0.05) PARA EFECTO DE SÓLIDOS TOTALES DISUELTOS DE LOS**  
**EFLUENTES**

Orden	Clave	Valores de (SST)	Tukey (P=0.05)
1	T2	0.58000	a
2	T3	0.37000	b
3	T4	0.33000	b
4	T1	0.21000	c

Fuente: Elaborado en base a paquete estadístico (SAS)

Valor crítico del rango estudentizado : 4.04609

Diferencia significativa mínima: 0.0839

Los resultados nos indican satisfactoriamente que la sedimentación de los efluentes líquidos nos permite obtener un efluente con similitud de sólidos totales disueltos al agua fresca que se alimenta a los procesos metalúrgicos en la planta concentradora de crucero. La turbidez es un problema de contaminación por lo tanto la función de la sedimentación es reducir los valores que se presentan en los efluentes de flotación. Los valores en unidades nefelométricas nos indican que reducen los valores notablemente por efecto del tratamiento de sedimentación.

#### 4.1.7 Análisis del efecto potencial de reducción (ORP).

En el cuadro 25 del análisis de varianza para el efecto de ORP, existe una diferencia altamente significativa entre los tratamientos, es decir los efluentes del relave y de la relavera tienen diferencia a los efluentes del agua de alimentación y al efluente de sedimentación que varían notablemente. El coeficiente de variabilidad es de 2.82% lo cual indica que nuestro diseño estadístico es adecuado en su aplicación. También el coeficiente de determinación es alto  $R^2 = 95.20\%$  por lo que estos valores indican la confiabilidad del presente análisis.

CUADRO 25  
RESULTADOS Y DISCUSION: ANÁLISIS DE VARIANCA PARA EL EFECTO DE OXIDO REDUCCIÓN, DE LOS EFLUENTES LÍQUIDOS EN LA PLANTA CONCENTRADORA DE CRUCERO - 2007

F. de V.	GL	SC	CM	Fc	P
Tratamiento	3	7853.350000	2617.783333	105.98	<.0001
Error	16	395.200000	24.700000		
Total	19	8248.550000			

Fuente: Elaborado en base a paquete estadístico (SAS)

$$CV = 2.821408$$

$$R^2 = 95.2089\%$$

De acuerdo al cuadro 26 de la prueba rango múltiple de Tukey ( $P=0.05$ ), indican que los tratamientos T2 (Toma de muestra del efluente líquido del proceso de flotación - Relave) y T3 (Toma de muestra del efluente procedente del espejo de agua de la relavera), estadísticamente similares en

cuanto al efecto de ORP y tratamientos T4 (Toma de muestra en la última poza de sedimentación) y T1 (Toma de muestra de agua Fresca), presentan similitud en cuanto a los valores de ORP se refiere, el valor crítico del rango estudentizado es de 4.04609 y la diferencia mínima significativa es de 8.9929.

**CUADRO 26**  
**RESULTADOS Y DISCUSION: PRUEBA DE RANGO MÚLTIPLE DE TUKEY**  
**(P=0.05) PARA EFECTO DE ORP DE LOS EFLUENTES**

Orden	Clave	Valores de (ORP)	Tukey (P=0.05)
1	T1	197.000	a
2	T4	194.800	a
3	T2	158.400	b
4	T3	154.400	b

Fuente: Elaborado en base a paquete estadístico (SAS)

Valor crítico del rango estudentizado : 4.04609

Diferencia significativa mínima : 8.9929

Los resultados estadísticos nos indican satisfactoriamente que la sedimentación de los efluentes líquidos nos permite obtener un efluente con similitud de ORP al agua del riachuelo que alimenta la planta concentradora de crucero. El potencial de reducción se da en base a las reacciones que se pueden presentar en las soluciones acuosas indicándonos la presencia de oxígeno para reducir algunos iones.

## CONCLUSIONES

- La adecuada gestión ambiental de los efluentes líquidos del proceso de flotación en la planta concentradora de Crucero evitara la contaminación ambiental y problemas sociales en la zona.
- El manejo del agua en la cancha de relaves y controlado en pozas de sedimentación permite obtener un pH, similar al agua fresca de alimentación.
- Mediante las pozas de sedimentación reduce notablemente la presencia de sólidos totales disueltos en los efluentes líquidos.
- El oxígeno disuelto incrementa en los efluentes líquidos que son tratados en pozas de sedimentación, parámetro importante para la vida acuática.
- Es necesario un tratamiento de los efluentes para su vertimiento de los efluentes líquidos de procesos de flotación en plantas concentradoras.

