



**FACULTAD DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA**

**ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA AMBIENTAL**

## **TESIS**

**“PROPUESTA DE UN PROGRAMA DE MONITOREO  
AMBIENTAL DE CALIDAD DE AGUA, PARA EL  
PROYECTO ELADIUM II Y SU AMPLIACIÓN CIA.  
MINERA ELADIUM SAC, PROVINCIA DE CAREVELI –  
AREQUIPA”**

**PRESENTADO POR EL BACHILLER**

**ALVAREZ FLORES, JOSE LUIS**

**PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:**

**INGENIERO AMBIENTAL**

**LIMA - PERÚ**

**2017**

## **DEDICATORIA**

A mí querida esposa Roxana, por su paciencia y comprensión, por sacrificar su tiempo para que yo pudiera cumplir con el mío; que con tu bondad y sacrificio me inspiraste a ser mejor para ti, ahora puedo decir que esta tesis lleva mucho de ti, gracias por estar siempre a mi lado. Con todo mi cariño esta tesis se la dedico a mis padres Nery Felipe y Victoria Amalia por el apoyo incondicional a tu memoria querido padre.



# AGRADECIMIENTO

## **A Dios.**

Por haberme permitido llegar hasta este punto de mi vida y haberme dado salud para lograr mis objetivos, además de su infinita bondad y amor.

## **A mis padres.**

A mi madre Victoria Amalia, que con sus cualidades de vida y sus cualidades de madre se preocupó por mi formación y logros; supo aconsejarme en mi vida.

A la memoria de mi padre Nery Felipe, quien me acompañó en mi formación como ser de bien hasta sus últimos días, para él va el mejor de mis esfuerzos.

## **A mis Tíos.**

Saturnino y Lelia muchas gracias por su constante motivación y ayuda para la culminación de mi Tesis y alcanzar mi meta deseada.

## **A mi Hermano.**

Carlos Alberto por todos sus consejos y vivencias también por su apoyo en estos 33 años de mi vida.

## **A mis Hijos.**

José Manuel, Romina Yelka y Diego Samuel por darme la fuerza para salir adelante día a día.

## **A los Docentes.**

De la Escuela Profesional de Ingeniería Ambiental, por el acierto de haber formado un nuevo profesional como un aporte al país en la formación de profesionales.

## RESUMEN

La fuente de agua superficial representa el elemento vital para la supervivencia del hombre, más aun cuando este lo utiliza para los distintos usos, entre los de mayor importancia están los de abastecimiento para uso poblacional, agrícola, pecuario, minero, energético y otros de menor envergadura como para el uso y mantenimiento de las especies silvestres de flora y fauna existentes (uso ecológico), por lo tanto es necesario definir, su ubicación, cantidad, calidad, y distribución dentro de la cuenca.

Por ello, se ha visto la necesidad de realizar un programa con el fin de lograr la conservación y uso sostenible del recurso hídrico, el análisis de los resultados obtenidos de los monitoreos ambientales posteriores, servirán como herramientas para la toma de decisiones respecto a la influencia que podrían tener las actividades del proyecto sobre el ambiente. En base a dicho análisis se podrá tomar acciones que permitan optimizar las medidas de prevención y manejo ambiental para minimizar los impactos que se podrían generar.

Para la realización del siguiente programa de monitoreo de calidad de agua se realizó una visita de campo a la zona en estudio, ubicándose el área de influencia del proyecto como los componentes del mismo, así también los dos manantiales en estudio; luego del estudio, análisis así como de consultas a la Autoridad Nacional del Agua se determinó primero nombrar las dos quebradas intermitentes como SN- 01 y SN-02 puesto que la autoridad no las tenía registradas ni calificadas, se propuso cuatro puntos de monitoreo indicando los parámetros físico, químicos y biológicos, indicando compararlas con las categorías I-A, III y IV por la razón que estas serían utilizadas para el consumo humano; además por recomendación de la autoridad se propuso compararlas con la categoría III por ser un manantial y IV porque cuando se activan las quebradas el agua de estas dos llegan hasta la quebrada denominada Crucero para luego desembocar en el Rio Ático y al final en el Pacifico.

## **ABSTRACT**

The source of surface water represents the vital element for the survival of man, even more when he uses it for the different uses, among those of greater importance are those of supply for population use, agricultural, livestock, mining, energy and others of minor As well as for the use and maintenance of existing wild species of flora and fauna (ecological use), therefore it is necessary to define their location, quantity, quality, and distribution within the basin.

For this reason, the need to carry out a program in order to achieve the conservation and sustainable use of water resources, the analysis of the results obtained from the subsequent environmental monitoring, will serve as tools for the decision making regarding the influence Which could have the project activities on the environment. Based on this analysis, actions can be taken to optimize environmental prevention and management measures to minimize the impacts that could be generated.

In order to carry out the following water quality monitoring program, a field visit was made to the study area, where the project's area of influence was located as the components of the project, as well as the two springs under study; After the study, analysis and consultations with the National Water Authority, it was first determined to name the two intermittent streams as SN-01 and SN-02 since the authority had neither registered nor qualified, four monitoring points were proposed indicating the Physical, chemical and biological parameters, indicating to compare them with categories IA, III and IV for the reason that they would be used for human consumption; Also by recommendation of the authority it was proposed to compare them with category III because it is a spring and IV because when the ravines are activated the water of these two arrive until the ravine denominated Crucero soon to end at the Attic River and at the end in the Pacific.

## INTRODUCCIÓN

El Programa de Monitoreo constituye un documento técnico de control ambiental, conformado por un conjunto de acciones orientadas al control de los parámetros ambientales, cuyos valores deberán controlarse durante las etapas del proyecto a fin de garantizar que el entorno ambiental no sufra alteraciones. Estos valores serán mantenidos por debajo de los Límites Máximos Permisibles (LMP) establecidos en las normas de protección ambiental vigentes (de darse según sea el caso), además de la confirmación de la no alteración de la calidad de los receptores en el ámbito de influencia del proyecto en mención, tomando como referencia los Estándares de Calidad Ambiental. De este modo, constituye el seguimiento de la calidad de los diferentes componentes ambientales en el área de influencia en las distintas etapas del proyecto.

El Programa de Monitoreo Ambiental establece los parámetros para el seguimiento de la calidad de los diferentes factores ambientales que podrían ser afectados durante la ejecución del Proyecto, así como, los sistemas de control y medida de estos parámetros.

Actualmente la industria minera se ha ido incrementando trayendo consigo mayor desequilibrio a los cuerpos de agua ya que el impacto directo e indirecto es inevitable.

Es por ello que se presenta un programa de monitoreo de calidad de agua que permitirá evaluar periódicamente la dinámica de las variables ambientales, con la finalidad de determinar los cambios que se puedan generar durante la ejecución del proyecto, así como el control y la mejora continua en las operaciones. Dado que el agua es un recurso vital para la supervivencia humana y juega un papel preponderante en todas sus actividades.

# ÍNDICE

DEDICATORIA	i
AGRADECIMIENTO	ii
RESUMEN	iii
ABSTRACT	iv
INTRODUCCIÓN	v

## CAPÍTULO I

### PLANEAMIENTO DEL PROBLEMA

1.1.	Descripción de la realidad problemática	01
1.1.1.	Caracterización del problema	01
1.1.2.	Definición del Problema	01
1.2.	Formulación del problema	02
1.2.1.	Problema general	02
1.2.2.	Problemas específicos	02
1.3.	Objetivo de la investigación	03
1.3.1.	Objetivo general	03
1.3.2.	Objetivos específicos	03
1.4.	Justificación de la investigación	03
1.4.1.	Justificación Teórica	03
1.4.2.	Justificación Metodológica	04
1.4.3.	Justificación Práctica	04
1.5.	Importancia de la investigación	04
1.6.	Limitaciones de la Investigación	05

## CAPÍTULO II

### FUNDAMENTOS TEÓRICOS DE LA INVESTIGACIÓN

2.1.	Marco Referencial	06
2.1.1.	Antecedentes de la Investigación	06

2.1.2. Referencias históricas	08
2.2. Marco Legal	11
2.3. Marco Conceptual	16
2.4. Marco Teórico	18
2.4.1. El Agua	18
2.4.2. Las Aguas Naturales	19
2.4.3. Contaminación Ambiental	20
2.4.4. Contaminación por Metales Pesados	28
2.4.5. Efectos de la Contaminación por Metales Pesados	29
2.4.6. Calidad de Agua	33

### **CAPÍTULO III**

#### **PLANTEAMIENTO METODOLÓGICO**

3.1. Tipo y Nivel de la Investigación.	61
3.1.1. Tipo de Investigación	61
3.1.2. Nivel de la Investigación	61
3.2. Método de la Investigación	61
3.3. Diseño de la Investigación	61
3.4. Hipótesis de la Investigación	62
3.4.1. Hipótesis General	62
3.4.2. Hipótesis Específicas	62
3.5. Variables	62
3.5.1. Variable Independiente	62
3.5.2. Variable Dependiente	63
3.6. Cobertura del estudio de la Investigación	64
3.6.1. Universo	64
3.6.2. Muestra	64
3.7. Técnicas, instrumentos y fuentes de recolección de datos	65
3.7.1. Técnicas de la Investigación	65
3.7.2. Instrumentos de la Investigación	65
3.7.3. Fuentes de Recolección de Datos	65



## **CAPÍTULO IV**

### **ORGANIZACIÓN, PRESENTACIÓN Y ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS**

4.1.	Contenido del programa de monitoreo ambiental de la calidad de agua, para el proyecto Eladium II y su ampliación, cia minera Eladium S.A.C., Provincia de Caraveli – Arequipa	66
4.2.	Presentación de Resultados	89
4.2.1.	Resultados Parciales	89
4.2.2.	Resultados Generales	89
4.2.	Contrastación de Hipótesis	89
4.3.	Discusión de Resultados	90
	<b>CONCLUSIONES</b>	92
	<b>RECOMENDACIONES</b>	94
	<b>REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS</b>	95
	<b>ANEXOS</b>	96
	Anexo N° 1: Fotografías	97
	Anexo N° 2: Matriz de Operacionalización	100
	Anexo N° 3: Matriz de Operacionalización de Hipótesis, Variables e Indicadores	102

# **CAPÍTULO I**

## **PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA**

### **1.1. DESCRIPCIÓN DE LA REALIDAD PROBLEMÁTICA.**

#### **1.1.1. Caracterización del Problema.**

El proyecto Eladium II de Cía. Minera Eladium SAC implicara la explotación de yacimientos auríferos con contenido de cobre. La operación se desarrollara por el método subterráneo el cual consiste en extraer, seleccionar el mineral y transportarlo fuera de la concesión minera para su proceso metalúrgico en una planta procesadora de terceros. Dicha capacidad de extracción se incrementara de 25tm/día a 100 tm/día, así como el área efectiva de explotación de un área efectiva de 25.4 a 973.75 hectáreas. Por ello el proyecto y su ampliación generaran impactos que afectarían diferentes componentes ambientales, uno de los cuales puede ser la calidad de agua.

#### **1.1.2. Definición del Problema.**

El proyecto Eladium II de Cía. Minera Eladium SAC que también comprende su ampliación en extensión de terreno, dentro del área efectiva actual se encuentra el manantial denominado Horquetilla el cual es actualmente considerado como única estación de monitoreo; para el área a proyectarse por la empresa se tiene previsto obtener agua de manantial denominado Capillaloc, que se encuentra ubicado a fuera de la concesión y al Noreste del mismo.

Se cuestiona si son suficientes los puntos de monitoreo consideradas para el proyecto Eladium II y cuáles serían necesarios para su ampliación, como también los parámetros de calidad de agua a ser

considerados. Dado que un adecuado programa de monitoreo ambiental de calidad de agua puede prevenir impactos ambientales a los cuerpos de agua o riesgos a la salud humana, ya que se tiene previsto utilizar el recurso hídrico para uso industrial y de consumo humano.

## **1.2. FORMULACION DEL PROBLEMA**

### **1.2.1. Problema General.**

¿Es posible realizar una propuesta de un programa de monitoreo ambiental de calidad de agua para el proyecto Eladium II y su ampliación de Cía. Minera Eladium SAC, Caraveli – Arequipa, que prevea impactos ambientales, cumpla con criterios y normativa ambiental peruana?

### **1.2.2. Problemas Específicos.**

- ¿Se puede representar mediante un diagrama el balance de hídrico, el uso y empleo del agua del Manantial Capillaloc y Horquetilla en el proyecto Eladium II y su ampliación?
- ¿Es posible establecer la ubicación geográfica de los puntos de monitoreo en coordenadas UTM WGS 84?
- ¿Se podrá determinar los parámetros físico-químicos de la calidad ambiental del agua para el programa de monitoreo?
- ¿Se podrá determinar los parámetros biológicos de la calidad ambiental del agua para el programa de monitoreo?
- ¿Se podrá determinar la frecuencia del monitoreo ambiental de calidad de agua para el programa de monitoreo?

### **1.3. OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN.**

#### **1.3.1. Objetivo General.**

Elaborar una propuesta de un programa de monitoreo ambiental de calidad de agua para el proyecto Eladium II y su ampliación, de Cía. Minera Eladium SAC, provincia de Caraveli – Arequipa, que prevea impactos ambientales, cumpla con los criterios y normativa ambiental peruana.

#### **1.3.2. Objetivos Específicos.**

- Realizar mediante un diagrama la representación del balance hídrico, en donde se indicara el uso y empleo del agua del Manantial Capillaloc y Horquetilla, para el proyecto Eladium II y su ampliación.
- Determinar la ubicación geográfica de los puntos de monitoreo de calidad de agua en coordenadas UTM WGS 84
- Identificar los parámetros físico – químicos de la calidad ambiental del agua a tomar en cuenta en el programa de monitoreo
- Identificar los parámetros biológicos de la calidad ambiental del agua a tomar en cuenta en el programa de monitoreo.
- Determinar la frecuencia para el programa de monitoreo de calidad de agua

### **1.4. JUSTIFICACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN.**

#### **1.4.1. Justificación Teórica.**

En el proyecto Eladium II de Cía. Minera Eladium SAC cuenta con una sola estación de monitoreo de calidad de agua y para su ampliación se necesitara contar con un programa de monitoreo de calidad de agua en el que se tome criterios ambientales, como también revisión

de normativa ambiental minera aplicada para el proyecto, a fin de evitar de alguna forma se genere impactos ambientales a los cuerpos de agua.

#### **1.4.2. Justificación Metodológica.**

La investigación realizada nos dará como resultado un programa de monitoreo de calidad de agua adecuado para el proyecto Eladium II y su ampliación, pudiendo emplearse para obtener muestras representativas de los parámetros físico – químicos y biológicos en los distintos puntos de monitoreo.

#### **1.4.3. Justificación Práctica.**

El programa de monitoreo ambiental de calidad de agua para el proyecto Eladium II y su ampliación de Cía. Minera Eladium S.A.C., permitirá contar con una adecuada gestión ambiental del recurso hídrico, análisis de resultados, sistemas de control así como también prever posibles impactos ambientales generados por la actividad del proyecto.

### **1.5. IMPORTANCIA DE LA INVESTIGACIÓN.**

Es de gran importancia contar con un programa de monitoreo ambiental de calidad de agua para el proyecto Eladium II y su ampliación, de Cía. Minera Eladium S.A.C., que proporcione información de la relación existente entre la calidad y cantidad del agua en función de uso, así como la afectación de su calidad como resultado de las actividades del proyecto, tomando en cuenta el análisis de los parámetros físico- químicos y biológicos en los distintos puntos de monitoreo, ya que así se puede conocer si se está generando un deterioro del recurso hídrico; como los efectos y riesgos potenciales en la salud humana, flora y fauna.

## **1.6. LIMITACIONES DE LA INVESTIGACIÓN.**

- Existe escasa información acerca de los manantiales Capillaloc y Horquetilla, la Autoridad Nacional del Agua no las tiene categorizadas, así como no se tiene denominadas las dos quebradas en las que se ubican los manantiales.
- Para contar con un programa de monitoreo ambiental de calidad de agua más exacto, es necesario conocer más sobre el comportamiento del sistema hidrológico de las dos quebradas en la que se ubican los manantiales Capillaloc y Horquetilla, pero para esto es importante contar y comprar mayor data de SENAMHI para realizar las interpretaciones. Por lo antes expuesto se indica que existe limitaciones económicas.

## **CAPÍTULO II**

### **FUNDAMENTOS TEÓRICOS DE LA INVESTIGACIÓN**

#### **2.1. MARCO REFERENCIAL.**

##### **2.1.1. Antecedentes de la Investigación.**

**AUTOR:** Herbas Antezana Rut, Rivero Ostoic Francis y Gonzales Ramos Ariel.

**TÍTULO:** “Indicadores Biológicos de la Calidad del Agua”

**AÑO:** 2006

**UNIVERSIDAD:** Universidad Mayor de San Simón

**PAIS:** Perú

#### **RESUMEN**

El uso de bioindicadores se está proponiendo como una nueva herramienta para conocer la calidad del agua, esto no quiere decir que desplace al método tradicional de los análisis fisicoquímicos. Su uso simplifica en gran medida las actividades de campo y laboratorio, su aplicación requiere de la identificación y cuantificación de los organismos basándose en índices de diversidad ajustados a intervalos que califican la calidad del agua.

Se ha podido identificar y describir los principales grupos de organismos indicadores de la calidad de agua, se pudo conocer la importancia del uso de estos indicadores para beneficio humano, se pudo percibir que los macro-invertebrados son los más recomendados por ser un grupo muy heterogéneo que crea la posibilidad de varias respuestas a diferentes tipos de presiones ambientales, la vida sedentaria de la mayoría de estas especies hace posible que se realicen estudios espaciales y sus ciclos de vida relativamente largos, permiten realizar estudios de variación temporales. Por otro lado la metodología de muestreo de macro-invertebrados es relativamente fácil y de bajo costo.

**AUTOR:** Calle Romero Kleber, Fernández Cema Juan, Mendoza Carranza Juver y Suca Flores Cleber.

**TITULO:** “Monitoreo y Evaluación Integral de la Calidad Ambiental del proyecto minero Yacari”

**AÑO:** 2015

**UNIVERSIDAD:** Universidad Agraria la Molina

**PAIS:** Perú

### **RESUMEN**

El monitoreo y evaluación integral de la calidad ambiental del proyecto minero “Yacari” forma parte del Instrumento de Gestión Ambiental Correctivo (IGAC), en la cual se describe el área de influencia o línea base ya que permitirá el análisis y comparación con el plan de monitoreo en las etapas de operaciones o ejecución del proyecto, a fin de evaluar los potenciales daños al medio ambiente, sobre todo en el aire, agua, suelo y ruido ambiental.

**AUTOR:** Espinoza Quiroz Lourdes, Jeri Darío y Francisco Méndez Mendoza

**TITULO:** “Monitoreo y Evaluación Integral de la Calidad Ambiental en las UEAs Capitanas y Tambojasa en el Año 2013, Caraveli – Arequipa.”

**AÑO:** 2014

**UNIVERSIDAD:** Universidad Agraria la Molina

**PAIS:** Perú

### **RESUMEN**

La Cía. Minera Caraveli SAC en cumplimiento a su Plan de manejo Ambiental, genera reportes trimestrales de monitoreo de los diferentes componentes ambientales, es así que los datos se obtienen de dichos documentos.



Los yacimientos mineros de la UEAs Capitana y Tambajosa se encuentran ubicados en el distrito de Huanuhuanu, Provincia de Caraveli en el Departamento de Arequipa. Es así que el monitoreo de la calidad de los factores y aspectos ambientales relacionados a las actividades extractivas de la empresa se encargara de describir las variaciones en la concentración de los elementos que componen la calidad del medio ambiente, con la finalidad de la evaluación integral de la calidad del agua, aire, variables meteorológicas, así como modelo de dispersión de contaminantes.

