

UNIVERSIDAD NACIONAL DANIEL ALCIDES CARRIÓN

ESCUELA DE POSGRADO

MAESTRÍA EN INGENIERÍA QUÍMICA



**MEJORA DE LA CALIDAD DE AGUAS DEL RIO
SAN JUAN APLICANDO EL PROCESO HDS EN EL
DISTRITO DE RANCAS, PASCO - 2016**

T E S I S

PARA OPTAR EL GRADO ACADÉMICO DE MAESTRO

PRESENTADO POR:

RAMOS MARTÍNEZ, Jonás Ananías

PASCO – PERÚ 2018

UNIVERSIDAD NACIONAL DANIEL ALCIDES CARRIÓN
ESCUELA DE POSGRADO
MAESTRÍA EN INGENIERÍA QUÍMICA



MEJORA DE LA CALIDAD DE AGUAS DEL RIO SAN JUAN
APLICANDO EL PROCESO HDS EN EL DISTRITO DE
RANCAS, PASCO - 2016

PRESENTADO POR:

RAMOS MARTÍNEZ, Jonás Ananías

SUSTENTADO Y APROBADO ANTE LA COMISION DE JURADOS:

Dr. Eduardo J. MAYORCA BALDOCEDA
PRESIDENTE

Mg. Vicente N. GAMARRA TORIBIO
MIEMBRO

Mg. José E. CASTILLO MONTALVAN
MIEMBRO

A ti Señor...

A las luces que brillan e iluminan mi camino, alma, y corazón: **LEONIDAS** y **VICENTA** mis adorables padres.

A mis hijos: **ITALO, MAGALLY, FIORELLA** y **BRYAN** con vastos conocimientos por alcanzar sus sueños.

A mis inocentes niños **JULIETA** y **MIRKO** por retroceder mi vida.

A **GLORIA ELVIRA**, por ser la compañera de mis días.

“Los acontecimientos de la vida nunca ocurren por casualidad”

RESUMEN

El objetivo principal de ésta Tesis es de mitigar los impactos ambientales mediante la aplicación del método HDS a las aguas del río San Juan que son producto de la contaminación de las aguas a causa de la actividad minera, industrial y doméstica en Pasco en el ecosistema acuático del río San Juan. Para lograr el desarrollo y la producción de la presente ha sido necesaria la realización de una evaluación de efluentes líquidos que vierten, las cuales reflejaron el estado actual de calidad de las aguas del río San Juan en el cual se encuentra, visualizándose de este modo las debilidades y amenazas ambientales con que cuenta.

Determinar las condiciones de la calidad del agua superficial del río San Juan permitió conocer las condiciones actuales del agua desde las nacientes, y su modificación a lo largo del recorrido de los escurrimientos superficiales a través de las zonas de contacto con actividades humanas para determinar acciones específicas de mejoramiento en la infraestructura de tratamiento que se puedan apreciar.

Esta Tesis constituye un intento por implementar el método de lodos de alta densidad para reducir la contaminación de las aguas, se realizaron las pruebas a nivel laboratorio, pero la implementación a nivel industrial será el reto que proponemos a las futuras generaciones.

La Tesis está compuesta por cuatro capítulos e incluye previamente un resumen y una introducción; el tema central, el cual sirvió como pilar para el desarrollo y diseño de la Tesis, es el análisis de la Calidad Ambiental en

que se encuentra el río San Juan; el mismo que se muestra a grandes rasgos en el Capítulo IV y finalmente las principales conclusiones y recomendaciones de la investigación realizada.

La conclusión fundamental de esta Tesis fue que la calidad del agua en el tramo evaluado del río San Juan, debido a que estos efluentes de las operaciones mineras que se mezclan con el cuerpo receptor están deteriorando la biodiversidad del sistema acuático en su totalidad.

Asimismo, este trabajo de investigación contribuirá a despertar en la conciencia la valoración de los sistemas acuáticos ya que la conservación y protección del agua representa un factor directo en la calidad de vida; y que la presión del crecimiento demográfico en la zona de conservación es directamente proporcional a la presión que las actividades humanas ejercen sobre el elemento sustancial.

ABSTRACT

The main objective of this thesis is to mitigate environmental impacts by applying the HDS method to the waters of the Rio San Juan that result from contamination of product water from mining industrial and domestic activity in Pasco in the aquatic ecosystem San Juan river. To achieve the development and production of this conducting an evaluation of liquid effluents discharged was necessary which reflected the current state of water quality of the river San Juan in which it is located displayed in this way weaknesses and environmental threats that counts.

Determine the condition of the surface water quality of the river San Juan yielded information on the current conditions of water from the springs, and its modification along the path of the surface runoff through the contact areas with human activities to determine specific actions improvement in processing infrastructure that can be appreciated.

This thesis is an attempt to implement the method of High Density Sludge to reduce water pollution testing at laboratory was made but the industrial implementation is the challenge that we propose to future generations.

The thesis consists of four chapters and previously includes a summary and introduction the central issue which served as the foundation for development and design of the thesis is the analysis of environmental quality in the Rio San Juan is located the same as shown broadly in Chapter IV and finally the main conclusions and recommendations of the investigation.

The main conclusion of this thesis was that the water quality in the evaluated section of the San Juan River because these effluents from mining operations that mix with the receiving body are deteriorating biodiversity of the aquatic system as a whole.

Also, this research will help to awaken consciousness assessment of water systems since the conservation and protection of water represents a direct factor in the quality of life and the pressure of population growth in the conservation area is directly proportional to the pressure of human activities on the substantial element.

ÍNDICE

| | Pág. |
|--------------|-------------|
| DEDICATORIA | |
| RESUMEN | |
| ABSTRACT | |
| ÍNDICE | |
| INTRODUCCIÓN | |

CAPÍTULO I

PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN

| | |
|---|----|
| 1.1 Identificación y Planteamiento del Problema. | 14 |
| 1.2 Delimitación de la Investigación. | 18 |
| 1.3 Formulación del Problema. | 20 |
| 1.3.1 Problema Principal. | 20 |
| 1.3.2 Problema Específico. | 20 |
| 1.4 Formulación de Objetivos. | 20 |
| 1.4.1 Objetivo General. | 20 |
| 1.4.2 Objetivos específicos. | 20 |
| 1.5 Justificación de la Investigación. | 21 |
| 1.6 Limitaciones de la Investigación. | 22 |

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

| | |
|---|----|
| 2.1 Antecedentes de Estudio. | 23 |
| 2.2 Bases Teóricas-Científicas y Definición de Términos Básicos. | 33 |
| 2.2.1 Contaminación del Agua: | 33 |

| | |
|--|----|
| 2.2.2 Clasificación de la contaminación. | 34 |
| 2.2.2.1 Tipos de contaminantes. | 35 |
| 2.2.2.2 Efectos de la contaminación por metales pesados. | 40 |
| 2.2.3 Calidad de Agua: | 47 |
| 2.2.3.1 Monitoreo de la calidad de agua. | 48 |
| 2.2.3.2 Análisis de la calidad de agua: | 56 |
| 2.2.4 Marco Normativo de la calidad de Agua: | 64 |
| 2.2.4.1 Límites Máximos Permisibles para la descarga de efluentes líquidos de actividades Minero Metalúrgicas. D.S. N° 010 – 2010 – MINAM | 64 |
| 2.2.4.2 Estándares Nacionales de Calidad Ambiental para Agua – Categoría IV – Conservación del Ambiente Acuático. D.S. N° 002 – 2008 – MINAM. | 64 |
| 2.2.5 Proceso HDS (High Density Slurry) | 65 |
| 2.2.6 FLOCULACION | 71 |
| 2.2.6.1 Coloides | 75 |
| 2.2.6.2 Mezclado del coagulante | 76 |
| 2.2.6.3 Crecimiento de los flóculos | 77 |
| 2.2.6.4 Reactivos coagulantes y floculantes más comunes ... | 78 |
| 2.3 DEFINICIÓN DE TÉRMINOS: | 82 |
| 2.4 Formulación de Hipótesis. | 86 |
| 2.4.1 Hipótesis General. | 86 |
| 2.4.2 Hipótesis Específicas. | 86 |
| 2.5 Identificación de Variables. | 86 |

| | |
|---|----|
| 2.6 Definición Operacional de Variables e Indicadores. | 87 |
|---|----|

CAPÍTULO III

METODOLOGÍA Y TÉCNICA DE INVESTIGACIÓN

| | |
|---|----|
| 3.1 Tipo de Investigación. | 88 |
| 3.2 Diseño de Investigación. | 88 |
| 3.3 Población y Muestra. | 90 |
| 3.3.1 POBLACIÓN: | 90 |
| 3.3.2 MUESTRA: | 90 |
| 3.4 Métodos de Investigación. | 91 |
| 3.5 Técnicas e Instrumentos de Recolección de Datos. | 91 |
| 3.5.1 INSTRUMENTOS: | 92 |
| 3.5.2 PROCEDIMIENTOS DE RECOLECCION DE DATOS | 93 |

CAPÍTULO IV

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

| | |
|-------------------------------------|-----|
| 4.1 INTERPRETACION DE CUADROS | 97 |
| 4.2 PRESENTACION DE RESULTADOS | 98 |
| 4.3 PRUEBA DE HIPOTESIS | 99 |
| 4.4 DISCUSION DE RESULTADOS | 101 |

CONCLUSIONES

RECOMENDACIONES

BIBLIOGRAFÍA

ANEXOS

INTRODUCCIÓN

La contaminación de vertientes y ríos pueden afectar los usos municipales y domésticos del agua, la contaminación de las aguas se producen con el procesamiento de minerales produciendo una cantidad de residuos y productos que pueden causar la muerte de zonas y el traslado de especies de flora y fauna a otras regiones.

La aplicación del método HDS nos permitirá identificar las potencialidades que tenemos de poder contar con nuestros efluentes líquidos con menores valores de contaminación, la contaminación del agua comienza desde cuando se usan elementos explosivos en la mina debido al incremento de la eutrofización y la contaminación de cuerpos de agua. También cuando la lluvia cae en lugares donde se encuentra expuesto a cantidad de residuos sólidos y líquidos. Entonces tratemos de responder a la pregunta que hacer, con este gran problema, de quien depende, de las leyes, reglamentos, en la mayoría de los países los gobiernos fracasaban al exigir a los municipios y principalmente a las empresas mineras pagar los costos asociados a muchos impactos post-operacionales. Muchos de estos costos externos sólo podían ser internalizados a través de procesos de mitigación y la evaluación de costos de tratamiento. Especialmente por muy costosos que involucren los problemas de calidad del agua a largo plazo, fueron muchas veces imprevistos, dejando al gobierno con fondos insuficientes para comenzar una limpieza, caso de la segunda etapa de tinajones en la región Lambayeque.

A pesar de que a muchos nos gustaría que la mayoría de los cuerpos de aguas presentaran una buena calidad, la realidad es que el hombre ha ido introduciendo modificaciones para poder utilizar el agua para su provecho y que han llevado a la alteración de la calidad natural del agua, esto hace que no sea parcial o totalmente adecuada para la aplicación o uso que se destine.

La Tesis que se presenta a continuación tiene como objetivo primordial la aplicación de lodos de alta densidad (HDS) para el tratamiento de aguas contaminadas y así mitigar los impactos ambientales en el ecosistema acuático del río San Juan producto de la contaminación de las aguas por la Actividad Minera en Pasco. El objetivo se fundamenta en la importancia de la Gestión ambiental integral, que es de adopción voluntaria para las Empresas, puesto que prefija objetivos ambientales de alto valor para la sociedad tales como "mantener la prevención de la contaminación y la protección del ambiente en equilibrio con las necesidades socioeconómicas". Está claro que la adopción de ciertas metodologías de gestión ambiental y de la mejor tecnología disponible puede contribuir a un mejor desempeño ambiental.

La presente Tesis está organizada en cuatro capítulos: en el primer capítulo se menciona el planteamiento del problema, objetivos que se desean alcanzar, el sistema de hipótesis y la justificación necesaria del problema; el segundo capítulo hace referencia al marco teórico, en el cual también incluye los antecedentes de estudios y una definición de términos, mencionados a lo largo del desarrollo del estudio; en el capítulo tercero se

observa la metodología empleada para la consecución de los resultados, en ella podemos apreciar el tipo de investigación, el diseño, el espacio de muestra en estudio, las técnicas e instrumentos de recolección y análisis de datos, y una descripción del lugar de estudio; en el último capítulo hallamos los sistemas disponibles de la investigación, reflejados en el tratamiento de los efluentes líquidos del río San Juan.

Finalmente, se detallan a modo de conclusiones y recomendaciones, las principales aportaciones de la investigación del tratamiento del efluente líquido y la posible mejora del ecosistema acuático del río San Juan, las instituciones deben velar por la conservación de dicho río y para la sociedad circundante.

CAPÍTULO I

PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN

1.1 Identificación y Planteamiento del Problema.

La actividad minera propia de la Ciudad de Cerro de Pasco en los últimos años ha dado lugar a impactos sobre el medio ambiente que, en la mayor parte de los casos, no han sido dimensionados.

El problema ambiental de la contaminación de las aguas por las operaciones mineras de Volcan Compañía Minera en Paragsha, Distrito de Rancas-Pasco y la propia actividad doméstica e industrial de los distritos de Chaupimarca, Yanacancha y el Centro Poblado Menor de Paragsha: son relevantes tanto por su magnitud como por la percepción de la comunidad y se manifiesta especialmente en los efluentes líquidos vertidos en el río San Juan, que recorre el distrito

de Rancas, para finalmente verter al Lago Chinchaycocha, Región Junín.

La contaminación de las aguas constituye un problema ambiental por generar un efecto sobre un componente ambiental (agua) y el deterioro de esta, afecta la supervivencia y calidad de vida del hombre y de las especies nativas que tienen como ecosistema el río San Juan.

Persistencia de la contaminación del recurso hídrico con relaves, desmontes, residuos sólidos y líquidos de aguas ácidas, que, entre otros aspectos, traen como consecuencia la destrucción de la flora y fauna. Adicionalmente se presenta el déficit de suministro de agua para consumo humano, porque el abastecimiento es compartido con la empresa minera.

La contaminación del aire no ha sido mitigada, y es fuente directa de enfermedades en la población, particularmente de los niños menores de cinco años, a lo que hay que sumar la contaminación producida por las canchas de relaves, botaderos de basura, desmonte al aire libre, lluvia ácida y las fuentes de aguas contaminadas móviles y fijas.

La presencia de plomo en sangre, en valores que superan los límites permisibles dispuestos por la Organización Mundial de la Salud (10ug/dl) especialmente en niños menores de doce años en zonas como Paragsha, Champamarca y Huayllay.