## RECOMENDACIONES

- Los impactos negativos durante la etapa de operación estarán referidos a la alteración de la calidad del agua y los probables riesgos en conflictos sociales por uso no autorizado de espacios de terceros, es necesario monitorear continuamente la implementación de las pozas de sedimentación y los parámetros de los efluentes para tener una paz social en la zona.
- Fomentar este tipo de gestión ambiental para evitar la contaminación ambiental por la minería y evitar los conflictos sociales a nivel nacional.
- Asegurar la implementación del plan de gestión ambiental (vigilancia y control ambiental) a fin de tener controlado todos los factores que puedan influir en impactos ambientales negativos principalmente.
- Mantener una permanente coordinación en el uso y utilización del agua con la comisión de regantes.

- Minimizar la ocurrencia de riesgos ambientales que puedan comprometer la contaminación del riachuelo Puncutira.
- Tener en consideración que una ampliación de planta o cambio de tratamiento de mineral se recomienda utilizar equipos de sedimentación.
- Se recomienda la capacitación continua al personal y a la población para generar una paz social en la zona.

## BIBLIOGRAFÍA

- Antonio Ballester (2002) – Metalurgia Extractiva volumen I, Madrid – España.
- Arroyo Viale A. (2001) – Medio Ambiente, Lima, U.N. el callao, Capitulo III.
- Carranza Raymundo (1998) Curso de Tratamiento de Agua, Lima - Perú
- Errol G. Nelly (1990) – Introducción al Procesamiento de Minerales. Limusa – México.
- Espinosa Guillermo (1997) – Fundamentos de Evaluación Ambiental. Centro de Estudios para el Desarrollo (CED), Lima.
- Proyecto de Fortalecimiento del Sistema de Tratamiento de Aguas Residuales de Lima Sur” (1997). MIPRE – Perú
- Pagina web de Codelco – Chile (Codelco Educación)  
<http://.codelco.com/educa/divisiones/definiciones/fdefiniciones.html>
- Seoáñez Calvo Mariano (1992) – Ingeniería Medio Ambiental Ediciones Mundi Prensa- Madrid.



- Manzaneada Cabala José (1997) – Diseño Experimental 2da adición  
Edit. Cáceres- Lima.
- Zamora E.G. (1991) – Tratamiento de Minerales, UTO impresiones  
Oruro - Bolivia

# **ANEXOS**

## ANEXO N° 1 - GLOSARIO DE TÉRMINOS AMBIENTALES

**Análisis del impacto** – evaluación de los daños causados a un humedal por un impacto ambiental externo determinado (v. gr., derrames de petróleo en un humedal costero).

**Biótico** - Relativo a la vida

**Calidad ambiental** - Estructuras y procesos ecológicos que permiten el desarrollo sustentable (o racional), la conservación de la diversidad biológica y el mejoramiento del nivel de vida de la población humana. También puede ser entendida como el conjunto de propiedades de los elementos del ambiente que permite reconocer sus condiciones básicas.

**Conservación de la biodiversidad** - Aprovechamiento sostenible de sus componentes y la distribución justa y equitativa de los beneficios procedentes de la utilización de los recursos genéticos mediante, entre otras cosas, el acceso adecuado a los recursos genéticos y la transferencia adecuada de tecnologías pertinentes. Teniendo para ello en cuenta todos los derechos sobre estos recursos, las tecnologías pertinentes y un financiamiento adecuado.

**Costo social** – el costo total de una actividad económica para la sociedad.

**Deterioro ambiental.** Modificación que disminuye la calidad ambiental como consecuencia de una acción humana.

**Ecodesarrollo.** Crecer en términos de ecología. Desenvolverse bajo principios acordes con la Ley Natural.

**Ecología.** Del griego Oikos-Casa Logos-Tratado. La ciencia que trata de los seres vivos, sus relaciones entre sí y sus relaciones con el medio que los rodea. Considera juntamente los organismos vivos y la materia inerte con la que actúan en reciprocidad.