### **2.1.2. Referencias Históricas.**

El agua es uno de los recursos naturales más fundamentales, y junto con el aire, la tierra y la energía constituye los cuatro recursos básicos en que se apoya el desarrollo. La importancia de la calidad del agua ha tenido un lento desarrollo. Hasta finales del siglo XIX no se reconoció el agua como origen de numerosas enfermedades infecciosas. Hoy en día, la importancia tanto de la cantidad como de la calidad del agua está fuera de toda duda.

El desarrollo puede alterar tanto la calidad como la cantidad del agua disponible. Evaluar la calidad del agua implica medir las características químicas, físicas y biológicas del agua.

En el caso de la minería, con el paso del tiempo, la forma de explotar los recursos minerales ha ido evolucionando y acomodándose a la demanda social de respeto al medio ambiente. En un principio, únicamente se pretendía el aprovechamiento de las rocas y minerales sin apenas control sobre sus efectos ambientales negativos.

Durante la explotación, no se tenía en cuenta si se contaminaban las aguas o el aire, y una vez finalizada la explotación se abandonaban los terrenos convertidos en espacios degradados, no obstante, la

preocupación cada vez mayor por el medio ambiente ha propiciado un cambio de mentalidad y la incorporación a las explotaciones mineras de medidas de cuidado ambiental.

Un ejemplo de ello es la gestión que se realiza del agua. Antes, las aguas utilizadas en el proceso de extracción o de tratamiento de los minerales se vertían directamente a los ríos, muchas veces contaminadas por diversas sustancias, ahora las aguas se reciclan para reducir el consumo y se depuran antes de devolverlas a los cauces.

Asimismo, la forma de considerar los aspectos ambientales en las explotaciones mineras también ha evolucionado. Se ha pasado de un tratamiento "curativo" de los impactos ambientales, es decir, de reparar el daño ocasionado, a un tratamiento "preventivo" que intenta evitar que los impactos se produzcan.

La minería es uno de los sectores más importantes de la economía peruana y representa normalmente más del 50% de las exportaciones peruanas, por su propia naturaleza la minería constituye un sector que genera grandes movimientos de capital. Los principales minerales que exporta nuestro país son: cobre, oro, hierro, plata, zinc y plomo entre otros. Actualmente todos ellos son fuertemente demandados como insumos para procesos industriales de alto nivel tecnológico.

El Perú posee el 16% de las reservas de minerales conocidas, incluyéndole 15% de las de cobre y el 7% de las de zinc. Se estima que hasta el día de hoy el Perú únicamente ha extraído el 12% de sus recursos minerales y que con tecnología adecuada puede triplicar su actual producción, especialmente en metales básicos. Los principales demandantes de oro son Estados Unidos, Suiza y Reino Unido.

La actividad Minera en el Perú tiene pasivos ambientales y sociales, a pesar de la existencia de normas de protección ambiental y social con las que se cuenta. Cientos de cuencas hidrográficas, lagos, lagunas y ciudades están contaminadas. Existen numerosos conflictos entre las comunidades y las empresas por el control, acceso a los recursos, como la tierra y el agua.

En la actualidad la minería se ha convertido en uno de los problemas que afecta al medio ambiente mundial, donde nuestro país, Perú, no se encuentra exento de dicho problema, ya que es un país con grandes yacimientos mineros.

Los efectos ambientales de la actividad minera dependen de las características del lugar donde se localiza la explotación, del tipo de mineral o roca a extraer y del método de explotación y tratamiento empleado, también cada fase de la explotación genera diferentes impactos ambientales.

En la fase de exploración, para conocer la calidad y las reservas del yacimiento minero, la construcción de pistas hasta el área a investigar, los sondeos y calicatas pueden provocar la eliminación puntual de la vegetación y el suelo de la zona.

En la fase de instalaciones o infraestructuras, las principales fuentes de impacto provienen de la preparación del terreno donde irán situadas las instalaciones (accesos y caminos, planta de tratamiento, oficinas, báscula de pesaje, balsas de decantación, etc.). Esta preparación consiste en retirar la vegetación y las tierras de cobertera, que no tienen interés minero, lo que provoca un efecto directo sobre las formaciones vegetales y el suelo productivo.

Durante la fase de actividad de la explotación, las principales fuentes de impacto provienen del trabajo de los equipos, la maquinaria

empleados para la extracción de las rocas y minerales, el proceso de tratamiento y algunas operaciones específicas. Este conjunto de acciones da lugar a una serie de efectos ambientales, de mayor o menor intensidad según sean las características de partida del entorno y las de la explotación:

- Pérdida de vegetación y/o cultivos.
- Alteración del suelo.
- Contaminación atmosférica por polvo.
- Ruido.
- Eliminación y/o alteración de hábitats faunísticos.
- Generación de residuos y vertidos.
- Utilización de agua para el proceso productivo.

La minería es una actividad de alto impacto pero no tiene que ser necesariamente una industria contaminante, toda actividad humana de transformación, como la agricultura, la pesca, la construcción o la minería, producen cambios en el medio ambiente y estos cambios afectan los ecosistemas.

La minería es una actividad de alto riesgo y por ello debe ser realizada con sumo cuidado, cautelando la salud, seguridad de todos y respetando el medio ambiente. La responsabilidad del sector minero respecto al Desarrollo Sostenible es alcanzar modelos de producción y consumo, que contribuyan a ahorrar recursos, limiten la generación de contaminación y la degradación de los terrenos, para que en el futuro el planeta Tierra sea un lugar donde el ser humano pueda seguir viviendo y progresando.

Un aspecto importante del estudio de la contaminación acuática, es la aplicación de programas de vigilancia y monitoreo, cuya actividad principal está destinada a mitigar la contaminación actual, eliminarla o impedirle en el futuro; y debe estar dirigida a evaluar durante un

tiempo determinado el estado de ciertos parámetros que se consideren indicativos del proceso de deterioro de las aguas por la contaminación **(Millones, 1995)**.

## **2.2. MARCO LEGAL.**

- **Ley N° 28611, Ley General del Ambiente.** Mediante esta ley se reglamentan aspectos relacionados a la materia ambiental en el Perú. Asimismo, por un lado plantea a los ciudadanos una serie de derechos con relación al tema ambiental, en tanto que se debe garantizar un ambiente saludable, equilibrado y apropiado para el desarrollo de la vida; y por otro lado, deberes, en la medida en que todos estamos obligados a contribuir a una efectiva gestión ambiental y a proteger el ambiente.

Establece que la conservación y aprovechamiento sostenible de los recursos naturales deberá enfocarse de manera integral, evaluando científicamente el uso y protección de los recursos naturales e identificando cómo afectan la capacidad de los ecosistemas para mantenerse y sostenerse en el tiempo, tanto en lo que respecta a los seres humanos y organismos vivos, como a los sistemas naturales existentes.

Cabe mencionar que, uno de los objetivos de esta Ley, es la regulación de los numerosos instrumentos que contribuyen a la gestión ambiental del país; y uno de los más significativos aportes es la consagración de la responsabilidad por daño ambiental.

Esta ley, nos informa sobre el Estándar de Calidad Ambiental (ECA), que es un indicador de la calidad ambiental, que mide la concentración de elementos, sustancias, parámetros físicos, químicos y biológicos que se encuentran presentes en el aire, agua o suelo, pero que no representan peligro para los seres humanos ni para el ambiente.

- **Ley N° 29338, Ley de Recursos Hídricos**, del 31 de Marzo de 2009, regula el uso y gestión de los recursos hídricos. Comprende agua superficial, subterránea, continental y los bienes asociados a esta. Se extiende al agua marítima y atmosférica en lo que resulte aplicable, con la finalidad de regular el uso y gestión integrada del agua, la actuación integrada del Estado y los particulares en dicha gestión, así como en los bienes asociados a esta. En los artículos 35°, 36°, 42° y 43° la clasificación de los cuerpos de agua se realizan en función a las características naturales y a los usos a que se destinan las agua.
- **Decreto Supremo N° 001-2010-AG, Reglamento de la Ley de Recursos Hídricos**. El Reglamento tiene por objeto regular el uso y gestión de los recursos hídricos que comprenden al agua continental: superficial y subterránea, y los bienes asociados a esta. Asimismo la actuación del estas y los particulares en dicha gestión, todo ello con arreglo a las disposiciones contenidas en la Ley de Recursos Hídricos N° 29338. En el artículo N° 106 indica que los cuerpos de agua se clasifican en función a las características naturales y a los usos a los que se destinan.
- **Decreto Supremo N° 002-2008-MINAM, del 31 de Julio de 2008, se aprobó los Estándares Nacionales de Calidad Ambiental para Agua**, mediante el cual se establecen los niveles de concentración de sustancias o parámetros físicos, químicos y microbiológicos presentes en el agua, en su condición de cuerpo receptor y componente básico de los sistemas acuáticos, que no representen riesgo significativo para la salud de las personas ni para el ambiente.

### **Categoría 1: Poblacional y Recreacional**

- Subcategoría A: Aguas superficiales destinadas a la producción de agua potable.
- Subcategoría B: Aguas superficiales destinadas para recreación.

## **Categoría 2: Actividades Marino Costeras**

- Extracción y cultivo de moluscos bivalvos.
- Extracción y cultivo de otras especies hidrobiológicas.
- Otras actividades.

## **Categoría 3: Riego de Vegetales y Bebidas de Animales.**

- Plantas de tallo bajo.
- Plantas de tallo alto.
- Bebidas de animales.

## **Categoría 4: Conservación del ambiente Acuático.**

- Lagunas y lagos.
  - Ríos.
  - Ecosistemas Marino Costeros.
- 
- **Decreto Supremo N° 023-2009-MINAM**, del 18 de diciembre de 2009, aprobó las disposiciones para la implementación de los Estándares Nacionales de Calidad Ambiental (ECA) para Agua, en el Art. 3.1 establece que la Autoridad Nacional del Agua, a efecto de asignar la categoría a los cuerpos de agua respecto de su calidad deberá utilizar las categorías establecidas en los ECA para agua vigente.
  - **Decreto Supremo N° 031-2010-S.A.**, Reglamento de la calidad del agua de Consumo Humano (MINSA), establece las disposiciones generales con relación a la gestión de la calidad del agua para consumo humano, con la finalidad de garantizar su inocuidad, prevenir los factores de riesgos sanitarios, así como proteger, promover la salud y bienestar de la población.

- **Resolución Jefatural N° 202-2010-ANA, Aprueba la clasificación de aguas superficiales y marino – costeros, de acuerdo a los Estándares Nacionales de Calidad Ambiental para el Agua (ECA-Agua).** Señala que la nueva clasificación de los cuerpos de agua, debe considerar las categorías establecidas en los ECA para agua aprobados D.S. N° 002-2008-MINAM, de tal manera que la categoría asignada a cada cuerpo receptor de agua indique la situación de la calidad que se quiere mantener o a la que se quiere llegar, según los usos y conservación en un corto y mediano plazo pudiendo esta clasificación ser modificada, o la relación de cuerpos ampliada con la información primaria que se obtenga de las diversas unidades hidrográficas del País. Asimismo mediante **Resolución Jefatural N° 489-2010-ANA**, se modificó el Anexo N° 1 de la R.J. N° 202-2010-ANA y modifico la clasificación de los cuerpos de agua del mar del Callao y Miraflores

En este caso para el presente estudio no se encontró categorizado los cuerpos de agua que intervienen en el proyecto.

- **Resolución Jefatural N° 182-2011-ANA, Protocolo Nacional de Monitoreo de la Calidad en Cuerpos de Agua Superficial.** El cual sirve como instrumento de gestión para estandarizar la metodología en el desarrollo del monitoreo de la calidad de los cuerpos naturales de agua superficial y también articular la gestión de la calidad de los recursos hídricos. Es de obligatorio cumplimiento por todas las entidades publicadas y privados del territorio nacional que realicen actividades relacionadas con los recursos hídricos (uso, vertimientos y/o reusó.
- **Resolución Jefatural N° 007-2015-ANA, Reglamento de Procedimientos Administrativos para el otorgamiento de Derechos del Uso del Agua.** El presente reglamento tiene por objeto regular los procedimientos administrativos que deben seguir los administrados ante la Autoridad Nacional del Agua (ANA) para poder obtener un derecho de uso de agua o una autorización de ejecución de obras en fuentes naturales o en infraestructura hidráulica publica multisectorial.



### 2.3. MARCO CONCEPTUAL.

- **Agua.** El agua es un componente esencial de todo ser vivo, siendo el disolvente general biológico. Se trata de una biomolécula de naturaleza inorgánica que representa el medio en el que ocurren la mayoría de las reacciones celulares del metabolismo, siendo la sustancia más necesaria para la vida. Los organismos vivos son por ello dependientes del agua para su existencia. Existe además una relación clara y directa entre el contenido de agua y la actividad fisiológica del organismo (Carbajal y González, 2012).
- **Calidad del Agua.** La calidad del agua en general puede definirse por sus características químicas, físicas y biológicas, o por su uso (OLMOS y MARQUES, 2003). La calidad físico-química del agua se basa en la determinación de sustancias químicas específicas que pueden afectar a la salud tras cortos o largos periodos de exposición. (OMS, 2006)
- **Calidad Ambiental.** Condición de equilibrio natural que describe el conjunto de procesos geoquímicos, biológicos y físicos, y sus diversas y complejas interacciones, que tienen lugar a través del tiempo, en un determinado espacio geográfico. La calidad ambiental se puede ver impactada, positiva o negativamente, por la acción humana; poniéndose en riesgo la integridad del ambiente así como la salud de las personas.
- **Caudal Ecológico.** Volumen de agua que se debe mantener en las fuentes naturales de agua para la protección o conservación de los ecosistemas involucrados, la estética del paisaje u otros aspectos de interés científico o cultural.

Los caudales ecológicos se mantienen permanentemente en su fuente natural, constituyendo una restricción que se impone con carácter general a todos los usuarios de la cuenca, quienes no podrán aprovecharlos bajo ninguna modalidad para un uso consuntivo; salvo casos de emergencia en los que se priorizará el uso poblacional.

Uno de los requisitos para el otorgamiento de derechos de agua está referido a que la fuente de agua a la que se contrae la solicitud correspondiente cuente con un volumen de agua disponible que asegure los caudales ecológicos.

- **Contaminación Ambiental.** Acción y estado que resulta de la introducción por el hombre de contaminantes al ambiente por encima de las cantidades y/o concentraciones máximas permitidas tomando en consideración el carácter acumulativo o sinérgico de los contaminantes en el ambiente.
- **Cuerpo de Agua.** Curso de agua natural o artificial tales como ríos, manantiales, reservorios, lechos subterráneos u océanos, en los cuales son vertidas las aguas residuales con o sin tratamiento.
- **Declaración de Impacto Ambiental (DIA).** Es un documento que presentan ante las autoridades respectivas los titulares de proyectos o actividades económicas cuyos riesgos ambientales no sean considerados como significativos, con la finalidad de obtener la certificación ambiental, contendrá una descripción del proyecto o actividad, las características del entorno, los impactos físico-químicos, biológicos, económicos y sociales previsibles y las medidas para prevenir y mitigar los impactos adversos y reparar los daños causados.
- **Estándar de Calidad Ambiental (ECA).** Estándar ambiental que regula el nivel de concentración o el grado de elementos, sustancias o parámetros físicos, químicos y biológicos, presentes en el aire, agua o suelo, en su condición de cuerpo receptor, que no representa riesgo significativo para la salud de las personas ni al ambiente.

En relación a su naturaleza jurídica, la Ley General del Ambiente señala que el ECA es obligatorio en el diseño de las normas legales y las políticas públicas, y que, así mismo, es referente obligatorio en el diseño

y aplicación de los instrumentos de gestión ambiental. A su vez, establece que no corresponde otorgar la certificación ambiental (aprobar el instrumento de gestión ambiental correspondiente), cuando el respectivo estudio ambiental concluye que la implementación de la actividad implicaría el incumplimiento de algún ECA. Ninguna autoridad judicial o administrativa podrá hacer uso de los ECA, con el objeto de sancionar bajo forma alguna a personas jurídicas o naturales, a menos que se demuestre que existe causalidad entre su actuación y la transgresión de dichos estándares.

- **Muestra.** Es una o más porciones de un volumen o masa representativa definida, colectadas en cuerpos receptores de efluentes industriales, efluentes domésticos, redes de abastecimiento público, puntos de tratamiento de aguas, etc., con el fin de determinar sus características físicas, químicas y/o biológicas.
- **Muestreo.** Es la actividad que consiste en coleccionar una muestra representativa, para fines de análisis y/o medición. Punto o estación de muestreo: Es el lugar predeterminado en un cuerpo receptor donde se colecta una muestra.

## 2.4. MARCO TEÓRICO.

### 2.4.1. El Agua.

El agua es la sustancia más abundante, puesto que cubre un poco más de las 3/4 partes a la superficie terrestre, es indispensable para la vida y está constituyendo en gran parte los seres vivos. El agua en la vida de los seres humanos tiene una gran importancia; desde tiempos muy remotos ha sido utilizada para múltiples propósitos, así como para la bebida, el uso doméstico, el transporte marino, para la agricultura y la pesca; por lo tanto nuestras vidas se encuentran totalmente dependientes de esta sustancia (Solano, 1997).

Un aspecto importante del estudio de la contaminación acuática, es la aplicación de programas de vigilancia y monitoreo, cuya actividad principal está destinada a mitigar la contaminación actual, eliminarla o impedirla en el futuro; y debe estar dirigida a evaluar durante un tiempo determinado el estado de ciertos parámetros que se consideren indicativos del proceso de deterioro de las aguas por la contaminación (Millones, 1995).

#### **2.4.2. Las Aguas Naturales.**

Son soluciones más o menos concentradas, en agua pura, de sustancias minerales y orgánicas que provienen de los suelos y del aire, que han estado en contacto a ella. Teniendo en cuenta los distintos orígenes de estas aguas y su acción disolvente para casi todas las sustancias, se explica que en ellas se encuentren, en mayor o menor proporción, gran parte de los elementos químicos conocidos.

Se requiere conocer sus características físicas, químicas, la naturaleza y cantidad de las sustancias disueltas o suspendidas que contenga para acondicionar un agua particular al uso deseado

#### **Propiedades Físico-químicas del Agua.**

Características físicas del agua:

- Estado Físico: Sólido, Líquido y Gaseoso.
- Color: Incolora.
- Sabor: Insípida.
- Olor: Inodoro.
- Densidad: 1 g./c.c. a 4 °C.
- Punto de ebullición: 100 °C
- Presión crítica: 217, 5 atm.
- Temperatura crítica: 374 °C
- pH: 6.8 a 7.6.

### Características Químicas del Agua:

- El agua es una molécula compuesta por un átomo de oxígeno y dos de hidrogeno.
- Los anhídridos u óxidos ácidos reaccionan con el agua y forman oxácidos.
- Los óxidos de los metales u óxidos básicos reaccionan con el agua para formar hidróxidos. Muchos óxidos no se disuelven en el agua, pero los óxidos de los metales activos se combinan con gran facilidad.
- Algunos metales descomponen el agua en frio y otros a temperatura elevada.
- El agua reacciona con los no metales, sobre todo con los halógenos. Por Ej. Haciendo pasar carbón al rojo sobre el agua se descompone y se forma una mezcla de monóxido de carbono e hidrogeno (gas de agua).
- El agua forma combinaciones complejas con algunas sales, denominándose hidratos.

#### **2.4.3. Contaminación Ambiental.**

La presencia en el ambiente de cualquier agente (físico, químico o biológico) o bien de una combinación de varios agentes en lugares, formas y concentraciones tales que sean o puedan ser nocivos para la salud, la seguridad o para el bienestar de la población, o que puedan ser perjudiciales para la vida vegetal o animal, o impidan el uso normal de las propiedades y lugares de recreación y goce de los mismos.

- **Fuentes de Contaminación.**

Normalmente las fuentes de contaminación natural son muy dispersas y no provocan concentraciones altas de polución, excepto en algunos lugares muy concretos.

