

**UNIVERSIDAD NACIONAL DANIEL ALCIDES CARRION  
FACULTAD DE INGENIERIA  
ESCUELA DE FORMACION PROFESIONAL DE  
INGENIERIA AMBIENTAL**



**CONTROL DE LOS PARÁMETROS DE FUNCIONAMIENTO  
DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO SAN JOSÉ DE LOS  
EFLUENTES DOMÉSTICOS CON LA FINALIDAD DE  
OPTIMIZAR SU FUNCIONAMIENTO, EN LA EMPRESA  
MINERA PAN AMERICAN SILVER S.A.C.-UNIDAD  
OPERATIVA HUARON**

**TESIS**

**PARA OPTAR EL TITULO PROFESIONAL DE  
INGENIERO AMBIENTAL**

Presentado por:

**Bach. DIAZ MEZA, Jeanfranco Fransua**

**PASCO PERU 2018**

**UNIVERSIDAD NACIONAL DANIEL ALCIDES CARRION  
FACULTAD DE INGENIERIA  
ESCUELA DE FORMACION PROFESIONAL DE  
INGENIERIA AMBIENTAL**



**CONTROL DE LOS PARÁMETROS DE FUNCIONAMIENTO DE LA  
PLANTA DE TRATAMIENTO SAN JOSÉ DE LOS EFLUENTES  
DOMÉSTICOS CON LA FINALIDAD DE OPTIMIZAR SU  
FUNCIONAMIENTO, EN LA EMPRESA MINERA PAN AMERICAN  
SILVER S.A.C.-UNIDAD OPERATIVA HUARON**

Presentado por:

**Bach. DIAZ MEZA, Jeanfranco Fransua**

**SUSTENTADO Y APROBADO ANTE LA COMISIÓN DE JURADOS**

---

**Mg. ASTO LIÑAN, Julio Antonio  
PRESIDENTE**

---

**Mg. PACHECO PEÑA, Luis Alberto  
MIEMBRO**

---

**Ing. MARCELO MANRIQUE, Anderson  
MIEMBRO**

---

**Mg. CUYUBAMBA ZEVALLOS, David J.  
ASESOR**

*A mis padres, por su inmenso amor, entrega y apoyo, por ser los más hermosos ejemplos de vida. A Anie mi compañera incondicional, a Luana mi hija la razón de mi superación, a mis hermanos, a toda mi familia y a todos aquellos que me acompañaron en este desafío.*

## *AGRADECIMIENTOS*

Agradezco a Dios por las bendiciones que me ha brindado, por fortalecerme en momentos difíciles y permitirme avanzar hacia él.

A mis padres que se esforzaron siempre por mis anhelos y sustento, brindándome siempre compañía y apoyo.

A toda mi familia, que han estado junto a mí siempre, brindándome ayuda, amistad y refugio.

Mi agradecimiento especial a mis maestros de la Universidad Nacional Daniel Carrión, gracias a la oportunidad brindada pude cumplir mis mejores anhelos.

## ÍNDICE

DEDICATORIA

AGRADECIMIENTO

INDICE

RESUMEN

SUMMARY

INTRODUCCIÓN

### CAPITULO I

#### PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

1.1.IMPORTANCIA DEL PROBLEMA.....	12
1.2. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA.....	14
1.3. OBJETIVOS: GENERALES Y ESPECÍFICOS.....	14
1.3.1. OBJETIVO GENERAL.....	15
1.3.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	15
1.4. JUSTIFICACIÓN.....	15
A) CUMPLIMIENTO DE LOS LÍMITES MÁXIMOS PERMISIBLES DE EFLUENTES DE PTAR.....	18
B) PROGRAMA DE MONITOREO.....	19
C) RESULTADOS DE MONITOREO.....	19
D) FISCALIZACIÓN Y SANCIÓN.....	20

### CAPITULO II

#### MARCO TEORICO

2.1. ANTECEDENTES DE LA INVESTIGACIÓN.....	22
A.MARIANA CAROLINA D’ALESSANDRI ROMERO: “CARACTERIZACIÓN Y TRATAMIENTO DE AGUA RESIDUAL PROVENIENTE DE LAS PLANTAS DE PRODUCCIÓN” COORDINACIÓN DE INGENIERÍA QUÍMICA. DECANATO DE ESTUDIOS PROFESIONALES. UNIVERSIDAD SIMÓN BOLÍVAR. SARTENEJAS, MARZO DE 2012. ....	22

B. MÓNICA SCAVO, OSCAR RODRÍGUEZ Y OSWALDO. LUQUE: “ESTUDIO DE UN SISTEMA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES COMPLEMENTARIO, CON PASTO VETIVER (V ETIVERIA ZIZANIOIDES L.), PROVENIENTES DE UNA PLANTA DE PRODUCCIÓN DE GASEOSAS, EN VILLA DE CURA, ESTADO ARAGUA”. FACULTAD DE AGRONOMÍA. UNIVERSIDAD CENTRAL DE VENEZUELA. ....	23
C. MOISÉS TEJOCOTE-PÉREZ, PATRICIA BALDERAS HERNÁNDEZ, CARLOS EDUARDO BARRERA DÍAZ, GABRIELA ROA MORALES Y THELMA BEATRIZ PAVÓN SILVA: “DISEÑO DE UN SISTEMA ELECTRO COAGULACIÓN-LODOS ACTIVADOS EN CONTINUO PARA MEJORAR LA CALIDAD DE AGUA PROVENIENTE DE EFLUENTES INDUSTRIALES” FACULTAD DE QUÍMICA. UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DEL ESTADO DE MÉXICO. TOLUCA, ESTADO DE MÉXICO. ....	25
D. ENRIQUE MESETH MACCHIAVELLO: ESTUDIO DE UNA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES DE IRLANDA Y SU IMPACTO EN EL MEDIOAMBIENTE. UNIVERSIDAD DE LIMA. LIMA, PERÚ. RECIBIDO 23/4/2013 / APROBADO: 28/5/2013.....	26
2.2. MARCO DE REFERENCIA .....	26
A. EL AGUA:.....	26
B. EL AGUA ES ESENCIAL PARA LA VIDA. ....	28
C. CONTAMINACIÓN Y FALTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES EN AMÉRICA LATINA.....	30
D. PROTOCOLO Y COSTO DEL TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES EN AMÉRICA LATINA.....	31
E.LA SITUACIÓN DEL AGUA DULCE EN EL PERÚ.....	33
F.SITUACIÓN DEL TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES EN EL PERÚ. ....	34
G.COSTO BENEFICIO DE UNA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES DOMÉSTICAS EN EL PERÚ.....	37
2.3. CONCEPTOS GENERALES DEL PROCESO DE LODOS ACTIVADOS .....	38
2.4. UBICACIÓN Y ACTIVIDAD DE LA EMPRESA MINERA PAN AMERICAN SILVER S.A.C.....	41
2.5. HIPÓTESIS .....	42
2.5.1. HIPÓTESIS GENERAL .....	42

2.5.2. HIPÓTESIS ESPECÍFICOS.....	43
2.6. VARIABLES.....	43
2.6.1. VARIABLE INDEPENDIENTE .....	43
2.6.2. VARIABLE DEPENDIENTE.....	43
2.6.3. VARIABLE CONCURRENTE .....	44

### CAPITULO III

#### MATERIALES Y METODOS

3.1. MÉTODO Y DISEÑO.....	45
3.1.1. MÉTODO DE LA INVESTIGACIÓN.....	45
3.1.2. DISEÑO DE INVESTIGACIÓN.....	46
3.2. POBLACIÓN Y MUESTRA.....	48
3.2.1. LA POBLACIÓN .....	48
3.2.2. LA MUESTRA .....	49
3.3. TÉCNICAS E INSTRUMENTOS DE RECOLECCIÓN DE DATOS .....	49
3.4. TÉCNICAS DE PROCESAMIENTO Y ANÁLISIS DE DATOS .....	49
3.5. TRATAMIENTO ESTADÍSTICO.....	50

### CAPITULO IV

#### RESULTADOS

4.1.PROCESAMIENTOS DE DATOS (CUADROS ESTADÍSTICOS CON SU RESPECTIVO ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN).....	51
A.DIAGNÓSTICO DEL FUNCIONAMIENTO ACTUAL DEL SISTEMA DE TRATAMIENTO DE LA PTAR “SAN JOSÉ”.....	51
B. POSIBILIDADES DE MEJORA EN LOS SISTEMAS DE TRATAMIENTO DE LA PTAR “SAN JOSÉ” .....	52
C.ESTUDIO DE LAS MEDICIONES REALIZADAS EN LA PTAR “SAN JOSÉ”..	55

CONCLUSION

SUGERENCIAS

## **RESUMEN**

Cuando se habla de aguas residuales en la actualidad, se tiende a relacionarlas con multitud de problemas. Aun así, estas aguas presentan un gran potencial de recuperación de recursos.

El agua de consumo, es una de las prioridades para la empresa minera Pan American Silver S.A.C. se debe garantizar y asegurar un uso racional de este para atender las necesidades básicas de los trabajadores.

Al realizar el tratamiento de las aguas residual proveniente de los campamentos, oficinas, comedores y otros, en la planta de tratamiento de lodos activados que cuenta la empresa Pan American Silver S.A.C, garantiza el control de la contaminación para un normal vertimiento al cuerpo receptor del rio San José.

También se enfoca nuestra investigación en la búsqueda de realizar mejoras en el funcionamiento del sistema actual de la PTAR San José, tratamiento de aguas, En cumplimiento al legal Decreto Supremo N° 003-2010-MINAM (Límites Máximos Permisibles).

## **SUMMARY**

When we talk about wastewater today, we tend to relate them to a multitude of problems. Even so, these waters present a great potential for resource recovery.

Drinking water is one of the priorities for the Pan American Silver S.A.C. mining company. it must ensure and ensure a rational use of water, to meet the basic needs of workers.

When carrying out the treatment of the wastewater from the camps, offices, dining rooms and others, in the activated sludge treatment plant that the Pan American Silver SAC company has, it guarantees the control of the contamination for a normal discharge to the receiving body of the San José River

Our research is also focused on the search to improve the functioning of the current system of the San José WWTP, water treatment, in compliance with the legal Supreme Decree No. 003-2010-MINAM (Maximum Permissible Limits).

## INTRODUCCIÓN

En nuestra región Pasco, la importancia económica y social que la minería representa y las repercusiones medioambientales relacionadas con esta actividad que realizan son un problema serio a ser tomado en consideración. Durante las operaciones de extracción del mineral se generan una serie de residuos como: desmontes, relaves, residuos sólidos, emisiones gaseosas y líquidos conocidos como drenajes ácidos de mina. También en las operaciones mineras se requiere contar con una cantidad necesaria de trabajadores para realizar diferentes trabajos con la finalidad de lograr los objetivos de producción que el empresario minero requiere alcanzar para lograr ganancias económicas en favor de la Empresa. Los trabajadores consumen y hacen uso del agua, para el aseo personal, para la preparación de sus alimentos y otros usos, generando la producción considerable de agua residual doméstica, por lo que es importante contar con una planta de tratamiento de agua residual (PTAR), con la finalidad de cumplir la normativa legal Decreto Supremo N° 003-2010-MINAM.

Las actividades mineras están relacionadas con la explotación de recursos no renovables. En muchos lugares ha traído como consecuencia contaminación de ríos, lagos y mares, la destrucción de ecosistemas, entre otras. La idea de una minería responsable con la sociedad y con el medio ambiente, en la actualidad se ha impulsado que cuenten con herramientas de gestión como los ISO 9000, 14000 y 18000, los Estudios de Impacto Ambiental y PAMA con la finalidad de reducir los impactos al ambiente.

Las aguas residuales domesticas proveniente de la PTAR San José en la empresa Pan American Silver S.A.C. constituyen una solución a de los principales problemas medioambientales relacionados con la actividad que se realiza en la minera. Por lo tanto se está encaminando al desarrollo de tecnologías económicamente viables y amigables al medio ambiente, con la finalidad de solucionar y remediar este tipo de residuos líquidos, es un compromiso de gran importancia en la organización de la empresa.

## **CAPITULO I**

### **I. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA**

#### **1.1. Importancia del problema**

Se denominan aguas servidas o residuales a aquellas que resultan del uso doméstico en los comedores, oficinas y campamentos de la Empresa Minera Pan American Silver S.A.C. ubicadas dentro del área industrial de la empresa, se incluyen, a veces las aguas de lluvia.

Por ello, en las empresas mineras que están formalizadas en nuestro país, el agua residual domestica recibe un tratamiento. El problema se encuentra en las poblaciones que se encuentran dentro del área de influencia directa de la empresa las cuales no cuentan con ningún sistema de tratamiento de las aguas residuales que ellos vienen generando en un 100 %, esto trae consigo la degradación del agua y del suelo, por el uso de detergentes, abonos químicos, pesticidas, insecticidas y otros químicos que se utilizan

en las zonas agrícolas, principalmente en la Sierra de nuestro país, que por efecto de la gravedad van a dar a los ríos y las cuencas hidrográficas donde se recibe toda la carga. Por lo que se debe tomar mayor importancia en solucionar dicha problemática, para proteger la salud pública como para la preservación el ambiente.