**Ecosistema.** Unidad básica de estudio de la naturaleza.

**Ecosistemas ambientalmente críticos.** Ecosistemas que han perdido su capacidad de recuperación o autorregulación.

**Ecosistemas ambientalmente sensibles.** Ecosistemas altamente susceptibles al deterioro por la introducción de factores ajenos o exógenos.

**Función de un humedal** – conjunto de procesos en que intervienen los distintos componentes biológicos, químicos y físicos de un humedal, tales como el ciclo de nutrientes, la productividad biológica o la recarga de acuíferos.

**Impacto ambiental.** Cambio significativo en un parámetro ambiental en un período específico y en un área definida como resultado de una actividad particular, comparado con la situación que habría resultado sin acción

**Impactos directos.** Impactos primarios de una acción humana que ocurren al mismo tiempo y en el mismo lugar que ella.

**Impactos positivos.** Acciones que involucran un mejoramiento del ambiente.

**Medidas de mitigación.** Acción realizada para manejar impactos y llevarlos a niveles de aceptabilidad.

**Medidas de prevención.** Diseño y ejecución de obras o actividades encaminadas a anticipar los posibles impactos negativos que un proyecto, obra o actividad pueda generar sobre el entorno humano y natural.

**Microclima.** Clima propio de un hábitat concreto que dispone de características especiales de luminosidad, humedad y temperatura dentro de un sistema climático más amplio.

**Minimización.** Disminuir el impacto a umbrales de aceptabilidad.

**Mitigación.** Diseño y ejecución de obras o actividades dirigidas a moderar, atenuar, minimizar o disminuir los impactos negativos que un proyecto, obra o actividad pueda generar sobre el entorno humano y natural.

**Monitoreo.** Obtención espacial y temporal de información específica sobre el estado de las variables ambientales, destinada a alimentar los procesos de seguimiento y fiscalización ambiental.

**Oferta** – conjunto de bienes y servicios ofrecidos a la venta.

**Paisaje.** Conjunto de ámbitos que van ampliándose progresivamente y que inciden hasta tal punto en la persona que condicionan su modo de comportamiento. La más elemental descripción de una persona carece de significación si no se incardina en un paisaje. Subjetivamente expresa la relación amable y cordial con el entorno como manifestación máxima de la cultura y la civilización y es la medida de la creatividad en su empatía con la naturaleza. Objetivamente es la circunstancia que nos rodea, nos envuelve, nos gesta y nos matiza; es el ámbito en el que se desarrolla la vida del hombre. Puede considerarse desde un punto de vista material (conjunto de objetos), social (uso que se hace de él), filosófico (interpretación que se elabora), económico (aprovechamiento) y estético (generador de la sensibilidad). La integral de todas estas perspectivas es el paisaje.

**Paisaje Natural.** Es el conjunto de áreas naturales en las que no interviene la acción humana. Pero frecuentemente soportan las consecuencias de los paisajes domesticado y desarrollado. La característica de este paisaje es su autosustentación, básicamente por la acción de la energía solar y los flujos de agua, viento y otras fuerzas naturales.

**Paisaje Protegido.** Área concreta natural que por sus especiales características es merecedora de una especial protección.

**País en desarrollo** – país que no ha alcanzado aún la etapa de desarrollo económico caracterizada por el auge de la industrialización ni un nivel de renta nacional que baste para generar el ahorro interno necesario para financiar las inversiones requeridas para impulsar un crecimiento todavía mayor.

**Plan de manejo ambiental.** Instrumento que detalla las acciones requeridas para prevenir, mitigar, controlar y compensar los posibles impactos ambientales negativos, o aquel que busca acentuar los impactos positivos, causados en el desarrollo de un proyecto, obra o actividad. Incluye programa de mitigación, programa de compensación, programa de respuestas a contingencias, programa de seguimiento y programa de capacitación.

**Política ambiental.** Definición de principios rectores y objetivos básicos que la sociedad se propone alcanzar en materia de protección ambiental.