Se mantiene el déficit de viviendas y dotación de servicios, con áreas verdes mínimas y escasas zonas de recreación.

Empresas cumplen con PAMAS solo por obligación, no por convicción.

La ciudad de Cerro de Pasco está considerada como una las 16 ciudades más críticas del país (Evaluación de la Situación Urbano Ambiental de la Ciudad Minera de Cerro de Pasco”, LABOR, 2003 pp10), frente a lo cual es urgente asumir responsabilidades y no continuar en la indiferencia y conducta pasiva que muestran los siguientes protagonistas:

Las autoridades de los gobiernos locales, tanto provincial como distritales, así como los funcionarios que representan a los ministerios de Educación, Agricultura, Energía y Minas y otros, no consideran al tema ambiental como prioritario, lo que ocasiona en la población (niños y adultos) tampoco valoran los recursos naturales ni la preservación de los mismos.

De igual manera nos atrevemos a indicar que las autoridades regionales, locales y comunales, igualmente, se sienten ajenos a la problemática de contaminación de sus localidades, pero a la vez nosotros también contribuimos con nuestra pasividad y posición de simples observadores.

Los responsables de las empresas mineras existentes en la región, amparados por un marco legal inadecuado y parcializado, no se conmueven por los graves impactos ambientales y sociales que

ocasionan y lamentablemente nunca han tomado la iniciativa de superar y reparar los daños causados sobre los recursos naturales pertenecientes a las comunidades campesinas.

Las empresas mineras, en la actualidad sólo se limitan a cumplir “por obligación” sus Programas de Adecuación y Manejo Ambiental (PAMA), sin que existan iniciativas ni políticas empresariales ambientales propias, donde participen por igual, las organizaciones sociales afectadas, las autoridades locales y la población.

Poca o ninguna difusión de las normas vigentes, esto es una deficiencia que se observa en todo el país. El grueso de la población en el ámbito nacional recibe poca información de los medios de comunicación masiva, a ello se suma la falta de iniciativa de los pobladores por acceder a esa información, por lo cual se recomienda que la educación ambiental se imparta en todos los niveles educativos en forma permanente y a nivel nacional.

Por el contrario, los conflictos entre las empresas y las comunidades se han agudizado, muestra de ello es lo que ocurre entre la comunidad urbana de Ayapoto y Volcan Compañía Minera o el acontecimiento entre las comunidades campesinas de Lalaquia y Tíclacayán y la empresa Atacocha, ante los cuáles, las autoridades no tienen ningún rol protagónico para favorecer y dar solución a favor de las comunidades.

La contaminación ambiental es general. La ciudad de Cerro de Pasco, las zonas de Yanacancha, Paragsha, Ayapoto y

Champamarca están contaminadas por la presencia de desmontes mineros y plomo en sangre; Quiulacocha, las cuencas de los ríos San Juan y Huallaga afectados por relaves, mientras que la micro cuenca del Río Tingo es un cadáver. Sus aguas totalmente contaminadas no albergan ningún tipo de vida.

1.2 Delimitación de la Investigación.

El área de estudio se ubica en la sierra central del país, al este de la cordillera occidental, a casi 4,100 msnm, considerándose la ciudad más alta del país. La investigación está delimitada solo para el río San Juan.

Figura N° 1.1: UBICACIÓN DEL LUGAR DE ESTUDIO



Fuente: Google Earth

1.3 Formulación del Problema.

1.3.1 Problema Principal.

¿Cómo mejoramos la calidad de las aguas del río San Juan aplicando el Proceso HDS en el Distrito de Rancas, Pasco - 2016?

1.3.2 Problema Específico.

- a. ¿Cómo identificar las probables causas de contaminación de las aguas del río San Juan del Distrito de Rancas, Pasco?
- b. ¿Cuál es el análisis químico de las aguas que discurren en el río San Juan del Distrito de Rancas, Pasco?
- c. ¿Cuáles son las consecuencias que ocasionan las aguas sin tratamiento del río San Juan en la flora y fauna del Distrito de Rancas, Pasco?
- d. ¿Qué alternativa se puede implementar para tratar las aguas del río San Juan del Distrito de Rancas, Pasco?

1.4 Formulación de Objetivos.

1.4.1 Objetivo General.

Mejorar la calidad de las aguas del río San Juan aplicando el Proceso HDS en el Distrito de Rancas, Pasco – 2016.

1.4.2 Objetivos específicos.

- a. Identificar las probables causas de contaminación de las aguas del río San Juan del Distrito de Rancas, Pasco

- b. Determinar el análisis químico de las aguas que discurren en el río San Juan del Distrito de Rancas, Pasco
- c. Determinar las consecuencias que ocasionan las aguas sin tratamiento del río San Juan en la flora y fauna del Distrito de Rancas, Pasco.
- d. Identificar la alternativa que se puede implementar para tratar las aguas del río San Juan del Distrito de Rancas, Pasco.

1.5 Justificación de la Investigación.

Para justificar el presente trabajo de investigación serán expuestos dando respuesta a las siguientes preguntas: ¿Por qué se realiza esta investigación?, ¿Para qué se realiza esta investigación? y ¿A quiénes beneficia esta investigación?

¿Por qué se realiza esta investigación?

Esta investigación se realiza porque permitirá identificar el proceso HDS para el tratamiento de aguas del río San Juan, que es contaminado por el uso de sustancias químicas en los procesos productivos de las actividades mineras y de las actividades domésticas e industriales que son vertidos al medio ambiente y en particular al cauce del río San Juan los cuales generan impactos negativos.

¿Para qué se realiza esta investigación?

El presente trabajo de investigación se llevó a cabo para conocer y analizar el tratamiento HDS para las aguas contaminadas y contar

con un estudio de investigación que profundice cuál ha sido el impacto en la calidad del agua del río San Juan en la ciudad de Cerro de Pasco.

¿A quiénes beneficia el presente proyecto?

Este trabajo investigativo beneficiará y sensibilizará a la población para minimizar el impacto socio ambiental negativo en el hábitat del hombre y mejorar la calidad del agua.

1.6 Limitaciones de la Investigación.

Las empresas mineras existentes en la ciudad de Cerro de Pasco, por ser empresas privadas no dan apoyo y grado de confiabilidad a estos tipos de trabajos, ya que argumentan que toda información es estrictamente privada.

Podemos tener limitación en cuanto a:

- Financiamiento para la elaboración del presente estudio.
- Apoyo de personal capacitado.
- Información de la data actual en cuanto a su operatividad de la investigación.

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

2.1 Antecedentes de Estudio.

Al efectuar un estudio limnológico del lago Chinchaycocha con fines energéticos, se determinó que el agua estaba contaminada en la zona de contacto con el río San Juan; pero no se efectuaron estudios de sedimentos y de análisis de la concentración de metales. Según el Convenio **ELECTRO CENTRO - MIPE (1986)**, determinaron que las cargas estacionales de metales particulados y disueltos en la temporada de lluvia en el río San Juan, son las responsables de la degradación periódica de la calidad del agua de la cuenca principal, así como de la acumulación de sedimentos con gran concentración de metales pesados. Recomendaron desarrollar estudios de cuantificación de tipos, cantidades, fuentes, y efectos de los

contaminantes del río San Juan. **Ministerio de Energía y Minas (1998).**

En su trabajo de investigación, "Contaminación por Metales Pesados en Agua, Sedimento y Biota del Lago Junín, Enero a Diciembre del 2000", en la que llegó a determinar niveles de concentración por metales pesados en agua, además reporta indicios de diferencias en concentración de metales pesados en organismos, pero de una manera general. **(Castillo 2001).**

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 procesamiento de minerales, desarrollada desde hace miles de años. Durante toda la vida minera de Oruro, más de 120 minas estatales y privadas, han dejado concentraciones altas de metales pesados con daños irreversibles para los ecosistemas terrestres, acuáticos. Lagos Poopó y Uru Uru, para lo cual se establecerán mecanismos de alternativas de solución, mediante el gobierno para establecer normas y estándares de los límites permisibles para los efluentes industriales mineros con la finalidad de proteger y preservar el los ecosistemas acuáticos y terrestres de País. **(Ríos C. 2001).**

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**).

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, 1 995**).

Son muchos los ríos y lagunas del país, donde han ocurrido desastres por contaminación minera; el caso más notable es la contaminación del río Mantaro, donde el alto grado de polución química de sus aguas ha motivado la desaparición de flora y fauna de éste río, en la mayor parte de su recorrido (**OSASA, 1984**).

Paredes (1984), hace un estudio sobre los efluentes líquidos de la minería y su comportamiento químico en la potabilización del agua; **Corzo** (1986), hace una evaluación del problema de los residuos mineros en el Perú; la **Southern Perú Copper Corporation** (1986), relaciona la ecología con la actividad minera en Cuajone; **León** (1992), evalúa algunos metales que afectan la calidad del agua del

río Moche; asimismo, **Millones** (1995), sustenta el seguimiento y evaluación ambiental en el manejo de cuencas.

Respecto a los **límites permisibles**, se ha establecido la diferencia entre el concepto de **límite de emisión**, que se refiere al contenido de contaminantes sólidos, líquidos o gaseosos vertidos al ambiente por la actividad generadora, y el **límite de exposición** que se refiere a los valores máximos a los que puede estar expuesto el ser humano en el ambiente de trabajo o fuera de él, sin poner en peligro su salud o seguridad (**Ministerio de Energía y Minas, 1993**).

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**).

El crecimiento de la población humana y el desarrollo de las grandes ciudades y las diversas industrias, han ocasionado la descarga de enormes cantidades de aguas residuales y de desechos industriales en los lagos y mares, causando gran contaminación hasta el grado de no poder utilizarse para la bebida, el uso doméstico y la irrigación (**Odum, 1986**).

ANTECEDENTES NACIONALES

Ramón Enrique Espinoza Paz, de la Universidad de Piura Facultad de Ingeniería, Maestría en Gestión y Auditorías Ambientales (2010) da a conocer la investigación **PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES EN SAN JUAN DE MIRAFLORES** cuyo resumen es: *Las Lagunas de San Juan de Miraflores fueron diseñadas en los años 60, para tratar los desagües provenientes de Ciudad de Dios y Pamplona del distrito de San Juan de Miraflores, con una capacidad promedio de 160 l/s, considerándose un área de tratamiento de 20 hectáreas. Al año 1998 recibían un caudal estimado de 450 l/s, con una reducción del área de tratamiento de aguas residuales, en aproximadamente 5 hectáreas, que se utilizaron en estanques de acuicultura para crianza de peces, lo que originó una sobrecarga orgánica e hidráulica con el resultado de dar un efluente que estaba incumpliendo con las normas de descarga y creando un problema de salud pública. Esta fue la razón para ampliar y cambiar el sistema de tratamiento en San Juan, además de conservar el área de la Planta como un entorno ecológico; esta zona es un verdadero oasis dentro de lo desértico que son los distritos de San Juan de Miraflores y Villa El Salvador, al mismo tiempo que se incrementará la cobertura del servicio de alcantarillado al tratar los desagües provenientes del colector Villa El Salvador. Otro de los beneficios inmediatos será reducir la contaminación costera causada por efecto de las descargas de aguas residuales del colector Surco*

al que pertenece el sistema San Juan, que recolecta un promedio de 6,500 l/s de desagües, que los descarga sin tratamiento en el mar en la zona de La Chira, Chorrillos – Bahía Miraflores, originando en el medio marino costero una serie de problemas asociados a la salud pública, al deterioro de los recursos marinos y a la contaminación de playas. El sistema de tratamiento de lagunas aireadas con lagunas facultativas de acabado es un método de tratamiento intermedio entre los sistemas lagunares y los sistemas avanzados, produciéndose en el efluente de las lagunas facultativas una DBO inferior a 30 mg/l., con la ventaja de una disminución drástica de los olores al suministrar oxígeno en la primera etapa del tratamiento, no dependiendo de factores naturales (luz solar, fotosíntesis, viento), además este tipo de tratamiento produce muy poco lodo, y el lodo producido es digerido en la misma laguna, por lo que requiere solamente de un área no muy extensa para disponerlos directamente, también por poseer un alto periodo de retención (de 6 a 10 días), pueden asimilar sobrecargas hidráulicas y orgánicas sin afectar sustancialmente su eficiencia.

Fortunato Vidal Méndez Melgarejo y Osiris Feliciano Muñoz, de la Universidad Nacional de Ingeniería Facultad de Ingeniería Económica y Ciencias Sociales Sección De Post Grado Maestría en Proyectos de Inversión propone “PROPUESTA DE UN MODELO SOCIO ECONÓMICO DE DECISIÓN DE USO DE AGUAS

RESIDUALES TRATADAS EN SUSTITUCIÓN DE AGUA LIMPIA PARA AREAS VERDES” (2010) el resumen es el siguiente:

La problemática ambiental mundial de las ciudades y centros poblados en nuestros días está centrada en resolver la contaminación atmosférica, el manejo de los residuos sólidos generados y la escasez de los recursos hídricos, para lo que se vienen haciendo muchas investigaciones con programas y proyectos pilotos impulsados por entidades públicas y privadas con el objeto de contrarrestar el deterioro del ecosistema y el hábitat humano. Respecto a los recursos hídricos, es creciente la preocupación y existen iniciativas para el mejor aprovechamiento de las cada vez más escasas fuentes de agua existentes, junto con una equitativa distribución y racional uso de los mismos, así como la búsqueda de fuentes alternativas de agua. Esto se manifiesta en los cambios normativos que se viene dando en torno a la Ley General de Aguas, así como en propuestas de proyectos de desalinización de agua marina para consumo humano y de tratamiento de aguas residuales para su aprovechamiento en riego de áreas verdes y de cultivo...