Antes de realizar un tratamiento del agua residual domestica debe realizarse una evaluación de su calidad, lo que se denomina la caracterización de la composición del agua, permite conocer qué elementos físicos, químicos y biológicos están presentes y cuál es su concentración, información necesaria e importante para que los ingenieros puedan diseñar una planta apropiada para realizar el tratamiento de estas aguas.

Una Planta de tratamiento de Aguas Servidas debe tener como propósito eliminar o reducir la elevada concentración de los componentes físicos, químicos y bacteriológicos que están presentes en el agua que pueda ser nociva para los seres humanos, la flora y la fauna de manera el agua sea dispuesta en el ambiente en forma segura. El proceso, además, debe ser optimizado de manera que la planta de tratamiento no produzca olores ofensivos hacia la comunidad en la cual está instalada. Una planta de aguas servidas bien operada debe eliminar al menos un 90% de la materia orgánica y de los microorganismos patógenos presentes en ella.

Para el tratamiento de las aguas residuales provenientes de campamentos de la Empresa Minera Pan American Silver S.A.C., se realiza en una planta de los lodos activados, dicho sistema tiene dos etapas, una etapa de

reducción de la materia orgánica y la etapa de sedimentación de lodos controlando la inyección de aire al sistema para reducir DBO<sub>5</sub> y elevar los niveles de oxígeno disuelto (OD).

## **1.2. Formulación del problema**

### **1.2.1. Problema general**

¿Cuáles son los problemas de contaminación que presenta el agua residual domésticas provenientes de los comedores, oficinas y campamentos de los trabajadores de la zona San José de la Empresa Minera Pan American Silver S.A.C.- ¿Unidad Operativa Huaron, y como lograr optimizar el tratamiento y funcionamiento de la Planta de Tratamiento de Agua Residual de la Empresa?

### **1.2.2. Problemas específicos**

- A. ¿Se puede identificar cuáles son los elementos de los parámetros físicos, químicos y biológicos, que vienen generando el problema de la contaminación que presenta las aguas domésticas provenientes de los comedores, oficinas y campamentos de San José de la Empresa Minera Pan American Silver S.A.C.-Unidad Operativa Huaron?
- B. ¿Será necesario realizar un estudio con la finalidad de mejorar el funcionamiento de la Planta de Tratamiento de los lodos activados de la zona de San José de la Empresa Minera Pan American Silver S.A.C.?

### **1.3. Objetivos: generales y específicos**

#### **1.3.1. Objetivo general**

Proponer un estudio para lograr optimizar el funcionamiento de la Planta de Tratamiento San José, tomar medidas de solución a los problemas de contaminación que presentan las aguas residuales domésticas, provenientes de los comedores, oficinas y campamentos de los trabajadores de la Empresa Minera Pan American Silver S.A.C.-Unidad Operativa Huaron.

#### **1.3.2. Objetivos específicos**

- A. Identificar los elementos de los parámetros físicos, químicos y biológicos, que vienen generando el problema de la contaminación que presenta las aguas domésticas provenientes de los comedores, oficinas y campamentos de San José de la Empresa Minera Pan American Silver S.A.C.-Unidad Operativa Huaron.
- B. Realizar una evaluación y proponer mejoras con la finalidad de optimizar el funcionamiento de la Planta de Tratamiento de los lodos activados de la zona de San José de la Empresa Minera Pan American Silver S.A.C.

### **1.4. Justificación**

De acuerdo con la Ley de Recursos Hídricos, Ley N° 29338, artículos 79° y 80°, todo vertimiento de agua residual en una fuente natural de agua requiere de autorización de vertimiento emitida por la ANA. La autorización de vertimiento se otorga por un plazo no menor a dos años ni

mayor de seis años; el cual rige a partir de las operaciones del proyecto, este se establece en función a la actividad principal en la que se usa el agua. Es decir, queda prohibido el vertimiento directo o indirecto de agua residual sin dicha autorización. Estas solicitudes serán calificadas tomándose en cuenta obligatoriamente los Estándares Nacionales de Calidad Ambiental para agua, ECA – Agua.

El vertimiento del agua residual tratada a un cuerpo natural de agua continental o marina, otorga la ANA previa opinión técnica favorable de la Dirección General de Salud Ambiental del Ministerio de Salud y de la autoridad ambiental sectorial competente sobre el cumplimiento de los Estándares Nacional de Calidad de Agua (ECA-Agua) y Límites Máximos Permisibles (LMP).

Corresponde a la autoridad sectorial competente la autorización y el control de las descargas de agua residual a los sistemas de drenaje urbano o alcantarillado. La ANA, a través del Consejo de Cuenca también autoriza el reuso del agua residual tratada, según el fin para el que se destine la misma, en coordinación con la autoridad sectorial competente y cuando corresponde con la Autoridad Ambiental Nacional.

Los titulares de derechos de uso de agua que inviertan en trabajos destinados al uso eficiente, a la protección y conservación del agua y sus bienes asociados y al mantenimiento y desarrollo de la cuenca hidrográfica pueden deducir las inversiones que efectúen para tales fines de los pagos por concepto de retribución económica o tarifas de agua, de acuerdo con los criterios y porcentaje que son fijados en el Reglamento.

Normas Legales de los Límites Máximos Permisibles para los efluentes de Plantas de Tratamiento de Aguas Residuales Domésticas o Municipales. Con la publicación del Decreto Supremo N° 003-2010-MINAM se ha Aprobado los Límites Máximos Permisibles (LMP) para efluentes de Plantas de Tratamiento de Agua Residuales Domésticas o Municipales (PTAR) en que son aplicables en el ámbito nacional.

Para la aplicación del presente Decreto Supremo se utilizarán los siguientes términos:

- Planta de Tratamiento de Aguas Residuales Domésticas o Municipales (PTAR): Infraestructura y procesos que permiten la depuración de las aguas residuales Domésticas o Municipales.

- Límite Máximo Permisible (LMP). - Es la medida de la concentración o del grado de elementos, sustancias o parámetros físicos, químicos y biológicos, que caracterizan a una emisión, que al ser excedida causa o puede causar daños a la salud, al bienestar humano y al ambiente.

Su cumplimiento es exigible legalmente por el MINAM y los organismos que conforman el Sistema de Gestión Ambiental.

- Protocolo de Monitoreo. - Procedimientos y metodologías establecidas por el Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento en coordinación con el MINAM y que deben cumplirse en la ejecución de los Programas de Monitoreo.

**a) Cumplimiento de los Límites Máximos Permisibles de Efluentes de PTAR**

- Los LMP de efluentes de PTAR que se establecen en la presente norma entran en vigencia y son de cumplimiento obligatorio a partir del día siguiente de su publicación en el Diario Oficial El Peruano.
- Los LMP aprobados mediante el presente Decreto Supremo, no serán de aplicación a las PTAR con tratamiento preliminar avanzado o tratamiento primario que cuenten con disposición final mediante emisario submarino.
- Los titulares de las PTAR que se encuentren en operación a la dación del presente Decreto Supremo y que no cuenten con certificación ambiental, tendrán un plazo no mayor de dos (02) años, contados a partir de la publicación del presente Decreto Supremo, para presentar ante el Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento su Programa de Adecuación y Manejo Ambiental; autoridad que definirá el respectivo plazo de adecuación.
- Los titulares de las PTAR que se encuentren en operación a la dación del presente Decreto Supremo y que cuenten con certificación ambiental, tendrán un plazo no mayor de tres (03) años, contados a partir de la publicación del presente Decreto Supremo, para presentar ante el Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento, la actualización de los Planes de Manejo Ambiental

de los Estudios Ambientales; autoridad que de finirá el respectivo plazo de adecuación.

**b) Programa de Monitoreo**

Los titulares de las PTAR están obligados a realizar el monitoreo de sus efluentes, de conformidad con el Programa de Monitoreo aprobado por el Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento. El Programa de Monitoreo especificará la ubicación de los puntos de control, métodos y técnicas adecuadas; así como los parámetros y frecuencia de muestreo para cada uno de ellos.

El Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento podrá disponer el monitoreo de otros parámetros que no estén regulados en el presente Decreto Supremo, cuando existan indicios razonables de riesgo a la salud humana o al ambiente.

Sólo será considerado válido el monitoreo conforme al Protocolo de Monitoreo establecido por el Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento, realizado por Laboratorios acreditados ante el Instituto Nacional de Defensa del Consumidor y de la Propiedad Intelectual - INDECOPI.

**c) Resultados de monitoreo**

El Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento es responsable de la administración de la base de datos del monitoreo de los efluentes de las PTAR, por lo que los titulares de las actividades están obligados a reportar periódicamente los resultados del monitoreo de los parámetros regulados en el Anexo de la presente norma, de

conformidad con los procedimientos establecidos en el Protocolo de Monitoreo aprobado por dicho Sector.

El Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento deberá elaborar y remitir al Ministerio del Ambiente dentro de los primeros noventa (90) días de cada año, un informe estadístico a partir de los datos de monitoreo presentados por los Titulares de las PTAR, durante el año anterior, lo cual será de acceso público a través del portal institucional de ambas entidades.

#### **d) Fiscalización y Sanción**

La fiscalización del cumplimiento de los LMP y otras disposiciones aprobadas en el presente Decreto Supremo estará a cargo de la autoridad competente de fiscalización, según corresponda.

**Cuadro 1.1: Límites Máximos Permisibles para los Efluentes de Planta de Tratamiento Agua Residual (PTAR)**

<b>PARAMETRO</b>	<b>UNIDAD</b>	<b>LMP DE EFLUENTES PARA VERTIDOS A CUERPOS DE AGUAS</b>
Aceites y Grasas	mg/L	20
Coliformes Termotolerantes	NMP/100 mL	10,000
Demanda Bioquímica de Oxígeno	mg/L	100
Demanda Química de Oxígeno	mg/L	200
pH	Unidad	6.5 – 8.5
Sólidos totales suspensión	mg/L	150
Temperatura	°C	< 35

El peruano. Normas Legales<sup>1</sup>

<sup>1</sup> El Peruano Lima, miércoles 17 de marzo de 2010.

## **2. ALCANCE**

El agua de consumo doméstico es una de las prioridades para la empresa minera Pan American Silver S.A.C. se debe asegurar una fuente sostenible de agua para atender las necesidades básicas de los trabajadores de la empresa Pan American Silver S.A.C, preservando a la vez un valioso ecosistema andino.

Al realizar el tratamiento de las aguas residual doméstico proveniente de los campamentos, oficinas, comedores y otros, en la planta de tratamiento de lodos activados que cuenta la empresa Pan American Silver S.A.C, garantizara el control de la contaminación para un normal desarrollo de la cuenca hidrográfica del rio San José.

## **CAPITULO II**

### **MARCO TEORICO**

#### **2.1. Antecedentes De La Investigación**

**A. Mariana Carolina D'Alessandri Romero: “Caracterización y tratamiento de agua residual proveniente de las plantas de producción” Coordinación De Ingeniería Química. Decanato de Estudios Profesionales. Universidad Simón Bolívar. Sartenejas, marzo de 2012.**

Resumen

Las características del agua residual industrial varía constantemente según la producción, esto impulsa la estandarización de la operación de las plantas de tratamiento de agua residual. El Departamento de Protección Ambiental de la empresa se planteó hallar los efluentes que requieren mayor remoción de contaminantes, tratándolos con la cantidad

justa de aditivos coagulantes-floculantes, así como determinar los posibles efectos tóxicos sobre el reactor biológico. Para alcanzar los objetivos planteados, se siguió una metodología de 4 fases. Se levantó la información necesaria para identificar el agua residual y las operaciones de la planta de tratamiento de agua, se hallaron las características físico-químicas de los efluentes, se evaluó el impacto de los efluentes sobre el tratamiento primario y secundario y se desarrollaron planes de emergencia y seguimiento basados en los resultados obtenidos. Los efluentes de las plantas de Masterbatch, Sulfonación y Emulsiones fueron caracterizados de forma físico-química. Para estos se determinó que por el tratamiento primario la remoción de DQO es de 40%, 40% y 70% respectivamente. Se clasificó como altamente biodegradable el efluente de la planta de Emulsiones, al igual que la mezcla ácido orgánico residual en solución de referencia. La desactivación con metabisulfito de sodio resultó ser efectiva para reducir la toxicidad del agua de lavado contaminada con biocida, logrando producir un efluente biodegradable. La solución de los problemas operacionales agudos que se presentaron en la planta, no requiere de grandes inversiones. Se recomienda realizar capacitaciones periódicas acerca de la correcta operación de la planta, en donde se produzca el enriquecimiento técnico del personal.