**ANEXO N° 2: Resultado del diseño completamente al azar a través del sistema de análisis estadístico (SAS) para el parámetro de pH.**

**Parámetro pH**

Obs	T	Y
1	1	7.0
2	1	7.4
3	1	7.3
4	1	7.2
5	1	7.2
6	2	8.7
7	2	8.9
8	2	8.8
9	2	8.8
10	2	8.7
11	3	8.7
12	3	8.6
13	3	8.0
14	3	8.5
15	3	8.6
16	4	7.2
17	4	7.7
18	4	7.4
19	4	7.8
20	4	7.4

Procedimiento ANOVA  
 Información del nivel de clase  
 Clase Niveles Valores  
 T 4 1 2 3 4  
 Número de observaciones 20  
 Procedimiento ANOVA

Variable dependiente: Y

Fuente	DF	Suma de cuadrados	Cuadrado de la media	F-valor	Pr > F
Modelo	3	8.48550000	2.82850000	68.16	<.0001
Error	16	0.66400000	0.04150000		
Total correcto	19	9.14950000			

R-cuadrado 0.927428  
 Coef var 2.548036  
 Raiz MSE 0.203715  
 Y Media 7.995000

Fuente	DF	Anova SS	Cuadrado de la media	F-valor	Pr > F
T	3	8.48550000	2.82850000	68.16	<.0001

Prueba del rango estudentizado de Tukey (HSD) para Y

NOTA: Este test controla el índice de error experimentwise de tipo I, pero normalmente tiene un índice de error de tipo II más elevado que REGWQ.

Alfa 0.05  
 Error de grados de libertad 16  
 Error de cuadrado medio 0.0415  
 Valor crítico del rango estudentizado 4.04609  
 Diferencia significativa mínima 0.3686

Medias con la misma letra no son significativamente diferentes.

Tukey Agrupamiento	Media	N	T
A	8.7800	5	2
A	8.4800	5	3
B	7.5000	5	4
B	7.2200	5	1

**ANEXO N° 3: Resultado del diseño completamente al azar a través del sistema de análisis estadístico (SAS) para el parámetro de Conductividad Eléctrica.**

Obs	T	Y
1	1	33
2	1	33
3	1	32
4	1	32
5	1	33
6	2	78
7	2	81
8	2	75
9	2	75
10	2	76
11	3	59
12	3	58
13	3	55
14	3	54
15	3	58
16	4	52
17	4	59
18	4	54
19	4	55
20	4	54

Procedimiento ANOVA  
 Información del nivel de clase  
 Clase Niveles Valores  
 T 4 1 2 3 4  
 Número de observaciones 20  
 Procedimiento ANOVA

Variable dependiente: Y

Fuente	DF	Suma de cuadrados	Cuadrado de la media	F-Valor	Pr > F
Modelo	3	4943.400000	1647.800000	362.15	<.0001
Error	16	72.800000	4.550000		
Total correcto	19	5016.200000			

R-cuadrado 0.985487    Coef Var 3.857275    Raíz MSE 2.133073    Y Media 55.30000

Fuente	DF	Anova SS	la media	F-Valor	Pr > F
T	3	4943.400000	1647.800000	362.15	<.0001

Prueba del rango estudentizado de Tukey (HSD) para Y  
 NOTA: Este test controla el índice de error experimentwise de tipo I, pero normalmente tiene un índice de error de tipo II más elevado que REGWQ.

Alfa	0.05
Error de grados de libertad	16
Error de cuadrado medio	4.55
Valor crítico del rango estudentizado	4.04609
Diferencia significativa mínima	3.8597
Medias con la misma letra no son significativamente diferentes.	
Tukey Agrupamiento	Media N T
A	77.000 5 2
B	56.800 5 3
B	54.800 5 4
C	32.600 5 1



**ANEXO N° 4: Resultado del diseño completamente al azar a través del sistema de análisis estadístico (SAS) para el parámetro de Turbidez.**

obs	T	Y
1	1	2
2	1	2
3	1	2
4	1	2
5	1	2
6	2	120
7	2	110
8	2	78
9	2	160
10	2	85
11	3	51
12	3	110
13	3	54
14	3	51
15	3	54
16	4	3
17	4	2
18	4	2
19	4	2
20	4	3

Procedimiento ANOVA  
 Información del nivel de clase  
 Clase Niveles Valores  
 T 4 1 2 3 4  
 Número de observaciones 20  
 Procedimiento ANOVA