ANTECEDENTES INTERNACIONALES

Eduardo Fernández Mayo Peternell de la Universidad Veracruzana Facultad de Ingeniería Civil Región Xalapa “Proyecto Ejecutivo de Planta de Tratamiento de Aguas Residuales para la Localidad de Xochiapa,” Tesis para obtener el Título de Ingeniero Civil (2010), la introducción de la Tesis es el siguiente:

El tratamiento de aguas residuales, es un proceso de tratamiento que incorpora transformaciones físicas, químicas y biológicas, con el objeto de tratar y remover los contaminantes físicos, químicos y biológicos del agua, efluente del uso humano. El objetivo del tratamiento es producir agua ya limpia o reutilizable en el ambiente y un residuo sólido o fango que puede utilizarse para diversos y diferentes propósitos. Las aguas residuales están constituidas fundamentalmente por las aguas de abastecimiento después de haber pasado por las diversas actividades o usos por parte de la población y son generadas por residencias, instituciones y locales comerciales e industriales. Esto puede ser tratado dentro del sitio en el cual es generado o recogido y llevado mediante una red de tuberías y eventualmente bombas a una planta de tratamiento local. Los esfuerzos para coleccionar y tratar las aguas residuales de las descargas están típicamente sujetos a regulaciones y estándares locales, estatales y federales (regulaciones, controles, normatividades). Cuando hablamos de recursos industriales de aguas residuales o de procesos que exigen una mayor limpieza del efluente al momento de descargarlo, decimos que requieren tratamientos minuciosos con una tecnología alta (lo cual significan mayores costos de inversión y mantenimiento), es por esto que se hace alusión a la normatividad, todo esto acorde al lugar donde se hará la descarga del líquido. Si estas aguas no se manejan adecuadamente, generan impactos ambientales adversos y diversos

en el medio y por esto es que es muy importante cumplir con las exigencias de la normatividad. Es por ello que son necesarias las plantas de tratamiento para mejorar la calidad de vida de la población además de poder darle una reutilización al agua para actividades básicas del ser humano. En México cerca del 80% de las aguas residuales municipales e industriales, se vierten a los cuerpos de agua sin recibir tratamiento alguno. Actualmente se están viviendo graves problemas con la distribución del agua y su mal aprovechamiento 2 en las ciudades de nuestro país. Gran parte de la realidad es consecuencia de la baja eficiencia en el uso del agua y, sumándolo a los problemas del crecimiento poblacional, se ha provocado que el agua de los ríos y lagos sea insuficiente en algunas zonas, que las fuentes subterráneas sean sobreexplotadas y que la calidad general del agua se haya deteriorado. Todo esto, hace que la labor de preservar el agua no sea fácil y aumenta la necesidad de un cambio total en la forma en la que nos enfrentamos a este recurso natural. Enfocándonos en el estado de Veracruz, el escurrimiento fluvial anual representa el 30% del total Nacional, ya que son cuatro importantes cuencas hidrológicas las que atraviesan por nuestro estado. Una de éstas, es la cuenca del Papaloapan, la cual distribuye de líquido vital al municipio de Santiago Sochiapan, ubicado en el sur del estado. La cuenca del Papaloapan se encuentra regada por manantiales y arroyos tales como el de Cruz verde, el Cajón, o como el arroyo Xochiapan. Enfocándonos a los problemas de

contaminación del agua que se presentan en la localidad, se desarrolló el proyecto de la PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES con la finalidad de abrir camino a la conciencia. Al fusionarla con el uso de la tecnología para la mejora de la vida cotidiana, para que en nuestro estado y en el país, se comience a presentar un cambio, que en nuestros días, se presenta la necesidad de actuar, no pensando simplemente en el presente. El diseño de la planta presenta un tratamiento poco utilizado, con el cual se pretende reducir los costos a comparación al de un tratamiento común y generar una menor inversión económica que cumpla con los parámetros establecidos acorde a la normatividad, y que satisfaga las necesidades que presenta la localidad”.

Lorena Elizabeth Bermeo Castillo y Jorge Luis Santín Torres de la Universidad Católica de Loja La Universidad Católica de Loja de la Escuela de Ingeniería Civil en su Tesis “Estudio, diseño y selección de la tecnología adecuada para tratamiento de aguas residuales domésticas para poblaciones menores a 2 000 habitantes en la ciudad de Gonzanamá” Tesis de Grado previo a la obtención del Título de Ingeniero Civil (2010) el resumen es el siguiente:

“El presente artículo resumen los resultados que se han obtenido durante el desarrollo del proyecto de tesis denominado Estudio, diseño y selección de la tecnología adecuada para tratamiento de aguas residuales domésticas para poblaciones menores a 2 000 habitantes en la ciudad de Gonzanamá. Este proyecto tiene como

objetivo primordial seleccionar un tratamiento de aguas residuales para la ciudad de Gonzanamá, con énfasis en tratamientos naturales de infiltración directa en el terreno o métodos acuáticos, como una alternativa sostenible y de bajo coste para reducir la contaminación de los cauces de agua dulce, garantizar la salud de los habitantes y potenciar el rehusó del agua residual para riego. El contenido de la presente tesis consta de: generalidades, caracterización de aguas residuales, caracterización físico-química e hidráulica del suelo, estudio climatológico, selección de la tecnología de tratamiento de aguas residuales, diseño de la planta de tratamiento utilizando un humedal de flujo superficial y manual de operación y mantenimiento, estudio de impacto ambiental, presupuesto, conclusiones y anexos”.

2.2 Bases Teóricas-Científicas y Definición de Términos Básicos.

2.2.1 Contaminación del Agua:

Se considera que se genera contaminación en el agua por la adición de cualquier sustancia en cantidad suficiente para que cause efectos dañinos mensurables en la flora, la fauna (incluido el humano).

El agua de los ríos ha sido usada tradicionalmente como medio de evacuación de los desperdicios humanos y los ciclos biológicos del agua. Pero actualmente, ya no son solamente estos desperdicios orgánicos los que son arrojados a los ríos sino cantidades mayores de productos químicos nocivos que destruyen la vida animal y vegetal del ecosistema acuático y

anulan o exceden la acción de las bacterias y las algas en el proceso de biodegradación de los contaminantes orgánicos y químicos de las aguas.

Los contaminantes más frecuentes de las aguas son: materias orgánicas y bacterias, hidrocarburos, desperdicios industriales, productos pesticidas y otros utilizados en la agricultura, productos químicos domésticos y desechos radioactivos. Lo más grave es que una parte de los derivados del petróleo son arrojados a los ríos y el mar y son absorbidos por la fauna y flora acuática que los retransmiten a los consumidores de peces, crustáceos, moluscos, algas, etc.

Los contaminantes en forma líquida provienen de las descargas de desechos domésticos, agrícolas e industriales en las vías acuáticas, de terrenos de alimentación de animales, de terrenos de relleno sanitario, de drenajes de minas y de fugas de fosas sépticas. Estos líquidos contienen minerales disueltos, desechos humanos y de animales, compuestos químicos sintéticos y materia coloidal y en suspensión. Entre los contaminantes sólidos se encuentran arena, arcillas, tierra, cenizas, materia vegetal agrícola, grasas, brea, papel, hule, plásticos, madera y metales.

2.2.2 Clasificación de la contaminación.

Según el origen la contaminación es de dos tipos:

- a) La contaminación producida por causas naturales o geoquímicas y que generalmente no está influenciada por el hombre, y
- b) La contaminación provocada por las actividades del hombre y se le llama contaminación antropogénica. Entre los efectos nocivos para organismos, poblaciones y ecosistemas destacan los siguientes:
- Perjuicios a la salud humana (intoxicaciones, enfermedades infecciosas, crónicas y muerte).
 - Daños a la flora y fauna (eutrofización, enfermedad y muerte).
 - Alteraciones de ecosistemas (erosión, eutrofización, acumulación de compuestos dañinos persistentes y destrucción).
 - Molestias estéticas (malos olores, sabores y apariencia desagradable).

2.2.2.1 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) Los 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.

e) 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.

2.2.2.2 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 un buen tema, 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 movilizado 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 del 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 particulado. Cuando las aguas dulces llegan al mar, el ion Cd^{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 $\mu\text{g}/\text{m}^3$.

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 1,600 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.

2.2.3 Calidad de Agua:

En Todas las minas del mundo se están formulando las mismas preguntas concernientes a la protección del medio ambiente ¿qué calidad de agua de efluente es necesaria para la protección ambiental? un programa de muestreo de calidad de aguas superficiales es ayudar a absolver tales preguntas. 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.

Las áreas mineras en el Perú se ubican a lo largo del país, en una variedad de regiones geológicas, topográficas y climatológicas. La precipitación pluvial mensual puede oscilar entre 2 ml en la región costera hasta 460 ml en las regiones selváticas. En la zona montañosa, las precipitaciones pueden variar entre 0 ml a más de 100 ml en un año. De ese modo, la

ubicación de la mina determinara el balance de agua del sitio, lo que puede variar considerablemente de lugar a lugar.

La calidad de agua de los efluentes (por ejemplo, cualquier agua que se descarga de la mina o de la planta procesadora) que drenan de cada sitio minero se especifica de dicho sitio.

Parece ser que los principales problemas que se someterán a monitoreo sobre calidad de agua en las minas, incluyen: drenaje ácido con elevadas concentraciones de sulfatos y metales disueltos; sólidos en suspensión y contenido de metales totales asociados; drenaje casi neutro con elevadas concentraciones de metales disueltos y nutrientes; reactivos químicos de proceso, especialmente cianuro; y aguas negras o servidas.

2.2.3.1 Monitoreo de la calidad de agua.

El término agua superficial, se utiliza en referencia a cualquier tipo de agua que se encuentre al nivel de la superficie o por encima de la misma (por ejemplo, un lago, río o corriente) o al agua que se dirige a un cuerpo de agua superficial (como agua bombeada de labores subterráneas a la superficie).

En muchos casos, las aguas freáticas se vuelven aguas superficiales mediante patrones de flujos naturales. Se refiere a cualquier tipo de agua que

pueda muestrearse sin usar un pozo artesiano o una instalación artesiana de monitoreo.

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.

a) Estaciones de muestreo.

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.

b) 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 las estaciones que se encuentran aguas arriba y aguas abajo de cada fuente. Marque todos los cursos naturales de agua (ríos, corrientes, lagos) y la dirección y volumen del flujo (aproximadamente). En el plano, marque todas las corrientes de agua del proceso, relacionadas con la mina, incluyendo la dirección y volumen del flujo.

Ubique 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.

Utilice las 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 estaciones en los flujos estacionales. Debe muestrearse todas 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.

c) 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.

d) 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, acatada por los profesionales de la Dirección General de Salud Ambiental.

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.

e) 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 hidro geomorfológicas.

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 coleccionará muestras en el ingreso y salida de

la planta, a fin de verificar la eficiencia de tratamiento.

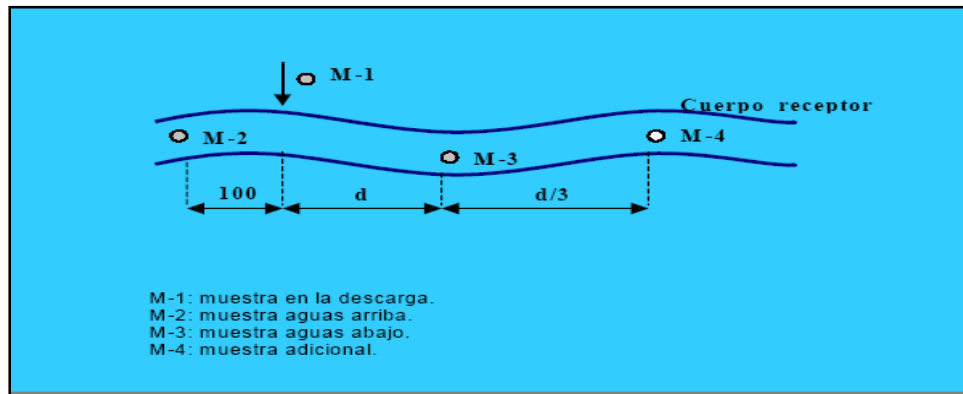
3) Se tendrá la identificación y localización satelital del punto de muestreo, estableciendo en el equipo del sistema posicionamiento global (GPS), los datos de: DATUN DE MAPA.

f) En el recurso hídrico de descarga de cada vertimiento

1) En caso de ríos

- Elija una sección en donde el río esté lo más regular, accesible y uniforme en profundidad, por lo menos 100 metros aguas arriba de una confluencia, y cerca de un punto de referencia tal como un puente, roca grande, árbol, kilometraje vial, etc.
- Se tendrá la identificación y localización satelital del punto de muestreo y de referencia (Ejemplo: puente, desagüe, aforo, etc.) en un mapa con un esquema y fotografías, estableciendo en el equipo del sistema de posicionamiento global (GPS), los datos de: DATUN DE MAPA.

Figura N° 2.1: Puntos de Monitoreo en un Río.



FUENTE: Propias del Investigador, 2010.

- De existir efluentes (vertimientos) en el curso de agua, la toma de muestra en el cuerpo receptor será aguas abajo de la descarga y en el punto que asegure la mezcla completa. Se recomienda seguir los criterios siguientes para determinar las distancias aguas abajo:
 - Además de la muestra tomada aguas abajo de la descarga, se recomienda tomar una muestra adicional más abajo de manera que se confirme la mezcla total de la descarga con el cuerpo receptor, a una distancia equivalente a la tercera parte de la muestra inicial (la distancia mínima será de 50 m), tal como se indica en el Gráfico. Esta muestra adicional se efectuará solo de verificarse que

no existe ninguna descarga adicional en el tramo.

- Para el caso de vertimiento próximos; al contar con efluentes próximos entre sí, debiéndose tomar la distancia media entre el punto de descarga del efluente a evaluar y el punto de descarga del efluente aguas abajo.
- Para la toma de muestra del blanco, se considerará un punto que se encuentre fuera del área de influencia de cualquier efluente aguas arriba, en el caso que dicha distancia sea menor a 200 metros.
- De haber más de una descarga en un tramo corto del río, de manera tal, se tomará la muestra aguas abajo de la descarga, inmediatamente antes de la siguiente (de preferencia 50 metros antes).

2.2.3.2 Análisis de la calidad del agua:

Los parámetros típicos de monitoreo para determinar la calidad del agua pueden describirse en dos grupos principales:

- Parámetros orgánicos
- Parámetros inorgánicos.

Con frecuencia dichos parámetros se describen en los siguientes términos:

A. Tipos de parámetros.

▪ Parámetros Inorgánicos.

Incluyen los sólidos totales en suspensión (o turbidez), temperatura, flujo, color, olor y sabor. Por conveniencia, el pH, Eh, conductividad, sólidos totales disueltos y oxígeno disuelto algunas veces se reportan con los parámetros físicos; iones principales, incluyendo sulfato, alcalinidad, acidez, cianuro y nutrientes tales como las especies de nitrógeno y fosfatos; metales disueltos que incluyen todos los iones metálicos cuyo tamaño de partícula sea menor de 0,45 μm y metales totales que incluyen todos los iones metálicos en una muestra no filtrada.

• Parámetros orgánicos.

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 y iones principales como el amoníaco.

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.

B. 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, mostrarán un mayor cambio con las influencias estacionales. Está directamente relacionada con el régimen climático.

C. 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.

D. 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 1 litro 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, tapas o equipo de filtración;
- Complete las mediciones de campo en una sub muestra y registre estos datos en las hojas de campo (casillero B de la hoja de datos);
- Preserve las muestras. Rotule las muestras y registre el número de estas y los requerimientos analíticos en la hoja de datos. Almacene las muestras en un enfriador (alejado de la luz solar).