La contaminación de origen humano, en cambio, se concentra en zonas concretas y, para la mayor parte de los contaminantes, es mucho más peligrosa que la natural.

Focos de contaminación antropogénica:

- Industrial (industria, minería, hidrocarburo, pesquería)
- Agricultura y ganadería.
- Vertimientos urbanos.
- Navegación (agua de lastre e hidrocarburos).

- **Características de los contaminantes**

- A. Alcalinidad.**

- Es la propiedad impartida por carbonatos, bicarbonatos, hidróxidos y, ocasionalmente, boratos silicatos y fosfatos. Se expresa en miligramos de carbonato cálcico equivalente por litro ( $\text{mg CaCO}_3 \text{ L}^{-1}$ ). Debido a que la alcalinidad de la mayoría de las aguas naturales está compuesta casi íntegramente de iones bicarbonato y de carbonato, las determinaciones de alcalinidad pueden dar estimaciones exactas de las concentraciones de estos iones, que son algunos de los iones dominantes presentes en las aguas naturales.

- B. La Dureza.**

- Es una característica química que está determinada por el contenido de carbonatos, bicarbonatos, cloruros, sulfatos y, ocasionalmente, nitratos de calcio y magnesio. Generalmente se expresa como carbonato de calcio exactas de las concentraciones de estos iones, que son algunos de los iones dominantes presentes en las aguas naturales. La dureza es indeseable en algunos procesos, tales como el lavado doméstico e industrial, provocando que se consuma más jabón, al producirse sales insolubles (Standard Methods, 1998). Además confiere un sabor indeseable al agua potable.

### **C. Los Sólidos.**

Son los materiales suspendidos o disueltos en aguas limpias y aguas residuales. Pueden afectar negativamente a la calidad del agua o a su suministro de varias maneras: las aguas con abundantes sólidos disueltos suelen ser de inferior potabilidad y pueden inducir una reacción fisiológica desfavorable en el consumidor ocasional. Los análisis de sólidos son importantes en el control de procesos de tratamiento biológico y físico de aguas residuales.

### **D. Los Cloruros.**

Son una de las sales que están presentes en mayor cantidad en todas las fuentes de abastecimiento de agua y de drenaje. El sabor salado del agua, producido por los cloruros, es variable y dependiente de su composición química; cuando está en forma de cloruro de sodio, el sabor salado es detectable a una concentración de 250 mg L<sup>-1</sup>; sin embargo cuando está presente como cloruro de magnesio o calcio, el sabor típico salado puede estar ausente aún a concentraciones de 1000 mg L<sup>-1</sup>.

El fluoruro puede aparecer naturalmente en el agua o se lo puede adicionar en cantidades controladas. Los efectos del fluoruro varían con la temperatura, a medida que esta aumenta, la concentración permitida en el agua potable disminuye (Standard Methods, 1998).

### **E. Los Nitratos.**

Pueden encontrarse en las aguas, bien procedentes de las rocas que los contengan, lo que ocurre raramente, o bien por oxidación bacteriana de las materias orgánicas, principalmente las eliminadas por los animales. La máxima preocupación en torno a la contaminación del agua por nitratos estriba en el efecto que puede tener su ingesta sobre la salud humana.

#### **F. Los Nitritos.**

Pueden estar presentes en el agua, sea por la oxidación del amoníaco o por la reducción de los nitratos. En el primer caso es casi seguro que su presencia se deba a una contaminación reciente, ya que el nitrito es un ion reconocido como fugaz, tanto en el agua como en el suelo. Desde el punto de vista de los usos de agua, la existencia de nitritos la impotabiliza, debido a que indican polución con el consiguiente riesgo de aparición de organismos patógenos.

#### **G. El Arsénico.**

Puede encontrarse en el agua como resultado de una disolución de minerales, descargas industriales o por aplicación de insecticidas. En la naturaleza se presenta con mayor frecuencia como sulfuro de arsénico y arsenopirita, que se encuentran como impurezas en los depósitos mineros, o como arsenato y arsenito en aguas superficiales y subterráneas. En aguas superficiales con alto contenido de oxígeno, la especie más común es el arsénico con estado de oxidación +5 (As (V)) o arsenato. Bajo condiciones de reducción predomina el arsénico con estado de oxidación +3 (As (III)), arsenito, pero también puede existir el arsénico As (V). Sin embargo, la conversión de as (III) a As (V) o viceversa es bastante lenta. Una cantidad de arsénico tan pequeña como 100 mg puede ocasionar efectos crónicos por su acumulación en el cuerpo, como consecuencia de la ingesta repetida de niveles bajos de este elemento (Standard Methods, 1998).

#### **H. Los Sulfatos.**

Se encuentran en las agua naturales en un amplio intervalo de concentraciones. Las aguas de mina y los efluentes industriales contienen grandes cantidades de sulfatos provenientes de la oxidación de la pinta y del uso de ácido



sulfúrico. Es uno de los iones que contribuye a la salinidad de las aguas. En los sistemas de agua para uso doméstico, los sulfatos no producen un incremento en la corrosión de los accesorios metálicos, pero cuando las concentraciones son superiores a 200 mg L<sup>-1</sup>, se incrementa la cantidad de plomo disuelto proveniente de las tuberías de plomo (Standard Methods, 1998).

#### **I. El Amonio.**

Los iones de amonio son un producto tóxico de desecho del metabolismo en los animales. El amonio es tóxico para los seres humanos en altas concentraciones, y que puede causar daños en la mucosa que recubre los pulmones o quemaduras alcalinas

#### **J. DBO.**

La demanda bioquímica de oxígeno (DBO), es un parámetro que mide la cantidad de materia susceptible de ser consumida u oxidada por medios biológicos que contiene una muestra líquida, disuelta o en suspensión. Se utiliza para medir el grado de contaminación, normalmente se mide transcurridos cinco días de reacción (DBO<sub>5</sub>), y se expresa en miligramos de oxígeno diatómico por litro (mgO<sub>2</sub>/L). El método de ensayo se basa en medir el oxígeno consumido por una población microbiana en condiciones en las que se ha inhibido los procesos fotosintéticos de producción de oxígeno en condiciones que favorecen el desarrollo de los microorganismos.

#### **K. DQO.**

La demanda química de oxígeno (DQO) se define como cualquier sustancia tanto orgánica como inorgánica susceptible de ser oxidada, mediante un oxidante fuerte. La cantidad de

oxidante consumida se expresa en términos de equivalencia en oxígeno. DQO se expresa en mg/l O<sub>2</sub>.

El método DQO se usa a menudo para medir los contaminantes en las aguas naturales, residuales y para evaluar la fuerza de desechos tales como aguas residuales municipales e industriales.

Si la relación (DBO<sub>5</sub>/DQO) <0.2, entonces hablamos de unos vertidos de naturaleza industrial, poco biodegradables y son convenientes los tratamientos físico-químicos.

Si la relación (DBO<sub>5</sub>/DQO<sub>5</sub>)>0.5, entonces hablamos de unos vertidos de naturaleza urbana, o clasificables como urbanos y tanto más biodegradables, conforme esa relación sea mayor. Estas aguas residuales, pueden ser tratadas mediante tratamientos biológicos.

#### **L. Materia Orgánica.**

Los parámetros que se suelen utilizar para medir la cantidad de materia orgánica presente en un agua se denominan a veces parámetros sustitutos, pues abarcan muchos compuestos, ya que son medidas globales de la materia orgánica. Los más importantes se basan en la cantidad de oxígeno necesario para descomponer u oxidar los productos orgánicos. En procesos de depuración de agua residual, es importante la relación que existe entre la DBO/DQO. El cociente de estos factores nos dará una idea de la capacidad del agua para ser degradada biológicamente. Si tenemos un factor DBO/DQO superior a 0.6 implica un agua muy biodegradable con relación de 1, cuando la DQO es igual que la DBO.

La citada descomposición obedece a reacciones de asimilación e materia orgánica por parte de microorganismos en presencia de oxígeno y nutrientes, de acuerdo a la siguiente reacción:

Mat. orgánica+ Microorganismos+ Nutrientes+ O<sub>2</sub>= Productos Finales + Nuevos Microorganismos+ energía Calorífica.

#### **M. Metales Pesados.**

Son elementos químicos que poseen un peso atómico comprendido entre 63.55 (Cu) y 200.59 (Hg), y que presentan un peso específico superior a 4 (g cm<sup>-3</sup>). Lo que hace tóxico a los metales pesados no son en general sus características esenciales, sino las concentraciones en las que pueden presentarse, y casi más importante aún, el tipo de especie que forman en un determinado medio. Los seres vivos “necesitan” (en pequeñas concentraciones) a muchos de estos elementos para funcionar adecuadamente

#### **N. Las Enfermedades.**

Producidas por agentes químicos o físicos son causadas por la ingestión de agua que contiene sustancias dañinas o tóxicas (WHO, 1984). No es común que el daño sea agudo sino que normalmente se presenta luego de la ingestión a largo plazo de bajas concentraciones, y por lo general tienen menor prioridad que las enfermedades microbiológicas (Mc Junkin, 1988)

- **Tipos de Contaminantes.**

##### **A. Contaminantes Físicos.**

Afectan el aspecto del agua y cuando flotan o se sedimentan interfieren con la flora y fauna acuáticas. Son líquidos insolubles o sólidos de origen natural y diversos productos sintéticos que son arrojados al agua como resultado de las actividades del hombre, así como, espumas, residuos oleaginosos y el calor (contaminación térmica).

## **B. Contaminantes Químicos.**

Incluyen compuestos orgánicos e inorgánicos disueltos o dispersos en el agua. Los contaminantes inorgánicos son diversos productos disueltos o dispersos en el agua que provienen de descargas domésticas, agrícolas e industriales o de la erosión del suelo. Los principales son cloruros, sulfatos, nitratos y carbonatos. También desechos ácidos, alcalinos y gases tóxicos disueltos en el agua como los óxidos de azufre, de nitrógeno, amoníaco, cloro y sulfuro de hidrógeno (ácido sulfhídrico). Gran parte de estos contaminantes son liberados directamente a la atmósfera y son arrastrados por la lluvia. Esta lluvia ácida, tiene efectos nocivos que pueden observarse tanto en la vegetación como en edificios y monumentos de las ciudades industrializadas.

## **C. Contaminantes Orgánicos.**

También son compuestos disueltos o dispersos en el agua que provienen de desechos domésticos, agrícolas, industriales y de la erosión del suelo. Son desechos humanos y animales, de rastros o mataderos, de procesamiento de alimentos para humanos y animales, diversos productos químicos industriales de origen natural como aceites, grasas, breas y tinturas, y diversos productos químicos sintéticos como pinturas, herbicidas, insecticidas, etc. Los contaminantes orgánicos consumen el oxígeno disuelto en el agua y afectan a la vida acuática (eutrofización).

## **D. CONTAMINANTES BIOLÓGICOS.**

Incluyen hongos, bacterias y virus que provocan enfermedades, algas y otras plantas acuáticas. Algunas bacterias son inofensivas y otras participan en la degradación de la materia orgánica contenida en el agua.

Ciertas bacterias descomponen sustancias inorgánicas. La eliminación de los virus que se transportan en el agua es un trabajo muy difícil y costoso. La contaminación de los suelos afecta principalmente a las zonas rurales agrícolas y es una consecuencia de la expansión de ciertas técnicas agrícolas. Los fertilizantes químicos aumentan el rendimiento de las tierras de cultivo, pero su uso repetido conduce a la contaminación de los suelos, aire y agua. Además los fosfatos y nitratos son arrastrados por las aguas superficiales a los lagos y ríos donde producen eutrofización y también contaminan las corrientes freáticas. Los pesticidas minerales u orgánicos utilizados para proteger los cultivos generan contaminación a los suelos y a la biomasa. También los suelos están expuestos a ser contaminados a través de las lluvias que arrastran metales pesados como el plomo, cadmio, mercurio y molibdeno, así como, sulfatos y nitratos producidos por la lluvia ácida.

#### **2.4.4. Contaminación por Metales Pesados.**

El término de metal pesado refiere a cualquier elemento químico metálico que tenga una relativa alta densidad y sea tóxico o venenoso en concentraciones bajas. Los ejemplos de metales pesados incluyen el mercurio (Hg), cadmio (Cd) el arsénico (As), el cromo (Cr), el talio (Tl), y el plomo (Pb). Los metales pesados son componentes naturales de la corteza de tierra. No pueden ser degradados o ser destruidos. En un grado pequeño se incorporan a nuestros cuerpos vía el alimento, el agua potable y el aire. Como elementos de rastro, algunos metales pesados (cobre, selenio, zinc) son esenciales mantener el metabolismo del cuerpo humano. Sin embargo, en concentraciones más altas pueden conducir al envenenamiento. El envenenamiento por metal pesado podría resultar, por ejemplo, de la contaminación del agua potable (tuberías del plomo), las altas concentraciones en el

aire cerca de fuentes de la emisión, o producto vía la cadena de alimento.

Los metales pesados son peligrosos porque tienden a bioacumularse, la bioacumulación significa un aumento en la concentración de un producto químico en un organismo biológico en un cierto plazo, comparada a la concentración del producto químico en el ambiente. Se analizan (metabolizado) o se excretan los compuestos acumulan en cosas vivas cualquier momento se toman y se almacenan más rápidamente que ellos. Los metales pesados pueden entrar un abastecimiento de agua por medio de residuos industriales y de deposita corrientes, los lagos, los ríos, etc.

Contaminación de Metales Pesados, La peligrosidad de los metales pesados es mayor al no ser química ni biológicamente degradables, por lo que una vez emitidos pueden permanecer en el medio ambiente durante cientos de años. Los elementos que han experimentado mayores incrementos en su producción en los últimos años son: Al, Ni, Cr, Cd. La minería en sus actividades de transporte, transferencia y procesado de minerales, desarrollada desde hace miles de años.

Los metales pesados como el Cu, Pb, Zn, Ni, Cr, Se, As, Cd, Hg, etc.; y algunos reactivos químicos utilizados en las plantas de procesamiento de minerales, no se degradan biológica ni químicamente en la naturaleza; por lo que son considerados tóxicos para la mayor parte de organismos vivos (**Chiang, 1989**).

#### **2.4.5. Efectos de la Contaminación por Metales Pesados**

##### **A. Efectos ambientales del Arsénico.**

El Arsénico puede ser encontrado de forma natural en la tierra en pequeñas concentraciones. Esto ocurre en el suelo y minerales y puede entrar en el aire, agua y tierra a través de las tormentas de polvo y las aguas de escorrentía.

En realidad el Arsénico es específicamente un compuesto móvil, básicamente significa que grandes concentraciones no aparecen probablemente en un sitio específico. Esto es una buena cosa, pero el punto negativo es que la contaminación por Arsénico llega a ser un tema amplio debido al fácil esparcimiento de este. Debido a las actividades humanas, mayormente a través de la minería y la fundición, naturalmente el Arsénico inmóvil se ha movilizó también y puede ahora ser encontrado en muchos lugares donde ellos no existían de forma natural.

El Arsénico es mayoritariamente emitido por las industrias productoras de cobre, pero también durante la producción de plomo y zinc y en la agricultura. Este no puede ser destruido una vez que este ha entrado en el Ambiente, así que las cantidades que hemos añadido pueden esparcirse y causar efectos sobre la salud de los humanos y los animales en muchas localizaciones sobre la tierra.

Las plantas absorben Arsénico con bastante facilidad, así que alto rango de concentraciones pueden estar presentes en la comida. Las concentraciones del peligroso Arsénico inorgánico que está actualmente presente en las aguas superficiales aumentan las posibilidades de alterar el material genético de los peces. Esto es mayormente causado por la acumulación de Arsénico en los organismos de las aguas dulces consumidores de plantas. Las aves comen peces que contienen eminentes cantidades de Arsénico y morirán como resultado del envenenamiento por Arsénico como consecuencia de la descomposición de los peces en sus cuerpos.

## **B. Efectos ambientales del Cobre.**

La producción mundial de Cobre está todavía creciendo. Esto básicamente significa que más y más Cobre termina en el

medioambiente. Los ríos están depositando barro en sus orillas que están contaminados con Cobre, debido al vertido de aguas residuales contaminadas con Cobre. El Cobre entra en el aire, mayoritariamente a través de la liberación durante la combustión de fuel, el cobre en el aire permanecerá por un período de tiempo eminente, antes de depositarse cuando empieza a llover.

El Cobre puede ser liberado en el medioambiente tanto por actividades humanas como por procesos naturales. Ejemplo de fuentes naturales son las tormentas de polvo, descomposición de la vegetación, incendios forestales y aerosoles marinos. Unos pocos de ejemplos de actividades humanas que contribuyen a la liberación del Cobre han sido ya nombrados. Otros ejemplos son la minería, la producción de metal, la producción de madera y la producción de fertilizantes fosfatados.

El Cobre no se rompe en el ambiente y por eso se puede acumular en plantas y animales cuando este es encontrado en suelos. En suelos ricos en Cobre sólo un número pequeño de plantas pueden vivir. Por esta razón no hay diversidad de plantas cerca de las fábricas de Cobres, debido al efecto del Cobre sobre las plantas, es una seria amenaza para la producción en las granjas. El Cobre puede seriamente influir en el proceso de ciertas tierras agrícolas, dependiendo de la acidez del suelo y la presencia de materia orgánica. A pesar de esto el estiércol que contiene Cobre es todavía usado.

### **C. Efectos ambientales del Cadmio.**

La mayor parte del cadmio que se emite a la atmósfera se deposita en la tierra y en las aguas de la región cercana a la fuente de emisión. A partir de ésta, el cadmio es ingerido por los organismos y transportado a todos los eslabones de las cadenas alimenticias. Esta vía de asimilación es la principal ruta del cadmio para los animales y el hombre.



En las aguas superficiales, el cadmio se presenta como ion libre y en su solubilidad influyen la dureza, el pH, los complejos solubles y los sulfuros coloidales de éstas; en este medio se une a la materia particulada. Cuando las aguas dulces llegan al mar, el ion cadmio  $^{2+}$  al igual que los iones de otros metales pesados, tiende a depositarse en los sedimentos y así queda limitado a las aguas de las costas y los estuarios. Esta inmovilización es potencialmente peligrosa, ya que pueden llegar a disolverse de nuevo si el pH disminuye.

Generalmente, las concentraciones de este elemento son inferiores a 1 mg/kg en suelos y se mantienen entre 0,01 a 0,5 mg/kg. Las principales variaciones en el contenido de cadmio en este tipo de suelo se deben a la composición de la roca madre y al suministro de metales que provienen de fertilizantes, abonos, agroquímicos y la contaminación atmosférica. Debido a que el cadmio es un metal relativamente volátil, no se puede evitar que durante los procesos de soldadura se libere en altas concentraciones hacia la atmósfera. Los valores promedio de este metal en el aire son de aproximadamente  $0,002 \text{ ug/m}^3$ .

#### **D. Efectos ambientales del Cromo.**

En los lugares cercanos a las industrias que trabajan con compuestos de cromo, se ha observado que los polvos de desecho en el proceso de la fabricación de cromatos así como los polvos de las chimeneas producen corrosión en la pintura de casas, automóviles, etc.

#### **E. Efectos ambientales del Mercurio.**

El mercurio inorgánico (mercurio metálico y compuestos de mercurio inorgánicos) pasa al aire durante la extracción de depósitos minerales, al quemar carbón y basura y de plantas industriales.

El mercurio pasa al agua o a la tierra de depósitos naturales, de basurales y de actividad volcánica. El metil-mercurio puede ser formado en el agua y el suelo por pequeños organismos llamados bacterias. El metil-mercurio se acumula en los tejidos de peces. Peces de mayor tamaño y de mayor edad tienden a tener niveles de mercurio más altos.