Variable dependiente: Y

Fuente	DF	Suma de cuadrados	la media	Cuadrado de F-valor	Pr > F
Modelo	3	41639.35000	13879.78333	32.17	<.0001
Error	16	6902.40000	431.40000		
Total correcto	19	48541.75000			

R-cuadrado 0.857805  
 Coef Var 46.41379  
 Raiz MSE 20.77017  
 Y Media 44.75000

Fuente	DF	Anova SS	la media	Cuadrado de F-valor	Pr > F
T	3	41639.35000	13879.78333	32.17	<.0001

Prueba del rango estudentizado de Tukey (HSD) para Y

NOTA: Este test controla el índice de error experimentwise de tipo I, pero normalmente tiene un índice de error de tipo II más elevado que REGWQ.

Alfa	0.05
Error de grados de libertad	16
Error de cuadrado medio	431.4
Valor crítico del rango estudentizado	4.04609
Diferencia significativa mínima	37.583
Medias con la misma letra no son significativamente diferentes.	
Tukey Agrupamiento	Media N T
A	110.60 5 2
B	64.00 5 3
C	2.40 5 4
C	2.00 5 1

**ANEXO N° 5: Resultado del diseño completamente al azar a través del sistema de análisis estadístico (SAS) para el parámetro de oxígeno disuelto.**

obs	T	Y
1	1	6.9
2	1	7.3
3	1	6.8
4	1	7.5
5	1	7.3
6	2	2.5
7	2	2.5
8	2	3.0
9	2	2.8
10	2	3.7
11	3	5.7
12	3	6.0
13	3	6.6
14	3	5.4
15	3	5.7
16	4	6.6
17	4	7.1
18	4	7.2
19	4	7.5
20	4	7.3

Procedimiento ANOVA  
 Información del nivel de clase  
 Clase Niveles Valores  
 T 4 1 2 3 4  
 Número de observaciones 20

Variable dependiente: Y

Fuente	DF	Suma de cuadrados	Cuadrado de la media	F-Valor	Pr > F
Modelo	3	60.29000000	20.09666667	123.10	<.0001
Error	16	2.61200000	0.16325000		
Total correcto	19	62.90200000			
R-cuadrado		Coef Var	Raiz MSE	Y Media	
	0.958475	7.002462	0.404042	5.770000	

Fuente	DF	Anova SS	Cuadrado de la media	F-Valor	Pr > F
T	3	60.29000000	20.09666667	123.10	<.0001

Prueba del rango estudentizado de Tukey (HSD) para Y  
 NOTA: Este test controla el índice de error experimentwise de tipo I, pero normalmente tiene un índice de error de tipo II más elevado que REGWQ.

Alfa	0.05
Error de grados de libertad	16
Error de cuadrado medio	0.16325
Valor crítico del rango estudentizado	4.04609
Diferencia significativa mínima	0.7311
Medias con la misma letra no son significativamente diferentes.	
Tukey Agrupamiento	Media N T
A	7.1600 5 1
A	7.1400 5 4
B	5.8800 5 3
C	2.9000 5 2

**ANEXO N° 6: Resultado del diseño completamente al azar a través del sistema de análisis estadístico (SAS) para el parámetro de temperatura**

obs	T	Y
1	1	17.6
2	1	17.4
3	1	17.0
4	1	17.1
5	1	17.0
6	2	18.3
7	2	18.7
8	2	18.0
9	2	18.3
10	2	19.0
11	3	17.4
12	3	17.1
13	3	16.8
14	3	16.5
15	3	17.1
16	4	17.4
17	4	17.1
18	4	17.5
19	4	17.3
20	4	17.1

Procedimiento ANOVA  
 Información del nivel de clase  
 Clase Niveles Valores  
 T 4 1 2 3 4  
 Número de observaciones 20

Variable dependiente: Y

Procedimiento ANOVA

Fuente	DF	Suma de cuadrados	Cuadrado de la media	F-Valor	Pr > F
Modelo	3	6.58950000	2.19650000	23.49	<.0001
Error	16	1.49600000	0.09350000		
Total correcto	19	8.08550000			

R-cuadrado 0.814977      Coef Var 1.748800      Raíz MSE 0.305778      Y Media 17.48500

Fuente	DF	Anova SS	Cuadrado de la media	F-Valor	Pr > F
T	3	6.58950000	2.19650000	23.49	<.0001

Prueba del rango estudentizado de Tukey (HSD) para Y  
 normalmente tiene un índice de error de tipo II más elevado que REGWQ.