2.2.4 Marco Normativo de la calidad de Agua:

2.2.4.1 Límites Máximos Permisibles para la descarga de efluentes líquidos de actividades Minero Metalúrgicas. D.S. N° 010 – 2010 – MINAM

Cuadro N° 2.1: LMP de Parámetros, según D.S. N° 010-2010.

| PARÁMETRO | UNIDAD | LIMITE EN CUALQUIER MOMENTO | LIMITE PARA EL PROMEDIO ANUAL |
|-------------------------------|--------|-----------------------------|-------------------------------|
| Ph | | 6 - 9 | 6 – 9 |
| Sólidos totales en suspensión | mg/l | 50 | 25 |
| Aceites y grasas | mg/l | 20 | 16 |
| Cianuro total | mg/l | 1 | 0,8 |
| Arsénico total | mg/l | 0,1 | 0,08 |
| Cadmio total | mg/l | 0,05 | 0,04 |
| Cromo hexavalente | mg/l | 0,1 | 0,08 |
| Cobre total | mg/l | 0,5 | 0,4 |
| Hierro disuelto | mg/l | 2 | 1,6 |
| Plomo total | mg/l | 0,2 | 0,16 |
| Mercurio total | mg/l | 0,002 | 0,0016 |
| Zinc total | mg/l | 1,5 | 1,2 |

FUENTE: MINAM, 2010.

2.2.4.2 Estándares Nacionales de Calidad Ambiental para Agua – Categoría IV – Conservación del Ambiente Acuático. D.S. N° 002 – 2008 – MINAM.

Cuadro N° 2.2: ECA de Parámetros, según D.S. N° 02-2008.

| PARÁMETRO | UNIDAD | LIMITE PARA EL PROMEDIO ANUAL |
|---------------|--------|-------------------------------|
| pH | | 6,5 – 8,5 |
| Cianuro total | mg/l | 0,022 |
| Arsénico | mg/l | 0,05 |
| Cobre | mg/l | 0,02 |
| Plomo | mg/l | 0,001 |
| Zinc | mg/l | 0,03 |

FUENTE: MINAM, 2010.

2.2.5 Proceso HDS (High Density Sludge)

Según SGS comenta “Proceso de alta densidad de lodos (HDS) (High Density Sludge) La disolución de metales solubles compuestos a partir de minerales y residuos de roca (Comúnmente conocido como drenaje ácido de roca (ARD)), así como la presencia de contaminantes en el agua de procesos industriales puede resultar el efluente con metal contaminado. Estos iones disueltos son comúnmente precipitados usando una neutralización con cal proceso, que produce una baja densidad (2-5% de sólidos) de lodo que es difícil de espesar y filtrar. El proceso de HDS es una variante de este tratamiento de baja densidad, se incrementa el volumen de lodo, aumentando enormemente su densidad. Cuando se implementa el proceso de HDS, piedra caliza / cal y lodos reciclados son añadido al depósito de mezcla de cal-lodos en el inicio del proceso y esta cal se convierte en el principal agente de neutralización. El diseño y construcción de HDS expertos en gestión son capaces de utilizar esta proceso para producir un lodo concentrado que minimiza los requisitos de almacenamiento y maximiza la estabilidad de lodos. Se asegura que el proyecto de tratamiento de HDS está diseñado siendo asequible y eficaz de una manera consistente con los estándares de la industria y estándares mundiales de excelencia.

VENTAJAS DEL PROCESO HDS

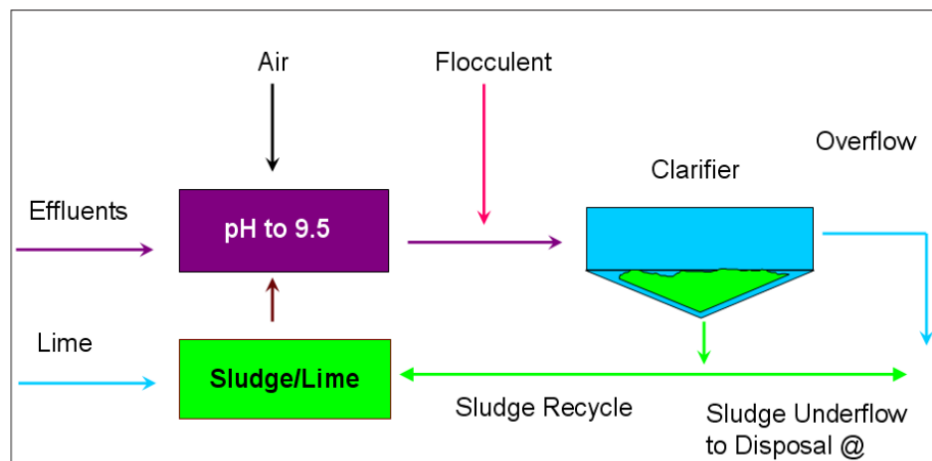
El proceso HDS tiene muchas ventajas con respecto a otros sistemas con precipitación de cal.

Éstas incluyen:

- Una reducción sustancial en los lodos de volumen resultante de un aumento en densidad (un incremento de 2% a 30% de sólidos reduce el volumen de lodos en más del 95%)
- La reducción resultante en los lodos los costos de eliminación.
- Aumento de la estabilidad de los lodos, tanto química y físicamente (a menos de varios días de la deposición, los desagües de lodos en exceso de 50% de sólidos y posee suficiente estabilidad física para soportar el peso de personas que caminan por la superficie del área de embalse)
- Eficacia a largo plazo (después de quince años de embalse en una instalación, no han habido contaminaciones de los alrededores de las aguas subterráneas o cualquier otra evidencia de reversión metal)
- Es producido un efluente de alta calidad
- El proceso se puede fácilmente automatizar
- HDS es una tecnología probada que permite el uso de equipos en serie. Es un sistema fiable, de un método eficaz

para tratar metales que contaminan las aguas residuales. Nuestros expertos tienen que estar involucrados con el diseño HDS en planta, ingeniería y puesta en marcha desde 1998, y tienen una insuperable reputación para la entrega de calidad de soluciones a través de HDS. Trabajar con HDS asegura su proyecto y se desarrolla de una manera responsable y sostenible.

Figura 2.2.5 Diagrama del Proceso HDS



**Fuente: SGS
TECNOLOGÍA DEL PROCESO HDS**

Procesamiento de HDS es una tecnología probada que ha estado en uso en la minería la industria para desde los años 1980. El proceso comienza mezclando efluente entrante con un agente de neutralización (cal / cal) y lodos de reciclado a partir de un clarificador / unidad de espesante. Después de la neutralización, este mezcla se alimenta al reactor principal cal donde una combinación de agresivo aireación y agitación de alto cizallamiento

asegura química del proceso óptimo y clarificador actuación. La descarga de la cal reactor se trata entonces con floculante en el tanque de floculación para promover precipitación y enviado al clarificador / unidad de espesante. El clarificador separa el efluente tratado del lodo, una parte de los cuales se recicla a la cabeza de la proceso.

CLARIFICADOR / UNIDAD ESPESANTE

El clarificador HDS / espesante es el "corazón" de un sistema de lodos de alta densidad. Sus propósito es aumentar el contenido de sólidos de precipitar metal y permitir el reciclado de una parte de los lodos. La mayoría de desbordamiento del clarificador / espesante es descargado en un estanque de retención antes de ser liberado en el medio ambiente. Underflow en el espesador HDS consiste de los lodos, que o bien se bombea a un estanque de almacenamiento de lodos o se recicla la cabeza del proceso. lodo sedimentad densidad aumenta de aproximadamente 4% de sólidos a aproximadamente 20% de sólidos. Lodo reducciones de volumen en el orden del 95% son no poco común.

PROCESO

La eliminación eficaz de los metales básicos en una forma estable en el proceso de HDS es el resultado de la

formación de un precipitado de sulfato de calcio (yeso) y una co-precipitado (hidróxido de metal) con hierro en las superficies de lodo reciclado partículas. La estabilidad de los precipitados está influenciada favorablemente por un alto contenido de hierro de relación de metal total en la alimentación de la planta. El reciclado no es suficiente para la neutralización del metal, y, en casos extremos, el hierro puede ser añadido. Si la concentración de sulfato de las aguas residuales es lo suficientemente alta, habrá suficiente yeso producido que podría exceder su solubilidad y se precipitará con los lodos. De hecho, las soluciones tratadas son menudo supersaturada en yeso. HDS tecnología es beneficiosa para las operaciones que producen altas concentraciones de sulfato producto de los procesos de oxidación.

El proceso de HDS normalmente funciona a una pH entre 9 y 9,5, como la mayoría de los metales encontrado precipitado en o por debajo de este concentración de iones hidróxido. Oxidación de hierro ferroso (Fe^{2+}) a hierro férrico (Fe^{3+}), el director de reacción que consume oxígeno se lleva a cabo con bastante rapidez a este pH, con el oxígeno atmosférico es el agente oxidante común. Eficiente la oxidación es una consideración importante debido a que contienen lodos son Fe^{3+} químicamente

más estables que las que contiene Fe^{2+} . Además, el diseño parámetros deben tener en cuenta su la altura del emplazamiento sobre el nivel del mar desde el oxígeno disuelto en agua disminuye con un aumento en la elevación. El rendimiento de diseño de la planta se ve influenciada por el volumen de agua a tratar.

Por ejemplo, los cambios estacionales pueden afectará en gran medida la esorrentía sitio, muchos de los cuales puede tener que ser tratado. El aumento del flujo puede ir acompañada de una dilución de contaminantes, tanto el ácido y el metal, y el afluente de la planta resultante puede requerir reducción de la oxidación y / o tiempo de residencia,

que puede compensar el aumento de fluir.

Estos incluyen varios eliminación de arsénico proyectos en los que la estabilidad de lodos y la clarificación del agua excepcionalmente apretada especificaciones se siguen, se asegurará de que todos los factores que afectan su proyecto HDS se consideran, y la voluntad asegurar que el diseño y la construcción de su proyecto cumple con todas las de regulación y directrices ambientales. Nuestra máxima prioridad está trabajando con usted para asequible y alcanzar de manera efectiva

las salidas de metales pesados por debajo de los límites de descarga cumplimiento.

APLICACIONES DEL PROCESO HDS

Aplicación del proceso de HDS no es limitado a la industria minera. Puede ser se aplica a la eliminación de metales pesados de cualquier corriente de agua residual. Industrias aparte de la minería, que típicamente producen dichos efluentes incluyen:

- Acabado de metal - galvanoplastia y galvanización
- Remediación del sitio de metales pesados
- Aplicaciones de la industria química, tales como plantas de pigmento
- Plantas de fabricación de metal
- Fundición y refinación
- Moldeo y fundición de metales
- Plantas de preparación de carbón”

2.2.6 FLOCULACION

EI IMAES. UNIVERSIDAD CASTILLA LA MANCHA (S.F), en su publicacion de PRECIPITACIÓN COAGULACIÓN-FLOCULACIÓN en su pagina electronica define de la siguiente manera:

Operaciones de coagulación y floculación

Las aguas potables o residuales, en distintas cantidades, contienen material suspendido, sólidos que pueden

sedimentar en reposo, o sólidos dispersados que no sedimentan con facilidad. Una parte considerable de estos sólidos que no sedimentan pueden ser coloides. En los coloides, cada partícula se encuentra estabilizada por una serie de cargas de igual signo sobre su superficie, haciendo que se repelen dos partículas vecinas como se repelen dos polos magnéticos. Puesto que esto impide el choque de las partículas y que formen así masas mayores, llamadas flóculos, las partículas no sedimentan. Las operaciones de coagulación y floculación desestabilizan los coloides y consiguen su sedimentación. Esto se logra por lo general con la adición de agentes químicos y aplicando energía de mezclado.

Los términos Coagulación y Floculación se utilizan ambos indistintamente en colación con la formación de agregados. Sin embargo, conviene señalar las diferencias conceptuales entre estas dos operaciones. La confusión proviene del hecho de que frecuentemente ambas operaciones se producen de manera simultánea. Para aclarar ideas definiremos Coagulación como la desestabilización de la suspensión coloidal, mientras que la Floculación se limita a los fenómenos de transporte de las partículas coaguladas para provocar colisiones entre ellas promoviendo su aglomeración. Por tanto:

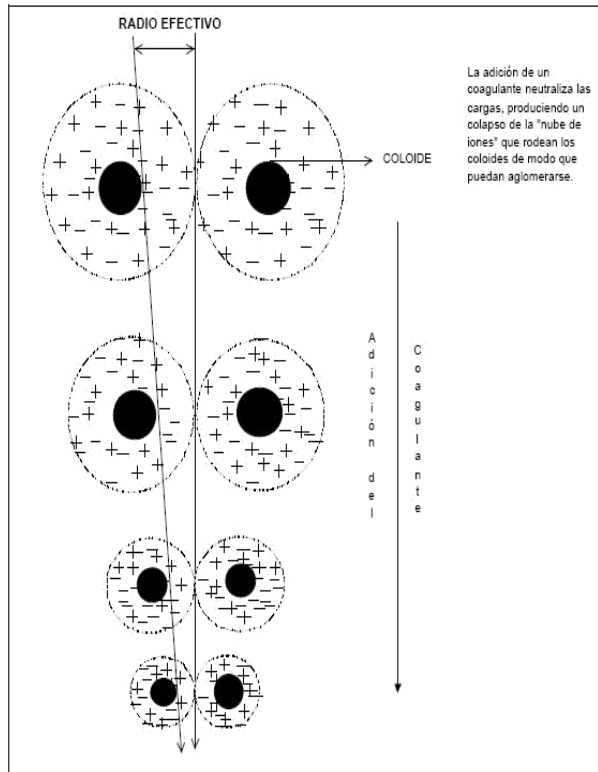
Coagulación: Desestabilización de un coloide producido por la eliminación de las dobles capas eléctricas que rodean a todas las partículas coloidales, con la formación de núcleos microscópicos.

Floculación: Aglomeración de partículas desestabilizadas primero en microflóculos, y más tarde en aglomerados voluminosos llamados flóculos.

