

**UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN MARTÍN-TARAPOTO**

**FACULTAD DE ECOLOGÍA**

**ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA SANITARIA**

**DEPARTAMENTO ACADÉMICO DE CIENCIAS AMBIENTALES Y  
SANITARIAS**



**TRATAMIENTO POR DESHIDRATACIÓN Y ACONDICIONAMIENTO  
QUÍMICO A LOS LODOS GENERADOS EN EL PROCESO DE  
POTABILIZACIÓN DE LAS AGUAS PARA REDUCIR SU CARGA  
CONTAMINANTE. MOYOBAMBA, 2014.**

**TESIS**

**Para obtener el título profesional de:**

**INGENIERO SANITARIO**

**AUTORES:**

**Bach. ROYMER GUTIÉRREZ CUBAS**

**Bach. RALP PIERRE BARTRA LABAJOS**

**ASESOR:**

**Blgo. M. Sc. ALFREDO IBAN DÍAZ VISITACIÓN**

**CÓDIGO N°:06052115**

**MOYOBAMBA – PERÚ**

**2015**



**ACTA DE SUSTENTACIÓN PARA OBTENER EL TÍTULO**  
**PROFESIONAL DE INGENIERO SANITARIO**

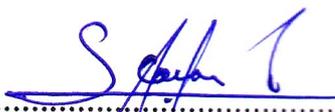
En la sala de conferencia de la Facultad de Ecología de la Universidad Nacional de San Martín – T sede Moyobamba y siendo las **Siete** de la noche del miércoles 24 de agosto de Dos Mil Dieciséis, se reunió el jurado de Tesis integrado por:

|   |                   |
|---|-------------------|
| Ing. M. Sc. SANTIAGO ALBERTO CASAS LUNA   | <b>PRESIDENTE</b> |
| Ing. M. Sc. MIRTHA FELICITA VALVERDE VERA | <b>SECRETARIO</b> |
| Blgo. M. Sc. LUIS EDUARDO RODRÍGUEZ PÉREZ | <b>MIEMBRO</b>    |
| Blgo. M. Sc. ALFREDO IBAN DÍAZ VISITACIÓN | <b>ASESOR</b>     |

Para evaluar la Sustentación de la Tesis Titulada: “**TRATAMIENTO POR DESHIDRATACIÓN Y ACONDICIONAMIENTO QUÍMICO A LOS LODOS GENERADOS EN EL PROCESO DE POTABILIZACIÓN DE LAS AGUAS PARA REDUCIR SU CARGA CONTAMINANTE. MOYOBAMBA, 2014**”; presentado por los Bachilleres en Ingeniería Sanitaria **ROYMER GUTIERREZ CUBAS** y **RALP PIERRE BARTRA LABAJOS**, según Resolución Consejo de Facultad N°044-2015-UNSM-T-FE-CO de fecha **21 de Mayo del 2015**.

Los señores miembros del Jurado, después de haber escuchado la sustentación, las respuestas a las preguntas formuladas y terminada la réplica; luego de debatir entre sí, reservada y libremente lo declaran: APROBADO por UNANIMIDAD con el calificativo de MUY BUENO y nota DIECISÉIS (16).

En fe de lo cual se firma la presente acta, siendo las **20:40** horas del mismo día, con lo cual se dio por terminado el presente acto de sustentación.

  
.....  
Ing. M. Sc. Santiago Alberto Casas Luna  
Presidente

  
.....  
Ing. M. Sc. Mirtha Felicita Valverde Vera  
Secretario

  
.....  
Blgo. M. Sc. Luis Eduardo Rodríguez Pérez  
Miembro

  
.....  
Blgo. M. Sc. Alfredo Iban Díaz Visitación  
Asesor

## DEDICATORIA

“Para ti Dios todopoderoso por ser nuestra guía y compañía a lo largo de este camino y poder permitirnos dar este gran paso en nuestras vidas y compartirlo con las personas que más queremos”.

“Con mucho amor, satisfacción y eterna gratitud, dedicamos este triunfo a nuestros **PADRES**, quienes con su gran amor y ejemplo, nos inculcaron valores de responsabilidad, respeto y perseverancia; que nos conllevó a fortalecer nuestra formación para alcanzar la culminación de nuestra carrera profesional”.

## **AGRADECIMIENTO**

- ✓ A Dios quien nos da la vida y salud para lograr nuestros objetivos y metas en la vida.
- ✓ A nuestros padres quienes nos apoyaron y nos dieron las fuerzas para seguir adelante hasta llegar a cumplir nuestro objetivo.
- ✓ A nuestro asesor Blgo. M. Sc. Alfredo Iban Díaz Visitación, quien nos ayudó mucho con sus palabras de aliento y sobre todo con sus conocimientos que nos sirvieron para elaborar el presente trabajo.
- ✓ A nuestra alma mater Universidad Nacional de San Martín Facultad de Ecología, quien nos acogió en su seno y a través de sus excelentes docentes nos impartió conocimientos y valores que los llevaremos siempre en nuestra mente y corazón. A los cuales también hacemos llegar nuestro sincero agradecimiento y gratitud.