#### **F. Efectos ambientales del Plomo.**

Una vez que el plomo ha llegado al suelo permanece ahí indefinidamente y sólo una pequeña parte es transportada por la lluvia. Por ello, se debe considerar al plomo como uno de los principales depósitos de este contaminante.

Mientras que en suelos de sitios urbanos, la concentración de plomo llega a ser extremadamente elevada. En algunas ocasiones, por ejemplo, el contenido medio de plomo en las calles de algunas zonas residenciales y comerciales llega a ser de 1600 a 2 400 ug/g. Esto representa un serio problema para la salud, en especial para los niños.

Se sabe que el plomo afecta adversamente a todos los organismos, aunque todavía se carece de suficiente información al respecto. En concentraciones de 0,1 a 0,5 mg/ml, este elemento retarda la ruptura heterolítica de la materia orgánica.

Las plantas que crecen en suelos contaminados por este elemento tienden a concentrarlo sobre todo en su sistema radicular. La contaminación se ha atribuido principalmente al plomo atmosférico. Algunos animales, por ejemplo las lombrices de tierra, tienden a acumular plomo y pueden ser una de las rutas por las que este elemento entra a las cadenas alimenticias. En este caso, los demás eslabones serán los principales afectados.

## **G. Efectos ambientales del Hierro**

El hierro (III) -O-arsenito, pentahidratado puede ser peligroso para el medio ambiente; se debe prestar especial atención a las plantas, el aire y el agua. Se recomienda encarecidamente que no se permita que el producto entre en el medio ambiente porque persiste en éste.

### **2.4.6. Calidad de Agua.**

El termino calidad de agua es relativo, referido a la composición del agua en la medida en que esta es afectada por la concentración de sustancias producidas por procesos naturales y actividades humanas.

Como tal, es un término neutral que no puede ser clasificado como bueno o malo si hacer referencia al uso para el cual el agua es destinada.

- **Programa de Monitoreo de la Calidad de Agua.**

- i) Definición**

- El Programa de Monitoreo constituye un documento técnico de control ambiental, conformado por un conjunto de acciones orientadas al control de los parámetros ambientales, cuyos valores deberán controlarse durante las etapas del proyecto a fin de garantizar que el entorno ambiental no sufra alteraciones. Establece los parámetros para el seguimiento de la calidad de los diferentes factores ambientales que podrían ser afectados durante la ejecución del Proyecto, así como, los sistemas de control y medida de estos parámetros.

- ii) Diseño**

- En cada área de influencia de una mina normalmente se encuentran capacitados para llevar a cabo los trabajos

correspondientes a un programa de monitoreo. Para garantizar la obtención de resultados consistentes y confiables de un programa de monitoreo, es importante contar con un grupo homogéneo de personas, debidamente capacitadas, que tengan bajo su responsabilidad el monitoreo de calidad de agua.

No obstante, debe reconocerse que el programa de monitoreo será específico por sitio y que los diferentes tipos de minas e instalaciones de procesamiento, etapa o nivel de desarrollo, geología, hidrología y topografía determinarán en conjunto el referido programa.

### **iii) Objetivos**

- Verificar si la calidad del recurso cumple con: las condiciones para los usos requeridos; la determinación de las tendencias de la calidad del ambiente acuático.
- El recurso se ve afectado por el vertimiento de contaminantes y nutrientes vertidos a los ríos, agua subterránea, lagos, océanos o a través de fronteras internacionales.

El programa de monitoreo debe generar información acerca de:

- La relación existente entre la calidad y cantidad de agua en función de su uso, en el establecimiento de los límites máximos permisibles.
- La afectación de la calidad por procesos naturales.
- La capacidad para asimilar el incremento de vertimientos puntuales sin incrementar los niveles de contaminación (capacidad de carga).
- Cambios en la calidad ambiental como resultado de las actividades.

- La efectividad de las estrategias de control y las acciones de gestión en el manejo de la calidad del agua.
- Las variables químicas y biológicas que pueden generar un deterioro del recurso así como los efectos y riesgos potenciales en la salud humana, flora y fauna.

#### **iv) Selección de Puntos de Monitoreo.**

El área de influencia de una mina puede abarcar una gran superficie, combinando labores antiguas, abandonadas (y algunas veces olvidadas) con las operaciones actuales. Independientemente de la complejidad de la mina, existen características comunes para todas las minas que proporcionan la base para identificar donde efectuar el muestreo.

**Alcance.** El primer paso para decidir donde efectuar el muestreo por calidad de agua es identificar el balance de agua de la propiedad minera: de donde ingresa el agua y por donde sale de la propiedad minera.

El siguiente paso es identificar todas las fuentes posibles de contaminantes y seleccionar los puntos de monitoreo que se encuentran aguas arriba y aguas abajo de cada fuente. Identificar todos los cursos naturales de agua (ríos, corrientes, lagos) y la dirección y volumen del flujo (aproximadamente). En el plano del proyecto, marcar todas las corrientes de agua del proceso, relacionadas con la mina, incluyendo la dirección y volumen del flujo.

Ubicar todos los principales componentes de la mina: tajo abierto, labores subterráneas, embalses de relaves, botaderos, apilamientos de mineral de baja ley o desechos, instalaciones de procesamiento, poblados aledaños y/o campamentos.

Utilizar cartas hidrográficas estacionales, los registros de precipitaciones en el área minera y observaciones para identificar los flujos que se presentan todo el año y aquellos que solo son estacionales. Los flujos que se presentan todo el año deben monitorearse regularmente. Puede establecerse puntos en los flujos estacionales. Debe indicarse en el programa se muestree las aguas que fluyan en el área de influencia de toda la mina, incluyendo los efluentes del procesamiento que se descargan a los cursos naturales de agua.

**Medio Ambiente Receptor.** El motivo para realizar el muestreo y el monitoreo de la calidad del agua es garantizar la protección del medio ambiente natural local. El medio ambiente receptor de aguas superficiales en el área de influencia de una mina se refiere a todos los cursos naturales de agua que dicha mina afecta. Generalmente, estos son los ríos superficiales, corrientes, lagos o sierras pantanosas en el área. El flujo de aguas freáticas dará su aporte a los mencionados cursos de agua. En cada curso de agua importante debe existir una estación de muestro aguas arriba y aguas abajo con relación a la mina.

Lo anterior es decisivo para determinar: cuáles son las condiciones naturales o de base para el curso de agua; si la mina está aportando contaminantes a las aguas naturales: si existen otras fuentes de contaminantes, ya sea naturales o antropogénicas; y hasta qué nivel se necesita controlar la descarga de contaminante desde la mina.

Todos los parámetros que se miden en la(s) fuente(s) deben medirse en el medio ambiente receptor. Además, debe realizarse una serie completa de análisis en las muestras extraídas aguas arriba para caracterizar las condiciones de base.

**Muestreo de efluentes.** Los objetivos del muestreo de efluentes son: establecer los procedimientos para la selección de puntos de muestreo, toma de muestras en cuerpos de agua y efluentes, asegurando la calidad de datos y custodia de las muestras con la finalidad de determinar la calidad y composición de las mismas, en el marco del procedimiento de autorización sanitaria de vertimiento.

Su aplicación en el ámbito nacional, servirá como procedimiento para los muestreos, previa y post a la autorización sanitaria de vertimiento.

Previo al trabajo de campo y como parte del plan de muestreo deberá determinarse los puntos de muestreo y parámetros de análisis según los siguientes criterios.

#### **i) Selección de puntos de muestreo**

- **En el vertimiento**

Las tomas de muestra se realizarán para efluentes que serán descargados o cuyo destino final son los ríos y sus afluentes; arroyos, torrentes y manantiales, lagos; lagunas y embalses de formación natural o artificial en sus diversas dimensiones y estados físicos durante épocas de estiaje y/o avenidas dependiendo de la fecha de la inspección, incluyendo al mar y sus diversas formaciones hidrogeomorfológicas.

- 1) Para el caso de plantas de producción que cuenten con línea de emisión subacuática, la muestra y mediciones de caudal se tomará en la caja de registro o su equivalente.

- 2) De existir sistema de tratamiento de aguas residuales industriales y/o domésticas, se colectará muestras en el ingreso y salida de la planta, a fin de verificar la eficiencia de tratamiento.
- 3) Se tendrá la identificación y localización satelital del punto de muestreo, estableciendo en el equipo del sistema posicionamiento global (GPS), los datos de: Datun del Mapa.

## **ii) Parámetros del Monitoreo.**

La calidad del agua está determinada por un conjunto de valores límite de las propiedades físicas, químicas y biológicas de acuerdo a la procedencia y uso.

Los componentes a controlarse para la evaluación del recurso hídrico son indudablemente aquellos que tienen repercusiones directas a la salud y el medio ambiente.

Algunos parámetros determinados deben medirse en todos los lugares de muestreo y para la mayoría de muestras. Estos se denominan parámetros básicos.

Los parámetros básicos pueden incluir pH, Eh, temperatura, conductividad, alcalinidad/acidez y sólidos totales disueltos (TDS) y sólidos totales en suspensión (TSS). Dependiendo de la geología de la mina y de los reactivos que se usan en el procesamiento, algunas mediciones son más apropiadas que otras. Estos parámetros específicos por lugar se seleccionan de una lista completa de metales, iones principales y orgánicos.



Es importante reconocer que no todos los parámetros deben medirse en cada muestra – la selección dependerá de la variabilidad del parámetro en la muestra de agua (la variabilidad más alta generalmente requiere de un análisis más frecuente), el nivel del problema asociado con los parámetros y el componente que se somete a muestreo.

### **iii) Indicadores de la Calidad del Agua.**

Incluyen los siguientes:

- Temperatura: al incrementarse la temperatura, disminuye el contenido de Oxígeno Disuelto cuando hay contaminación por materia orgánica.
- pH: medida convencional de la acidez o basicidad del agua.
- Oxígeno disuelto (OD): es la cantidad de oxígeno que está disuelta en el agua y que es esencial para dar soporte a la vida acuática.
- Conductividad: expresión numérica, capacidad del agua de transportar corriente eléctrica. Depende de la concentración total de sustancias ionizadas disueltas en el agua y de la temperatura.
- Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO 5): Cantidad de materia susceptible de ser consumida u oxidada por medio biológicos y se utiliza para su grado de contaminación.

### **iv) Parámetros Físicoquímicos en Agua**

Incluyen componentes de reactivos de procesamiento, fenol, petróleo y grasa, etc. Algunos parámetros se usan directamente para evaluar el impacto ambiental o la

toxicidad del agua, ya sea para la salud humana, recursos acuáticos o para uso agrícola. Estos parámetros incluyen principalmente metales totales y disueltos, cianuro e iones principales como el amoníaco.

Algunos de estos son los siguientes:

- **pH:** es el parámetro que indica si el agua es ácida, neutra o básica. Aguas fuera del rango normal de 6 a 9 pueden ser dañinas para la vida acuática (por debajo de 7 son ácidas y por encima de 7 son alcalinas). Estos niveles de pH pueden causar perturbaciones celulares y la eventual destrucción de la flora y fauna acuática.

El pH del agua representa su acidez o su alcalinidad, cuyo factor más importante es habitualmente la concentración en dióxido de carbono. El valor de pH compatible con vida de los peces está comprendido entre 5 y 9, sin embargo, para la mayoría de las especies acuáticas, la zona de pH favorable se sitúa entre 6 y 7.2. En muchas áreas geográficas, el suelo y los estratos minerales constituidos por carbonato de calcio son alcalinos, impartiendo una alta alcalinidad del agua. La actividad humana puede agravar la situación por la exposición de la capa superficial de las minas a las aguas subterráneas (según Manahan, 2007).

- **Conductividad Eléctrica:** Este parámetro mide la concentración total de sales como fosfatos, cloruros, nitratos y otros que se encuentran en todas las aguas. En general debe ser menor 120 uS/cm. Con contaminación por petróleo hay una baja conductividad.

- **Temperatura:** La temperatura es tal vez el parámetro físico más importante del agua. Además de afectar la viscosidad y la velocidad de las reacciones químicas, interviene en el diseño de la mayoría de los procesos de tratamiento del agua (coagulación, sedimentación, etc.)

En nuestro medio, el agua se entrega a los consumidores con la temperatura que se encuentra en la fuente. Solamente en algunos procesos industriales es necesario entregar el agua a una determinada temperatura. Si se requiere a una temperatura mayor se calienta en las calderas y si se quiere rebajar se utilizan torres de enfriamiento. (Sierra, 2011)

- **Turbiedad:** Este parámetro mide las partículas en suspensión en el agua, que pueden ser algas, arcillas y otras. Si el agua es turbia, se torna caliente, y disminuye la fotosíntesis.

Se conoce como turbiedad a la capacidad que tiene el material suspendido en el agua para obstaculizar el paso de la luz. La turbiedad es producida por una gran variedad de causas. Entre ellas las más importantes pueden ser:

- La erosión natural de las cuencas la cual aporta sedimentos a los cauces de los ríos.
- La contaminación causada por la industria o por desechos domésticos.

La turbiedad tiene desde un origen inorgánico (arcilla, arena, etc.) como es el caso de la turbiedad aportada por la erosión, hasta tener un alto grado de material orgánico

(microorganismos, limus, etc.) como en el caso de la turbiedad aportada por actividades antrópicas (Sierra 2011).

- **Oxígeno Disuelto:** Valora la presencia de oxígeno en el agua. La presencia de bacterias en gran cantidad disminuye el oxígeno. El agua de producción al ser calientes, disminuyen el oxígeno.

Mantener una concentración adecuada de oxígeno disuelto en el agua es importante para la supervivencia de los peces y otros organismos de la vida acuática. La temperatura, el material orgánico disuelto, los oxidantes inorgánicos, etc. afectan sus niveles. La baja concentración de oxígeno disuelto puede ser un indicador de que el agua tiene una alta carga orgánica provocada por aguas residuales.

- **Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO):** Valora la cantidad de oxígeno que necesitan estos microorganismos para descomponer la materia orgánica. La disminución de oxígeno provoca el crecimiento de algas y organismos anaerobios (que viven sin oxígeno).
- **Demanda Química de Oxígeno (DQO):** es una medida del equivalente en oxígeno del contenido de materia orgánica en una muestra que es oxidable utilizando un oxidante fuerte. Es diferente de la prueba de DBO, puesto que la DBO mide solo la fracción orgánica oxidable biológicamente.

- **Aceites y Grasas:** los aceites y grasas se definen en los “Métodos Estándar” como “cualquier material recuperado en la forma de una sustancia soluble en el solvente”. El triclorofluoretano es el solvente recomendado; sin embargo, debido a los problemas ambientales con los clorofluorocarbonos, se incluyen también solventes alternativos. La recolección de muestras y la medición deben realizarse con extremo cuidado.

El aceite o petróleo en las salmueras es perjudicial para la vida acuática porque forma películas sobre la superficie del agua, reduce la aeración y disminuye la penetración de la luz solar necesaria para la fotosíntesis (producción primaria) de las plantas acuáticas. El aceite o petróleo en el agua de mar también puede formar “bolitas de alquitrán” en las playas y riberas de los ríos que pueden afectar plantas y animales.

- **Hidrocarburos:** en el laboratorio son expresados como TPH, se mide en mg/l o ppm (partes por millón). Pueden ser alifáticos y aromáticos, en general su presencia en el agua debe ser menor a 0.5 mg/l en cualquier momento y menor a 0.3 mg/l en promedio anual. Los HAP requieren de análisis más complejos y debe estar ausente en aguas de uso humano.
- **Fenoles:** Esta medición suministra una indicación de la concentración de la mayoría de compuestos fenólicos (hidróxidos derivados de bencenos y sus núcleos condensados). Los fenoles frecuentemente están presentes en altas concentraciones en las aguas residuales de la industria petrolera. En niveles altos

pueden manchar la piel de peces y afectar negativamente la flora, fauna y seres humanos. En niveles relativamente bajos estimulan la producción de olores fuertes y desagradables cuando se presentan en combinación con altas concentraciones de cloruros.

- **Amoníaco ( $\text{NH}_3$ ), nitritos ( $\text{NO}_2^-$ ) y nitratos ( $\text{NO}_3^-$ )** El amoníaco ( $\text{NH}_3$ ) es uno de los compuestos intermedios formados durante la biodegradación de los compuestos orgánicos nitrogenados (aminoácidos, proteínas, ácidos nucleícos, etc.) que forman parte de los seres vivos y junto con el nitrógeno orgánico es un indicador de que un curso de agua ha sufrido una contaminación reciente. La oxidación aeróbica de los compuestos amoniacales y orgánico nitrogenados, conduce a la formación de nitritos y posteriormente de estos en nitratos, por lo que un elevado contenido de nitratos y simultáneamente bajo en amonio, indica que se trata de un agua contaminada hace tiempo. Tanto el amonio, como los nitritos y nitratos se pueden determinar mediante espectrofotometría. También se encuentran niveles altos de amoníaco en aguas servidas. Las concentraciones altas de amoníaco en aguas superficiales son tóxicas para los peces y pueden ser oxidadas y consumir el oxígeno disuelto del agua (nitrificación).
- **Sulfuro:** La medición del sulfuro total en el agua incluye  $\text{H}_2\text{S}$  y  $\text{HS}^-$  disueltos, así como sulfuros metálicos solubles en ácido que pueden estar presentes en las aguas residuales de las refinerías. Pueden ser tóxicos para los peces y generar olores desagradables.

- **Arsénico:** Según RODIER (1996). El arsénico está muy repartido en la biosfera: las rocas ígnea, su origen es muy discutida (erosión natural, lavado de los sedimentos).

Los vertidos de aguas residuales o los depósitos de desechos industriales, pueden ser el origen de contaminantes arsenicales: tratamiento de ciertos minerales del arsénico.

Debido a la acumulación del arsénico en el organismo, a su toxicidad en pequeñas dosis y a su eventual acción cancerígena, los contenidos límites son bastante severos. Las normas americanas indican 0.01 mg/l como concentración límite en el agua, y una agua que contenga 0.05 mg/l debe ser desechada. La cantidades superiores pueden, sin embargo, ser absorbidas y hemos comprobado en ciertas regiones mineras, consumir agua conteniendo 0.80mg/l sin incidentes particulares.

- **Cadmio:** Según Manahan (2007). El cadmio en el agua puede provenir de descargas industriales y de desechos mineros. El cadmio se usa ampliamente en el recubrimiento de metales. Los efectos del envenenamiento agudo con cadmio en humanos son severos; entre ellos está la tensión arterial alta, daño en el riñón, destrucción del tejido testicular y destrucción de glóbulos rojos.

Desde el punto de vista acuática, contenidos superiores a 2 mg/l pueden desencadenar fenómenos tóxicos entre ciertas especies de peces.

- **Zinc:** Según Rodier (1996). Las normas europeas, americanas y la reglamentación francesa dan como concentración límite 5 mg/l. para la vida acuática, el zinc presenta una cierta toxicidad, en función de la mineralización del agua, la toxicidad en peces ejerce a partir de algunos miligramos por litro. Para el uso agrícola, el marchitamiento de las plantas puede ocurrir a partir de 5 mg/l.
- **Cobre:** Según Rodier (1996). El cobre puede encontrarse en forma de trazas, es decir inferior a 1 mg/l en ciertas aguas naturales. Las normas americana y la reglamentación francesa indican como dosis límite la cantidad de 1 mg/l. las normas europeas precisan como concentraciones límite la dosis de 0.05 mg/l.
- **Cromo:** Según Rodier (1996). El Cromo elemental no se encuentra en la naturaleza, su mineral más importante por abundancia es la cromita, es de interés geoquímico el hecho de que se encuentre 0.47% de  $\text{Cr}_2\text{O}_3$  en el basalto de la Luna, proporción que es de 3-20 veces mayor que el mismo espécimen terrestre. Las normas americanas desde el punto de vista acuático, los organismos inferiores (límite 0.05 mg/l de cromo total) son más sensibles que los peces (límite 1mg/l de cromo total).
- **Hierro:** Según Rodier (1996). El hierro desarrolla en el agua una turbidez rojiza poco atractiva para el consumidor. La toxicidad para la vida acuática es difícil de precisar, pues está en función del estado químico del metal y de la presencia del precipitado hidróxido de hierro, que tiende a depositarse en las branquias de los



peces y colmatarlas. Las normas europeas han adoptado como concentración límite de 0.1 mg/l, la reglamentación francesa, el de 0.2 mg/l, y las normas americanas 0.3 mg/l.