En la Figura 2.2.6.1 se muestra como los coagulantes cancelan las cargas eléctricas sobre la superficie del coloide permitiendo la aglomeración y la formación de flóculos. Estos flóculos inicialmente son pequeños, pero se juntan y forman aglomerados mayores capaces de sedimentar. Para favorecer la formación de aglomerados de mayor tamaño se adicionan un grupo de productos denominados floculantes. Cuando se aproximan dos partículas semejantes, sus capas difusas interactúan y generan una fuerza de repulsión, cuyo potencial de repulsión está en función de la distancia que los separa y cae rápidamente con el incremento de iones de carga opuesta al de las partículas. Esto se consigue sólo con los iones del coagulante (Figura 2). Existe por otro lado, un potencial de atracción E_a entre las partículas llamadas fuerzas de Van der Waals, que dependen de los átomos que constituyen las partículas y de la densidad de estos últimos. Si la distancia que separa a las partículas es superior a "L" las

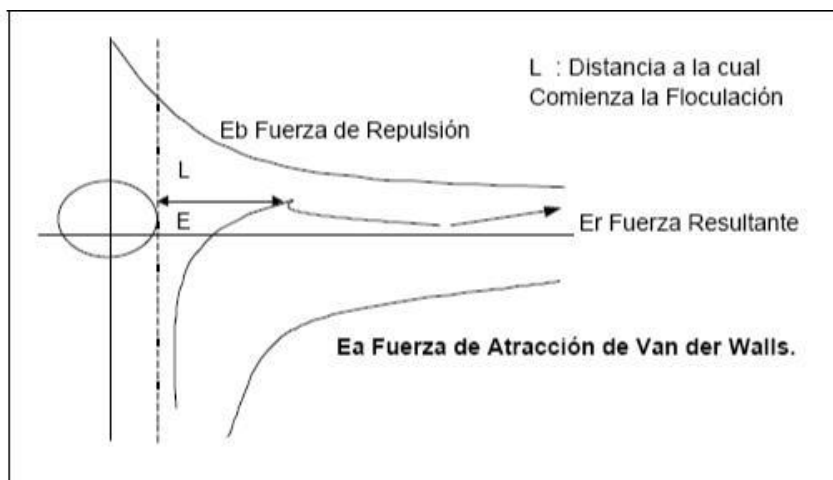
partículas no se atraen. E es la energía que las mantiene separadas.

Figura 2.2.6.1 Desestabilización del coloide y compresión de la capa difusa



Fuente: http://www3.uclm.es/profesorado/giq/contenido/dis_p rocesos/tema5.pdf

Figura 2.2.6.2 Fuerzas de atracción y repulsión



Fuente: http://www3.uclm.es/profesorado/giq/contenido/dis_p rocesos/tema5.pdf

La precipitación del coloide implica por tanto dos etapas:

- 1) Desestabilización. Las teorías sobre el mecanismo de este fenómeno se basan en la química coloidal y de superficies.
- 2) Transporte de núcleos microscópicos para formar agregados densos. La teoría del transporte está basada en la mecánica de fluidos.

2.2.6.1 Coloides

Las especies coloidales halladas en aguas superficiales y residuales incluyen arcillas, sílice, hierro, metales pesados, color o sólidos orgánicos como por ejemplo residuos de animales muertos.

Se han postulado diversas teorías para describir el fenómeno de las repulsiones entre partículas coloidales. Prácticamente, todo lo que se necesita para definir el sistema es la determinación de la naturaleza y la magnitud de la carga de la partícula.

La magnitud de la carga, ilustrada por la capa que en la Figura 1 rodea al coloide, determina lo cerca que pueden aproximarse las partículas.

El potencial Z es una medida de esta fuerza de repulsión. Para coloides en fuentes de agua natural, con un pH entre 5 y 8, oscila entre -15 y -30 mV. Cuanto mayor es, en valor absoluto, mayor es la

carga de la partícula. A medida que disminuye el potencial Z las partículas pueden aproximarse aumentando la posibilidad de una colisión. Los coagulantes proporcionan cargas de signo contrario para eliminar ese potencial.

La coagulación se puede presentar a un potencial pequeño sin necesidad de neutralizarlo por completo. Si se añade demasiado coagulante las partículas se cargan ahora con el signo contrario y pueden volver a dispersarse.

2.2.6.2 Mezclado del coagulante

Para complementar la adición del coagulante se requiere del mezclado para destruir la estabilidad del sistema coloidal. Para que las partículas se aglomeren deben chocar, y el mezclado promueve la colisión. El movimiento browniano, movimiento caótico comunicado a las partículas pequeñas al ser bombardeadas por moléculas individuales de agua, está siempre presente como una fuerza homogenizadora natural. Sin embargo, casi siempre es necesaria energía adicional de mezclado. Un mezclado de gran intensidad que distribuya al coagulante y promueva colisiones rápidas es lo más efectivo. También son importantes en la coagulación

la frecuencia y el número de colisiones entre las partículas. Así, en aguas de baja turbidez, puede requerirse la adición de sólidos para aumentar dichas colisiones.

2.2.6.3 Crecimiento de los flóculos

Una vez que se ha añadido el coagulante y se ha realizado la operación de coagulación se pasa a la formación de flóculos mayores. Puede ocurrir que el flóculo formado por la aglomeración de varios coloides no sea lo suficientemente grande como para asentarse con la rapidez deseada. Por ello es conveniente utilizar productos coadyuvantes de la floculación o simplemente denominados Floculantes.

Un floculante reúne partículas en una red, formando puentes de una superficie a otra y enlazando las partículas individuales en aglomerados. La floculación es estimulada por un mezclado lento que junta poco a poco los flóculos. Un mezclado demasiado intenso los rompe y rara vez se vuelven a formar en su tamaño y fuerza óptimos. Una buena floculación favorece el manejo del lodo final para su desecación, filtrado, etc.

2.2.6.4 Reactivos coagulantes y floculantes más comunes

Coagulantes metálicos

Históricamente, los coagulantes metálicos, sales de Hierro y Aluminio, han sido los más utilizados en la clarificación de aguas y eliminación de DBO y fosfatos de aguas residuales. Tienen la ventaja de actuar como coagulantes-floculantes al mismo tiempo. Forman especies hidratadas complejas cargadas positivamente:



Sin embargo tienen el inconveniente de ser muy sensibles a un cambio de pH. Si éste no está dentro del intervalo adecuado la clarificación es pobre y pueden solubilizar Fe o Al y generar problemas. A continuación vemos los más utilizados:

Sulfato de Alúmina: Conocido como Alumbre, es un coagulante efectivo en intervalos de pH 6 a 8. Produce un flóculo pequeño y esponjoso por lo que no se usa en precipitación previa de aguas residuales por la alta carga contaminante del agua. Sin embargo su uso está generalizado en el tratamiento de agua potable y en la reducción de coloides orgánicos y fósforo.

Sulfato Férrico: Funciona de forma estable en un intervalo de pH de 4 a 11, uno de los más amplios conocidos. Producen flóculos grandes y densos que decantan rápidamente, por lo que está indicado tanto en la precipitación previa como en la coprecipitación de aguas residuales urbanas o industriales. Se emplea también en tratamiento de aguas potables aunque en algún caso puede producir problemas de coloración.

Cloruro Férrico: Es similar al anterior aunque de aplicación muy limitada por tener un intervalo de pH más corto. Es enérgico aunque puede presentar problemas de coloración en las aguas.

Aluminato sódico: Se emplea poco. Su uso más habitual es eliminar a un color de pH bajo. Además se puede usar en el ablandamiento de agua con cal.

Coadyuvantes de la floculación

Las dificultades que pueden presentar algunos coloides desestabilizados para formar flóculos pesados que sedimentan bien han dado lugar a la búsqueda de sustancias que ayudan a la formación de estos flóculos.

Entre las dificultades que se pueden presentar en un proceso de floculación están:

- Formación de flóculos pequeños de lenta sedimentación.
- Formación lenta de flóculos.
- Flóculos frágiles que fragmentan en los procesos de acondicionamiento del lodo.
- Formación de microflóculos que pasan por los filtros.

Para eliminar estas dificultades y lograr flóculos grandes y bien formados de fácil sedimentación se han utilizado sustancias y procedimientos muy variados. Los más usados son los siguientes:

Oxidantes: Como la percloración, que en parte oxida la materia orgánica y rompe enlaces en los coloides naturales, ayudando a una mejor floculación posterior.

Adsorbentes: Las aguas muy coloreadas y de baja mineralización en que los flóculos de aluminio o hierro tienen muy poca densidad, coagulan muy bien al añadir arcilla que da lugar a que se adsorba y origine flóculos pesados de fácil sedimentación. Otros adsorbentes son la caliza pulverizada, sílice en polvo y carbón activo.

Sílice activa: Algunos compuestos inorgánicos pueden ser polimerizados en agua para formar polímeros floculantes inorgánicos. Este es el caso de

la sílice activa que presenta una alta efectividad como auxiliar del tratamiento con Alumbre.

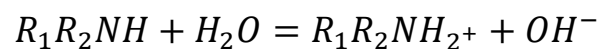
Polielectrolitos

Son polímeros orgánicos con carga eléctrica. Inicialmente se utilizaron los de origen natural, como almidón, celulosa, gomas de polisacáridos, etc. Hoy se usan una gran variedad de polielectrolitos sintéticos. Pueden actuar solos o como coadyuvantes para floculación

Los polielectrolitos pueden clasificarse en:

- Catiónicos: Cargados positivamente
- Aniónicos: Cargados negativamente.
- No iónicos: No son polielectrolitos en sentido estricto aunque exhiben en disolución muchas de las propiedades floculantes de los anteriores.

Los polielectrolitos catiónicos son poliaminas que se hidrolizan en agua como sigue:



Puesto que la hidrólisis da OH^- , a pH alto se fuerza la reacción a la izquierda y el polímero se vuelve no iónico.

De forma semejante, los polímeros aniónicos incorporan a su estructura un grupo carboxilo que en agua se ioniza del siguiente modo:



Un pH bajo fuerza la reacción a la izquierda y transforma el polímero aniónico en no iónico. Según esto, generalmente se usan los polímeros catiónicos a bajos pHs y los aniónicos a altos pHs. Esto no significa que en caso contrario dejen de funcionar, lo que ocurre es que se transforman en no iónicos, lo que hará variar en cierto modo su efectividad en el tratamiento concreto a que se aplican.

2.3 DEFINICIÓN DE TÉRMINOS:

- **Ácido:** En "sistema acuoso", sustancia que puede formar iones de hidrógenos H^{+} (protones) cuando se disuelven en el agua. Una sustancia no puede manifestar propiedades "ácidas" si no es en un disolvente que acepte protones.
- **Alcalinidad del agua:** Propiedad del agua que depende de la cantidad de dióxido de carbono, carbonato ácido, carbonato, hidróxido y otras sustancias en menor cantidad, disueltas en ella. La especie química dominante es el ion bicarbonato. Las aguas limpias deben tener normalmente una alcalinidad no mayor de 8,4 unidades de pH.
- **Biodiversidad.** Se entiende como la variabilidad de los organismos vivos de cualquier fuente, y la diversidad dentro de cada especie, entre las especies y los complejos ecológicos que forman parte.

- **Concentración:** Cantidad de soluto presente en una determinada cantidad de disolución.
- **Contaminación del agua:** Incorporación al agua de materias extrañas, como microorganismos, productos químicos, residuos industriales y de otros tipos, o aguas residuales. Estas materias deterioran la calidad del agua y la hacen inútil para los usos pretendidos.
- **Cuerpo de agua:** Curso de agua natural o artificial tales como ríos, lagos, manantiales, reservorios, lechos subterráneos u océanos; en los cuales son vertidas las aguas residuales con o sin tratamiento.
- **Contaminación de la muestra:** Es la alteración involuntaria de la muestra, causada por agentes físicos, químicos o biológicos y climatológicos, que la invalidan para los fines analíticos a que se destina.
- **Ecosistema.** Los ecosistemas son sistemas complejos como el bosque, el río o el lago, formados por una trama de **elementos físicos** (el **biotopo**) y **biológicos** (la **biocenosis** o comunidad de organismos).
- **Efluente:** Desechos líquidos o gaseosos, tratados o no, generados por diversas actividades humanas que fluyen hacia sistemas colectores o directamente a los cuerpos receptores. Comúnmente se habla de efluentes refiriéndose a los desechos líquidos.

- **Flora.** Conjunto de especies vegetales que se pueden encontrar en una región geográfica, la flora atiende al número de especies mientras que la vegetación hace referencia a la distribución de las especies y a la importancia relativa.
- **Metal pesado:** Metal de masa atómica relativa elevada, por ejemplo el plomo. En la literatura sobre la contaminación del aire, el término ha sido utilizado de manera más amplia para incluir en él metales como el cobre y el zinc e incluso elementos, como el arsénico y que no son metales.
- **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, estaciones 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.
- **Muestra simple o puntual:** Es aquella muestra que representa la composición del cuerpo de agua original para el lugar, tiempo y circunstancias particulares en las que se realizó su colección. En tales circunstancias, un cuerpo de agua puede estar adecuadamente representado por muestras simples.

- **Muestra compuesta:** Se refiere a una mezcla de muestras simples o puntuales tomadas en el mismo punto en distintos momentos. Para estos propósitos, se considera como estándar una muestra compuesta que representa un período de 24 horas.
- **Muestra integrada:** La muestra integrada es la mezcla de muestras puntuales, colectadas en distintos puntos al mismo tiempo o con la menor separación temporal que sea posible. Un ejemplo de la necesidad de las mismas es el de los ríos o corrientes cuya composición varía según el ancho y profundidad.
- **pH:** Es el logaritmo de la recíproca de la concentración de ion hidrógeno en una sustancia o medio y que puede ser medida en un rango de 1-14, si su valor se encuentra entre 1-6 el pH es Ácido, si se encuentra entre 8-14, su pH es Básico. La concentración del hidrógeno puede ser medida con un pH metro o papeles tornasol.
- **Plan de muestreo:** Es el procedimiento que se requiere para obtener una muestra representativa, cuyas características conserven las condiciones del cuerpo de agua original.
- **Reserva.** Zona o grupo de recursos cuya explotación o uso se impide o regula por ley, pues se la considera de importancia en cuanto a necesidades futuras, para mantener la biodiversidad y como zonas de protección de Parques Nacionales.

2.4 Formulación de Hipótesis.

2.4.1 Hipótesis General.

Si aplicamos el Proceso HDS lograremos mejorar la calidad de las aguas del río San Juan en el Distrito de Rancas, Pasco – 2016.

2.4.2 Hipótesis Específicas.

- a) Si logramos Identificar las probables causas de contaminación de las aguas del río San Juan mejoraremos la calidad de las aguas en el Distrito de Rancas, Pasco.
- b) Si determinamos el análisis químico de las aguas que discurren en el río San Juan mejoraremos la calidad de las aguas en el Distrito de Rancas, Pasco.
- c) Si determinamos las consecuencias que ocasionan las aguas sin tratamiento del río San Juan en la flora y fauna del mejoraremos la calidad de vida en el Distrito de Rancas, Pasco.
- d) Si logramos identificar la alternativa que se puede implementar para tratar las aguas del río San Juan mejoraremos la calidad de las aguas en el Distrito de Rancas, Pasco.