## ÍNDICE

|   |     |
|---|-----|
| <b>DEDICATORIA</b> .....  | i   |
| <b>AGRADECIMIENTO</b> .....                                       | ii  |
| <b>RESUMEN</b> .....  | vi  |
| <b>ABSTRACT</b> .....   | vii |
| <b>CAPITULO I: EL PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN</b> .....             | 1   |
| <b>1.1. Planteamiento del problema</b> .....                      | 1   |
| <b>1.2. Objetivos</b> .....                                       | 3   |
| <b>1.2.1. Objetivo General</b> .....                              | 3   |
| <b>1.2.2. Objetivos Específicos</b> .....                         | 3   |
| <b>1.3. Fundamentación teórica</b> .....                          | 4   |
| <b>1.3.1. Antecedentes de la investigación</b> .....              | 4   |
| <b>1.3.2. Bases teóricas</b> .....                                | 6   |
| <b>1.3.3. Definición de términos</b> .....                        | 18  |
| <b>1.4. Variables</b> .....                                       | 19  |
| <b>1.5. Hipótesis</b> .....                                       | 19  |
| <b>CAPITULO II: MARCO METODOLÓGICO</b> .....                      | 20  |
| <b>2.1. Tipo de investigación</b> .....                           | 20  |
| <b>2.2. Diseño de investigación</b> .....                         | 20  |
| <b>2.3. Población y muestra</b> .....                             | 21  |
| <b>2.4. Técnicas e instrumentos de recolección de datos</b> ..... | 21  |
| <b>2.5. Técnicas de procesamiento y análisis de datos</b> .....   | 28  |
| <b>CAPITULO III: RESULTADOS</b> .....                             | 29  |
| <b>3.1. Resultados</b> .....                                      | 29  |
| <b>3.2. Discusiones</b> .....                                     | 43  |
| <b>3.3. Conclusiones</b> .....                                    | 45  |
| <b>3.4. Recomendaciones</b> .....                                 | 46  |
| <b>REFERENCIAS BIBLIOGRAFÍAS</b> .....                            | 47  |
| <b>ANEXOS</b> .....   | 50  |

## ÍNDICE DE TABLAS

|   |    |
|---|----|
| Tabla N°1: Límites Máximos Permisibles de Parámetros de Calidad Organoléptica....   | 13 |
| Tabla N°2: Límites Máximos Permisibles para los Efluentes de PTAR.....  | 14 |
| Tabla N°3: Alternativas de tratamiento y disposición de lodos de plantas potabilizadoras<br>.....   | 16 |
| Tabla N°4: Resultados muestra N°1.....  | 29 |
| Tabla N°5: Resultados muestra N°2.....  | 30 |
| Tabla N°6: Aplicación de Polímero Catiónico.....  | 30 |
| Tabla N°7: Eliminación de lodo – Laboratorio.....   | 31 |
| Tabla N°8: Acondicionamiento químico.....   | 32 |
| Tabla N°9: Deshidratación de lodos.....   | 33 |
| Tabla N°10: Resultados muestra N°3.....   | 33 |
| Tabla N°11: Resultados muestra N°4 .....  | 34 |
| Tabla N°12: Aplicación de Polímero Catiónico – II.....  | 34 |
| Tabla N°13: Eliminación de lodo – Laboratorio – II.....   | 35 |
| Tabla N°14: Acondicionamiento químico – II.....   | 36 |
| Tabla N°15: Deshidratación de lodos – II.....   | 36 |
| Tabla N°16: Análisis de muestra al finalizar el tratamiento.....  | 37 |
| Tabla N°17: Valores promedio de parámetros.....   | 38 |
| Tabla N°18: Parámetros promedio iniciales.....  | 39 |
| Tabla N°19: Porcentaje de reducción carga contaminante.....   | 40 |
| Tabla N°20: Comparativo con la norma NOM-001-ECOL-1996: Límites máximos<br>permisibles de contaminantes en las descargas de aguas residuales en aguas y bienes<br>nacionales.....   | 40 |
| Tabla N°21: Comparativo con el D.S. N°003 - MINAM: Límites máximos permisibles<br>para los efluentes de Plantas de Tratamiento de Aguas Residuales Domesticas o<br>Municipales..... | 41 |