- **Mercurio:** Según Manaham (2007). Se encuentra como un componente traza en muchos minerales ejemplo las rocas continentales contienen como promedio alrededor de 80 partes por billón, o ligeramente menos de este elemento. Las concentraciones de mercurio encontradas en el agua se debe a que estas penetran en la roca por un tiempo prolongado, siendo en aguas neutras o alcalinas, favorece a la formación de dimetilmercurio,  $(CH_3)_2Hg$ , este compuesto volátil puede escapar a la atmosfera.
- **Plomo:** Según Manaham (2007). El plomo inorgánico proviene de varias fuentes industriales y minas existe en el agua en el estado de oxidación  $+2$ . Además provienen de caliza portadora de plomo y la galena (PbS).

Las plantas tienen una gran tolerancia para el plomo que concentran a partir del suelo, este posee en efecto una capacidad no despreciable de fijar el plomo, formando complejos con las sustancias húmicas. La vida acuática puede perturbarse a partir de 0.1 mg/l. los efectos tóxicos pueden manifestarse en los peces a partir de 1 mg/l.

- **Cianuro:** Su presencia tiene un efecto de significación sobre la actividad biológica del sistema. Los organismos causantes de auto purificación de los cuerpos de aguas son inhibidos por un contenido de 0,3mg/L de CN. Su

toxicidad aumenta cuando se asocia a variables tales como temperatura, pH, OD y la concentración de ciertas sustancias minerales. (Sierra, 2011)

- **Metales Pesados:** Bario, Cromo, Plomo y Vanadio. Efectos irreversibles sobre la salud, interfiere en el metabolismo y se acumula en tejidos blandos, sistema respiratorio, cadena alimenticia, toxico.

#### v) **Parámetros Biológicos**

Las aguas residuales domésticas, sobre todo son portadoras de bacterias y hongos patógenos para la especie humana. No obstante algunos agentes patógenos son capaces de sobrevivir durante más o menos tiempo, según la clase de agua y las condiciones intemperantes en el medio (RHINHEIMER. 1987).

Incluyen como coliformes fecales, coliformes totales, E. coli, Salmonella, Estreptococos fecales, Fitoplancton/ Zooplancton, Hongos, levaduras, Recuento en placas, virus

La presencia de coliformes totales indica que el cuerpo de agua ha sido o está contaminado con materia orgánica de origen fecal, ya sea por humanos o animales. (Sierra, 2011)

#### vi) **Frecuencia**

El cronograma de muestreo y análisis en cada área de influencia de una mina depende de las cartas hidrográficas de dicho lugar y del programa de manejo de aguas, así como de la etapa de operación. No obstante, todas las descargas de la mina al medio ambiente receptor debe someterse regularmente a muestreo y análisis; el muestreo debe ser más frecuente durante e inmediatamente después

de un evento fuera de control, por ejemplo, derrame de reactivo, derrame de relaves, falla en la presa, etc. el muestreo debe ser más frecuente antes, durante e inmediatamente después de un cambio en el procesamiento, manejo de agua o de desechos si es que existe un impacto en la calidad del agua receptora.

Identifique los componentes para los que se producen cambios en el balance de agua y carga de contaminantes durante el año, en relación con otros, mostraran un mayor cambio con las influencias estacionales. Está directamente relacionada con el régimen climático.

#### **vii) Tipos de Muestras**

El tipo de muestra a tomarse de un cuerpo superficial de agua se determinará considerando las características de la estación de muestreo y el flujo de agua; asimismo, la velocidad de flujo, tamaño o área de la masa de agua, homogeneidad, clima, flujo discreto o distribuido y los requisitos de precisión. Además, deberá considerarse el tipo de equipo que está disponible y la seguridad del técnico durante la toma de muestras.

##### **- Muestras Tomadas Al Azar (Puntuales)**

El tipo de muestra más común para el monitoreo regular de las aguas superficiales en la mina es una muestra "tomada al azar o puntual". La muestra se colecta en determinado momento y lugar en el recorrido del flujo de agua. Las muestras tomadas al azar en un río o poza también pueden tomarse en puntos separados sobre la profundidad en la columna de agua.

#### - **Muestras compuestas**

Se puede preparar muestras compuestas en un intervalo de tiempo discreto, extraídas de un lugar de muestreo seleccionado, a fin de determinar las condiciones "promedio". Puede obtenerse una muestra compuesta, ya sea por recolección continua, en un intervalo de tiempo, de una corriente de flujo bajo (muestra compuesta de un ida de un rezumadero de bajo flujo) o mezclando volúmenes recolectados a intervalos mayores sobre un período de tiempo de un flujo de descarga elevado (muestra compuesta de 24 horas colectada a partir de muestras individuales, cada hora, desde una tubería de relaves).

No es aceptable juntar muestras compuestas de dos lugares diferentes debido a los cambios potenciales en la química del agua resultantes del mezclado de dichas muestras. Para calcular la composición promedio de agua a lo largo de una gran área, las muestras individuales deben analizarse y promediarse matemáticamente o usando un modelo geoquímico de mezcla.

#### - **Muestras integradas**

En algunos casos, la información necesaria se obtiene mejor analizando mezclas de muestras individuales, recogidas en distintos puntos al mismo tiempo o con la menor separación temporal que sea posible.

En lo que respecta a la toma de muestras, APHA-AWWA-WPCF (1992) indica que es esencial asegurar la integridad de la muestra desde su toma hasta la emisión del informe. Ello implica hacer una relación del proceso

de posesión y manipulación de la muestra desde el momento en que fue tomada hasta el de su análisis y eliminación final. Este proceso se denomina cadena de vigilancia, y es importante en el caso de los resultados deban presentarse en un litigio. Si no es éste el caso, el procedimiento de cadena de vigilancia resulta útil como control rutinario de la trayectoria de la muestra.

### **viii) Actividades de Pre-Muestreo**

Previamente a la recolección de las muestras se ha de definir:

- Equipos e instrumentos, de medición in situ deben estar limpios y calibrados antes de ir a campo, dejándolos en el mismo estado al finalizar el muestreo.
- Tipo de recipiente de muestreo, se puede usar envases de polietileno, vidrio o de material especial, aunque se prefieren las botellas de vidrio, por su parte se utilizan en mayor medida para análisis microbiológicos, aceites y grasas, o cuando se desea evitar las reacciones entre los materiales de plástico y el agua.
- Volumen de la muestra, generalmente se requiere de 1 a 2 litros para análisis químicos simples, y de 0.25 a 1 litro para análisis bacteriológicos. Para análisis de metales u otros elementos en trazas, se necesita un litro de agua.
- Método de preservación, la conservación de las condiciones físicas, químicas y biológicas de las muestras es imprescindible, a fin de garantizar la certeza de los resultados analíticos. Cuando es imposible efectuar los análisis inmediatamente, las muestras deben conservarse en frío (refrigeración o

congelamiento) o con un preservante químico. Cabe señalar, que la refrigeración es sumamente importante para los análisis microbiológicos y de DBO5.

- Tiempo máximo de almacenamiento, en general el análisis inmediato constituye la mejor forma de eliminar errores; sin embargo, si las muestras llegan a almacenarse de manera adecuada, tendrá que ser por tiempo limitado.

Asimismo, ha de confeccionarse una lista de equipos, materiales, reactivos, hojas de datos de campo, formularios, etc., los que serán llevados a campo. En dicha lista debe incluirse:

- Envase para las muestras.
- Envases para el blanco.
- Algunos envases adicionales en caso de ruptura o muestras duplicadas.
- Preservantes.
- Etiquetas y plumones.
- Registro de muestreo.
- Multiparametro.
- Caudalímetro.
- Caja térmica con hielo o refrigerantes.
- Cronómetro
- Accesorios tales como: toalla, papel absorbente, gancho para levantar tapa de registro, martillo, soga y soguilla, bolsas de plástico (ciplox), marcadores, linterna, baterías, cinta engomada, etc.
- Ropa de protección como. Mandiles, guantes botas, lentes correas, casco de seguridad, zapatos de seguridad, traje especial de ser necesario.
- Cronograma de muestreo

## ix) Toma de Muestras

La topografía, lugar de colección, tipo de muestra y las condiciones determinaran los procedimientos específicos para cada estación en general:

- En un cuerpo de agua con más de una estación de muestreo, inicie éste en el punto más lejano aguas abajo, particularmente si alguna alteración física en un área pudiera influir en una estación aguas abajo; siempre muestre aguas arriba en cualquier camino, cruce o puente, a menos que la influencia de la estructura sea el objetivo del muestreo.
- Siempre muestree en el mismo lugar.
- Asegúrese de que la muestra pueda colectarse de manera segura, sin representar un riesgo para el técnico. Si existiera un riesgo bajo ciertas condiciones, la estación de muestreo deberá reubicarse.
- Al momento de tomar las muestras:
  - ✓ Ubíquese de frente aguas arriba mientras muestrea para evitar la contaminación del agua por sedimentos en suspensión.
  - ✓ Si se tiene que tomar varias botellas de muestra en el mismo lugar, ello deberá hacerse al mismo tiempo. Si fuera posible, es mejor recolectar una gran muestra y dividirla en sub muestras.
  - ✓ Recolecte muestras para someter a QA/QC.
- Enjuague tres veces con agua destilada (sondas para los medidores) o con la solución a muestrear (ya sea la muestra original de la botella de 1L o la muestra filtrada de la botella de metales disueltos) el equipo de muestreo y filtración, equipo de análisis y botellas de

muestreo de plástico; manipule los papeles de filtro únicamente con pinzas limpias. No toque con las manos el interior de las botellas, tapes o equipo de filtración.

- Complete las mediciones de campo en una sub muestra.
- Registro de Campo: Registre estos datos en las hojas de campo. Toda la información pertinente a un estudio de campo o toma de muestras se registrara en un libro en el que al menos constara lo siguiente: objeto de la toma, localización del punto donde se ha hecho, nombre y dirección del contacto de campo, productor del material del que ha hecho la toma.
- Registro de la Cadena de Custodia: Es preciso rellenar el registro de la cadena de vigilancia que acompaña a cada muestra o grupo de muestras. Este registro debe contar con la siguiente información: número de la muestra, firma del que ha hecho la toma, fecha, momento y lugar de la toma, tipo de muestra, firma de las personas que han participado en la cadena de posesión y fechas de las distintas posesiones.
- Preserve las muestras.



**Tabla N° 1: Recomendaciones para el muestreo y preservación de muestras de acuerdo con las mediciones.**

Denominación	Recipiente	Volumen mínimo de muestra, mL	Tipo de muestra	Preservación	Almacenamiento máximo recomendado
Acidez	P, V.	100	s	Refrigerar	14 d
Alcalinidad	P, V.	200	s	Refrigerar	14 d
Boro	P	100	s, c	No requiere	6 meses
Bromuro	P, V.	100	s, c	No requiere	28 d
Carbono Orgánico total	V	100	s, c	Análisis inmediato, a refrigerar y agregar H <sub>3</sub> PO <sub>4</sub> o H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> hasta pH < 2	28 d
Cianuro total	P, V	500	s, c	Agregar NaOH hasta pH > 12, refrigerar en la oscuridad	14 d
Clorable	P, V	500	s, c	Agregar 100 mg Na <sub>2</sub> S <sub>2</sub> O <sub>3</sub> /L	14 d
Cloro residual	P, V	500	s	Análisis inmediato	---
Clorofila	P, V	500	s, c	30 d en la oscuridad	30 d
Cloruro	P, V	50	s, c	No requiere	28 d
Color	P, V	500	s, c	Refrigerar	48 h
Compuestos orgánicos					
Sustancias activas al azul de metileno	P, V	250	s, c	Refrigerar	48 h
Plaguicidas	V(S), tampon de TFE	1000	s, c	Refrigerar: agregar 1000mg ácido ascórbico / L si hay cloro residual	7 d hasta la extracción
Fenoles	P, V	500	s, c	Refrigerar: agregar H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> hasta pH < 2	40 d después de extraer

Denominación	Recipiente	Volumen mínimo de muestra, mL	Tipo de muestra	Preservación	Almacenamiento máximo recomendado
Purgables por purga y trampa	V, tapón de TFE	2' 40	s	Refrigerar; agregar HCl hasta pH < 2; agregar 1000 mg ácido ascórbico/L si hay cloro residual	14 d
Conductividad	P, V	500	s, c	Refrigerar	28 d
DBO	P, V	1000	s	Refrigerar	48 h
Dióxido de carbono	P, V	100	s	Análisis inmediato	----
Dióxido de cloro	P, V	500	s	Análisis inmediato	----
DQO	P, V	100	s, c	Analizar lo más pronto, o agregar H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> hasta pH < 2, refrigerar	28 d
Dureza	P,V,	100	s, c	Agregar HNO <sub>3</sub> hasta pH <2	6 meses
Fluoruro	P	300	s, c	No requiere	28 d
Fosfato	V (A)	100	s	Para fosfato disuelto filtrar inmediatamente; refrigerar	48 h
Gas digestor de lodos	V, botellas de gases	---		---	---
Grasa y aceite	V, boca ancha calibrado	1000	s, c	Agregar HCl hasta pH < 2, refrigerar	28 d
Metales general		500	s	Filtrar, agregar HNO <sub>3</sub> hasta pH < 2	6 meses
Cromo VI	P(A), V(A)	300	s	Refrigerar	24 h
Cobre, colorimetría	P(A), V(A)				

Denominación	Recipiente	Volumen mínimo de muestra, mL	Tipo de muestra	Preservación	Almacenamiento máximo recomendado
Mercurio	P(A), V(A)	500	s, c	Agregar $\text{HNO}_3$ hasta pH < 2, 4°C, refrigerar	28 d
Nitrógeno					
Amoniaco	P, V	500	s, c	Analizar lo más pronto posible o agregar $\text{H}_2\text{SO}_4$ hasta pH < 2, refrigerar	28 d
Nitrato	P, V	100	s, c	Analizar lo más pronto posible o refrigerar	48 h (28 d para muestras cloradas)
Nitrato + nitrito	P, V	200	s, c	Agregar $\text{H}_2\text{SO}_4$ hasta pH < 2, refrigerar	28 d
Determinación	Recipiente	Volumen mínimo de muestra, mL	Tipo de muestra	Preservación	Almacenamiento o máximo recomendado
Nitrito	P, V	100	s, c	Analizarlo lo más pronto posible o refrigerar	48 h
Orgánico Kjeldahl	P, V	100	s, c	Analizar lo más pronto posible o refrigerar	28 d
Olor	V	500	s	Analizar lo más pronto posible, refrigerar.	----
Oxígeno disuelto	G, botella DBO	300	s		
Electrodo					----
Electrodo Winkler				Análisis inmediato. La titulación puede	8 h

Denominación	Recipiente	Volumen mínimo de muestra, mL	Tipo de muestra	Preservación	Almacenamiento máximo recomendado
				aplazarse después de la acidificación	
Ozono	V	1000	s	Análisis inmediato	----
pH	P, V	50	S	Análisis inmediato	----
Sabor	V	500	s	Analizar lo más pronto posible; refrigerar	----
Salinidad	V, sello de cera	240	s	Análisis inmediato o usar sello de cera	----
Silica	P	200	s, c	Refrigerar, no congelar	
Sólidos	P, V	200	s, c	Refrigerar	2 – 7 d, ver protocolo
Sulfatos	P, V	100	s, c	Refrigerar	28 d
Sulfuro	P, V	100	s, c	Refrigerar, agregar 4 gotas de acetato de zinc 2N/100 mL, agregar NaOH hasta pH > 9	7 d
Temperatura	P, V	---	s	Análisis inmediato	----
Turbidez	P, V	100	s, c	Analizar el mismo día, para más de 24 h guardar en oscuridad, refrigerar.	48 h
Yodo	P, V	500	s, c	Análisis inmediato	----

**Fuente.** Protocolo de Monitoreo de la Calidad de los Recursos Hídricos, Autoridad Nacional del Agua - DGCRH

- Etiquetado de la Muestras: Rotule las muestras y registre el número de estas y los requerimientos analíticos en la hoja de datos.

Utilícense etiquetas para evitar falsas identificaciones de la muestra. Suelen resultar adecuadas las etiquetas adhesivas o las chapas.

En ella debe constar al menos la siguiente información: número de la muestra, nombre del que ha hecho la toma, fecha y momento de la toma y lugar de la misma.

- Almacene las muestras en un enfriador (alejado de la luz solar).
- El transporte de los envases puede hacerse en cajas térmicas aislantes contiendo material refrigerante. Las muestras serán enviadas al laboratorio lo más pronto posible. Deberán mantenerse en el contenedor fresco y oscuro, en posición vertical, en la que deberán ser transportados, a su vez la recepción de las muestras por el laboratorio deberá ser chequeada con la lista de embarque.
- Precauciones durante el muestreo: cuando se preparan los preservantes y durante el manejo de los reactivos (NaOH, HNO<sub>3</sub>, H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>) que son altamente tóxicos y corrosivos. Debido a esta característica, debe tenerse especial cuidado con la manipulación de las muestras que pueden contener cianuro. Los análisis de estas muestras se deben realizar en lugares ventilados, evitando todo derrame, inhalación o ingestión de las muestras. Antes de obtener muestras de agua que se sospechen altamente contaminadas, se recomienda medir el pH, a fin de protegerse de eventuales quemaduras, debiéndose adoptar todas las medidas de seguridad para el ingreso a las alcantarillas o buzones.

# **CAPÍTULO III**

## **PLANTEAMIENTO METODOLOGICO**

### **3.1. TIPO Y NIVEL DE LA INVESTIGACIÓN**

#### **3.1.1. Tipo de la Investigación.**

De acuerdo a los propósitos de la investigación, a la naturaleza y objetivos formulados es una investigación aplicada ya que se apoya en conocimientos relacionados a programas de monitoreo ambiental, buscando que sus resultados tengan consecuencias prácticas.

#### **3.1.2. Nivel de la Investigación.**

Corresponde un nivel descriptivo ya que busca definir los parámetros a tomar en cuenta en el programa de monitoreo de calidad de agua para el proyecto Eladium II.

### **3.2. MÉTODO DE LA INVESTIGACIÓN.**

El método que corresponde a esta investigación es del método científico descriptivo ya que se basa en la observación y análisis.

### **3.3. DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN.**

El diseño de la investigación es mediante el procesamiento de la información se efectuara de manera manual, no se hará uso de ningún software pero si se utilizó el AutoCad y ArcGis 10.0 para la generación de los planos. Para el desarrollo adecuado del proyecto con fin de dar cumplimiento a los objetivos planteados es: Recopilación de antecedentes preliminares, marco normativo, en esta etapa se realizara la búsqueda, ordenamiento, análisis y validación de los datos existentes y de toda la información necesaria que ayude a cumplir con los objetivos del presente proyecto.

### **3.4. HIPOTESIS DE LA INVESTIGACIÓN.**

#### **3.4.1. Hipótesis General.**

Es posible elaborar un programa de monitoreo ambiental de calidad de agua para el proyecto Eladium II y ampliación de Cía. Minera Eladium SAC, provincia de Caravelí – Arequipa, que prevea impactos ambientales, cumpla con criterios y normativa ambiental peruana.