Alfa	0.05
Error de grados de libertad	16
Error de cuadrado medio	0.0935
Valor crítico del rango estudentizado	4.04609
Diferencia significativa mínima	0.5533
Medias con la misma letra no son significativamente diferentes.	
Tukey Agrupamiento	Media N T
A	18.4600 5 2
B	17.2800 5 4
B	17.2200 5 1
B	16.9800 5 3

**ANEXO N° 7: Resultado del diseño completamente al azar a través del sistema de análisis estadístico (SAS) para el parámetro de sólidos totales disueltos.**

obs	T	Y
1	1	0.21
2	1	0.21
3	1	0.20
4	1	0.22
5	1	0.21
6	2	0.52
7	2	0.60
8	2	0.50
9	2	0.55
10	2	0.73
11	3	0.37
12	3	0.37
13	3	0.36
14	3	0.38
15	3	0.37
16	4	0.33
17	4	0.34
18	4	0.33
19	4	0.32
20	4	0.33

Procedimiento ANOVA  
 Información del nivel de clase  
 Clase Niveles Valores  
 T 4 1 2 3 4  
 Número de observaciones 20  
 Procedimiento ANOVA

Variable dependiente: Y

Fuente	DF	Suma de cuadrados	Cuadrado de la media	F-valor	Pr > F
Modelo	3	0.35637500	0.11879167	55.25	<.0001
Error	16	0.03440000	0.00215000		
Total correcto	19	0.39077500			

R-cuadrado 0.911970  
 Coef Var 12.44781  
 Raiz MSE 0.046368  
 Y Media 0.372500

Fuente	DF	Anova SS	Cuadrado de la media	F-valor	Pr > F
T	3	0.35637500	0.11879167	55.25	<.0001

Prueba del rango estudentizado de Tukey (HSD) para Y

NOTA: Este test controla el índice de error experimentwise de tipo I, pero normalmente tiene un índice de error de tipo II más elevado que REGWQ.

Alfa 0.05  
 Error de grados de libertad 16  
 Error de cuadrado medio 0.00215  
 Valor crítico del rango estudentizado 4.04609  
 Diferencia significativa mínima 0.0839

Medias con la misma letra no son significativamente diferentes.

Tukey Agrupamiento	Media	N	T
A	0.58000	5	2
B	0.37000	5	3
B	0.33000	5	4
C	0.21000	5	1

**ANEXO N° 8: Resultado del diseño completamente al azar a través del sistema de análisis estadístico (SAS) para el parámetro de potencial oxido reducción (ORP).**

Obs	T	Y
1	1	195
2	1	203
3	1	197
4	1	195
5	1	195
6	2	158
7	2	160
8	2	160
9	2	158
10	2	156
11	3	147
12	3	156
13	3	161
14	3	160
15	3	148
16	4	197
17	4	205
18	4	190
19	4	190
20	4	192

Procedimiento ANOVA  
 Información del nivel de clase  
 Clase Niveles Valores  
 T 4 1 2 3 4  
 Número de observaciones 20  
 Procedimiento ANOVA

Variable dependiente: Y

Fuente	DF	Suma de cuadrados	Cuadrado de la media	F-Valor	Pr > F
Modelo	3	7853.350000	2617.783333	105.98	<.0001
Error	16	395.200000	24.700000		
Total correcto	19	8248.550000			
	R-cuadrado	Coef Var	Raiz MSE	Y Media	
	0.952089	2.821408	4.969909	176.1500	

Fuente	DF	Anova SS	Cuadrado de la media	F-Valor	Pr > F
T	3	7853.350000	2617.783333	105.98	<.0001