**B. Mónica Scavo, Oscar Rodríguez y Oswaldo. Luque: “Estudio de un Sistema de Tratamiento de Aguas Residuales Complementario, Con**

**Pasto Vetiver (V Etiveria Zizanioides L.), provenientes de una planta de producción de Gaseosas, En Villa De Cura, Estado Aragua”.  
Facultad de Agronomía. Universidad Central de Venezuela.**

Resumen

El presente trabajo tiene por objetivo estudiar el tratamiento complementario de aguas residuales con pasto vetiver, a pequeña escala, mediante la caracterización y comparación de los niveles de los parámetros de calidad en los afluentes y efluentes del sistema de tratamiento, bajo diferentes condiciones de manejo con y sin vetiver y el establecimiento del Tiempo de residencia equivalente (Tr) (20, 15, 10 y 5 días) asociados a diferentes Velocidades de flujo (Vf) (30, 40, 60 y 120 L.día<sup>-1</sup>) conformando los tratamientos 1, 2, 3 y 4 respectivamente. El modelo físico constó de 5 tanques interconectados en secuencia para cada condición de manejo. El ensayo se llevó a cabo en la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales de Pepsi Cola, en Villa de Cura, estado Aragua.

Se realizó una evaluación estadística descriptiva de los datos y se compararon con investigaciones similares. Los resultados mostraron que en el sistema vetiver para los indicadores DBO y DQO, se obtuvo una eficiencia de remoción de 96,86% y 98,07% en el tratamiento 1. El PT se absorbió en 62,05% en el tratamiento 2. Los ST, alcanzaron la mayor tasa de remoción en el tratamiento 2, con 78,3%; y los SS en el tratamiento 4 con 87,5%. No se evidenció ninguna diferencia importante entre los sistemas con vetiver y sin vetiver; ni entre los tratamientos, en

las variables Cloruros y Conductividad eléctrica. La mayor eficiencia en la estabilización de pH fue en el tratamiento 1. De manera global el mejor comportamiento se logró con el tratamiento 2, cuando se comparó con la PTAR de Pepsi Cola.

Del Análisis Químico de tejido, realizado al Pasto vetiver, al finalizar cada tratamiento, se concluyó que los tratamientos 1 y 2 favorecieron la absorción de Nitrógeno y Fósforo; y los tratamientos 3 y 4 la absorción de Potasio y Sodio.

**C. Moisés Tejocote-Pérez, Patricia Balderas Hernández, Carlos Eduardo Barrera Díaz, Gabriela Roa Morales y Thelma Beatriz Pavón Silva: “Diseño de un sistema electro coagulación-lodos activados en continuo para mejorar la calidad de agua proveniente de efluentes industriales” Facultad de Química. Universidad Autónoma del Estado de México. Toluca, Estado de México.**

Introducción.

El tratamiento de aguas residuales industriales utiliza diversos procesos de manera acoplada, tal es el caso de la electrocoagulación y los lodos activados (1). A nivel laboratorio, la mayoría de estos sistemas o reactores operan de manera separada o en batch y solo algunos lo hacen de manera continua y con un solo tipo de tratamiento (2). Bajo este esquema, es posible aumentar la eficiencia del tratamiento biológico con lodos activados para aguas residuales industriales aplicando un sistema continuo en un reactor que aplique un pretratamiento con electrocoagulación (3).

**D. Enrique Meseth Macchiavello: Estudio de una planta de tratamiento de aguas residuales de Irlanda y su impacto en el medioambiente. Universidad de Lima. Lima, Perú. Recibido 23/4/2013 / Aprobado: 28/5/2013.**

**Resumen**

La planta de tratamiento de aguas residuales de la localidad de Tulska (Irlanda) incluye tratamientos preliminar, secundario y terciario de los influentes y es monitoreado por un sistema automatizado. Asimismo, cuenta con un reactor discontinuo secuencial, clave para el tratamiento, del cual se obtiene un efluente final y concentración de sustancias aceptables dentro de los parámetros legislados por la Unión Europea. Por estos motivos se sugiere incluir este eficiente sistema en el diseño de futuras plantas de tratamiento en el Perú.

**2.2. Marco De Referencia**

**A. El Agua:**

El agua es el producto de la combinación de dos átomos el oxígeno y el hidrógeno y hasta el momento es el único elemento capaz de experimentar tres tipos de estado a priori incompatibles: líquido (mares, océanos, lagos), gaseoso (en forma de vapor de agua en la atmósfera) y sólido (nieve, hielo).

Pero bueno, en su formato más tradicional, el líquido, cuando está a temperatura ambiente, sus características son: inodora, insípida, líquida e incolora, salvo en grandes volúmenes como puede ser el caso de los mares y los océanos, suele mostrar una coloración azul.

Su principal función es la de la conservación de los seres vivos, ya que hasta hoy no existe ninguna forma de vida que pueda sobrevivir sin ella.

Al día de hoy existen dos tipos de teorías acerca del origen del agua, contando cada una con una importante cantidad de adeptos. La primera que parte de la base que las rocas que conforman el manto terrestre están conformadas por una importante cantidad de agua cree que tanto el hidrógeno como el oxígeno son dos compuestos que ya existían en la nube que dio origen al planeta hace ya 4.500 millones de años, el sistema solar lleno de escombros chocó contra el planeta y ahí se unieron estos dos haciendo vapor de agua y por el otro, hay una teoría más nueva, que supone que en realidad fueron los cometas impactando sobre la tierra los que nos trajeron uno de los cuatro elementos esenciales.

En orden a la necesidad de agua que tienen los seres vivos para seguir viviendo es que hoy en día el agua se ha convertido en una de las principales preocupaciones de los hombres en particular como es el caso de algunas organizaciones no gubernamentales y de los hombres en grupo, como ser el caso de los gobiernos, ya que el recurrente maltrato al ambiente, en este también incluimos a la contaminación que sufren algunas aguas del mundo y la superpoblación que está experimentando el planeta tierra, son los dos monstruos a combatir para que los seres vivos que vivimos en la tierra puedan seguir haciéndolo, porque si la curva ciertamente sigue en el camino en el que está ese 71 % de agua que cubre la tierra ya no será suficiente.

## **B. El agua es esencial para la vida.**

Para atender la demanda de agua de consumo humano para millones de personas en todo el mundo, es un recurso escaso; lo cual hace que no se pueda atender las necesidades básicas, y como consecuencia millones de niños murieren todos los años a causa de enfermedades transmitidas por el agua que se pueden prevenir. Los desastres naturales relacionados con el agua, como son las inundaciones, las tormentas tropicales y los tsunamis, cobran un alto precio en vidas y sufrimiento humanos. Y con demasiada periodicidad, la sequía asola a algunos de los países más pobres del mundo y agudiza el hambre y la desnutrición.

En el decenio pasado se registraron adelantos importantes en la tarea de proporcionar a la población acceso al agua potable libre de impurezas y a los servicios de saneamiento básicos. Pero todavía hace falta realizar un esfuerzo en este decenio para ampliar esos servicios esenciales a las personas que todavía no cuentan con ellos y que, en su inmensa mayoría, son pobres.

El cumplimiento de las metas establecidas por la comunidad internacional para 2015 en relación con el agua y el saneamiento es un paso decisivo hacia el objetivo final de abastecer de agua potable apta para el consumo y de servicios de saneamiento a todos. Proporcionar acceso al agua y a los servicios de saneamiento es también fundamental para lograr los demás objetivos de desarrollo del milenio: mitigación de la pobreza, el hambre y la desnutrición, reducción de la mortalidad infantil, aumento de la igualdad entre los sexos, más oportunidades de educación y sostenibilidad del

medio ambiente. Las mujeres y las niñas son las acarreadoras de agua por excelencia en el mundo, tarea que consume tiempo valioso y energía, que las niñas podrían emplear de otra manera asistiendo a clases.

Además de satisfacer necesidades humanas básicas, el agua contribuye al desarrollo sostenible en otras formas importantes. Es una de las principales fuentes de energía en algunas partes del mundo, mientras que en otras su potencial como fuente de energía todavía no se está aprovechando al máximo. El agua es necesaria también para la agricultura y para muchos procesos industriales y, en algunos países, forma parte integrante de los sistemas de transporte. El aumento de los conocimientos científicos ha hecho que la comunidad internacional llegue a apreciar mucho más los valiosos servicios que prestan los ecosistemas relacionados con el agua, desde el control de las inundaciones hasta la protección contra las tormentas y la purificación del agua. Aunque algunos analistas predicen futuros conflictos en relación con el agua, muchos países comparten con éxito cuencas fluviales, mares interiores y otros recursos hídricos, lo que demuestra que este elemento puede ser también un poderoso catalizador de la cooperación internacional.

El Decenio Internacional para la Acción: El agua, fuente de vida constituye una magnífica oportunidad para que la comunidad internacional procure elaborar un enfoque verdaderamente integrado de la gestión de los recursos hídricos del mundo, valore sus múltiples contribuciones al desarrollo, se dedique a buscar soluciones a los principales problemas de la disponibilidad de agua dulce y asegure la utilización sostenible de los

recursos hídricos para las generaciones venideras. Insto a todos a apoyar plenamente este decenio<sup>2</sup>.

### **C. Contaminación y falta de tratamiento de aguas residuales en América Latina.**

Según Yee-Batista (2013) el 80% de la población latinoamericana vive en ciudades y una gran proporción en asentamientos próximos a fuentes contaminadas. La autora agrega que, siendo América Latina una de las regiones más biodiversas del mundo y dueña de un tercio de las fuentes de agua del mundo, la contaminación del agua representa consecuencias ecológicas adversas.

Yee-Batista (2013) también afirma que el 70% de las aguas residuales de la región latinoamericana no son tratadas. El agua es extraída, usada y devuelta completamente contaminada a los ríos.

El tratamiento de aguas residuales es importante para volver a utilizar el agua, evitar su contaminación y la del ambiente (especialmente por sus efectos en la producción agropecuaria) y por salud pública.

Las zonas con inadecuado abastecimiento de agua sufren por lo general de enfermedades como el cólera, la hepatitis, la disentería, gastroenterocolitis, etc.; por lo que el tratamiento de aguas residuales requiere del diseño de políticas de saneamiento ambiental, más aun teniendo en cuenta que en las ciudades, se generan aguas residuales originadas por uso doméstico, uso industrial y uso residual agrícola, para lo cual se requieren plantas de

---

<sup>2</sup> Naciones Unidas: El agua, fuente de vida. 2005-2015.

tratamiento de aguas residuales especialmente en las ciudades, dado el alto nivel de concentración urbana.

#### **D. Protocolo y costo del tratamiento de aguas residuales en América Latina.**

De acuerdo al nivel de contaminación del agua se requieren también plantas de tratamiento de agua de diferentes niveles o tipos.

Reynolds (2002) refiere que los pasos básicos para el tratamiento de aguas residuales son:

1. Pre tratamiento—remoción física de objetos grandes.
2. Deposición primaria—sedimentación por gravedad de las partículas sólidas y contaminantes adheridos.
3. Tratamiento secundario—digestión biológica usando lodos activados o filtros de goteo que fomentan el crecimiento de microorganismos.
4. Tratamiento terciario—tratamiento químico (por ejemplo, precipitación, desinfección). También puede utilizarse para realzar los pasos del tratamiento primario.”

Con respecto a la inversión en el tratamiento de aguas residuales, en un estudio relacionado al Tratamiento de Aguas Residuales en Latinoamérica, se sostiene que la solución pasa por considerar tres niveles de plantas de tratamiento de aguas residuales y por construir plantas de tratamiento con una inversión de US\$ 12000 millones anuales durante 10 años para elevar los estándares de abastecimiento de agua y de aguas residuales a niveles razonables. Aproximadamente US\$ 7000 millones serían para aguas residuales, con US\$ 4400 millones para la recolección de aguas de

alcantarillado, US\$1200 millones para tratamiento, US\$1200 millones para rehabilitación de las instalaciones existentes, y el resto para el saneamiento rural. Estas estimaciones de costos estuvieron basadas en una meta de tratamiento de aguas residuales para 60% de la población con sistema de Alcantarillado público (Reynolds, 2002)<sup>3</sup>.