#### **3.4.2. Hipótesis Específicas.**

- Se elaborara la representación del balance hídrico mediante un diagrama, en donde se indicara el uso y empleo del agua del Manantial Capillaloc y Horquetilla, para el proyecto Eladium II y su ampliación.
- Se indicara la ubicación geográfica de los puntos de monitoreo de calidad de agua en coordenadas UTM WGS 84.
- Se indicara los parámetros físico-químicos de la calidad ambiental del agua para el programa de monitoreo.
- Se indicara los parámetros biológicos de la calidad ambiental del agua para el programa de monitoreo.
- Se indicara la frecuencia del monitoreo ambiental de calidad de agua para el programa de monitoreo.

### **3.5. VARIABLES.**

#### **3.5.1. Variable Independiente.**

##### **A. Descripción.**

Volumen del consumo de agua.

Calidad del agua.

## **B. Indicadores.**

Parámetros de calidad agua para categoría I, III y IV (ECA-Agua).

Cantidad de agua para consumo humano.

### **3.5.2. Variable Dependiente.**

#### **A. DESCRIPCIÓN.**

Parámetros físicos- químicos y biológicos

#### **B. INDICADORES.**

Parámetros Físico-químicos:

- pH (ácido –básico, unidad de pH)
- Temperatura (°C)
- Conductividad Eléctrica (uS/cm)
- Oxígeno Disuelto (mg/l)
- DBO5 (mg/L)
- DQO (mg/L)
- Aceites y grasas (mg/L)
- Cianuro Libre(mg/L)
- Cianuro Wad (mg/L)
- Sólidos Disueltos Totales (mg/l)
- Sólidos Suspendidos Totales (mg/L)
- Sulfatos (mg/L)
- Sulfuros (mg/L)
- Cloruros (mg/L)
- Bicarbonatos (mg/L)
- Fenoles (mg/L)
- Turbiedad (UNT)
- Carbonatos (mg/L)
- Silicatos (mg/L)
- Sulfuro de Hidrogeno (mg/L)
- Nitrógeno total (mg/l)



- Fosforo total (ppm)
- Arsénico (As), Bario (Ba), Boro (B), Calcio (Ca), Cadmio (Cd), Cobre (Cu), Cobalto (Co), Cromo (Cr), Cromo 6 (Cr+6), Hierro (Fe),Magnesio (Mg), Manganeso (Mn), Mercurio (Hg), Níquel (Ni), Plata (Ag), Plomo (Pb), Fosforo (P), Selenio (Se), Vanadio (V), Zinc (Zn) (mg/L)
- Metales Pesados (mg/L)

Parámetros Biológicos:

- Coliformes Totales (NMP/100 mL)
- Coliformes Termotolerantes (NMP/100 mL)
- Huevos de Helimintos (NMP/100 mL)

### **3.6. COBERTURA DEL ESTUDIO DE INVESTIGACIÓN.**

#### **3.6.1. Universo**

Abarca el área del proyecto Eladium II y su ampliación, así como su área de influencia, de Cía. Minera Eladium S.A.C.

#### **3.6.2. Muestra**

La muestra tiene que ser representativa del universo planteado por lo tanto se toma como muestra lo siguiente:

- Se tomó en cuenta la ubicación del punto de monitoreo que el proyecto Eladium II tiene aprobada en su Declaración de Impacto Ambiental (DIA).
- Se determinaran los puntos de monitoreo, ubicación, parámetros y frecuencia, en el proyecto Eladium II y su ampliación de acuerdo al Protocolo Nacional de Monitoreo de la Calidad en Cuerpos Naturales de Agua Superficial.

### **3.7. TÉCNICAS, INSTRUMENTOS Y FUENTES DE RECOLECCIÓN DE DATOS.**

#### **3.7.1. Técnicas de la Investigación.**

La técnica a utilizarse será la observación, análisis, revisión bibliográfica, interpretación de planos, estudios realizados así como marco normativo ambiental y protocolo nacional de la calidad en cuerpos naturales de agua.

#### **3.7.2. Instrumentos de la Investigación.**

- GPS
- Cámara Fotográfica.
- Libreta de campo.
- Material Cartográfico.
- Data de SENAMHI.
- Normativa

#### **3.7.3. Fuentes de Recolección de Datos**

- Se utilizó fuentes directas, de información brindada por la Compañía Minera Eladium SAC. sobre el proyecto Eladium II.
- Información bibliográfica relacionada al área de estudio.
- Consultas realizadas a la Autoridad Nacional del Agua.

## **CAPÍTULO IV**

### **ORGANIZACIÓN, PRESENTACIÓN Y ANALISIS DE RESULTADOS**

#### **4.1. CONTENIDO DEL PROGRAMA DE MONITOREO AMBIENTAL DE LA CALIDAD DE AGUA, PARA EL PROYECTO ELADIUM II Y SU AMPLIACIÓN, CÍA. MINERA ELADIUM S.A.C., PROVINCIA DE CARAVELI – AREQUIPA.**

##### **A. NOMBRE DEL ESTUDIO.**

Programa de Monitoreo Ambiental de la Calidad de Agua, para el proyecto Eladium II y su ampliación, Cía. Minera Eladium S.A.C., Provincia de Caraveli – Arequipa.

##### **B. INTRODUCCIÓN.**

El Programa de Monitoreo Ambiental establece los parámetros para el seguimiento de la calidad de los diferentes factores ambientales, que podrían ser afectados durante la ejecución del Proyecto; así como los sistemas de control y medida de estos parámetros.

El siguiente programa permitirá tener un registro de los resultados y evaluar periódicamente la dinámica de las variables ambientales de calidad de agua, con la finalidad de determinar los cambios que se puedan generar durante la operación del proyecto Eladium II y su ampliación de la Cía. Minera Eladium S.A.C., el proyecto de explotación comprende la extracción de mineral aurífero y cobre, a través de labores subterráneas en forma convencional, para luego trasladar el mineral extraído a una planta de terceros para su procesamiento.

La información que se obtendrá al aplicar el programa de monitoreo de calidad de agua permitirá a la Cía. Minera Eladium SAC a partir de los resultados implementar, de ser necesario, medidas preventivas y/o correctivas.

## **C. OBJETIVOS.**

El objetivo general del programa de monitoreo de calidad de agua es proporcionar información que permitan conocer la eficiencia del control de la calidad del agua y que no se generen impactos negativos, así mismo permite vigilar que se cumplan con los estándares establecidos en la legislación peruana y por tanto no se estén generando efectos adversos en el ambiente.

Complementariamente se establecen los siguientes objetivos:

- Describir los puntos de monitoreo y su ubicación.
- Indicar cuales serían los materiales y equipos a utilizar en el monitoreo.
- Establecer los parámetros físico-químicos de monitoreo,
- Establecer los parámetros biológicos del monitoreo
- Establecer la frecuencia y tiempo de monitoreo.

## **D. DESCRIPCION DEL AREA DE ESTUDIO.**

### **i. Antecedentes**

Compañía Minera Eladium S.A.C., es la actual cesionaria de la concesión minero Eladium II 2009, la cual se ubica en el Distrito de Quinacha, Provincia de Caravelí, Departamento y Región de Arequipa; comprendida cartográficamente en la hoja 32-O (Chaparra). Compañía Minera Eladium cuenta con una DIA aprobada desde el año 2012 para una área efectiva de 25.4 hectáreas.

El Proyecto consiste en la explotación de yacimientos auríferos con contenido de cobre. La operación se desarrollará por el método subterráneo el cual consiste en extraer, seleccionar el mineral y transportarlo fuera de la concesión minera. Dicha explotación será ampliada de 25 TM/día, a una producción de 100 TM/día, también su área a 973.75 hectáreas.

## ii. Ubicación Geográfica

El “Proyecto ELADIUM II” y ampliación, se encuentra ubicado al norte del caserío El Crucero en la zona denominada Horquetilla, en el Distrito de Quicacha, Provincia de Caravelí, Departamento y Región de Arequipa; a una altura de 3 200 m.s.n.m.

Se presenta cuadro con las coordenadas UTM de Ubicación de la Concesión Minera ELADIUM II 2009, en DATUM PSAD – 56 y WGS – 84, incluyéndose la ampliación.

**Tabla N° 2. Ubicación Geográfica**

Vértice	Coordenadas WGS-84		Coordenadas PSAD-56	
	Norte	Este	Norte	Este
1	8 274 772.53	647 348.53	8 275 139.89	647 573.36
2	8 271 359.14	645 467.24	8 271 726.49	645 692.07
3	8 272 565.10	643 279.17	8 272 932.45	643 503.99
4	8 275 978.48	645 160.00	8 276 345.84	6455.29

**Fuente.** Compañía Minera Eladium SAC, proyecto Eladium II.

## iii. Accesibilidad

A continuación se presenta un cuadro mostrando los tramos de acceso al proyecto de explotación Eladium II:

**Tabla N° 3. Accesibilidad**

<b>Tramo</b>	<b>Distancia (Km)</b>	<b>Vía de comunicación</b>	<b>Tiempo</b>
Arequipa - Cruce de la Carretera a Cháparra (Km. 629 + 500 m.)	420 Km. + 500 m.	Carretera Asfaltada	6 h. 10 min.
Cruce de Carretera a Cháparra (Km. 629 + 500 m.) - Cháparra	46.00	Carretera Asfaltada	0 h. 58 min.
Chaparra - Quicacha	18.00	Carretera Asfaltada	0 h. 28 min.
Quicacha - Mina Eladium	30.00	Trocha Carrozable	1 h. 10 min.
<b>Total</b>	<b>514 Km. + 500 m.</b>		<b>8 h. 46 min.</b>

**Fuente.** Compañía Minera Eladium SAC, proyecto Eladium II.

La Hoja de ruta parte de la ciudad de Arequipa en dirección Norte por la Panamericana Sur, pasando por las localidades de Vítor, Siguan, Camaná y Ocoña hasta llegar al Cruce de la Carretera a Chaparra (Km. 629 + 500 m.), el cual se encuentra a una distancia promedio de 420 Km. + 500 m. de la ciudad de Arequipa. Se continúa por el cruce hasta el Centro Poblado de Chaparra (46 Km.) en un tiempo aproximado de 58 minutos. Del Poblado de Chaparra se continúa por una carretera asfaltada hasta llegar al centro poblado de Quicacha (18 Km.) en un tiempo aproximado de 28 minutos. De Quicacha se continúa por una Trocha Carrozable hasta llegar al Proyecto de explotación (30 Km.), en un tiempo aproximado de 1 hora con 10 minutos.

## **E) DESCRIPCION DEL PROCESO PRODUCTIVO.**

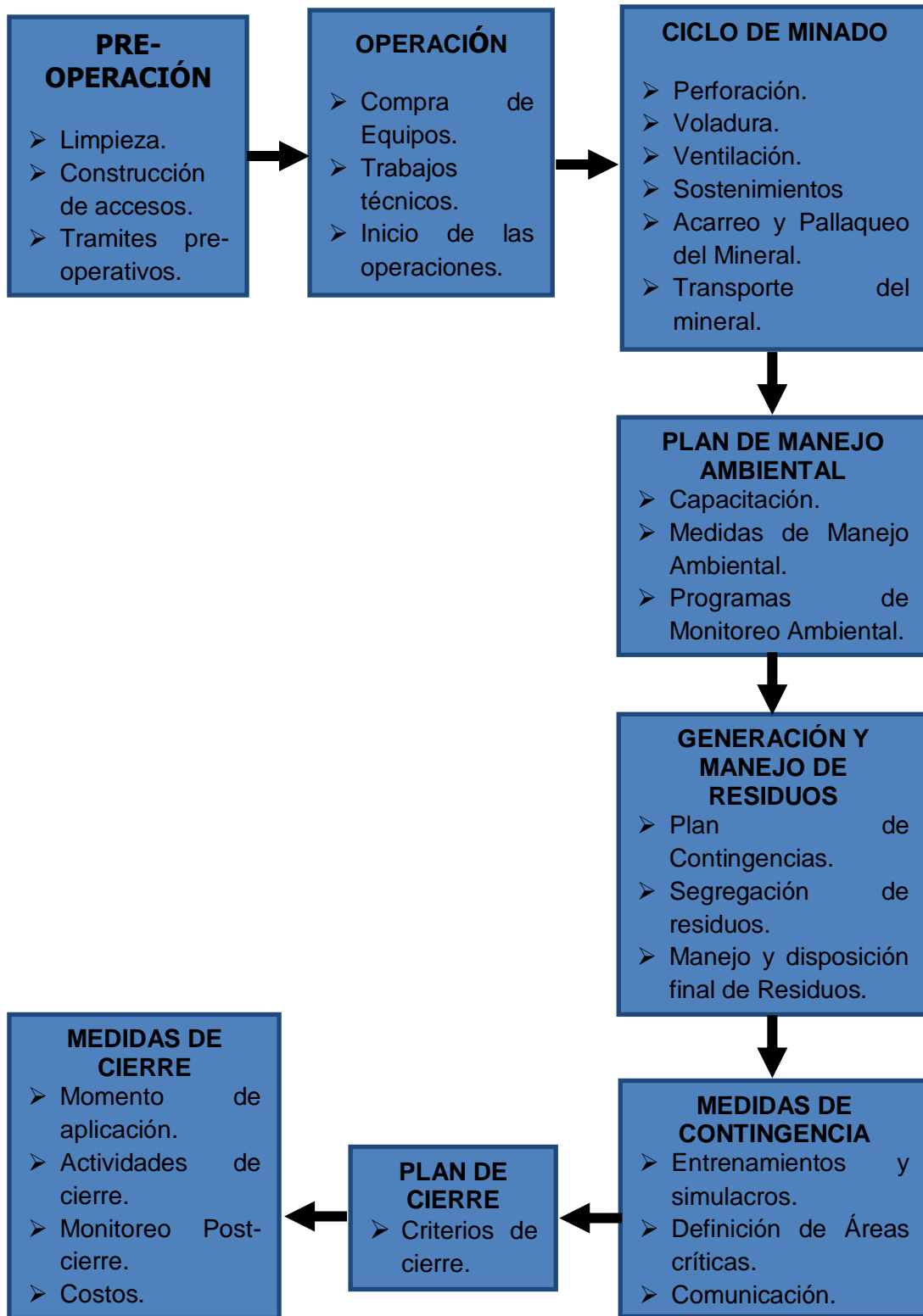
La operación de extracción se desarrollará en forma subterránea (Corte y Relleno Ascendente), en forma convencional; utilizando como relleno el material detrítico. Este método garantiza una adecuada recuperación, selectividad del mineral y estabilidad del macizo rocoso.

Las actividades de explotación se ampliarán a 100 TM/día de extracción.

En el área del Proyecto cuenta con dos bocaminas, como labores de trabajo. Las coordenadas UTM de ubicación de las bocaminas de trabajo.

- PREPARACION Y DESARROLLO

Gráfico N° 1. Diagrama de Flujo de las Actividades.





- **ETAPA DE OPERACIÓN.**

- **Método de Minado.**

La explotación del mineral se realizará a través de labores subterráneas, empleándose el Método de Corte y Relleno ascendente (OverCut and Fill), en forma convencional; utilizando como relleno el material detrítico. Este método garantiza una adecuada recuperación, selectividad del mineral y estabilidad del macizo rocoso.

Este método consiste en extraer el mineral y el desmonte mediante rebanadas horizontales de longitud acorde al equipo de perforación utilizado y con un ancho mínimo del minado entre 0.70 y 1.8 m. Estas rebanadas son perforadas en forma vertical o inclinadas de acuerdo a una malla de perforación preestablecida y detonada, para luego limpiar el material roto, hacia el botadero de desmonte.

Una gran parte del material roto se deja como relleno hasta una altura que posibilite perforar nuevamente y se extrae hacia el Botadero el excedente formado por el incremento en el volumen de la masa rocosa después del disparo (esponjamiento). De esta manera se completa el ciclo de minado, el cual se repetirá hasta llegar al nivel superior del block; siendo el ciclo de minado el siguiente: Perforación, Voladura,

- **Acarreo y Transporte.**

El relleno detrítico procederá de las labores de avance y del desmonte proveniente del cercado de la explotación.

- **Galerías.**

Se correrá una galería en la parte inferior del block mineralizado el cual lo denominaremos “Galería Inferior” y también otra en la parte

superior que la denominaremos “Galería Superior”, estas galerías en distancias de 50 m y separados entre sí a 30 m, determinarán la ubicación de los blocks.

- **Tolvas.**

Primero se correrá el subnivel sobre el block mineralizado (tajo) dejando un puente de aproximadamente 1,8 m, desde allí se construirán tolvas a lo largo de toda la galería base, separados a 5,3 m. Se perforarán taladros verticales desde el nivel principal hasta comunicar al subnivel.

Este tipo de preparación permitirá que el material roto fluya por gravedad.

- **Chimeneas.**

Una vez delimitada el block de explotación se procederá a ejecutar la perforación de chimeneas verticales, comunicando el nivel inferior con el superior. Estas chimeneas serán usadas para el transporte de mineral, material, equipos y/o personas, para ventilación, así como para explorar los componentes mineralógicos del yacimiento en elevación y convertir estas chimeneas en pilares para sostener las cajas.

Las chimeneas serán perforadas con taladros verticales de abajo hacia arriba, con una sección de avance de 1.20 m x 2.40 m.

El desmonte extraído de la mina se acumulará en el exterior, en canchas de desmonte acondicionadas al pie de las diversas galerías de acceso en los niveles de explotación y ventilación.

- **Ventilación.**

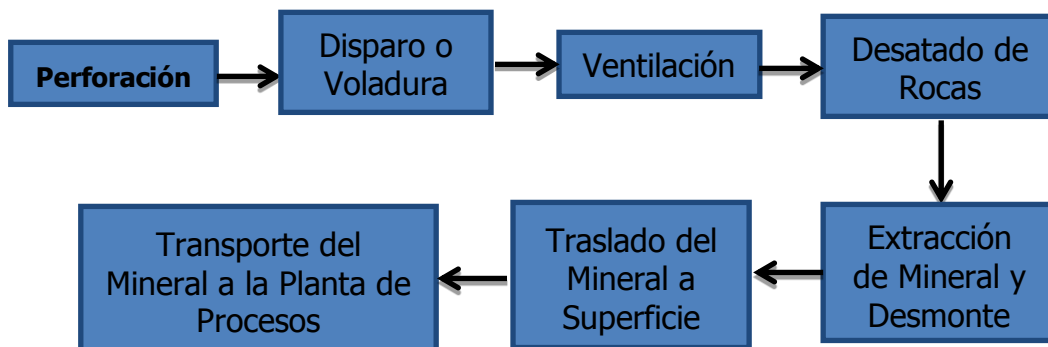
El método de ventilación utilizado en las labores principales de desarrollo es natural con chimeneas conectadas a los afloramientos y en las labores ciegas se utilizará una ventilación proporcionada por compresoras que funcionan a petróleo.

- **Sostenimiento.**

Para el sostenimiento en los frentes será con cuadros de madera de eucalipto, se colocará puntales, (de 6' a 7'; dependiendo de las condiciones del terreno) recomendándose disminuir el ancho de la labor para obtener una mejor consistencia de las mismas, principalmente en zonas de falla.

A continuación se adjunta un Diagrama de Flujo del Ciclo de Minado.

**Grafico N° 2. Diagrama de flujo del ciclo de minado**



**Fuente.** Compañía Minera Eladium SAC, proyecto Eladium II.

- **Perforación y Voladura.**

Para la perforación se emplearán perforadoras Jack Leg con barrenos de 6' y 7'. La voladura se efectuará utilizando como explosivo dinamita 7/8" x 7" de 65 % (semigelatina) y como accesorios de voladura la mecha de seguridad (cordón blanco) y fulminante N° 8.

La cantidad usada de dinamita es de 30 Kg/día y de anfo es de 165 Kg/día, y se almacenará en dos polvorines.

El lugar de almacenamiento de los explosivos y accesorios será en dos polvorines especialmente diseñados con este fin, los cuales estarán separados y ubicados a una distancia prudencial del área de trabajo.