2.5 Identificación de Variables.

Variable Dependiente. *Calidad de aguas del río San Juan*

Las variables dependientes del modelo es la calidad de aguas que discurren en el distrito de Rancas debido a efectos de contaminación.

Variable Independiente. *Proceso HDS*

El proceso HDS (lodos de alta densidad) es un proceso que se puede aplicar en este tipo de aguas para el cual es necesario realizar la investigación respectiva

2.6 Definición Operacional de Variables e Indicadores.

| Constructo/variable | Dimensiones | Definición Conceptual | Definición Instrumental | Definición Operacional |
|---|-----------------------|---|--|------------------------------------|
| Variable dependiente Calidad de aguas del rio San Juan | ANÁLISIS QUÍMICO | Se refiere a las características químicas, físicas, biológicas y radiológicas del agua | ¿Cuál es el análisis químico? Pb, Cu, Zn, % sólidos, conductividad eléctrica. | Escala de Razón: porcentaje y mg/l |
| Variable independiente Proceso HDS | PARÁMETRO DEL PROCESO | Proceso que utiliza los lodos de alta densidad | ¿Cuáles son los parámetros de operación? CaO, Agitación, | Escala de razón: mg/l |

CAPÍTULO III

METODOLOGÍA Y TÉCNICA DE INVESTIGACIÓN.

3.1 Tipo de Investigación.

La presente investigación es del tipo Experimental porque tiene el propósito de medir la calidad de las aguas del río San Juan en el Distrito de Rancas, Pasco – 2016.

3.2 Diseño de Investigación.

Un experimento se lleva a cabo generalmente mediante la manipulación de una variable, llamada variable independiente, afectando al grupo experimental. La investigación se diseñará de la siguiente forma:

1. Se realizarán operaciones previas para la obtención del lodo que será obtenido por el lavado de material agregado de las plantas

areneras que se encuentran en zonas circundantes del río. Estos lodos son producto de depósitos de material calcáreo.

Figura No 3.1 Lavado de material agregado



Fuente: Elaboración propia

2. Luego estos lodos se podrán utilizar para los tratamientos posteriores, adicionando a estos lodos las muestras obtenidas del río San Juan en probetas de 1 litro estas previamente deben de realizar las mediciones por metales pesados, pH, conductividad eléctrica y temperatura. Obteniendo lodos en proporciones de 20% de sólidos.

Figura No 3.2 Agregado de agua del rio San Juan a los lodos obtenidos



Fuente: Elaboración propia

3. Luego se mezclarán adicionando cal viva en una proporción de 0.1 g CaO /l de agua del rio San Juan hasta 1 g CaO /l de agua del rio San Juan variando en proporción 0,2 g de CaO.

Obteniendo una curva de tratamiento. Estos deben de agitarse constantemente durante 10 minutos a 1 hora. Para luego agregar floculante en una proporción de 1,0 a 3,0 mg/Litro de agua tratada del rio san juan.

4. Se realizará la toma de muestras después del tratamiento, realizando la medición de los elementos metálicos y medición de pH, conductividad eléctrica y temperatura

Resulta conveniente tomar nota del desarrollo del experimento. Ello nos ayudará a analizar la posible influencia de variables extrañas que generan diferencias entre los grupos y será un material invaluable para la interpretación de los resultados.

3.3 Población y Muestra.

3.3.1 POBLACIÓN:

Estará constituida por las aguas del río San Juan

3.3.2 MUESTRA:

Estará constituida por muestras tomadas en diferentes fechas. Con muestras de 500 ml, que será cuarteada apropiadamente.

La cantidad de muestras estará en un número de 7 muestras.

Tomadas en la primera semana de cada mes en las siguientes fechas.

| FECHA | FECHA | FECHA | FECHA | FECHA | FECHA | FECHA |
|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|
| 07/05/2015 | 08/06/2015 | 07/07/2015 | 03/08/2015 | 11/09/2015 | 06/10/2015 | 13/11/2015 |

3.4 Métodos de Investigación.

El método a utilizarse es el transversal ya que se realizará con las pruebas recogidas en el río San Juan, luego de esto se realizará las pruebas en laboratorio de la UNDAC.

Para estas pruebas se utilizarán los reactivos y materiales de laboratorio de la UNDAC para el cual solicitaremos los permisos respectivos.

3.5 Técnicas e Instrumentos de Recolección de Datos.

Se utilizarán los instrumentos directos, el cual permitirá recolectar los datos directamente desde la fuente, para ello se hace uso de los experimentos y observación directa.

También se harán uso de datos secundarios es decir datos recogidos previamente por otros investigadores.

Como se usará como instrumento de recolección de datos lo experimental, y para ello se usará lo siguiente:

Para el pH: pH metro marca TKR_ATC, modelo PXIII y de rango 0-14pH.

Para la Temperatura: un termómetro calibrado de mercurio -10°C a 110°C.

Para la conductividad eléctrica Medidor multiparámetro resistente al agua.

Para la medición de pH / ORP (opcional) / CONDUCTIVIDAD ELÉCTRICA / TDS / SALINIDAD / TEMPERATURA.

Los metales pesados se medirán de acuerdo los procedimientos y métodos aplicados al equipo de absorción atómica.

3.5.1 INSTRUMENTOS:

- a) El protocolo de monitoreo de la calidad del agua y gestión de datos, según la Resolución Directoral N° 17752 DIGESA-SA., proporciona los principios básicos para la operación de una red de monitoreo de la calidad del agua en exteriores de centros poblados.
- b) Límites Máximos Permisibles para emisiones de aguas ácidas y material particulado.
- c) Estándar de Calidad Ambiental del Agua.

Cuadro 3.3: FORMATO DE LEVANTAMIENTO DE DATOS

| UNIVERSIDAD NACIONAL DANIEL ALCIDES CARRION – LABORATORIO CENTRAL | |
|---|--------------------|
| ANALISIS DE AGUAS | |
| RESPONSABLE: Ing. JONAS RAMOS MARTINEZ | REVISADO POR _____ |
| LUGAR YURAJHUANCA | |
| FECHA DE RECOLECCION 07/05/2015 | HORA 08:30 a.m. |
| ESTACION Abajo de efluentes del AUREX | |
| PARAMETROS | FECHA |
| | 07/05/2015 |
| Ph | 7,20 |
| Conductividad Electrica uS/cm | 894 |
| Temperatura °C | 10 |
| SOLIDOS TOTALES DISUELTOS (mg/l) | 1150 |
| CIANURO TOTAL (mg/L) | <0,005 |
| CIANURO WAD (mg/L) | <0,005 |
| ARSENICO (mg/L) | <0,001 |
| COBRE (mg/L) | 0,354 |
| PLOMO (mg/L) | 0,80 |
| ZINC(mg/L) | 3,750 |
| COLIFORMES TOTALES | 3300 |

Fuente: Elaboración Propia

3.5.2 PROCEDIMIENTOS DE RECOLECCION DE DATOS

La recolección de datos fue la siguiente:

Cuadro 3.4: RECOLECCION DE DATOS DE LAS MUESTRAS

| PARAMETROS | FECHA | FECH A | FECH A | FECH A | FECH A | FECH A | FECH A |
|--|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|
| | 07/05/20 15 | 08/06/ 2015 | 07/07/ 2015 | 03/08/ 2015 | 11/09/ 2015 | 06/10/ 2015 | 13/11/ 2015 |
| pH | 7,20 | 7,41 | 7,32 | 7,13 | 7,34 | 7,35 | 7,36 |
| Conductividad Eléctrica uS/cm | 894 | 845 | 673 | 436 | 1290 | 890 | 754 |
| Temperatura °C | 10 | 11 | 12 | 9 | 8 | 9 | 10 |
| SOLIDOS TOTALES DISUELTOS (mg/l) | 1150 | 900 | 1200 | 1300 | 1006 | 1303 | 1200 |
| CIANURO TOTAL (mg/l) | <0,005 | <0,00 5 | <0,00 5 | <0,00 5 | <0,00 5 | <0,00 5 | <0,00 5 |
| CIANURO WAD (mg/l) | <0,005 | <0,00 5 | <0,00 5 | <0,00 5 | <0,00 5 | <0,00 5 | <0,00 5 |
| ARSENICO (mg/l) | <0,001 | <0,00 1 | <0,00 1 | <0,00 1 | <0,00 1 | <0,00 1 | <0,00 1 |
| COBRE (mg/l) | 0,354 | 0,435 | 0,456 | 0,456 | 0,345 | 0,234 | 0,287 |
| PLOMO (mg/l) | 0,80 | 0,87 | 0,85 | 0,78 | 0,67 | 0,54 | 0,65 |
| ZINC(mg/l) | 2,750 | 3,567 | 3,002 | 2,985 | 1,987 | 0,976 | 1,234 |
| COLIFORMES TOTALES NMP/100ml | 3300 | 3108 | 2980 | 2896 | 3007 | 1890 | 1753 |

Fuente: Elaboración propia

PRUEBAS DE TRATAMIENTO CON CaO

La CaO es la obtenida en los hornos de obtención de cal con 46% de pureza de Cao en 500 ml de agua del Rio San Juan.

Cuadro 3.5: TRATAMIENTO CON CaO

| CURVA DE NEUTRALIZACION | |
|-------------------------|------|
| CaO g | pH |
| 0,1 | 7,2 |
| 0,2 | 8,1 |
| 0,3 | 8,5 |
| 0,4 | 8,6 |
| 0,5 | 8,7 |
| 0,6 | 9,5 |
| 0,7 | 9,6 |
| 0,8 | 10 |
| 0,9 | 11,1 |
| 1 | 12,1 |

Fuente: Elaboración Propia

PRUEBAS DE TRATAMIENTO CON FLOCULANTE

El tratamiento es utilizado como RENAFLOC 2230 1,5 mg/l de agua del Rio San Juan.

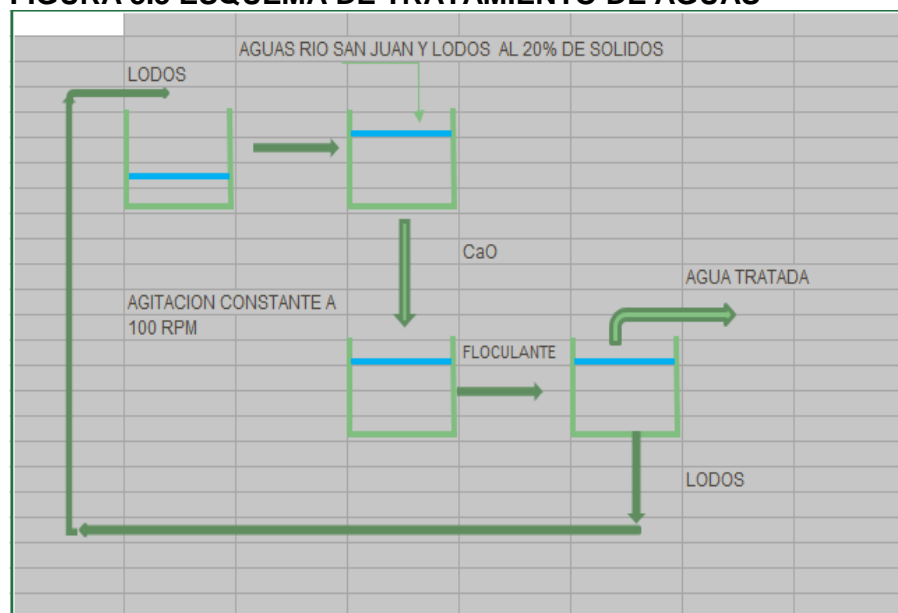
Cuadro 3.5: TRATAMIENTO CON RENAFLOC 2230

| CURVA DE SEDIMENTACION | |
|-----------------------------------|------|
| RENAFLOC 2230 g 1,5 mg. por litro | |
| T (seg) | H mm |
| 0 | 657 |
| 50 | 453 |
| 100 | 234 |
| 150 | 106 |
| 200 | 54 |
| 250 | 49 |
| 300 | 48 |
| 350 | 45 |
| 400 | 44 |
| 450 | 41 |

Fuente: Elaboración Propia

Pruebas de tratamientos con lodos de alta densidad.

FIGURA 3.3 ESQUEMA DE TRATAMIENTO DE AGUAS



FUENTE: Elaboración propia

Cuadro 3.6: RECOLECCION DE RESULTADOS DESPUES DE TRATAMIENTO

| PARAMETROS | FECHA | FECHA | FECHA | FECHA | FECHA | FECHA | FECHA |
|----------------------------------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|
| | 07/05/15 | 08/06/15 | 07/07/15 | 03/08/15 | 11/09/15 | 06/10/15 | 13/11/15 |
| pH | 8,15 | 8,67 | 8,56 | 8,78 | 8,87 | 8,98 | 9,01 |
| Conductividad Eléctrica uS/cm | 350 | 312 | 231 | 123 | 211 | 213 | 231 |
| Temperatura °C | 8 | 7 | 6 | 7 | 6 | 8 | 8 |
| SOLIDOS TOTALES DISUELTOS (mg/l) | 143 | 231 | 156 | 231 | 241 | 243 | 145 |
| CIANURO TOTAL (mg/l) | ----- | ----- | ----- | ----- | ----- | ----- | ----- |
| CIANURO WAD (mg/l) | ----- | ----- | ----- | ----- | ----- | ----- | ----- |
| ARSENICO (mg/l) | ----- | ----- | ----- | ----- | ----- | ----- | ----- |
| COBRE (mg/l) | 0,21 | 0,13 | 0,19 | 0,18 | 0,17 | 0,23 | 0,12 |
| PLOMO (mg/l) | 0,06 | 0,08 | 0,06 | 0,09 | 0,03 | 0,03 | 0,04 |
| ZINC(mg/l) | 0,56 | 0,45 | 0,23 | 0,45 | 0,24 | 0,56 | 0,13 |
| COLIFORMES TOTALES NMP/100ml | 2564 | 1200 | 1340 | 2018 | 1198 | 1109 | 1200 |

Fuente: Elaboración propia

CAPÍTULO IV

RESULTADOS Y DISCUSION

Los resultados de los tratamientos realizados a las aguas del río San Juan.