Según un estudio patrocinado por el Banco Mundial en 1997, la construcción de una planta convencional para el tratamiento secundario de aguas residuales para una población de 1 millón de habitantes requiere una inversión capital de aproximadamente US\$100 millones, sin mencionar los costos sustanciales de operación y mantenimiento para su operación continua. Sin embargo, los costos económicos asociados con un brote de enfermedad indican que la inversión inicial de capital valdría mucho la pena. (Reynolds, 2002)

Con base a lo anterior, si se buscara atender a una población de 10 millones de habitantes de Lima, Perú, la inversión estimada sería de 1000 millones de US dólares, monto que debería ser distribuido en los presupuestos del Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento, de la Municipalidad de Lima Metropolitana y de todos los distritos de Lima: Los recursos se obtendrían a partir del compromiso del usuario del pago de sus impuestos, contribuciones y aportes necesarios para el financiamiento de este proyecto de largo plazo, convencido que contribuye a la calidad de vida de la sociedad presente y futura. La misma política tendría que ser extendida a otras ciudades del Perú, que se encuentran en proceso de

---

<sup>3</sup> Según Reynolds (2002), estas inversiones fueron estimadas de acuerdo a estudios iniciados por el Banco Mundial en 1995.

crecimiento dinámico, en algunos casos exponencial como el caso de Cusco, Arequipa y Puno, pero especialmente, en aquellas ciudades cuya población ya sobrepasa el millón de habitantes.

La aplicación de políticas de tratamiento de aguas residuales requiere además de la identificación y detección oportuna de las causas de contaminación, lo que implica distinguir el uso del agua para fines domésticos del uso para fines industriales, debido a los diferentes niveles de suciedad o contaminación. A nivel de uso doméstico se generan residuos orgánicos, grasas, detergentes, mientras que el uso a nivel industrial puede generarse residuos químicos, tóxicos, lo cual eleva el costo tratamiento por este uso.

#### **E. La situación del agua dulce en el Perú**

Se ha calculado que el potencial de agua dulce superficial en el país es de algo más de 2,000 billones de metros cúbicos; sin embargo, disminuye cada año como consecuencia del proceso de deshielo de la Cordillera de los Andes iniciado hace 150 años, y que se ha acelerado dramáticamente en las últimas tres décadas. Hay que tomar en cuenta que el 95% de la población peruana se abastece del agua que fluye desde las cumbres andinas. El proceso se agrava por un mal manejo de las cuencas hidrográficas, que por acción del ser humano han perdido la vegetación natural disminuyendo su capacidad de retención de agua.

Los problemas de contaminación del agua en el Perú, a diferencia de lo que ocurre en la mayor parte del mundo, no están relacionados con el uso agrícola del recurso hídrico, sino más bien con el uso minero, industrial y

urbano del agua. Estos son los usos más contaminantes del agua. En el Perú, 16 de los 53 ríos de la costa se encuentran contaminados por los relaves mineros y los vertederos poblacionales, y varios de los principales ríos de la sierra corren igual suerte.

La agricultura es la principal actividad consumidora de agua dulce en nuestro país. El 92% del agua dulce disponible en el Perú es consumida por la agricultura y la ganadería. Parte significativa de este consumo, sin embargo, es por uso ineficiente del agua.

#### **F. Situación del tratamiento de aguas residuales en el Perú.**

De la revisión del estudio efectuado por SUNASS (2008), se desprende que el 70% de las aguas residuales en el Perú no tienen tratamiento de aguas alguno; asimismo, que de las 143 plantas de tratamiento residual que existen en el Perú, solo el 14% cumplen con la normatividad vigente para el cabal funcionamiento de las mismas; de acuerdo al Plan Nacional de Saneamiento 2006-2015, existe un déficit de 948 millones de dólares americanos, la inversión ejecutada hasta el 2005 por las Entidades Prestadoras de Servicios de Saneamiento (EPS) alcanzó el importe de 369 millones de dólares americanos<sup>4</sup>.

De acuerdo a un estudio sobre la situación actual y perspectivas en el sector agua y saneamiento en el Perú, presentado por la Autoridad Nacional de Agua (ANA), 7 millones de habitantes de nuestro país no tienen acceso a agua potable segura; el nivel de cobertura de agua potable en un nivel mayor al 80%, es solo en los Departamentos (hoy Gobiernos

---

<sup>4</sup> Estudio realizado por la Superintendencia Nacional de Servicios de Saneamiento (SUNASS) con la Cooperación Alemana de Desarrollo (GTZ/PROAGUA).

Regionales) de: Lambayeque, Lima, Callao, Ica, Arequipa y Tacna; la cobertura en menor al 40% en Amazonas, Huánuco Huancavelica y Puno; el agua no facturada es de aproximadamente el 40%; más de 10 millones de habitantes no tiene servicios de saneamiento; la cobertura de saneamiento mayor al 80% es solo en Lambayeque, Lima y Tacna, la cobertura de saneamiento del 20% al 40% es en Loreto, Ucayali y Madre de Dios. (ANA, 2013).

Este Estudio precisa además que: según datos del 2009, de 786 millones de metros cúbicos (MMC) de Aguas Residuales Domesticas (ARD), 511 MMC se encontraban sin Tratamiento, de las cuales corresponden a Lima y Callao 325 MMC. De un total de 143 Plantas de Tratamiento de Aguas Residuales Domesticas (PTAR), solo el 4.9% (7 plantas) estaba operando en niveles óptimos.

En este mismo informe se refiere que de acuerdo a la Dirección General de Gestión de la Calidad de los Recursos Hídricos, los ríos de Loreto, Piura, Pasco, Arequipa, Moquegua Puno, Ucayali, Madre de Dios, se encuentran contaminados por aguas residuales municipales sin tratamiento<sup>5</sup>.

Cabe precisar que, para el caso de las Plantas de Tratamiento de Lima Metropolitana, en un informe del 2011 se efectúa un Estudio de Opciones de Tratamiento y Re-uso de Aguas Residuales en Lima Metropolitana, se detalla que a ese año se estaba brindando tratamiento secundario a 3,200 l/s de aguas residuales, lo que implicaba un 17% del total generado. Previéndose que en el 2014 operarán las dos megaplantas de Taboada y La

---

<sup>5</sup> Autoridad Nacional del Agua –ANA (2013).

Chira con tratamiento primario, por lo que se puede aceptar que en corto plazo la situación de las aguas residuales será de un 95% de tratamiento, 78% de nivel primario y 17% secundario (Moscoso, 2011).

Respecto de los niveles de tratamiento de las plantas que operan en Lima, el citado informe refiere que el mismo resulta algo difícil, si asumimos que en la actualidad se consideran los procesos de desinfección como parte del tratamiento terciario. Lo que si podemos decir con facilidad es que solo los filtros percoladores que tratan el 0.25% de las aguas residuales pueden ser considerados como tratamiento primario. Ahora, si mantenemos la clasificación tradicional, podemos decir que todas las demás plantas aplican tratamiento secundario, aunque ello no signifique que logran una calidad sanitaria adecuada para la disposición o reuso del agua tratada.

En cambio, si incorporamos la definición moderna de tratamiento terciario para aquellas plantas que incluyen desinfección, podríamos decir que 27 de ellas podrían ser consideradas en este grupo y que tratan el 95% del agua residual, con la aclaración de que sus sistemas de desinfección no se están utilizando en la mayoría, y por tanto en la práctica no alcanzan tal nivel. Bajo el esquema tradicional, en que se entendía como tratamiento terciario los procesos específicos para remover ciertos nutrientes o compuestos químicos contaminantes, es fácil asegurar que ninguna planta de Lima alcanzaría ese nivel.

### **G. Costo beneficio de una planta de tratamiento de aguas residuales domésticas en el Perú.**

Para la evaluación de la construcción de una PTAR Domesticas, se debe tomar en cuenta el costo de los efectos en la salud de las personas que se encuentran en riesgo de contaminación por el consumo de agua con arsénico por encima del Límite Máximo Permisible, tal es el caso que para el caso de Lima, asumiendo una población de 10 millones de habitantes, que si el 99.5% sufre los efectos iniciales a largo plazo, y el 0.5% se encuentra en nivel crónico, asumiendo además un costo tratamiento en la fase inicial de S/. 100 Nuevos Soles por persona por año y para la fase crónica un costo de S/. 1,000 Nuevos Soles por persona por año, implica un costo en servicios de salud ascendente a US\$ 326,562,500 que en cinco años significa un monto de US\$ 1,632,812,500 es decir, la ejecución de una planta de tratamiento de aguas residuales domesticas para una población de 10 millones de habitantes equivalente a unos 1000 millones de US dólares, se encuentra justificado, máxime no se ha tomado en cuenta el costo tratamiento del cáncer de los pacientes que hubiesen sido afectados por el arsénico.

Cabe precisar que, en nuestro país se viene aplicando una Política de Saneamiento Urbano y Rural, a través del Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento, que para este año se ha asignado S/. 558, 068,292 Nuevos Soles para el Saneamiento Urbano y S/. 1, 003, 764,412

Nuevos Soles para el Saneamiento Rural, lo que representa que se asigna un total de más de 480 millones de dólares anualmente<sup>6</sup>.

### **2.3. Conceptos generales del proceso de lodos activados**

La tecnología de Lodos Activados es una de las más difundidas a nivel mundial. Creada en 1914 para el tratamiento de efluentes industriales y efluentes municipales. Los objetivos que persigue el tratamiento biológico del agua residual son la coagulación y eliminación de los sólidos coloidales no sedimentables y la estabilización de la materia orgánica.

El principio básico del proceso consiste en que las aguas residuales se pongan en contacto con una población microbiana mixta, en forma de suspensión de flóculos en un sistema aireado y agitado (Winkler, 1999).

El proceso de lodos activados, en cualquiera de sus modalidades, es un tratamiento del tipo biológico, y el mismo consiste en promover el desarrollo de una población microbiológica o biomasa (bacterias), las cuales forman flóculos en suspensión, tipo colonias, los cuales también se denominan lodos.

Las bacterias que dan origen a los flóculos o lodos se encuentran naturalmente presentes en el agua residual afluyente a la PTAR, sólo que en una menor cantidad. Este tipo de tratamiento promueve el desarrollo y crecimiento de estas bacterias suministrando materia orgánica, nutrientes y oxígeno en cantidades adecuadas, y garantizando la permanencia de las mismas en el sistema (reactor o tanque de aireación) mediante recirculaciones internas de los lodos ya generados; por este motivo se

---

<sup>6</sup> J. Fernando Larios- Meoño, Carlos González Taranco y Yennyfer Morales Olivares: Las Aguas Residuales y sus consecuencias en el Perú. Universidad San Ignacio de Loyola. Revista de la Facultad de Ingeniería de la USIL Vol. 2, N° 2. Segundo semestre 2015. pp. 09-25

denomina el proceso “lodos activados”, ya que se cultivan o “activan” las bacterias existentes mediante colonias ya formadas y adaptadas a las características y condiciones de la planta.

El desarrollo y crecimiento de los flóculos en suspensión o colonias de bacterias ocurre en un tanque de aireación (reactor) especialmente diseñado a tales efectos, el cual es alimentado por el agua residual de la red de colectores, conteniendo materia orgánica y nutrientes necesarios para el crecimiento de las bacterias, y en el cual se inyecta aire mecánicamente el cual es utilizado por las bacterias para la oxidación (estabilización) de la materia orgánica.

La inyección de aire, además de proporcionar oxígeno a las bacterias, tiene por finalidad mantener los flóculos bacterianos en suspensión y en condiciones de mezcla completa, es decir una masa homogénea en todo el volumen del reactor. A la mezcla de flóculos biológicos y el agua dentro del tanque se le denomina licor mezcla.

El licor mezcla transita por el volumen del reactor y es enviado en forma continua hacia los sedimentadores (llamados también sedimentadores secundarios), cuyo cometido es realizar la separación por acción de la gravedad de los lodos generados. Generalmente los lodos se concentran en el fondo de los sedimentadores, en tolvas proyectadas a tales efectos, y son recirculados al reactor con el objetivo de mantener la concentración de los microorganismos y su crecimiento (“activación”); esta recirculación se denomina recirculación de lodos. La concentración de microorganismos en

el reactor guarda una cierta relación con la carga orgánica afluyente a la planta, establecida en las hipótesis de proyecto.

El sobrenadante o líquido clarificado del sedimentador es el efluente tratado, el cual es apto para su descarga en el cuerpo receptor previa desinfección (química, UV u otra).

Dado que el hecho de recircular lodos en el sistema infinitamente llevaría a un exceso de los mismos que causaría el deterioro de la calidad del efluente clarificado, una vez que se alcanzan los valores de proyecto para la concentración de sólidos en el reactor (licor mezcla) es necesario proceder a extraer o purgar el lodo en exceso. Generalmente por conveniencia la purga de lodos se realiza desde la línea de recirculación de lodos hacia el reactor, ya que al estar los mismos concentrados para una misma cantidad de sólidos a purgar (Kg. sólidos) el volumen es significativamente menor ( $m^3$  lodo).

El lodo purgado usualmente es enviado a un sistema de deshidratación, cuyo cometido es disminuir el contenido de agua del mismo (<80%), reduciendo su volumen y facilitando su manejo, transporte y disposición final. Puede ocurrir, como lo es el caso de un lodo activado convencional, que previo al sistema de deshidratación sea necesario intercalar una etapa de digestión del lodo, con el objetivo de disminuir el contenido de materia orgánica del mismos.