Prueba del rango estudentizado de Tukey (HSD) para Y

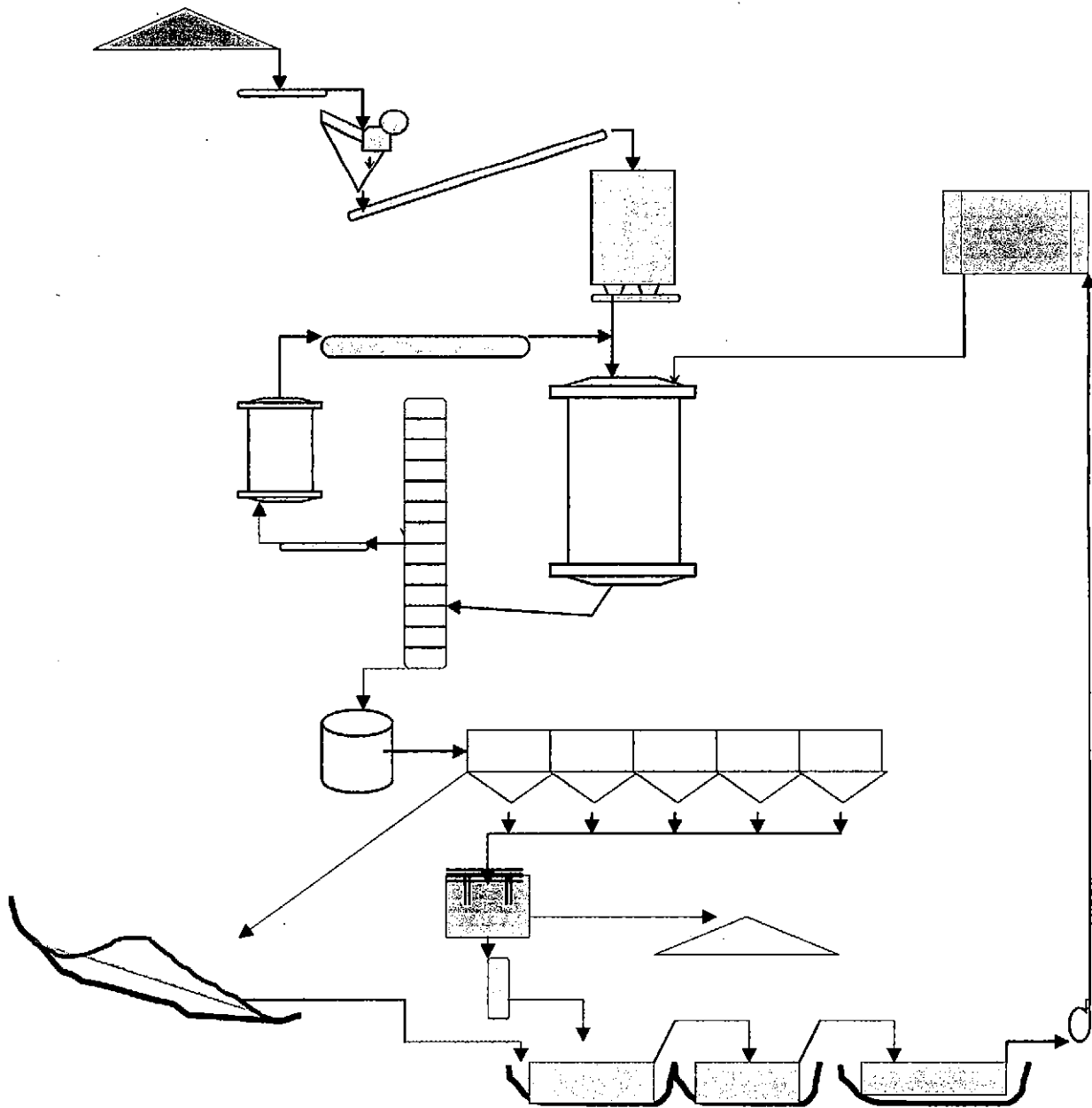
NOTA: Este test controla el índice de error experimentwise de tipo I, pero normalmente tiene un índice de error de tipo II más elevado que REGWQ.

Alfa 0.05  
 Error de grados de libertad 16  
 Error de cuadrado medio 24.7  
 Valor crítico del rango estudentizado 4.04609  
 Diferencia significativa mínima 8.9929

Medias con la misma letra no son significativamente diferentes.

Tukey Agrupamiento	Media	N	T
A	197.000	5	1
A	194.800	5	4
B	158.400	5	2
B	154.400	5	3

**Anexo N° 9**  
**Diagrama de bloques del proceso de flotación**



## Anexo N° 10 Plano de Crucero