Cuadro 4.1: RECOLECCION DE RESULTADOS DESPUES DE TRATAMIENTO

| PARAMETROS | FECHA | FECHA | FECHA | FECHA | FECHA | FECHA | FECHA |
|----------------------------------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|
| | 07/05/15 | 08/06/15 | 07/07/15 | 03/08/15 | 11/09/15 | 06/10/15 | 13/11/15 |
| pH | 8,15 | 8,67 | 8,56 | 8,78 | 8,87 | 8,98 | 9,01 |
| Conductividad Eléctrica uS/cm | 350 | 312 | 231 | 123 | 211 | 213 | 231 |
| Temperatura °C | 8 | 7 | 6 | 7 | 6 | 8 | 8 |
| SOLIDOS TOTALES DISUELTOS (mg/l) | 143 | 231 | 156 | 231 | 241 | 243 | 145 |
| CIANURO TOTAL (mg/l) | ----- | ----- | ----- | ----- | ----- | ----- | ----- |
| CIANURO WAD (mg/l) | ----- | ----- | ----- | ----- | ----- | ----- | ----- |
| ARSENICO (mg/l) | ----- | ----- | ----- | ----- | ----- | ----- | ----- |
| COBRE (mg/l) | 0,21 | 0,13 | 0,19 | 0,18 | 0,17 | 0,23 | 0,12 |
| PLOMO (mg/l) | 0,06 | 0,08 | 0,06 | 0,09 | 0,03 | 0,03 | 0,04 |
| ZINC(mg/l) | 0,56 | 0,45 | 0,23 | 0,45 | 0,24 | 0,56 | 0,13 |
| COLIFORMES TOTALES NMP/100ml | 2564 | 1200 | 1340 | 2018 | 1198 | 1109 | 1200 |

Fuente: Elaboración propia

Se puede apreciar que las aguas después del tratamiento cumplen para ser utilizados como aguas de Categoría 3. Ya que cumplen con todos los ECAs. Lo más resaltante es la del plomo, que tiene una media de 0,055714 mg/l

4.1 INTERPRETACION DE CUADROS

Cuadro 4.2: TRATAMIENTO CON CaO

| CURVA DE NEUTRALIZACION | |
|-------------------------|------|
| CaO g | pH |
| 0,1 | 7,2 |
| 0,2 | 8,1 |
| 0,3 | 8,5 |
| 0,4 | 8,6 |
| 0,5 | 8,7 |
| 0,6 | 9,5 |
| 0,7 | 9,6 |
| 0,8 | 10 |
| 0,9 | 11,1 |
| 1 | 12,1 |
| | |

Fuente: Elaboración Propia

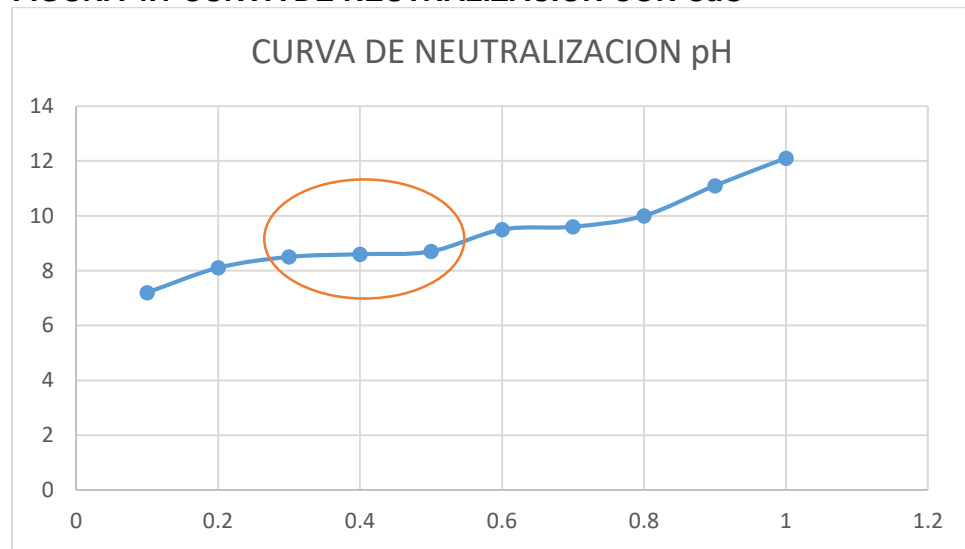
Cuadro 4.3: TRATAMIENTO CON RENAFLOC 2230

| CURVA DE SEDIMENTACION | |
|-----------------------------------|------|
| RENAFLOC 2230 g 1,5 mg. por litro | |
| T (seg) | H mm |
| 0 | 657 |
| 50 | 453 |
| 100 | 234 |
| 150 | 106 |
| 200 | 54 |
| 250 | 49 |
| 300 | 48 |
| 350 | 45 |
| 400 | 44 |
| 450 | 41 |

Fuente: Elaboración Propia

4.2 PRESENTACION DE RESULTADOS

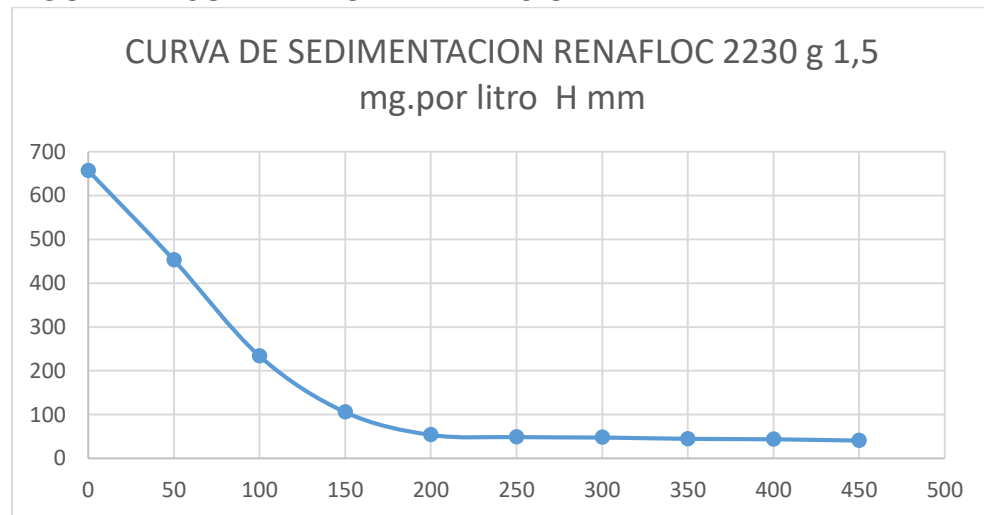
FIGURA 4.1 CURVA DE NEUTRALIZACION CON CaO



Fuente: Elaboración Propia

Se puede ver que la dosificación óptima es 0,25 g/l por lo que tenemos que optimizar los recursos utilizados.

FIGURA 4.2 CURVA DE SEDIMENTACIÓN



Fuente: Elaboración Propia

Se puede apreciar que el tiempo óptimo es de 200 seg. con una mezcla muy lenta de 100 rpm.

4.3 PRUEBA DE HIPOTESIS

Hipótesis General.

Aplicando el Proceso HDS hemos logrado mejorar la calidad de las aguas del río San Juan en el Distrito de Rancas, Pasco – 2016.

Cuadro 4.4: RECOLECCION DE RESULTADOS DESPUES DE TRATAMIENTO

| PARAMETROS | FECHA | FECHA | FECHA | FECHA | FECHA | FECHA | FECHA |
|----------------------------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|
| | 07/05/2015 | 08/06/2015 | 07/07/2015 | 03/08/2015 | 11/09/2015 | 06/10/2015 | 13/11/2015 |
| pH | 8,15 | 8,67 | 8,56 | 8,78 | 8,87 | 8,98 | 9,01 |
| Conductividad Eléctrica uS/cm | 350 | 312 | 231 | 123 | 211 | 213 | 231 |
| Temperatura °C | 8 | 7 | 6 | 7 | 6 | 8 | 8 |
| SOLIDOS TOTALES DISUELTOS (mg/L) | 143 | 231 | 156 | 231 | 241 | 243 | 145 |
| CIANURO TOTAL (mg/L) | ----- | ----- | ----- | ----- | ----- | ----- | ----- |
| CIANURO WAD (mg/L) | ----- | ----- | ----- | ----- | ----- | ----- | ----- |
| ARSENICO (mg/L) | ----- | ----- | ----- | ----- | ----- | ----- | ----- |
| COBRE (mg/L) | 0,21 | 0,13 | 0,19 | 0,18 | 0,17 | 0,23 | 0,12 |
| PLOMO (mg/L) | 0,06 | 0,08 | 0,06 | 0,09 | 0,03 | 0,03 | 0,04 |
| ZINC(mg/L) | 0,56 | 0,45 | 0,23 | 0,45 | 0,24 | 0,56 | 0,13 |
| COLIFORMES TOTALES NMP/100ml | 2564 | 1200 | 1340 | 2018 | 1198 | 1109 | 1200 |

Fuente: Elaboración propia

Hipótesis Específicas.

Hemos logrado identificar las probables causas de contaminación de las aguas del río San Juan son principalmente las compañías mineras, la población que vierte sus desagües sin tratamiento, al identificar esto hemos mejorado la calidad de las aguas en el Distrito de Rancas, Pasco.

Hemos determinado el análisis químico de las aguas que discurren en el río San Juan

Cuadro 4.5: RECOLECCION DE DATOS DE LAS MUESTRAS

| | FECHA | FECHA | FECHA | FECHA | FECHA | FECHA | FECHA |
|----------------------------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|
| PARAMETROS | 07/05/2015 | 08/06/2015 | 07/07/2015 | 03/08/2015 | 11/09/2015 | 06/10/2015 | 13/11/2015 |
| pH | 7,20 | 7,41 | 7,32 | 7,13 | 7,34 | 7,35 | 7,36 |
| Conductividad Eléctrica uS/cm | 894 | 845 | 673 | 436 | 1290 | 890 | 754 |
| Temperatura °C | 10 | 11 | 12 | 9 | 8 | 9 | 10 |
| SOLIDOS TOTALES DISUELTOS (mg/l) | 1150 | 900 | 1200 | 1300 | 1006 | 1303 | 1200 |
| CIANURO TOTAL (mg/l) | <0,005 | <0,005 | <0,005 | <0,005 | <0,005 | <0,005 | <0,005 |
| CIANURO WAD (mg/l) | <0,005 | <0,005 | <0,005 | <0,005 | <0,005 | <0,005 | <0,005 |
| ARSENICO (mg/l) | <0,001 | <0,001 | <0,001 | <0,001 | <0,001 | <0,001 | <0,001 |
| COBRE (mg/l) | 0,354 | 0,435 | 0,456 | 0,456 | 0,345 | 0,234 | 0,287 |
| PLOMO (mg/l) | 0,80 | 0,87 | 0,85 | 0,78 | 0,67 | 0,54 | 0,65 |
| ZINC(mg/l) | 2,750 | 3,567 | 3,002 | 2,985 | 1,987 | 0,976 | 1,234 |
| COLIFORMES TOTALES NMP/100ml | 3300 | 3108 | 2980 | 2896 | 3007 | 1890 | 1753 |

Fuente: Elaboración propia

Las consecuencias que ocasionan las aguas sin tratamiento del Río San Juan en la flora y fauna son la depreciación del medio ambiente.

Foto 1: Condiciones de contaminación en el entorno del Río San Juan.



Fuente: Elaboración propia

Hemos logrado identificar la alternativa que se puede implementar para tratar las aguas del Río San Juan que es la aplicación de lodos de alta densidad HDS, aplicado en varias etapas.

4.4 DISCUSION DE RESULTADOS

M.A.Sc Ing. Bernard Aube, P. Quebec, Canadá, H9X 4A9 en su artículo **“La ciencia del tratamiento de drenaje ácido de minas y efluentes de la fundición”** concluye:

No hay escasez de selección a la hora de elegir un método de tratamiento activo para el agua de la mina o efluentes de fundición, Como se discutió en este documento, cada proceso tiene ventajas y desventajas particulares. La elección apropiada es dependiente del sitio y debe basarse en los retos de tratamiento específicas. Por ejemplo, si volumen de eliminación de lodos es una preocupación importante, el proceso de HDS o Proceso Geco deben ser seleccionados. Por la mejora de la eficiencia de cal, el Geco o proceso de neutralización por etapas deben ser considerados. Si la inversión de capital es una preocupación y una gran área superficial está disponible, entonces tal tratamiento sería un tratamiento eficaz. En casos especiales en una fosa abierta no usado es disponible, el tratamiento puede ser la opción menos costosa. Las opciones son más limitadas cuando se requiere un tratamiento para el arsénico o molibdeno.

El Ing. MSc. Carlos Villachica en su ponencia **“TECNOLOGIA LIMPIA Y RENTABILIDAD SON COMPATIBLES ”** trata de las **LIMITACIONES DEL PROCESO HDS** y da conocer lo siguiente **“ El**

proceso HDS es considerado el “estado del arte” para el tratamiento de efluentes ácidos de mina no obstante sus limitaciones. • El HDS El proceso HDS (High density sludge) o Lodos de alta densidad, reporta velocidades de sedimentación en el orden de 0,8 m/h y densidades de lodos de neutralización entre 6 y 30% sólidos. Las densidades altas se obtienen cuando hay suficiente Fe disuelto, como es el caso de procesos metalúrgicos controlados (Refinerías de Zn por ejemplo).

- Los efluentes naturales (agua de mina) varían su pH de 2 a 6 estacionalmente de Los efluentes naturales (agua de mina) varían su pH de 2 a 6 estacionalmente, de modo que en época lluviosa son menos ácidos y tienen poco Fe disuelto pero los otros metales, que precipitan pH > 6 permanecen igual. Allí no funciona bien el HDS. El caso más conocido es el del Túnel Kingsmill, que tiene un p H de 3 a 6 casi todo el año. Sus lodos en el Pilotaje no superaron 6% sólidos y la Planta comercial almacenará estos en grandes pozas para densificarlos por evaporación. Smallvill s.a.c. Crea Tecnología

- Para una producción de 50 T/d de lodos el volumen a transportar y/o almacenar es 800 y 90 m³/d, para lodos de 6 y 40% sólidos, respectivamente.”