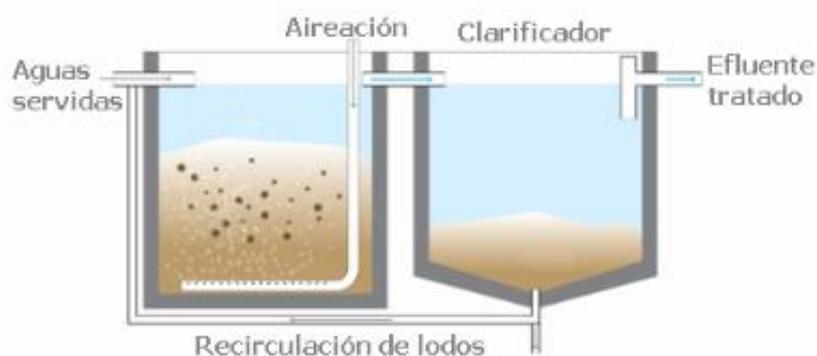


Diagrama No. 1: Etapas de un tratamiento de Agua Residual

#### 2.4. Ubicación y Actividad de la Empresa Minera Pan American Silver S.A.C.

La Unidad Minera Huarón (U.M. huarón), pertenece a Pan American Silver Perú S.A.C.; se encuentra ubicada a 320 km al noreste de Lima, a unos 30 Km al suroeste de la ciudad de Cerro de Pasco, a una altitud entre 4 250 a 4 830 msnm la U.M. Huarón está ubicada en el distrito de Huayllay, en la provincia de Daniel Alcides Carrión del departamento de Pasco.

El acceso principal a la U.M. Huarón es a través de la carretera pavimentada que conecta a Lima – La Oroya – Unish (285 Km). Desde Unish, se toma una carretera parcialmente afirmada y 35 Km de vía asfaltada hasta Huayllay, camino que lleva hasta la mina.

La mina Huarón es una mina subterránea con vetas angostas de sulfuros de metales base mezclados con valores económicos en plata, zinc, cobre y plomo, siendo la plata el metal predominante. Históricamente ha modificado su razón social por cambios de propiedad, inicialmente fue Compagnie de Mines de Huarón, subsidiaria de la empresa francesa Penarroya, desde 1912 hasta 1987, luego como compañía minera Huarón

S.A. (CMH), bajo la administración de Mauricio Hochschild S.A. (Hochschild). La operación como hochschild se paralizó debido al colapso, hasta que se tuvo que paralizar la operación de la mina por inundarse a causa del colapso casual de la laguna Naticocha sobre la mina vecina de Chungar (abril de 1998).

En marzo del año 2000, Pan American Silver Corporation adquirió los derechos mineros de la U.M. Huarón y reabrió la mina. En enero de 2007, la compañía minera Huarón S.A. fue absorbida por Pan American Silver Perú s.a.c. (PASSAC), adquiriendo la razón social de esta última que es el nombre con el que opera actualmente.

Con el fin de mantener el cumplimiento de su política ambiental y para optimizar su desempeño ambiental, PASSAC ha desarrollado los estudios y actividades necesarias para la adecuación de sus efluentes líquidos de los vertimientos de la planta de tratamiento de aguas domesticas con el fin cumplir con los límites máximos permisibles (LMP) aprobadas por Decreto Supremo N° 003-2010-MINAM. Se completa con la evaluación del comportamiento de los efluentes y del cuerpo receptor según el comportamiento de las cargas másicas, que permiten establecer las alternativas de mejoramiento, para el desarrollo de la solución óptima para lograr la adecuación requerida y su implementación.

## **2.5. Hipótesis**

### **2.5.1. Hipótesis General**

La contaminación que presenta los Efluentes Domésticos provenientes de los campamentos de los trabajadores, oficinas, comedores y otros, de la

zona de San José de la Empresa Minera Pan American Silver S.A.C.-  
Unidad Operativa Huaron, será posible optimizar el tratamiento al realizar  
pruebas experimentales para lograr alcanzar los Límites máximos  
Permisibles D.S. ¿No 003-2010-MINAM?

### **2.5.2. Hipótesis Específicos**

- A. Se logrará realizar la identificación de los parámetros físicos, químicos y biológicos que vienen generando la contaminación que presenta los Efluentes Domésticos provenientes de los campamentos de San José de la Empresa Minera Pan American Silver S.A.C.-Unidad Operativa Huaron
- B. Es necesario realizar pruebas experimentales para optimizar el funcionamiento de la Planta de Tratamiento Efluentes Domésticos provenientes de los campamentos, oficinas, comedores y otros de la zona San José de la Empresa Minera Pan American Silver S.A.C.

## **2.6. Variables**

### **2.6.1. Variable Independiente**

Cumplimiento del Decreto Supremo N° 003-2010-MINAM. Donde se señalan los Límites Máximos Permisibles (LMP) para efluentes de Plantas de Tratamiento de Agua Residuales Domésticas o Municipales (PTAR).

### **2.6.2. Variable Dependiente**

Propuesta de mejorar y optimizar, las operaciones en la planta de tratamiento de aguas residuales de la Empresa Pan American Silver S.A.C.

### **2.6.3. Variable Concurrente**

Elementos contaminantes presentes en el agua residual físicos, químicos y biológicos del agua

## **CAPITULO III**

### **MATERIALES Y METODOS**

#### **3.1. Método y Diseño**

##### **3.1.1. Método de la Investigación**

Los métodos que se emplearán en la Investigación serán **el inductivo – deductivo** para identificar la contaminación que genera las aguas provenientes de los campamentos, oficinas, comedores y otros, de los trabajadores de la zona de San José, **el analítico** para su evaluación y el **experimental** porque se hará una pruebas de monitoreo con la finalidad de evaluar los parámetros: físicos, químicos y biológicos. Y lograr que los resultados se encuentren debajo de los Límites Máximos Permisibles D.S. No. 003-2010-MINAM

El nivel de investigación: será de tercer nivel, por ser exploratoria, descriptiva, explicativa y a la vez correlacional.

### 3.1.2. Diseño de investigación

El diseño que se utilizará para la optimización del proceso de tratamiento de las aguas residuales de la PTAR-San José es el Diseño Experimental Directo.

**X o Y**

Dónde: **X** (Trabajo experimenta - monitoreo)

**o** (La conexión para el trabajo de investigación)

**Y** (Evaluación de los resultados)

#### **A. Metodología para la Determinación de Parámetros de Campo**

Los parámetros pH, Temperatura, Conductividad y Oxígeno Disuelto fueron registrados con el Multiparámetro de la Marca HACH, modelo HQ40d y la medición del caudal se realizó con el Método Velocidad y Sección (Método del Correntómetro) y Método volumétrico.

**Cuadro N° 3.1. Normas de Referencia**

Parámetros	Unidades	Límite de Detección	Norma de Referencia	Equipo Empleado
pH	Und. pH	-	SM 4500-H <sup>+</sup> -B	Multiparámetro Marca: HACH Modelo: HQ40d MONIT – 121
Temperatura	°C	-	SM 2550 - B	
Conductividad	µS/cm	-	SM 2510-B	
Oxígeno Disuelto	mg/L	1	SM 4500-O-G	

*SIGLAS: "SM": Standard methods for the examination of Water and Wastewater APHA, AWWA, WEF 21st Ed. 2005.*

### a) Parámetros de Ensayo

A continuación en el Cuadro N° 3.2 se muestran los parámetros de ensayo a analizar en cada una de las estaciones de monitoreo establecidas:

**Cuadro N° 3.2. Parámetros de Ensayo**

Tipo de Agua	Estación	Parametros de Ensayo
Efluentes domésticos	PTAR José I	Coliformes Termotolerantes,
	PTAR José S	Coliformes Totales, Demanda bioquímica de Oxígeno, TSS.

### B. Metodología para la determinación de Ensayos en Laboratorio

A continuación, en los siguientes cuadros N° 3.3 y N° 3.4 se detalla el tipo de frascos, preservantes, volúmenes y métodos de ensayo aplicados en laboratorio, para lo cual se ha tomado como referencia las normas establecidas por Standard Methods for the examination of Water and Wastewater (SM). APHA, AWWA, WEF 21st Ed. 2005 y la U.S. Environmental Protection Agency. Methods for Chemical Analysis of Water and Wastes (EPA).

**Cuadro N° 3.3.- Colección y Preservación de Muestras**

Determinación	Recipiente	Cantidad Mínima de Muestra (mL)	Preservación	Tiempo de Almacenamiento
Cianuro Total	P	1 000	Refrigerar. Adicionar NaOH pH>12	14 días
Coliformes	V(estéril)	500	Refrigerar	24 horas
Coliformes	V(estéril)	500	Refrigerar	24 horas

Demanda bioquímica de oxígeno	P	1 000	Refrigerar. El frasco debe estar lleno al tope, sin burbujas de aire	48 horas
Metales Totales y Disueltos por	P	500 c/u	Totales: Adicionar HNO <sub>3</sub> a pH<2 Disueltos filtrar inmediatamente y adicionar, HNO <sub>3</sub> a pH<2	1 mes
Mercurio Total	P	500 c/u	Adicionar HNO <sub>3</sub> a pH<2 refrigerar a 4° C	28 días
Sólidos	P	1 000 c/u	Refrigerar	7 días

*P = Polietileno; V = Vidrio*

*(\*) Se deberá tomar una muestra adicional por monitoreo, para el duplicado del ensayo.*

*Fuente: Laboratorio Undac. Laboratorio de Ambiental.*

### **Cuadro N° 3.4.- Métodos de Ensayo**

<b>Parámetros</b>	<b>Normas</b>	<b>Unidad</b>	<b>L.D.</b>
Cianuro total	SM 4500 CN- C,E	mg/L	0,005
Coliformes Termotolerantes	SM 9221E, 21stEd.Approved by SM Committee 2006; Fecal Coliform Procedure. 1.Thermotolerant Coliform Test (EC Medium)	NMP /100mL	1,8
Coliformes Totales	SM 9221B, 21stEd.Approved by SM Committee 2006; Standard Total Coliform Fermentation Technique	NMP /100mL	1,8
Demanda	SM 5210 B	mg/L	2
Mercurio total	SM 3112-B	mg/L	0,0001
Metales Disueltos	EPA 200.7(1994)	mg/L	---
Metales Totales	EPA 200.7(1994)	mg/L	---
Sólidos suspendidos	SM	mg/L	2

*SIGLAS: "SM": Standard methods for the examination of Water and Wastewater APHA, AWWA, WEF 21st Ed. 2005, "EPA": U.S. Environmental Protection Agency. Methods for Chemical Analysis of Water and Wastes.*

## **3.2. Población Y Muestra**

### **3.2.1. La población**

El agua residual domestica provenientes de los campamentos de los trabajadores de la zona de San José, en la empresa Pan American Silver S.A.C. La planta de tratamiento está diseñada para tratar un caudal promedio de 0.25 L/s.

### 3.2.2. La muestra

Para seleccionar los puntos de análisis se ha considerado hacer un **Muestra probabilístico de Tipo Intencionado**; tomando 2 puntos como estaciones de monitoreo se muestra en el cuadro No. 3.1. y haciendo el monitoreo de cada uno de ellos por un espacio de 3 meses de acuerdo al cronograma de actividades.

**Cuadro N° 3.1.- Ubicación de las Estaciones de Monitoreo**

Tipo de	Estación	Descripción	Coordenadas UTM (m)*	Altitud (metros)
Efluente	PTAR SAN	Ingreso a la planta de tratamiento	E 0351709	
	JOSE I	de agua residual San José.	N 8784662	4 250
Doméstico	PTAR SAN		E 0351664	
	JOSE S	Efluente doméstico tratado (PTAR	N 8784613	4 248

\* Determinado con el Datum: Provisional South American 1956.

### 3.3. Técnicas E Instrumentos De Recolección De Datos

**La observación:** emplearemos la observación estructurada, porque se manipularán los hechos que se observen. Asimismo el trabajo documental, estará centrado en la revisión de información bibliográfica de libros, revistas y otros documentos que tengan relación con nuestra investigación. También, utilizamos las informaciones obtenidas a través del Internet.

**Fichaje:** se utilizará el fichaje bibliográfico para anotar los datos referidos a los libros que se maneje durante la investigación. Además las fichas de transcripción textual, transcribiendo entre comillas al pie de la letra el contenido científico.

### 3.4. Técnicas de procesamiento y análisis de datos

**Para la variable independiente:** empleamos el escalamiento de Likert, para identificar a los elementos contaminantes a las aguas residuales de los

campamentos de San José, empresa minera Pan American Silver S.A.C., sus contenidos así como su interpretación.

**Para la variable dependiente:** se formularán una serie de análisis de campo en la planta de tratamiento San José con el fin de identificar y evaluar la mejor propuesta que nos permita optimizar los procesos en la PTAR-San José.