- **Acarreo y Transporte.**

La extracción del mineral y desmonte se realizará a través de carros mineros, previamente acumulados en las chimeneas con el uso de carretillas y winches. El material estéril extraído de la mina es depositado en el botadero de desmonte. El mineral extraído será almacenado temporalmente en las canchas de mineral del área de trabajo, para posteriormente ser trasladados mediante volquetes de 20 TM, a los diferentes lugares de acopio para su posterior comercialización y/o procesamiento.

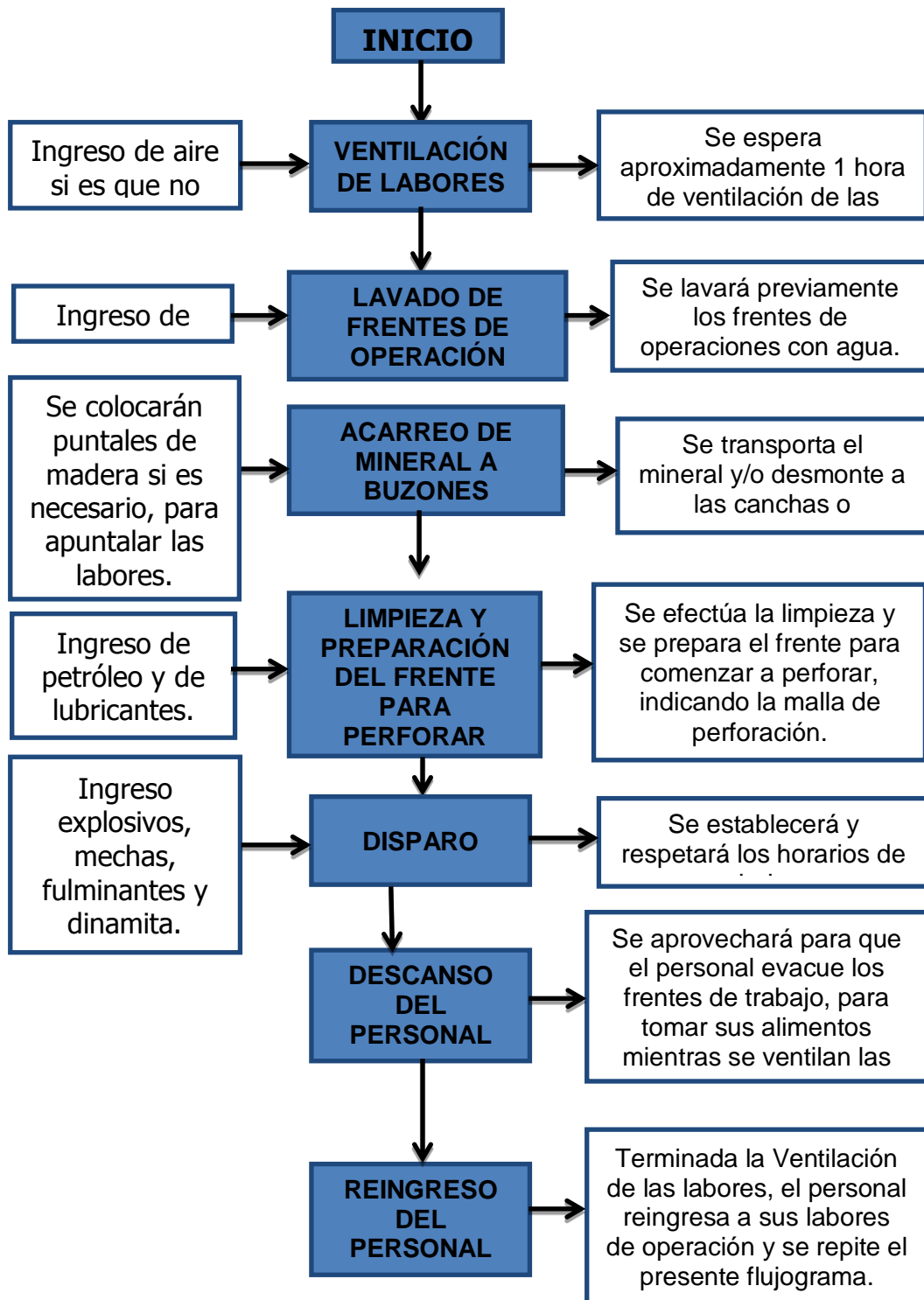
- **Relleno.**

Luego de realizar el corte en la veta, se desata, se sostiene y se realiza la limpieza de mineral, se procede al descuaje del tajeo, con la finalidad de dar el ancho ergonómico para la perforación del siguiente corte. También se utiliza como relleno la zona estrangulada y la corona pobre de la labor.

- **EXPLOTACIÓN**

A continuación se presenta el diagrama de flujo del sistema de explotación:

**Gráfico Nº 3. Diagrama de Flujo del Sistema de Explotación.**



## F) DESCRIPCION DE LOS PUNTOS DE MONITOREO.

- **Ubicación de los Puntos de Monitoreo**

A continuación se muestra la propuesta de las ubicaciones de los puntos de monitoreo: código, coordenadas UTM en el sistema WGS 84, altitud, tipo y descripción.

**Tabla N° 4. Ubicación de puntos de monitoreo de agua**

PUNTOS DE MONITOREO DE AGUA					
CODIGO	COORDENADAS UTM WGS 84				
	ESTE	NORTE	ALTITUD	TIPO	DESCRIPCIÓN
PM-01	644933	8273863	-	Superficial	Quebrada S/N 01 (Aguas Arriba)
PM-02	643534	8273122	-	Superficial	Quebrada S/N 02 (Aguas Abajo)
PM-03/ M1	644264	8273563	3175	Subterránea	Manantial Horquetilla
PM-04/ M 02	643487	8274346	3200	Subterránea	Manantial Capillaloc

## G) PARAMETROS DE CONTROL

Los resultados de los monitoreos que se realizarán serán comparador con los Estándares de Calidad Ambiental para Agua (Decreto Supremo N° 002-2008 MINAM):

- Categoría I-A
- Categoría III: Riego de Vegetales de Tallo alto y Bebida de Animales
- Categoría IV:

- **Consistencia y Confiabilidad**

El muestreo debe ser realizado por profesionales especializados, aplicando el protocolo para que la muestra garantice la representación del cuerpo muestreado, empleando los materiales y equipos adecuados.

El laboratorio seleccionado deberá estar inscrito y hábil en el registro de laboratorios acreditados. Los informes de los resultados incluirán la descripción de los procedimientos empleados y la verificación de los resultados.

- **PARAMETROS FISICO-QUIMICOS.**

Parte de los parámetros fisicoquímicos deben realizarse “in situ”, con equipos portátiles confiables y perfectamente calibrados. Los que no se medir en campo serán recolectados en envases esterilizados y conservados adecuadamente, para su transporte al laboratorio para su análisis.

**TABLA N° 5: PARAMETROS FICOQUIMICOS**

PARAMETROS		ECA N°002-2008 MINAM				
		Clase I – ECA A-1	Clase III – ECA R.V	Clase III – ECA B.A	Clase IV – ECA LyL	Clase IV – ECA CyS
pH	UpH	6.5-8.5	6.5-8.5	6.5-8.4	6.5-8.5	6.5-8.5
Temperatura	°C	-	-	-	-	-
Oxigeno Disuelto	mg/L	>=6	>=4	>5		
Conductividad	(uS/cm)	1500	<2000	<=5000		
Aceites y Grasas	mg/L	1	1	1	Ausencia de Pelicula Visible	Ausencia de Pelicula Visible
DBO5	mg/L	3	15	<=15	<5	<10
DQO	mg/L	10	10	40		
Solidos Disueltos Totales	mg/L	1000	-	-	500	500
Solidos Suspendidos Totales	mg/L	-	-	-	≤25	≤25-400
Nitrógeno Amoniacal	mg NH <sub>3</sub> -N/L	1.5	-	-	<0.02	0.02
Turbidez	NTU	5	-	-	-	-
<b>Metales</b>						
Plata Total	mg/L	0.1	0.05	0.05		
Aluminio Total	mg/L	0.2	5	5		
Arsénico Total	mg/L	0.01	0.05	0.1	0.01	0.05
Boro Total	mg/L	0.5	0.5-6	5	-	-



PARAMETROS		ECA N°002-2008 MINAM				
		Clase I – ECA A-1	Clase III – ECA R.V	Clase III – ECA B.A	Clase IV – ECA LyL	Clase IV – ECA CyS
Bario Total	mg/L	0.7	0.7	-	0.7	0.7
Berilio Total	mg/L	0.004	-	0.1	-	-
Bismuto Total	mg/L	-	-	-	-	-
Calcio Total	mg/L	-	-	-	-	-
Cadmio Total	mg/L	0.003	0.005	0.01	0.004	0.004
Cerio Total	mg/L	-	-	-	-	-
Cobalto Total	mg/L	-	0.05	1	-	-
Cromo Total	mg/L	0.05	-	1	0.05	0.05
Cesio Total	mg/L	-	-	-	-	-
Cobre Total	mg/L	2	0.2	0.5	0.02	0.02
Hierro Total	mg/L	0.3	1	1	-	-
Galio Total	mg/L	-	-	-	-	-
Germanio Total	mg/L	-	-	-	-	-
Hafnio Total	mg/L	-	-	-	-	-
Mercurio Total	mg/L	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001
Potasio Total	mg/L	-	-	-	-	-
Lantano Total	mg/L	-	-	-	-	-
Litio Total	mg/L	-	2.5	2.5	-	-

PARAMETROS		ECA N°002-2008 MINAM				
		Clase I – ECA A-1	Clase III – ECA R.V	Clase III – ECA B.A	Clase IV – ECA LyL	Clase IV – ECA CyS
Lutecio Total	mg/L	-	-	-	-	-
Magnesio Total	mg/L	-	150	150	-	-
Manganeso Total	mg/L	0.1	0.2	0.2	-	-
Molibdeno Total	mg/L	-	-	-	-	-
Sodio Total	mg/L	-	200	-	-	-
Niobio Total	mg/L	-	-	-	-	-
Níquel Total	mg/L	0.02	0.2	0.2	0.025	0.025
Fósforo Total	mg/L	-	-	-	-	-
Plomo Total	mg/L	0.01	0.05	0.05	0.001	0.001
Rubidio Total	mg/L	-	-	-	-	-
Antimonio Total	mg/L	0.006	-	-	-	-
Selenio Total	mg/L	0.01	0.05	0.05	-	-
Zinc Total	mg/L	3	2	24	0.03	0.03

○ **PARAMETROS BIOLÓGICOS**

**Tabla N° 6: Parámetros Biológicos**

PARAMETROS		ECA N°002-2008 MINAM				
		Clase I	Clase III	Clase III	Clase IV	Clase IV
		- ECA A-1	-ECA R.V	-ECA B.A	- ECA LyL	- ECA CyS
Coliformes Totales	NMP/100 mL	50	5000	5000	2000	3000
Coliformes Termotolerantes	NMP/100 mL	0	1000	1000	1000	2000
Huevos de Helmintos	mg/L	-	<1	<1	-	-

**H) PROPUESTA DE LA FRECUENCIA DE MONITOREO.**

**Tabla N° 7: Frecuencia de monitoreo**

PUNTOS DE CONTROL	DESCRIPCIÓN	COORDENADAS UTM WGS 84		FRECUENCIA
		NORTE	ESTE	
PM-01	Quebrada S/N 01 (Aguas Arriba del manantial Capillaloc)	8273863	644933	Semestral Marzo -Agosto
PM-02	Quebrada S/N 02 (Aguas Abajo)	8273122	643534	Semestral Marzo -Agosto
PM-03/ M1	Manantial Horquetilla	8273563	644264	Semestral Enero - Julio
PM-04/ M 02	Manantial Capillaloc	8274346	643487	Semestral Enero - Julio

**I) RECURSOS QUE SE NECESITAN PARA EJECUTAR EL DESARROLLO DEL PROGRAMA DE MONITOREO**

**a) Recursos Humanos.**

Es un factor primordial para que el programa de monitoreo sea exitoso. Se necesitaría a:

- Apoyo del directorio de la empresa.
- Responsables por parte de la empresa, supervisores.
- Un responsable a cargo del monitoreo
- Apoyo de personal obrero o técnico, en caso se necesite manipulas o apagar la bomba que abastece a la planta de agua en el pozo.

**b) Recursos Financieros.**

Disponibilidad de dinero para cubrir gastos a realizar, no solo al contratar servicios de un laboratorio sino que al realizar controles internos tendrán que comprarse equipos o instrumentos.

**c) Recursos Materiales.**

- Indumentaria de protección personal para el personal supervisor de la empresa.
- Movilidad para el traslado ya sea para el personal o un tercero.
- Equipos de campo como GPS, cámara fotográfica, correntómetro, etc.
- Materiales para llevar a cabo el monitoreo (fichas de registro, libretas de campo, cadena de custodia, frascos, guantes, coolers, refrigerantes, bolsas ziploc, etc.).

**d) Recursos Técnicos o Tecnológicos.**

- Sistemas Administrativos
- Capacitación del personal

**J) CARACTERIZACION HIDROGRAFICA y DEMANDA DE AGUA.**

Dentro del área de influencia correspondiente se ha reconocido dos quebradas, las cuales no se encuentran categorizadas por la Autoridad

Nacional del Agua, ante esto se realizó las consultas correspondientes a la autoridad, con apoyo de la misma se optó por denominarlas quebrada S/N 01 y S/N 02, hidrográficamente, dichas quebradas limita por el norte con los cerros Santa Bárbara y Capillaloc, por el sur limita con los cerros Casahuasi y Trampaorjo, por el oeste limita con los cerros Contreras y San Antonio, en tanto que por el este colinda con el cerro Orquetilla.

Las quebradas S/N 01 y S/N 02, tienen su nacimiento en el cerro Capillaloc; así mismo pertenece al sistema hidrográfico de la microcuenca Horquetilla, y esta misma, a la microcuenca de la quebrada Crucero, así mismo a la cuenca de Ático que pertenecen a la cuenca hidrográfica del Pacífico.

Climatológicamente las quebradas S/N 01 y S/N 02, es considerada de régimen seco por tener una deficiencia de lluvias en todas las estaciones, así mismo está considerado como una zona cálida y húmeda.

#### **LA QUEBRADA S/N 01**

Donde se encuentra el manantial Horquetilla. Tiene su nacimiento en el cerro Capillaloc y San Antonio; así mismo pertenece al sistema hidrográfico de la microcuenca de la quebrada Crucero, así mismo a la cuenca de Ático que pertenecen a la cuenca hidrográfica del Pacífico.

Climatológicamente la quebrada Horquetilla, es considerada de régimen casi seco por tener una deficiencia de lluvias en todas las estaciones (intermitente), así mismo está considerado como una zona cálida y húmeda, con precipitaciones anuales promedio entre 0 a 21 mm.

#### **LA QUEBRADA S/N 02**

Donde se encuentra el manantial Capillaloc, tiene su nacimiento en el cerro Capillaloc y San Antonio; así mismo pertenece al sistema hidrográfico de la microcuenca de la quebrada Crucero, así mismo a la cuenca de Ático que pertenecen a la cuenca hidrográfica del Pacífico..

El manantial Capillaloc se encuentra ubicado en la parte noreste a 16 Km de la población de Quicacha. Actualmente este manantial esta de fuera de la concesión minera Eladium II, el mismo que se pretende hacer uso para consumo humano y minero

Se adjunta en los Anexos plano de sistema hidrográfico, asimismo el plano de componentes actuales y proyectados, superpuesto al sistema hidrográfico propiamente dicho.

Ubicación de los manantiales:

**Tabla N° 8: Coordenadas UTM**

DESCRIPCIÓN	COORDENADAS UTM WGS 84	
	ESTE	NORTE
Manantial Horquetilla	644 264	8,273 563
Manantial Capillaloc	643 487	8,274 346

## DISPONIBILIDAD HIDRICA

- MANANTIAL HORQUETILLA**

Para la disponibilidad hídrica en la unidad hidrográfica analizada se evaluó el manantial Horquetilla, obteniendo como resultado el balance hídrico que se muestra en la siguiente tabla:

**Tabla N° 9: Caudal del Manantial Horquetilla**

Caudal (Q)	Ene 31	Feb 28	Mar 31	Abr 30	May 31	Jun 30	Jul 31	Ago 31	Sep 30	Oct 31	Nov 30	Dic 31
l/s	3.19	4.60	3.33	1.23	0.40	0.38	0.41	0.45	0.79	0.72	0.59	2.01
m <sup>3</sup> /día	275.44	397.43	288.12	106.22	34.81	32.88	35.73	38.55	68.29	62.53	50.80	173.39
m <sup>3</sup> /mes	8538.76	11127.98	8931.79	3186.52	1079.03	986.45	1107.55	1195.08	2048.75	1938.57	1524.03	5375.07
m <sup>3</sup> /año	47 039.57											

- MANANTIAL CAPILLALOC**

Para la disponibilidad hídrica en la unidad hidrográfica analizada se evaluó el manantial Capillaloc, obteniendo como resultado el balance hídrico que se muestra en la siguiente tabla:

**Tabla N° 10: Caudal del Manantial Capillaloc**

Caudal (Q)	Ene 31	Feb 28	Mar 31	Abr 30	May 31	Jun 30	Jul 31	Ago 31	Sep 30	Oct 31	Nov 30	Dic 31
l/s	0.69	1.00	0.72	0.27	0.09	0.08	0.09	0.10	0.17	0.16	0.13	0.44
m <sup>3</sup> /día	59.88	86.40	62.64	23.09	7.57	7.15	7.77	8.38	14.85	13.59	11.04	37.69
m <sup>3</sup> /mes	1856.25	2419.13	1941.69	692.72	234.57	214.45	240.77	259.80	445.38	421.43	331.31	1168.49
m <sup>3</sup> /año	10 225.99											

- **DEMANDA HIDRICA**

La demanda de agua requerida para el proyecto de explotación de Compañía Minera Eladium S.A.C., es de 3.00 m<sup>3</sup>/día para consumo en campamento y 10.00 m<sup>3</sup>/día en operación, siendo un total de 13.00 m<sup>3</sup>/día.

El agua que será destinado para consumo humano (3.00m<sup>3</sup>/día), será tratada después de su uso correspondiente, para ello se empleará un biodigestor, que luego producirá un caudal de 1.14m<sup>3</sup>/día que será empleado para riego de pastos naturales que servirá para la revegetación continua durante el proceso de explotación, así mismo se usará 1.0m<sup>3</sup>/día para riego de accesos, esto con la finalidad de evitar contaminación o polvareda dentro y fuera del área de trabajo.

**a. Diagrama del Balance Hídrico**

Como se puede apreciar en el diagrama el manantial Horquetilla abastecerá para todos los meses del año, incluyendo los meses que son considerados más secos (mayo a noviembre), cabe mencionar que por motivos de mantener la disponibilidad hídrica, se distribuirá el uso del agua con otro manantial denominado Capillaloc, siendo así, que se tomará del manantial Horquetilla 7 m<sup>3</sup>/día (3 m<sup>3</sup>/día para uso doméstico y 4 m<sup>3</sup>/día para uso industrial), mientras que el manantial Capillaloc abastecerá también agua industrial con un volumen de 6 m<sup>3</sup>/día; dando como total los 13 m<sup>3</sup>/día que requiere la planta para su operación, esta distribución de uso de agua no afectará a terceros dentro del área de influencia.