Ing. SILVANA FLORES CHAVEZ GERENTE GENERAL DE “GREEN METALLURGY TECHNOLOGIES” en su trabajo de investigación “PROCESO PARA EL TRATAMIENTO DE NEUTRALIZACIÓN Y ADSORCIÓN DE EFLUENTES MINERO-

METALÚRGICOS Y AGUAS DE MINA, se basa en un proceso de Tratamiento de Neutralización y Adsorción de Efluentes Minero-Metalúrgicos y Aguas de Mina con dolomita tratada, puesto que se comporta como un efectivo agente remediante debido a las propiedades fisicoquímicas que le confieren sus componentes derivados de CaO, MgO y Mg(OH)₂ , los cuales permiten los procesos simultáneos de la neutralización de la acidez de aguas ácidas, así como la adsorción de iones metálicos disueltos en las aguas ácidas. Asimismo, este proceso constituye un proceso de Tecnología de Limpieza como una alternativa de solución en la remediación de efluentes metalúrgicos con el empleo de la dolomita tratada mediante la aplicación de diferentes cantidades de dolomita (cuyo valor de pureza está en el rango de 80-99.9%, y con respecto a los componentes de calcio y magnesio y sílice son: CaO: 20- 40%, MgO: 15-30%, SiO₂ : 1-5%), se logró reducir las concentraciones de iones de metales pesados generadores de acidez, los cuales se encuentran disueltos en los efluentes metalúrgicos de flotación, lixiviación y aguas de mina.”

CONCLUSIONES

A la finalización de la presente investigación, se llegó a las siguientes conclusiones:

1° Como se observa en la **Figura 1.1. Ubicación del lugar de estudio.**

Las probables causas de contaminación de las aguas del río San Juan del Distrito de Rancas, Pasco, en el tramo evaluado del río San Juan que comprende la zona de Yurajhuanca está influyendo negativamente en la calidad del agua, debido a que estos efluentes de las operaciones mineras de AUREX, de los relaves que continuamente se están lixiviando en la zona de Quiulacocha, los desechos domésticos de las poblaciones de Cerro de Pasco, Quiulacocha, Rancas y Yurajhuanca, que se mezclan con el cuerpo receptor están deteriorando la biodiversidad del sistema acuático en su totalidad.

2° El análisis químico de las aguas que discurren en el río San Juan del Distrito de Rancas, Pasco, para cuantificar la contaminación del río San Juan al contener concentraciones de metales disueltos están limitando sus usos para abrevaderos de animales y la agricultura, se puede apreciar valores altos para el plomo, zinc y coliformes totales así como los sólidos totales. Los efluentes de las empresas mineras de la ciudad de Cerro de Pasco no están cumpliendo con los requisitos de calidad de agua exigidos por el Ministerio de Energía y Minas, y por los estándares de calidad ambiental. Los parámetros que presentan un alto riesgo a la calidad del agua del río San Juan, son el Cobre, Plomo

y Zinc encontrándose por encima de los límites máximos permisibles establecido por el Ministerio de Energía y Minas y por los estándares de calidad ambiental del MINAM

- 3° Con la contaminación del río San Juan años atrás en los inicios de la explotación minera se extinguieron las especies de habita **fauna:** Pato Zambullidor, la Rana, Callhuas, etc. Y **flora:** Algas, Totorá, el Ichu, etc. Como se aprecia en la foto, pese a la humedad las orillas del Río San Juan no presentan vegetación, tampoco se puede apreciar la fauna de la zona cercano al Río San Juan. El monitoreo realizado demostró que existe una gran contaminación ambiental, que está afectando por completo al ecosistema acuático.
- 4° Se puede ver que la dosificación óptima es 0,25 g de CaO/l de agua del Río San Juan, por lo que tenemos que optimizar los recursos utilizados. Se puede apreciar que el tiempo óptimo es de 200 seg. con una mezcla muy lenta de 100 rpm, con una dosificación de RENAFLOC 1,5 mg/l de agua tratada. Los resultados después del tratamiento pueden considerar el agua del río San Juan como agua de tipo 3 para el uso en cultivos y abrevadero de animales.

RECOMENDACIONES

- Formar un comité ecológico para el cuidado y preservación de los recursos naturales de la zona, pues la experiencia efectuada hasta hoy es todavía escasa y quedan numerosas incógnitas por resolver.
- Realizar monitoreos constantes a través de un comité conformado por las distintas instituciones que están inmersos en el tema del cuidado del medio ambiente, para llevar acabo un control continuo de los parámetros de metales disueltos presentes en el agua del río San Juan.
- Exigir al Ministerio de Energía y Minas ser más estricto con las sanciones a las empresas mineras que no cumplen con las normas de la conservación del medio ambiente.
- Utilizar este tipo de tratamiento de aguas para las empresas mineras y de esta manera evitaremos la contaminación del río San Juan.
- Difundir los resultados de la presente investigación a los pobladores que viven a inmediaciones del río San Juan; de tal manera, que pongan mayor interés en defensa del medio ambiente.
- Las Compañías Mineras deberían implementar una planta de tratamiento para sus aguas industriales, con la finalidad de evacuar sus efluentes líquidos al medio ambiente cumpliendo los límites máximos permisibles que exige el ministerio del Ambiente.

BIBLIOGRAFÍA

- Anderson Marcelo Manrique 2005.** “Concentración de Metales Pesados en la Flora del Lago Junín, 2005” C de P - PERU. 69 pp.
- 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.
- Chiang, A. 1989.** Niveles de los Metales Pesados en Organismos, Agua y Sedimentos Marinos Recolectados en la V Región de Chile. Memorias del Simposio Internacional sobre Recursos Vivos. Santiago. pp. 205 – 215.
- Corzo, R. 1986.** El Problema de los Residuos Mineros en el Perú. Encuentro Latinoamericano sobre Residuos Peligrosos y Residuos Mineros. Ministerio de Salud. Dirección Técnica de Saneamiento Ambiental. Lima - Perú. 15 pp.
- León, M. 1992.** Evaluación de Algunos Metales que Afectan la Calidad del Río Moche. Tesis. Universidad Nacional Agraria la Molina. Lima - Perú. 97 pp.
- Millones, E. 1995.** Seguimiento y Evaluación Ambiental en el Manejo de Cuencas, III Encuentro de la Real Nacional de Cuencas de Cajamarca - Perú. pp 107 - 119.

Ministerio de Energía y Minas del Perú y el Banco Interamericano de

Desarrollo. 1998. Cuenca del Río Mantaro, Control Ambiental de las Actividades Mineras. Lima - Perú. pp 31.

Ministerio de Energía y Minas. 1993. Minería y Medio Ambiente. Un Enfoque Técnico – Legal de la Minería en el Perú. Lima – Perú. 181 pp.

Paredes, H. 1984. Efluentes Líquidos de la Minería y su Comportamiento Químico en la Potabilización del Agua. XVII Convención de Minería. Huaraz - Perú. VI - 5:1- 6 pp.

Real Instituto de Tecnología de Suecia. 1973. Las Aguas Residuales de la Industria de Minería Metálica. Misión Minera Sueca del Perú. Tomo I. Estocolmo - Suecia. Pp. 1- 12.

Aduvire, L. V. (2006). Innovaciones en la caracterización de aguas ácidas de mina y su tratamiento con tecnologías ecológicas. *Perumin, 29 Convención Minera*, (Pág. 12). Lima, Perú .

Bolzicco, J., Carrera, J., & Ayora, C. (2002). Eficiencia de la Barrera Permeable Reactiva de Aznalcollar (Sevilla;España) como remedio de aguas ácidas de mina. *Revista Latino-Americana De Hidrogeología, N.4.*, P.27-34.

Gatica, G., y Santos Jallath, J. (2003). Identificación y prevención del drenaje ácido de mina en el proceso de extracción, en minas con sulfuros. *Memorias del XXV Convención Internacional de Minería*. México, DF: Asociación de Ingenieros de Minas, Metalurgistas y Geólogos de México.

Guía Ambiental para el Manejo de Drenaje Ácido de Minas, (GAMDAM).

Disponible en:

<http://www.minem.gob.pe/minem/archivos/file/DGAAM/guias/manedrenaje.PDF>

López Pamo, Aduvire, O., & Baretino, D. 2002. Tratamientos pasivos de drenajes ácidos de mina: estado actual y perspectivas de futuro.

Boletín Geológico y Minero, 21.

López, L. R. (2013). *RESIDUOS MINEROS Y LA GENERACIÓN DE DRENAJE ÁCIDO: PRUEBAS DE LABORATORIO Y SU APLICACIÓN EN EL DISEÑO, CONSTRUCCIÓN Y OPERACIÓN DE DEPÓSITOS*. México: UNAM, FI.

Oriol, C. M. 2004. *Caracterización de los procesos de eliminación de metales de aguas ácidas utilizando magnesia cáustica. Aplicación al tratamiento in situ*. Universitat Politècnica de Catalunya.

República del Perú, Ministerio de Energía y Minas, Dirección General de Asuntos Ambientales Mineros. Guía Ambiental para el Manejo de Drenaje Ácido de Minas 1994.

IMAES. UNIVERSIDAD CASTILLA LA MANCHA (S.F),
PRECIPITACIÓN COAGULACIÓN-FLOCULACIÓN,
www3.uclm.es/profesorado/giq/contenido/dis_procesos/tema5.pdf

Secretaría de Salud Norma Oficial Mexicana NOM-127-SSA1-1994, Salud ambiental. Agua para uso y consumo humano. Límites permisibles de calidad y tratamiento a que debe someterse el agua para su potabilización.

Gil Rodríguez M. 2005. Procesos de Descontaminación de Aguas.
Cálculos Informáticos Avanzados. España. Editorial Thomson. 263p.

Ríos, C. 2001. Estudio de la Contaminación Ambiental por las Descargas
Mineras de Comsur en la Represa Milluni. Universidad Mayor de San
Andrés. Fac. Ingeniería. Carrera. Ing. Civil. Bolivia. 50p.

SGS, (s.f), SGS-MIN-WA024-High-Density-Sludge-EN-11.pdf,
<http://www.sgs.pe/~media/Global/Documents/Flyers%20and%20Leaflets/SGS-MIN-WA024-High-Density-Sludge-EN-11.pdf>

ANEXOS

Muestreo del Punto de efluente de las operaciones mineras. Situado en el departamento y Provincia de Pasco del Distrito de Simón Bolívar – Rancas.



Tomando lectura, Muestreo de los efluentes de las operaciones mineras. Situado en el departamento y Provincia de Pasco del Distrito de Simón Bolívar – Rancas.



Muestreo de la aguas del Rio San Juan. Situado en el departamento y Provincia de Pasco del Distrito de Simón Bolívar – Rancas.



Tomando lectura de los parametros de las aguas. Situado en el departamento y Provincia de Pasco del Distrito de Simón Bolívar – Rancas.



**MONITOREO DEL AGUA DE LOS RÍOS ANTES DE LAS
OPERACIONES MINERAS, POR TIPO DE CONTAMINANTE, 2005 -
2012**

| Empresa Minera | Lugar de ubicación | Río receptor | Concentración de Iones de Hidrógeno (pH) | | | | | | | |
|------------------------------------|--------------------|--------------|--|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| | | | 2005 | 2006 | 2007 | 2008 | 2009 | 2010 | 2011 | 2012 |
| Volcán Compañía Minera S.A. | Andaychagua | Andaychagua | 8.171 | 8.439 | 8.054 | 7.927 | 8.047 | 7.927 | 7.395 | 8.043 |
| Empresa Administradora Cerro S.A.C | Cerro de Pasco | San Juan | 7.814 | 8.003 | 8.096 | 8.163 | 7.956 | 7.800 | 8.475 | 8.300 |
| Xstrata Tintaya S.A. | Tintaya | Salado | 8.030 | 8.107 | 8.161 | 8.324 | 8.457 | 8.070 | ... | 8.282 |
| Compañía Minera Buenaventura S.A. | Julcani | Opamayo | 8.120 | 8.374 | 8.264 | 7.952 | 8.253 | 8.376 | 8.056 | 8.490 |

| Empresa Minera | Lugar de ubicación | Río receptor | Sólidos Totales en Suspensión (STS) | | | | | | | |
|------------------------------------|--------------------|--------------|-------------------------------------|--------|---------|--------|---------|---------|---------|---------|
| | | | 2005 | 2006 | 2007 | 2008 | 2009 | 2010 | 2011 | 2012 |
| Volcán Compañía Minera S.A. | Andaychagua | Andaychagua | ... | 32.813 | 24.663 | 5.433 | 0.006 | 0.006 | 0.005 | - |
| Empresa Administradora Cerro S.A.C | Cerro de Pasco | San Juan | 3.202 | 9.142 | 8.087 | 6.884 | 263.833 | 8.330 | 4.667 | 5.250 |
| Xstrata Tintaya S.A. | Tintaya | Salado | 11.417 | 25.600 | 49.633 | 16.975 | 7.575 | 50.883 | ... | 61.083 |
| Compañía Minera Buenaventura S.A. | Julcani | Opamayo | 54.467 | 23.883 | 47.356 | 13.097 | 42.635 | 43.395 | 17.450 | 39.000 |
| Doe Run SRL | Cobriza | Mantaro | 445.091 | 8.400 | 357.000 | 60.833 | 737.750 | 676.125 | 529.128 | 608.500 |

| Empresa Minera | Lugar de ubicación | Río receptor | Arsénico (As) | | | | | | | |
|------------------------------------|--------------------|--------------|---------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| | | | 2005 | 2006 | 2007 | 2008 | 2009 | 2010 | 2011 | 2012 |
| Volcán Compañía Minera S.A. | Andaychagua | Andaychagua | 0.018 | 0.012 | 0.010 | 0.007 | 0.007 | 0.011 | 0.009 | 0.009 |
| Empresa Administradora Cerro S.A.C | Cerro de Pasco | San Juan | 0.010 | 0.010 | 0.002 | 0.009 | 0.004 | 0.005 | 0.009 | 0.005 |
| Xstrata Tintaya S.A. | Tintaya | Salado | 0.006 | 0.015 | 0.013 | 0.013 | 0.010 | 0.006 | ... | 0.012 |
| Compañía Minera Buenaventura S.A. | Julcani | Opamayo | 0.040 | 0.017 | 0.049 | 0.031 | 0.032 | 0.029 | 0.031 | 0.031 |

| Empresa Minera | Lugar de ubicación | Río receptor | Cianuro (Cn) | | | | | | | |
|------------------------------------|--------------------|--------------|--------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| | | | 2005 | 2006 | 2007 | 2008 | 2009 | 2010 | 2011 | 2012 |
| Volcán Compañía Minera S.A. | Andaychagua | Andaychagua | 0.005 | 0.004 | 0.004 | 0.011 | 0.001 | 0.003 | 0.001 | ... |
| Empresa Administradora Cerro S.A.C | Cerro de Pasco | San Juan | ... | 0.010 | 0.010 | 0.011 | 0.006 | 0.009 | 0.005 | 0.002 |
| Xstrata Tintaya S.A. | Tintaya | Salado | 0.005 | 0.005 | 0.005 | 0.005 | 0.003 | 0.001 | ... | 0.001 |
| Compañía Minera Buenaventura S.A. | Julcani | Opamayo | ... | 0.010 | 0.050 | 0.011 | 0.017 | 0.013 | 0.034 | ... |