### **3.5. Tratamiento Estadístico**

Los datos numéricos se procesarán agrupándolos en intervalos y se tabularán. Luego se construyeran con ellos cuadros estadísticos, calculándose además las medidas de tendencia central, de dispersión o de correlación que resulten necesarias. De allí en adelante se trabajarán al igual que los otros datos numéricos, mediante la tabulación y el procesamiento en cuadros estadísticos.

## **CAPITULO IV**

### **RESULTADOS Y DISCUSION**

#### **4.1. Presentación de Resultados del funcionamiento de la PTAR “San Jose”**

##### **A. Diagnóstico del funcionamiento actual del sistema de tratamiento de la PTAR “San José”**

Al realizar un análisis del funcionamiento de la planta de tratamiento de agua residual (PTAR) San José. En términos generales, no se observó deficiencias en el sistema. La descarga del agua del efluente según la autorización del Autoridad Nacional del Agua (ANA) se realiza hacia el rio San José y no es reutilizada.

En el lecho de secado, son almacenados los lodos de los dos tanques de aireación de la PTAR, los cuales son extraídos a través de una bomba sumergible manual. Este sistema de lecho de secado no cuenta con cobertura.

Se identificó el movimiento de las gravas filtrantes a consecuencia de la velocidad de descarga de lodos.

El drenaje del lecho de secado de los lodos descarga directamente al Río San José.

**Fotografía N° 4.1: Planta de Tratamiento de Agua Residual (PTAR) San José**



## **B. Posibilidades de mejora en los sistemas de tratamiento de la PTAR**

### **“San José**

Se propone reutilizar el efluente, dependiendo de la calidad del agua tratada. Para ello se sugiere instalar un tanque tipo Rotoplast enterrado con una bomba que permita trasladar el flujo hacia un camión cisterna para el riego de áreas verdes.

En los lechos de secado de lodos se sugiere la instalación de una cobertura tipo techo dos aguas, que evite el ingreso de agua de lluvia para un buen secado de lodos.

Se propone la instalación de una plancha que alivie la velocidad de descarga de lodos a fin de evitar el movimiento de las gravas filtrantes.

La tubería de drenaje del lecho de secado de lodos que descarga directamente al Río San José, se debe recircular hacia el PTAR San José, con la finalidad de ser tratada.

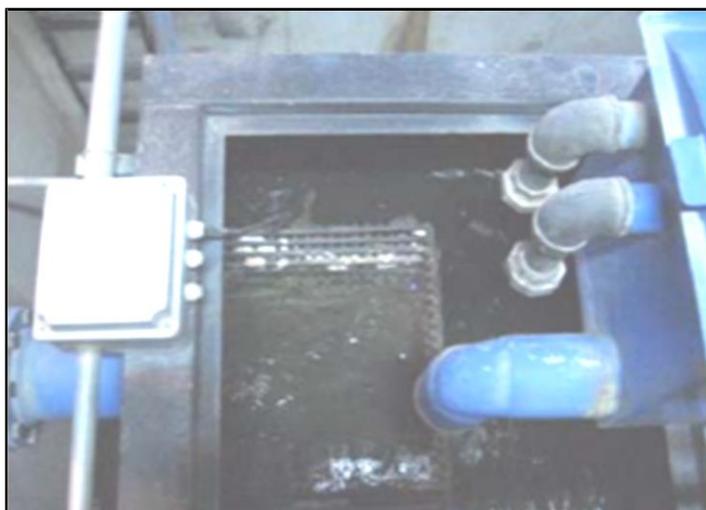
**Fotografía N° 4.2: Descarga de aguas tratadas de la P.T.A.R. en río San José, a 14 m - tubería de 4" HDPE. El efluente tratado no es reaprovechado**



**Fotografía No 4.3: Caja de registro: ingresan 2 tuberías de 4" del campamento San José; sale 1 tubería 6" hacia la P.T.A.R. San José. Una de las tuberías de ingreso presenta una pendiente negativa antes de ingresar, la cual podría ocasionar un problema de atoro en la misma.**



**Fotografía N° 4.4: Cámara de equalización con sistema de rejillas**



**Fotografía N° 4.5: Lecho de secados. Los lodos de los dos tanques de aireación de la P.T.A.R. Son extraídos a través de una bomba sumergible manual. Este lecho de secados no cuenta con cobertura tipo techo, que evite el ingreso de agua de lluvia para un buen secado de lodos, tampoco cuenta con una plancha que alivie la velocidad de descarga de lodos a fin de evitar el movimiento de las gravas filtrantes.**



**Fotografía N° 4.6: Descarga del drenaje del lecho de secado de lodos al Río San José**



#### **4.2. Tratamiento Estadístico e Interpretación de Resultados de las Mediciones realizadas en la PTAR “San José”**

Se muestran los resultados de los monitoreo del agua realizado de los parámetros de campo obtenidos en las estaciones PTAR San José ingreso y PTAR San José salida; para realizar la comparación de los en el D.S. N° 003-2010-MINAM. Donde se aprueba los límites máximos permisibles para los Efluentes de Plantas de Tratamiento de Aguas Residuales Domésticas o Municipales. El caudal promedio de tratamiento de la PTAR San José es de un promedio de 0.25 L/s.

**a. Resultados de la Medición de pH**

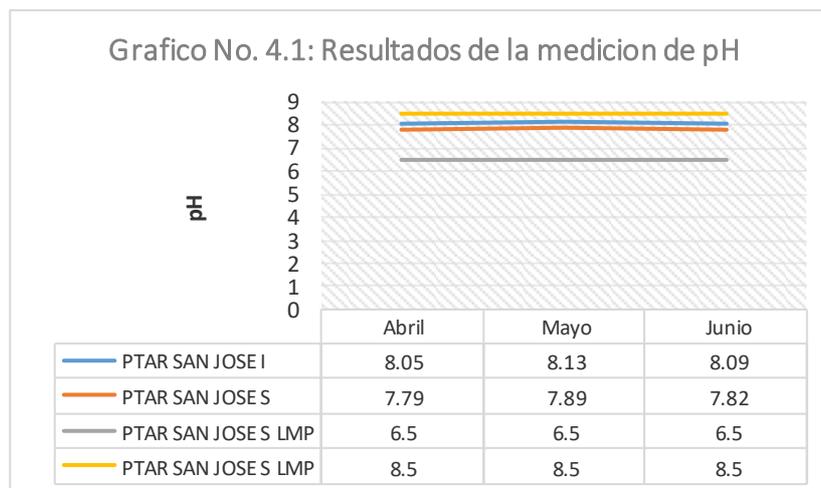
Los resultados de los monitoreo de agua realizados muestran que las concentraciones en cuanto al pH, están dentro de los Límites Máximos Permisibles 6,5 – 8,5. Como se muestra en la tabla N° 4.1.

En la Tabla N° 4.1: Resultados de la medición de pH

Estación	Fecha	Hora	pH
PTAR San José I	28/04/2018	12:42	8,05
	31/05/2018	11:38	8,13
	28/06/2018	13:30	8,09
PTAR San José S	29/04/2018	12:47	7,79
	31/05/2018	11:50	7,89
	28/06/2018	13:42	7,82
<b>LMP</b>			<b>6,5 – 8,5</b>

Referencia: Análisis de Agua UNDAC-Laboratorio de Ambiental

Como se puede apreciar en el grafico No. 4.1, en las mediciones realizadas en la PTAR San José, con respecto a la calidad del agua en el parámetro de pH, dio una concentración en ingreso una media de pH de 8.39 y 7.92 en la salida. Lo que demuestra que no se tiene problemas en este parámetro.



Referencia: Díaz Meza, Jianfranco Fransua

## b. Resultados de la Medición de la Temperatura

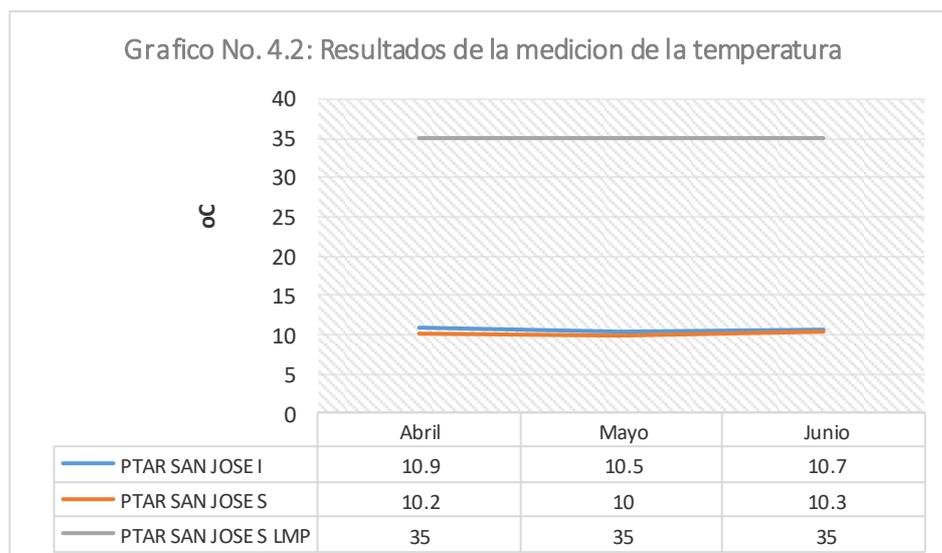
En cuanto a la medición de temperatura en las muestras de agua los resultados muestran valores por debajo del Límite Máximo Permisible de  $< 35\text{ }^{\circ}\text{C}$ . En cuanto a este parámetro de medición son por los factores naturales del clima que influyen en las condiciones de temperatura del agua.

**En la Tabla 4.2: Resultados de la medición de temperatura**

Estación	Fecha	Hora	Temperatura $^{\circ}\text{C}$
PTAR San José I	28/04/2018	12:42	10,9
	31/05/2018	11:38	10,5
	28/06/2018	13:30	10,7
PTAR San José S	29/04/2018	12:47	10,2
	31/05/2018	11:50	10,0
	28/06/2018	13:42	10,3
<b>LMP</b>			$< 35,0$

Referencia: Análisis de Agua UNDAC-Laboratorio de Ambiental

La media de la medición de la temperatura nos da como resultado en el ingreso  $10,7\text{ }^{\circ}\text{C}$  y en la salida de  $10,17^{\circ}\text{C}$ .



Referencia: Díaz Meza, Jianfranco Fransua

**c. Resultados de la Medición de la Conductividad**

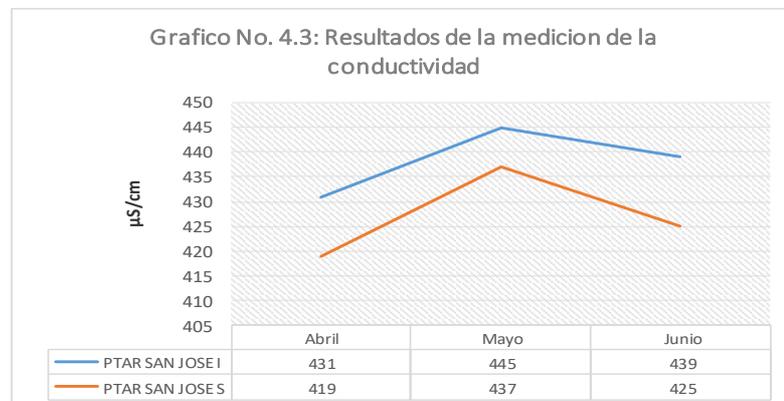
Referente al Límite Máximo Permisible, según el D.S. N° 003-2010-MINAM, para este parámetro no se tiene establecido un Límite Máximo Permisible. En el presente estudio se realizó la medición de las muestras de agua para este parámetro, con la finalidad de conocer y tener una referencia y que sirva de base para otras investigaciones y ver el comportamiento en el tiempo.

En la Tabla 4.3: Resultados de la medición de la Conductividad

Estación	Fecha	Hora	Conductividad $\mu\text{S}/\text{cm}$
PTAR San José I	28/04/2018	12:42	431
	31/05/2018	11:38	445
	28/06/2018	13:30	439
PTAR San José S	29/04/2018	12:47	419
	31/05/2018	11:50	437
	28/06/2018	13:42	425
<b>LMP</b>			No Aplica (N.A.)

Referencia: Análisis de Agua UNDAC-Laboratorio de Ambiental

La conductividad media de los resultados de la muestra de agua tomada en el ingreso de la planta de tratamiento de agua residual (PTAR) en San José es de  $438.33 \mu\text{S}/\text{cm}$  y en la salida de  $427 \mu\text{S}/\text{cm}$ .