Cabe mencionar que el caudal que será empleado en dichas actividades no afectara a terceros, esto debido a que el caudal de consumo minero no es muy significativo a comparación con el caudal total disponible de ambos manantiales, El porcentaje anual que se usará de los dos manantiales se describe a continuación:

**Tabla N° 11: Demanda Hídrica de los manantiales**

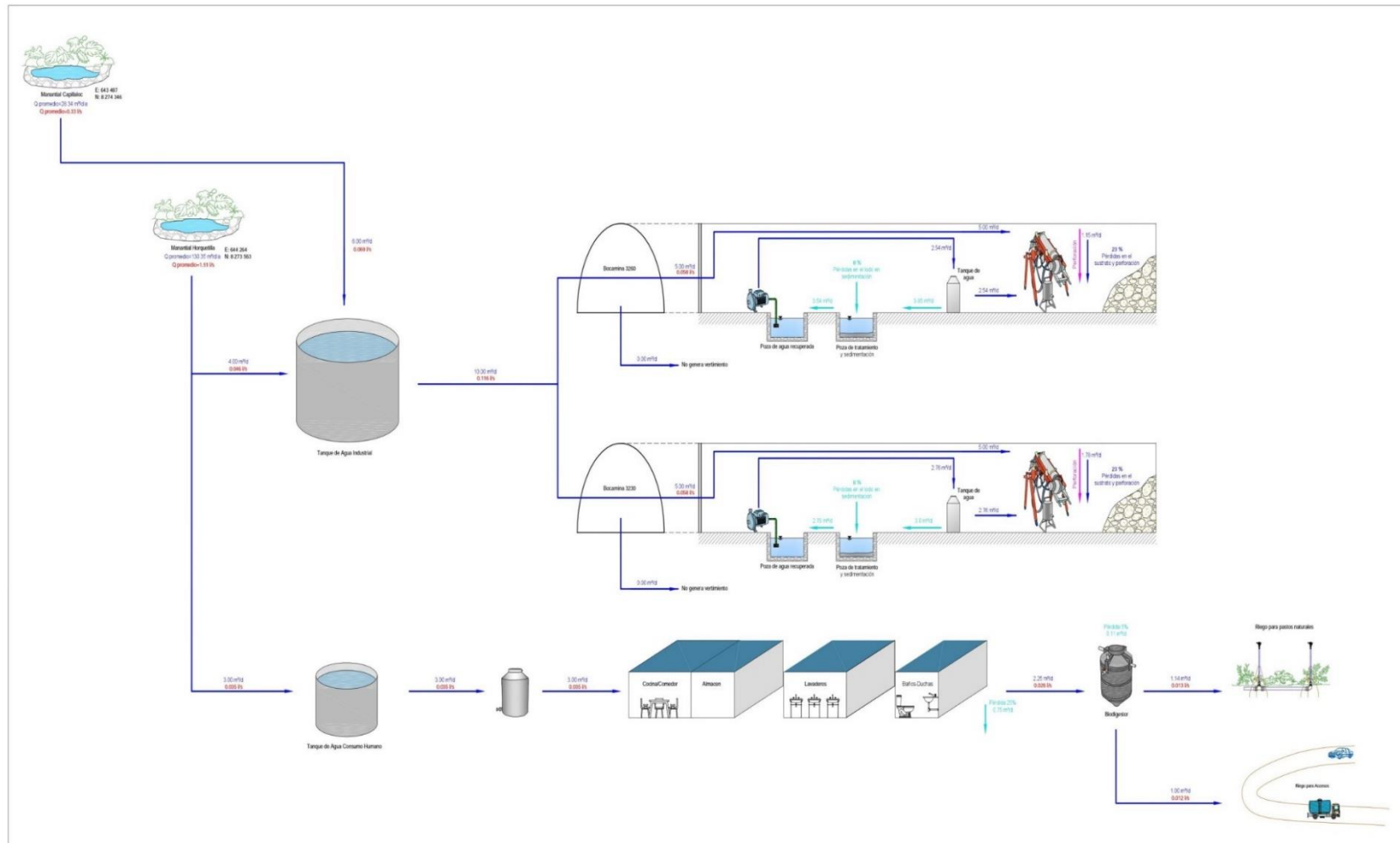
Descripción	Disponibilidad hídrica		Demanda Hídrica		Porcentaje de uso
	m3/día	m3/año	m3/día	m3/año	
Manantial Capillaloc	28.34	10,225.99	6.00	2,190.00	21.42%
Manantial Horquetilla	130.35	47,039.57	7.00	2,555.00	5.43%
		58,265.56	13.00	4,745.00	

El caudal que será captado del manantial denominado Horquetilla, es de 7 m<sup>3</sup>/día. y será conducido hasta una pozo de captación de capacidad de 30m<sup>3</sup>, luego será elevado hacia un tanque intermedio a una altura de 46 m, mediante una tubería HDPE de 1" de diámetro y de 150 m de longitud, se realizara la excavación de zanjas para la colocación de la tubería en ciertos sectores y el anclaje con abrazaderas, limpieza y lastrado de sectores abruptos para tender la línea de conducción esto para evitar daños en la tubería, así mismo se colocara banderines rojos cada 2 m a lo largo de la línea de conducción para evitar incidentes tanto de animales y personas.

En esa misma ubicación existe una bomba que elevara el agua hasta una altura de 65m, mediante una tubería de 1" de diámetro y de longitud de 400m, lugar donde se almacenara agua en dos tanques de 10 m<sup>3</sup>.



**Grafica N° 4: Diagrama del proyecto de explotación minera**



## 4.2. PRESENTACION DE RESULTADOS

### 4.2.1. Resultados Parciales.

Se logró elaborar un programa de monitoreo ambiental de calidad de agua para el proyecto Eladium II de Cía. Minera Eladium SAC.

### 4.2.2. Resultados Generales.

- Se realizó mediante un diagrama la representación del balance hídrico, en donde se indica el uso y empleo del agua del manantial Capillaloc y Horquetilla, para el proyecto Eladium II y su ampliación.
- Se determinó la ubicación geográfica de los puntos de monitoreo de la calidad de agua.
- Se logró determinar los parámetros físico –químicos de la calidad ambiental del agua.
- Se logró determinar los parámetros biológicos de la calidad ambiental del agua.
- Se propuso la frecuencia para el programa de monitoreo ambiental de la calidad de agua.

## 4.3. CONTRASTACIÓN DE HIPÓTESIS.

HIPOTESIS GENERAL	CONTRASTACION
Se podrá realizar un programa de monitoreo ambiental de calidad de agua para el proyecto Eladium II y ampliación de Cía. Minera Eladium SAC, provincia de Caravelí – Arequipa.	Se realizó el programa de monitoreo para el proyecto Eladium II y su ampliación. Al iniciar con la realización del programa se identificó mayores puntos de monitoreo de calidad de agua los cuales nos darán en un futuro resultados representativos adecuados.

HIPOTESIS ESPECIFICA	CONTRASTACION
Se indicara los parámetros físico-químicos de la calidad ambiental del agua.	Se determinó los parámetros físico-químicos de la calidad ambiental del agua.
Se indicara los parámetros biológicos de la calidad ambiental del agua.	Se determinó los parámetros biológicos de la calidad de agua
Se propuso la frecuencia para el programa de monitoreo ambiental de la calidad de agua.	Se ha propuesto en el programa la frecuencia de monitoreo de calidad de agua.

#### 4.4. DISCUSIÓN DE RESULTADOS.

RESULTADOS PARCIALES	DISCUSION DE RESULTADOS
Se logró elaborar un programa de monitoreo ambiental de calidad de agua para el proyecto Eladium II de Cía. Minera Eladium SAC.	Al ser una propuesta, aun faltaría realizar con un mayor estudio ya que no se tiene mucha información sobre las dos quebradas en tema hidrológico, se propone realizar un estudio de aprovechamiento hídrico para poder tener mejores datos para formular resultados más exactos. Aun así con la información que se tenía se ha podido formular una propuesta.

RESULTADOS GENERALES	DISCUSIÓN DE RESULTADOS
<p>Se logró determinar los parámetros físico –químicos de la calidad ambiental del agua.</p>	<p>Mediante visitas a campo al proyecto y con apoyo de la empresa se pudo obtener los datos de ubicación geográfica, aunque la empresa no contaba con los equipos necesarios (GPS) ni tampoco con información actualizada, sin embargo se pudo realizar el trabajo.</p>
<p>Se logró determinar los parámetros biológicos de la calidad ambiental del agua.</p>	
<p>Se logró proponer la frecuencia de monitoreo ambiental de la calidad del agua</p>	<p>Al no estar clasificados los dos manantiales ante la Autoridad Nacional del Agua, se tuvo que tomar criterios para escoger los parámetros. Se ha propuesto una serie de parámetros pero estos deben ser comparados con la Categoría I, III y IV, y cuando la empresa realice y presente su instrumento ambiental la autoridad competente indicara con que categoría se realizaran las comparaciones.</p> <p>La empresa accedió a tomar en cuenta el programa propuesto y realizaran los monitoreos para hacer controles internos e iniciar sus trámites para la obtención de las licencias de agua.</p> <p>Se propuso una frecuencia de monitoreo tomando en cuenta la data de senamhi que se proporcionó y a criterios ambientales, se notó que la empresa estaba interesada en contar con un programa.</p>

## CONCLUSIONES

- Se realizó un programa de monitoreo de calidad de agua en el proyecto Eladium II para Cía. Minera Eladium SAC, hay que tener en cuenta que se tomó criterios ambientales a partir de la escasa información con la que se contaba.
- Se realizó mediante un diagrama la representación del balance hídrico, en donde se puede apreciar que:

El manantial Horquetilla abastecerá para todos los meses del año, incluyendo los meses que son considerados más secos (mayo a noviembre), cabe mencionar que por motivos de mantener la disponibilidad hídrica, se distribuirá el uso del agua con otro manantial denominado Capillaloc, siendo así, que se tomará del manantial Horquetilla 7 m<sup>3</sup>/día (3 m<sup>3</sup>/día para uso doméstico y 4 m<sup>3</sup>/día para uso industrial), mientras que el manantial Capillaloc abastecerá también agua industrial con un volumen de 6 m<sup>3</sup>/día; dando como total los 13 m<sup>3</sup>/día que requiere la planta para su operación, esta distribución de uso de agua no afectará a terceros dentro del área de influencia.

Cabe mencionar que el caudal que será empleado en dichas actividades no afectara a terceros, esto debido a que el caudal de consumo minero no es muy significativo a comparación con el caudal total disponible de ambos manantiales,

- Se determinó establecer cuatro puntos de monitoreo de calidad de agua ubicados de la siguiente forma:
  - PM-01 en quebrada S/N 01 (Aguas arriba del manantial Capillaloc)
  - PM-02 en quebrada S/N-02 (Aguas abajo del manantial Horquetilla)
  - PM-03 en el manantial Horquetilla
  - PM-04 en el manantial Capillaloc.

- Se identificó los parámetros físico-químicos de la calidad ambiental del agua a tomar en cuenta en el programa de monitoreo los cuales son 45 parámetros físico-químicos basados en el Protocolo Nacional de Monitoreo de la Calidad en Cuerpos Naturales de Agua Superficial, en los que sugiere parámetros en la industria minera. Asimismo se tomó en cuenta la recomendación de la Autoridad Nacional del Agua.
  
- Se identificó los parámetros biológicos de la calidad ambiental del agua a tomar en cuenta en el programa de monitoreo los cuales son 3 parámetros biológicos basados en el Protocolo Nacional de Monitoreo de la Calidad en Cuerpos Naturales de Agua Superficial, en los que sugiere parámetros en la industria minera. Asimismo se tomó en cuenta la recomendación de la Autoridad Nacional del Agua.
  
- Se determinó una frecuencia semestral para los parámetros físico-químicos y biológicos, de la siguiente manera
  - Para los puntos de monitoreo PM-01 y PM-02 serían en los meses de Marzo y Agosto ya que en esos meses es época de lluvia en la zona y se activarían las quebradas intermitentes SN-01 y SN-02.
  - Para los puntos de monitoreo PM-03 y PM-04 serían los meses enero y Julio.

## RECOMENDACIONES

- Formar en el mismo proyecto el área de Medio ambiente con personal capacitado para llevar los controles necesarios, ya que actualmente el Área de permisos ambientales supervisa el proyecto y otros con los que cuenta la empresa.
- Realizar lo monitoreo con un personal capacitado en el tema para poder llevar un control y realización del programa de monitoreo de calidad de agua.
- Iniciar con el proceso de obtención de la Licencia de Agua para el proyecto ya que es de suma importancia.

## REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

- **Adame, A. y D. Salín. 1996.** Contaminación Ambiental. Primera Edición. Editorial Trilla, S.A. de C.V. México. 65 pp.
- **Aquino, R.; M. Camacho y G. Llanos. 1989.** Métodos para Análisis de Agua, Suelos y Residuos Sólidos. Instituto de Desarrollo y Medio Ambiente (IDMA). Consejo de Ciencia y Tecnología (CONCYTEC). Lima - Perú. 106 pp.
- **Ministerio de Energía y Minas. 1993.** Minería y Medio Ambiente. Un Enfoque Técnico – Legal de la Minería en el Perú. Lima – Perú. 181 pp.
- **Jesús Collazos Cerrón. 2013.** Manual de evaluación ambiental de proyectos.
- **Centro de Gestión y tecnología ambiental. 2015.** Modulo I: Monitoreo y evaluación de la calidad del agua.



# **ANEXOS**

**ANEXO N° 1**  
**FOTOGRAFIAS**



**Caseta de Vigilancia a la entrada al proyecto Eladium II**



**Área de campamentos, oficinas y almacén.**



**Ubicación del Manantial Horquetillar**



**Quebrada Intermittente donde se ubica el manantial Horquetilla**



**Manantial Capillaloc**



**ANEXO N° 2**  
**MATRIZ DE OPERACIONALIZACIÓN**

<b>Variable</b>	<b>Indicador</b>	<b>Índices</b>	<b>Técnicas de Medición</b>	<b>Instrumento de Medición</b>	<b>Fuente</b>
<b>Independiente:</b> Volumen de Consumo Calidad del agua	Cantidad de agua para consumo humano y minero. Parámetros de la calidad de agua para categoría I, III y IV.	Balance Hídrico.  Estándares de Calidad Ambiental para Agua (ECA – Agua)	Observación Análisis Revisión bibliográfica Interpretación de planos Estudios previos realizados Marco Normativo Protocolo de Monitoreo de calidad de agua ECA Agua	GPS Cámara Fotográfica Cuaderno de Campo Planos Data Senamhi Normativa	Proyecto Eladium II
<b>Dependiente:</b> Parámetros Físico-químicos y biológicos	Parámetros Físico-químicos	- pH (ácido –básico, unidad de pH); - Temperatura (°C) - Conductividad Eléctrica (uS/cm); - Oxígeno Disuelto (mg/l) - DBO5 (mg/L); - DQO (mg/L) - Aceites y grasas (mg/L)			Proyecto Eladium II

Variable	Indicador	Índices	Técnicas de Medición	Instrumento de Medición	Fuente
		<ul style="list-style-type: none"> <li>- Cianuro Libre(mg/L)-Cianuro Wad (mg/L)</li> <li>- Solidos Disueltos Totales (mg/l)</li> <li>- Solidos Suspendidos Totales (mg/L)</li> <li>- Sulfatos (mg/L); - Sulfuros (mg/L)</li> <li>- Cloruros (mg/L); - Bicarbonatos (mg/L)</li> <li>- Fenoles (mg/L)</li> <li>- Turbiedad (UNT)</li> <li>- Carbonatos (mg/L); - Silicatos (mg/L)</li> <li>- Sulfuro de Hidrogeno (mg/L)</li> <li>- Nitrógeno total (mg/l)-Fosforo total (ppm)</li> <li>- As, Ba, B, Ca, Cd, Cu, Co, Cr, Cr+6, Fe, Mg, Mn, Hg, Ni, Ag, Pb, P, Se, V, Zn (mg/L)</li> <li>- Metales Pesados (mg/L)</li> </ul>			
	Parámetros Biológicos	<ul style="list-style-type: none"> <li>Coliformes Totales (NMP/100 mL)</li> <li>Coliformes Termotolerantes (NMP/100 mL)</li> <li>Huevos de Helimintos (NMP/100 mL)</li> </ul>			

### ANEXO N° 3

#### MATRIZ DE OPERACIONALIZACIÓN DE HIPOTESIS, VARIABLES E INDICADORES

Problemas	Objetivos	Hipótesis	Variable	Indicadores	Método
<p><b>P. General:</b></p> <p>¿Es posible realizar una propuesta de un programa de monitoreo ambiental de calidad de agua para el proyecto Eladium II y su ampliación de Cía. Minera Eladium SAC, Caraveli – Arequipa, que prevea impactos ambientales, cumpla con criterios y normativa ambiental peruana?</p>	<p><b>Objetivo General:</b></p> <p>Elaborar una propuesta de un programa de monitoreo ambiental de calidad de agua para el proyecto Eladium II y su ampliación, de Cía. Minera Eladium SAC, provincia de Caraveli – Arequipa, que prevea impactos ambientales, cumpla con los criterios y normativa ambiental peruana.</p>	<p>Es posible elaborar un programa de monitoreo ambiental de calidad de agua para el proyecto Eladium II y ampliación de Cía. Minera Eladium SAC, provincia de Caraveli – Arequipa, que prevea impactos ambientales, cumpla con criterios y normativa ambiental peruana.</p>	<p><b>V.I.:</b> Calidad de agua y consumo de agua</p>	<p>Parámetros de calidad agua para categoría I, III y IV (ECA-Agua). Cantidad de agua para consumo humano</p>	<p>El método que corresponde a esta investigación es del método científico descriptivo ya que se basa en la observación y análisis.</p>

Problemas	Objetivos	Hipótesis	Variable	Indicadores	Método
<p><b>Problemas Específicos</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• ¿Se puede representar mediante un diagrama el balance de hídrico, el uso y empleo del agua del Manantial Capillaloc y Horquetilla en el proyecto Eladium II y su ampliación?</li> <li>• ¿Es posible establecer la ubicación geográfica de los puntos de monitoreo en coordenadas UTM WGS 84?</li> </ul>	<p><b>Objetivos Específicos</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Realizar mediante un diagrama la representación del balance hídrico, en donde se indicara el uso y empleo del agua del Manantial Capillaloc y Horquetilla, para el proyecto Eladium II y su ampliación.</li> <li>• Determinar la ubicación geográfica de los puntos de monitoreo de calidad de agua en coordenadas UTM WGS 84</li> </ul>		<p><b>V.D.:</b></p> <p>Parámetros físicos, químicos</p> <p>Parámetros Biológicos</p>	<p>pH, T (°C), O.D (mg/L), DBO5 (mg/L), DQO (mg/L), Aceites y grasas (mg/L), CN libre (mg/L), CN Wad (mg/L), SDT (mg/L), SST (mg/L), Sulfatos (mg/L), Sulfuros (mg/L), Cloruros (mg/L), Bicarbonatos (mg/L), Fenoles (mg/L), Turbiedad (UNT), Carbonatos (mg/L), Silicatos (mg/L), Sulfuro de H. (mg/L), N Total (mg/L), P Total (ppm); As, Ba, B, Ca, Cd, Cu, Co, Cr, Cr+6, Fe, Mg, Mn,</p>	



Problemas	Objetivos	Hipótesis	Variable	Indicadores	Método
<ul style="list-style-type: none"> <li>• ¿Se podrá determinar los parámetros físico - químicos de la calidad ambiental del agua para el programa de monitoreo?</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Identificar los parámetros físico-químicos de la calidad ambiental del agua a tomar en cuenta en el programa de monitoreo</li> </ul>			<p>Hg, Ni, Ag, Pb, P, se, V, Zn (mg/L); Metales pesados.</p>	
<ul style="list-style-type: none"> <li>• ¿Se podrá determinar los parámetros biológicos de la calidad ambiental del agua para el programa de monitoreo?</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Identificar los parámetros biológicos de la calidad ambiental del agua a tomar en cuenta en el programa de monitoreo.</li> </ul>			<p>C. Totales (NMP/100 mL), C. Termotolerantes (NMP/100 mL), Huevos de Helmintos (NMP/100 mL)</p>	
<ul style="list-style-type: none"> <li>• ¿Se podrá determinar la frecuencia del monitoreo ambiental de calidad de agua para el programa de monitoreo?</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Determinar la frecuencia para el programa de monitoreo de calidad de agua.</li> </ul>				