Referencia: Díaz Meza, Jianfranco Fransua

#### d. Resultados de la Medición del Oxígeno Disuelto

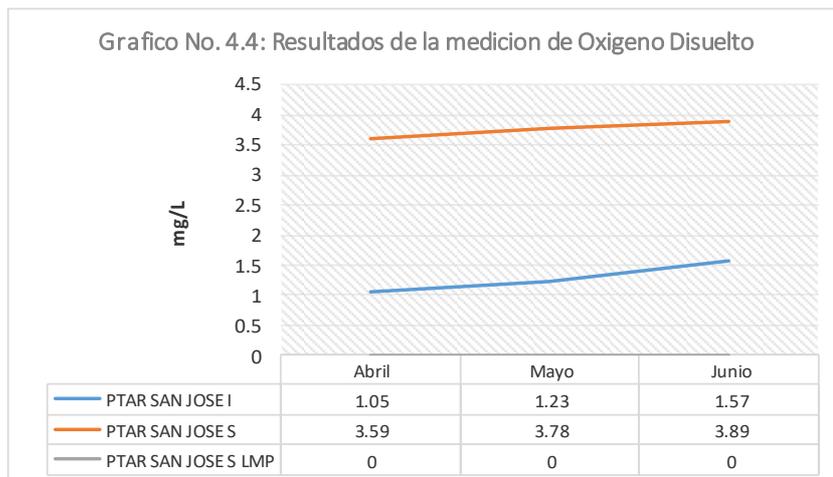
Al realizar el tratamiento en la PTAR de san José se van a dar diferentes reacciones químicas produciendo, la formación de los lodos activados y la emisión de los siguientes gases: Sulfuro de Hidrogeno ( $H_2S$ ), Metano ( $CH_4$ ), Dióxido de Carbono ( $CO_2$ ), etc., esto por contener sobrecargas orgánicas dentro de la composición del agua.

En la Tabla 4.4: Resultados de la medición de Oxígeno Disuelto

Estación	Fecha	Hora	OD mg/L
PTAR San José I	28/04/2018	12:42	1,05
	31/05/2018	11:38	1,23
	28/06/2018	13:30	1,57
PTAR San José S	29/04/2018	12:47	3,59
	31/05/2018	11:50	3,78
	28/06/2018	13:42	3,89
<b>LMP</b>			No Aplica (N.A.)

Referencia: Análisis de Agua UNDAC-Laboratorio de Ambiental

El agua residual domestica proveniente de los campamentos de la Zona de San José, que ingresa a la PTAR muestra una concentración media de oxígeno disuelto (OD) 1.28 mg/l composición característica de toda agua residual. A medida que se realiza el tratamiento en la planta de tratamiento las condiciones de la calidad del agua van mejorando al incrementarse a una concentración media de 3.75 mg/L.



Referencia: Díaz Meza, Jianfranco Fransua

#### e. Resultados de la Medición de la Coliformes Termotolerantes

La evaluación de la calidad microbiológica de las aguas se realiza, mediante la determinación de las bacterias del grupo coliforme las cuales actúan como indicadores de contaminación fecal; debido a que están siempre presentes en el tracto intestinal humano y de animales se sangre caliente, siendo eliminadas en grandes cantidades por las heces. El grupo coliformes incluye a todos los bacilos gram negativos o anaerobios facultativos, no esporulados que fermentan la lactosa con producción de gas en 24 a 48 horas a 35 °C. En este grupo son incluidos los siguientes géneros: Escherichia, Enterobacter, Citrobacter y Klebsiella.

Entre los coliformes hay bacterias que son comprobadamente de origen fecal, no se multiplican con facilidad en el ambiente externo y tienen sobrevivencia similar a las bacterias patógenas. Estas bacterias son diferenciadas de las demás coliformes, ya que pueden multiplicarse y producir gas a partir de la lactosa, cuando son incubadas a temperaturas de

44.5 °C. Debido a su origen estas bacterias se denominan coliformes termotolerantes.

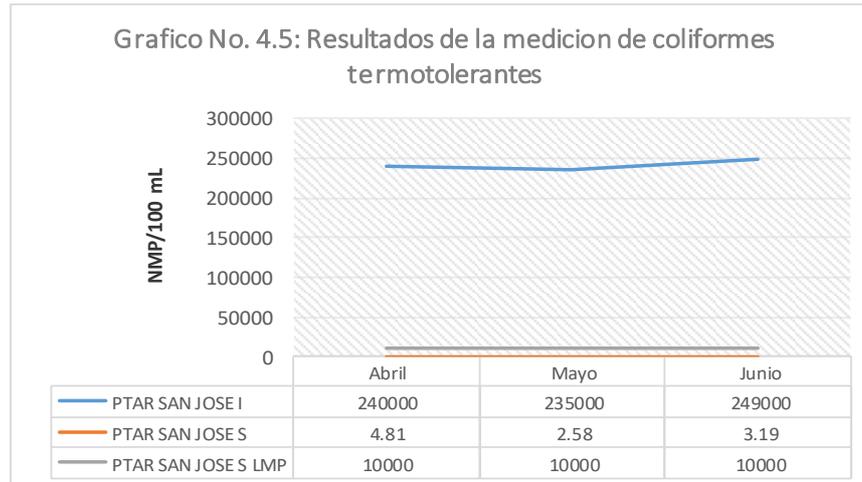
En la Tabla 4.5: Resultados de la medición Coliformes Termotolerantes

Estación	Fecha	Hora	Coliformes Termotolerantes NMP /100mL
PTAR San José I	28/04/2018	12:42	2,40 x 10 <sup>4</sup>
	31/05/2018	11:38	2,35 x 10 <sup>4</sup>
	28/06/2018	13:30	2,49 x 10 <sup>4</sup>
PTAR San José S	29/04/2018	12:47	4,81
	31/05/2018	11:50	2,58
	28/06/2018	13:42	3,19
<b>LMP</b>			10 000

Referencia: Análisis de Agua UNDAC-Laboratorio de Ambiental

En nuestro estudio se han realizado las mediciones empleando una media de la concentración de coliformes termotolerantes en el ingreso de la PTAR San José dando la siguiente medida de 2,41x 10<sup>4</sup> NMP /100mL y los resultados a la salida fueron de 3.53 NMP /100mL. Lo que evidencia la reducción muy considerable en el control de estos coliformes, como se aprecia en el Grafico No. 4.5.

También podemos mencionar que la calidad del agua tratada en la PTAR San José, es apta para ser usada en los proyectos de reforestación de suelos disturbados que actualmente tiene la Empresa, esto debido a que contiene nutrientes esenciales dentro de su composición para el riego de las plantaciones que se puedan realizar, también para ser usadas en los proyectos de planes de cierre de las operaciones como: desmonteras, relaveras, y otros.



Refere : Díaz Meza, Jianfranco Fransua

#### **f. Resultados de la Medición de la Coliformes Totales.**

Los coliformes totales son las Enterobacteriaceae lactosa-positivas y constituyen un grupo de bacterias que se definen más por las pruebas usadas para su aislamiento que por criterios taxonómicos. Pertenecen a la familia Enterobacteriaceae y se caracterizan por su capacidad para fermentar la lactosa con producción de ácido y gas, más o menos rápidamente, en un periodo de 48 horas y con una temperatura de incubación comprendida entre 30-37°C.

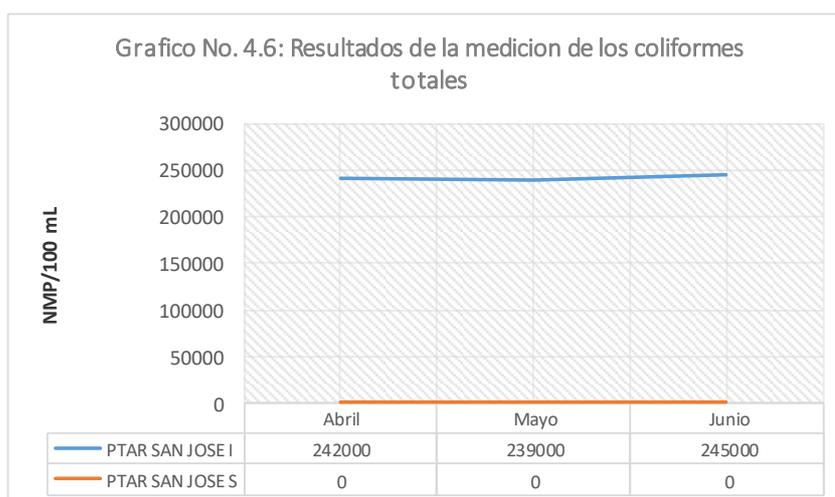
Una elevada proporción de los coliformes que existen en los sistemas de distribución no se debe a un fallo en el tratamiento en la planta, sino a un recrecimiento de las bacterias en las conducciones. Dado que es difícil distinguir entre recrecimiento de coliformes y nuevas contaminaciones, se admite que todas las apariciones de coliformes son nuevas contaminaciones, mientras no se demuestre lo contrario.

En la Tabla 4.6: Resultados de la medición Coliformes Totales

Estación	Fecha	Hora	Coliformes Totales NMP /100mL
PTAR San José I	28/04/2018	12:42	2,42 x 10 <sup>5</sup>
	31/05/2018	11:38	2,39 x 10 <sup>5</sup>
	28/06/2018	13:30	2,45 x 10 <sup>5</sup>
PTAR San José S	29/04/2018	12:47	1 180
	31/05/2018	11:50	1 150
	28/06/2018	13:42	1 176
<b>LMP</b>			No Aplica (N.A.)

Referencia: Análisis de Agua UNDAC-Laboratorio de Ambiental

El resultado de las mediciones realizadas en los análisis bacteriológicos nos da una media de la concentración de coliformes totales en el ingreso de la PTAR San José dando la siguiente medida de  $2,42 \times 10^5$  NMP /100mL y los resultados en la salida fueron de 776.67 NMP /100mL. Lo que evidencia que la PTAR San José, en el tratamiento está trabajando eficientemente y en los análisis realizados se puede la reducción estos coliformes, como se aprecia en el Grafico No. 4.6.



Referencia: Díaz Meza, Jianfranco Fransua

**g. Resultados de la Medición de la Demanda de Bioquímica de Oxígeno (DBO<sub>5</sub>).**

Se define como demanda bioquímica de oxígeno de un líquido a la cantidad de oxígeno que los microorganismos, especialmente bacterias (aeróbicas o anaeróbicas facultativas: Pseudomonas, Escherichia, Aerobacter, Bacillus), hongos y plancton, consumen durante la degradación de las sustancias orgánicas contenidas en la muestra. Se expresa en mg/L.

Es un parámetro indispensable cuando se necesita determinar el estado o la calidad del agua de ríos, lagos, lagunas o efluentes.

Cuanto mayor cantidad de materia orgánica contiene la muestra, más oxígeno necesitan sus microorganismos para oxidarla (degradarla).

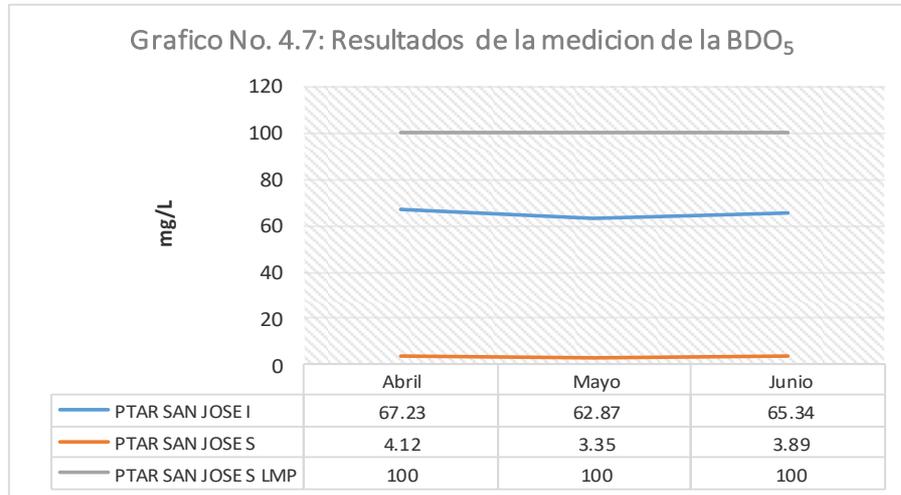
En la Tabla 4.7: Resultados de la medición de  
Demanda Bioquímica de Oxígeno

Estación	Fecha	Hora	DBO <sub>5</sub> mg/L
PTAR San José I	28/04/2018	12:42	67,23
	31/05/2018	11:38	62,87
	28/06/2018	13:30	65,34
PTAR San José S	29/04/2018	12:47	4,12
	31/05/2018	11:50	3,35
	28/06/2018	13:42	3,89
<b>LMP</b>			100

Referencia: Análisis de Agua UNDAC-Laboratorio de Ambiental

Las concentraciones en cuanto a la demanda bioquímica de oxígeno (DBO<sub>5</sub>), al realizar el cálculo estadístico se obtiene una media en el ingreso del agua en el PTAR San Jose de 65.15 mg/L y en la salida de la

planta de tratamiento de 3.79 mg/L. Siendo el Límite Máximo Permisible de 100 mg/L.



Referencia: Díaz Meza, Jianfranco Fransua

#### **h. Resultados de la Medición de la Sólidos Suspendidos Totales.**

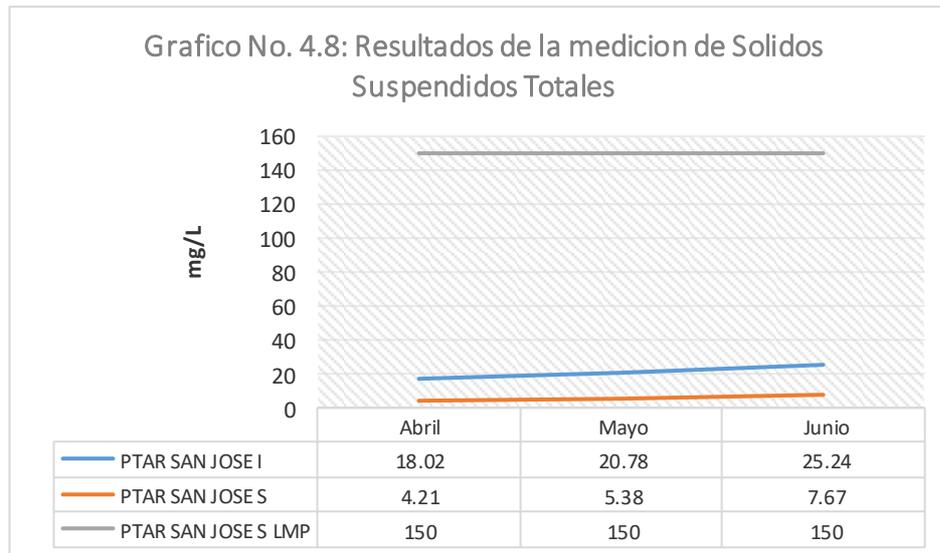
Al realizar la evaluación de los resultados en el desarrollo de la investigación se observó una importante reducción de los sólidos suspendidos totales esto se ve en la formación de los lodos dentro del proceso de la planta de tratamiento.

En la Tabla 4.8: Resultados de la medición de Sólidos suspendidos totales

<b>Estación</b>	<b>Fecha</b>	<b>Hora</b>	<b>SST</b>
PTAR San José I	28/04/2018	12:42	18,02
	31/05/2018	11:38	20,78
	28/06/2018	13:30	25,24
PTAR San José S	29/04/2018	12:47	4,21
	31/05/2018	11:50	5,38
	28/06/2018	13:42	7,67
<b>LMP</b>			<b>150</b>

Referencia: Análisis de Agua UNDAC-Laboratorio de Ambiental

La concentración media en el ingreso del proceso fue de 21,35 mg/L y en la salida fue de 5,75 mg/L, esto debido a las condiciones óptimas de inyección de oxígeno, a través de los difusores en las celdas al lograr un comportamiento homogéneo.



Referencia: Díaz Meza, Jianfranco Fransua

### 4.3. Comprobación de la Hipótesis

#### A. Para la Hipótesis General

El tratamiento de la contaminación que presenta los Efluentes Domésticos provenientes de los campamentos de los trabajadores, oficinas, comedores y otros, de la zona de San José de la Empresa Minera Pan American Silver S.A.C.-Unidad Operativa Huaron, podemos concluir que las mejoras realizadas en la PTAR San José se ha logrado optimizar y mejorar el tratamiento a niveles muy por debajo lo que la normatividad ambiental solicita en cuanto a los Límites máximos Permisibles D.S. No 003-2010-MINAM, lo cual garantiza el buen funcionamiento de la PTAR “San

José”, y la responsabilidad que tiene la empresa con sus compromisos ambientales.

#### **B. Con respecto a las Hipótesis Específicas**

- a. En el presente estudio se pudo apreciar y comprobar que el problema de la contaminación que requieren de bastante interés en el Tratamiento de las Aguas Residuales son los parámetros biológicos, esto debido a la naturaleza del contaminante que viene hacer la carga organica con una alta concentración de Coliformes Termotolerantes y Totales. Mientras en los otros parámetros físicoquímicos y químicos en las evaluaciones realizadas en las muestras de agua no hay muchos problemas por estar dentro de los Límites máximos Permisibles D.S. No. 003-2010-MINAM
- b. Al mejorar el tratamiento de las aguas residuales provenientes de los Campamentos de la zona de San José, se puede notar con las evaluaciones y análisis realizados de los monitoreo ambientales se logra reducir y controlar la contaminación en todos los parámetros establecidos D.S. No 003-2010-MINAM, debido a las mejoras y la optimización en el funcionamiento de la Planta de Tratamiento Aguas de la Empresa Minera Pan American Silver S.A.C.

#### **4.4. Discusión de Resultados**

El problema principal de la contaminación del agua residual proveniente de los campamentos, comedor y otros de la Empresa Pan American Silver S.A.C. que ingresa a la PTAR San José, presenta contenidos en cuanto a las concentraciones en el DBO<sub>5</sub> 65.15 mg/L, lo cual muestra que existe un alto

consumo de oxígeno en el agua debido a los procesos biológicos que contiene en su composición, al realizar mejoras en el funcionamiento de la PTAR San José el consumo de oxígeno se va reduciendo y a la salida de la planta de tratamiento el DBO<sub>5</sub> en la medición realizada muestra resultados en promedio de 3.79 mg/L, lo cual nos indica que el agua se viene tratando y que los resultados muestran que se viene solucionando el problema en este parámetro de control.

Otro problema que presenta las muestras del agua residual San José, es en cuanto al contenido de Oxígeno disuelto, que tiene bastante relación con el DBO<sub>5</sub>, y los Coliformes: Termotolerantes y Totales, el primer objetivo de la investigación es buscar una alternativa que nos permita solucionar el problema en una forma integral, por lo que en la presente investigación, se ha podido ver resultados satisfactorios al incrementar el Oxígeno Disuelto (OD), en un inicio al ingreso de la PTAR “San José” la concentración del agua residual presentaba un OD<sub>promedio</sub> de 1.28 mg/l composición característica de toda agua residual, a medida que se iba incrementando por el método de tratamiento de lodo activado (inyección de oxígeno), que se realiza en la planta de tratamiento, las condiciones de la calidad del agua van mejorando al incrementarse a una concentración media OD<sub>promedio</sub> de 3.75 mg/L, reduciéndose también la presencia de los coliformes Totales de  $2,42 \times 10^5$  NMP /100mL a 776.67 NMP /100mL, como también en cuanto a los coliformes termotolerantes de  $2,41 \times 10^4$  NMP /100mL a 3.53 NMP /100mL. Por lo que para garantizar un buen tratamiento del agua residual es importante el control de este parámetro.

## CONCLUSION

1. Los resultados de los monitoreo de los parámetros evaluados se realizaron en el agua residual antes de ingreso a la PTAR San José y después de su tratamiento, el cual se muestra en la tabla adjunta. Los resultados que se muestran son las medias de los meses de abril, mayo y junio del año 2018. Los parámetros evaluados fueron: pH, Conductividad, Temperatura y Oxígeno Disuelto, como se puede apreciar las concentraciones muestran resultados por debajo Límites Máximos Permisibles establecidos en el D.S. N° 003-2010-MINAM.

Descripción	Sin tratamiento	Con tratamiento	LMP
pH	8,09	7,83	6,50 – 8,50
Conductividad	438,33 $\mu$ S/cm	427 $\mu$ S/cm	N:A.
Temperatura	10,70 °C	10.17 °C	< 35 °C
Oxígeno Disuelto	1,28 mg/L	3,75 mg/L	N.A.

2. También se muestran los resultados del análisis microbiológico del agua residual antes de ingreso a la PTAR y Después del tratamiento del contenido de coliformes termotolerantes y totales, Los resultados de los muestras de las concentraciones evaluadas se muestran en la tabla siguiente los resultados son las medias de los resultados de las muestras de agua analizados:

Descripción	Sin tratamiento	Con tratamiento	LMP
Coliformes Termotolerantes	241333	5.53	10000
Coliformes Totales	241333	3.53	N.A.

3. En el desarrollo de la investigación se muestran los resultados del laboratorio de Ingeniería Ambiental de la UNDAC, obtenidos en las

estaciones al ingreso de la PTAR San José y en la salida PTAR San José; donde se observa que los valores de Demanda bioquímica de oxígeno (DBO<sub>5</sub>) y Solidos Suspendidos Totales (TSS), cumplen con los límites establecidos en el D.S. N° 003-2010-MINAM. Como se muestra en la tabla siguiente.

Descripción	Sin tratamiento	Con tratamiento	LMP
Demanda bioquímica de oxígeno	65.15 mg/L	3.79 mg/L	100 mg/L
TSS	21,35 mg/L	5.75 mg/L	150 mg/L

## **SUGERENCIAS**

1. El Ministerio del Ambiente, en cuanto a las normas ambientales debe impulsar Límites Máximos Permisibles más exigentes, con la finalidad de que los recursos naturales como las fuentes de agua: ríos y lagunas puedan mejorar su calidad ambiental y de esta forma se consiga revertir las actuales condiciones ambientales que se tienen en cuanto a la calidad de las aguas de los ríos y lagunas de nuestro País.
2. La Autoridad Nacional del Agua (ANA) y el Organismo de Evaluación y Fiscalización Ambiental (OEFA), debe realizar la supervisión a las empresas mineras con la finalidad de que den cumplimiento al D.S. No. 003-2010-MINAM.

# ANEXOS

**FICHA DE IDENTIFICACION DE PUNTO DE MUESTREO DE CALIDAD DE AGUA**

NOMBRE DE LA EMPRESA   
PROCEDENCIA   
NOMBRE DEL PUNTO   
DESCRIPCION DEL PUNTO

Clase de punto  EMISOR  RECEPTOR

Tipo de muestra  LIQUIDA  SOLIDA  GASEOSA

UBICACION

**COORDENADAS UTM**

Norte   
Este   
Altitud   
Zona   
Datum



**FICHA DE IDENTIFICACION DE PUNTO DE MUESTREO DE CALIDAD DE AGUA**

NOMBRE DE LA EMPRESA   
 PROCEDENCIA   
 NOMBRE DEL PUNTO   
 DESCRIPCION DEL PUNTO

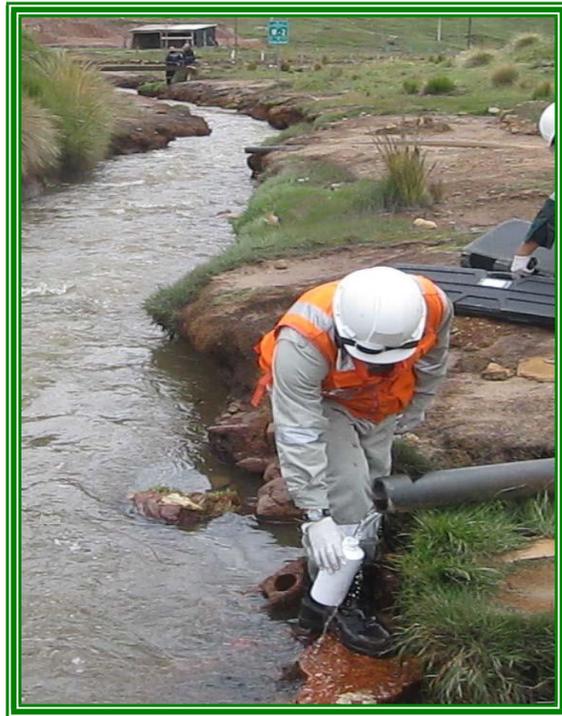
Clase de punto  EMISOR  RECEPTOR

Tipo de muestra  LIQUIDA  SOLIDA  GASEOSA

UBICACION

COORDENADAS UTM

Norte   
 Este   
 Altitud   
 Zona   
 Datum



**Estación: PTAR SAN JOSE S**

Volumen (L)		Tiempo (s)		Caudal(Q)	
V <sub>1</sub>	<input type="text" value="1,00"/>	T <sub>1</sub>	<input type="text" value="4,00"/>	Caudal (m <sup>3</sup> /s) :	<input type="text" value="0,00"/>
V <sub>2</sub>	<input type="text" value="1,00"/>	T <sub>2</sub>	<input type="text" value="3,00"/>	Caudal (L/s) :	<input type="text" value="0,25"/>
V <sub>3</sub>	<input type="text" value="1,00"/>	T <sub>3</sub>	<input type="text" value="5,00"/>	Caudal (m <sup>3</sup> /dia) :	<input type="text" value="21,60"/>
V <sub>1+2+3</sub>	<input type="text" value="1,00"/>	T <sub>1+2+3</sub>	<input type="text" value="4,00"/>		