## ÍNDICE DE FIGURAS

|   |    |
|---|----|
| Figura N°1: Diagrama de procesos de una PTAP.....             | 8  |
| Imagen N°1: Localización del efluente y zona de muestreo..... | 21 |
| Figura N°2: Equipo para la filtración.....                    | 23 |
| Figura N°3: Sección de un lecho de secado.....                | 26 |
| Grafico N°1: Comparativo de valores de los parámetros.....    | 37 |
| Grafico N°2: Valores promedio de los parámetros.....          | 38 |
| Grafico N°3: Valores de los parámetros inicial vs final.....  | 39 |
| Grafico N°4: Comparativo con el D.S. N°003 – MINAM.....       | 41 |

## RESUMEN

El estudio comprueba la eficiencia del tratamiento propuesto (Acondicionamiento químico y lechos de secado), para reducir el volumen del lodo generado en plantas potabilizadoras mediante la aplicación de estos métodos de tratamiento. Ya que actualmente estos vienen generando un problema ambiental que afecta principalmente a cuerpos de agua, ya que son los que usualmente reciben la mayoría de los desechos que generan las fábricas, plantas procesadoras, entre otros, y estos lodos no son la excepción.

Para poder aplicar el acondicionamiento químico y la deshidratación de lodos, se tuvo que realizar trabajos de laboratorio y de campo. En el laboratorio se determinó parámetros de la muestra (pH, Sólidos Totales Suspendidos y Turbiedad), la dosis óptima de polímero catiónico (CAT FLOC 8103) para el acondicionamiento químico y el porcentaje de eliminación de lodo. En campo se acondicionó químicamente a los lodos aplicando la dosis de polímero catiónico obtenida en el laboratorio y se obtuvo el porcentaje de eliminación de lodo. Para la deshidratación, los lodos acondicionados fueron vertidos en los lechos de secado de 1,8 m x 1,2 m, que tuvo como medio de drenaje una capa de arena ( $e=0,10$  m) y de grava ( $e=0,30$  m), y se calculó el porcentaje de eliminación de lodo. Al finalizar el tratamiento se extrajo una muestra de agua filtrada de cada uno de los lechos de secado para poder determinar los valores de los parámetros evaluados: pH, Sólidos Totales Suspendidos y Turbiedad.

Los resultados obtenidos demostraron que es factible reducir en un 48,07% el volumen de lodo a disponer mediante la aplicación del acondicionamiento químico y aplicando la deshidratación mediante los lechos de secado este se redujo a un 57,81%.

Así mismo se comprobó que con la aplicación del acondicionamiento químico y la deshidratación como tratamiento su carga contaminante se vio reducida de la siguiente manera: pH en un 15,19%, sólidos totales en suspensión en un 78,10% y turbiedad en 96,41%, siendo esto los parámetros evaluados en el presente trabajo de investigación.

**Palabras clave:** lodos, deshidratación, acondicionamiento químico, polímero catiónico, medio de drenaje.



## ABSTRACT

The study proves the efficiency of the proposed treatment (chemical conditioning and drying beds) to reduce the volume of sludge generated in water treatment plants through the application of these methods of treatment. Since currently these are generating an environmental problem that primarily affects bodies of water, as are those who usually receive most waste generated by factories, processing plants, among others, and these muds are no exception.

To apply the chemical conditioning and dewatering of sludge, it had to perform laboratory work and field. In the laboratory sample parameters (pH, turbidity and total suspended solids), the optimal dose of cationic polymer (CAT FLOC 8103) for chemical conditioning and sludge removal percentage was determined. In field chemically I conditioned sludge to applying the dose of cationic polymer obtained in the laboratory and the percentage removal of sludge was obtained. For dehydration, conditioned sludge were dumped into drying beds 1.8 mx 1.2 m, which was to drain through a layer of sand ( $e = 0.10$  m) and gravel ( $e = 0,30$  m), and sludge removal percentage was calculated. After treatment a sample of filtered water from each of the drying beds to determine the values of the parameters evaluated were extracted: pH, total suspended solids and turbidity.

The results showed that it is feasible to reduce by 48.07 % sludge volume by applying to dispose of chemical conditioning and applying dehydration by drying beds this was reduced to 57.81 %.

Also it was found that the application of chemical conditioning and dehydration treatment pollutant load was reduced as follows: 15.19 % pH, total solids suspended in a 78.10 % and turbidity 96,41 %, this being the parameters evaluated in this research.

**Keywords:** sludge, dehydration, chemical conditioning, cationic polymer, drainage means.

## CAPITULO I: EL PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN

### 1.1. Planteamiento del problema

El tratamiento del agua, como cualquier proceso químico o físico, produce subproductos o desechos, los cuales deben ser tratados. El manejo de estos residuos producidos en la plantas de tratamiento de agua potable no ha merecido una consideración adecuada por parte de diseñadores y/o operadores, dada la facilidad con que se ha venido disponiendo estos residuos (**Fernández G., 2003**).

Las plantas potabilizadoras producen agua de muy buena calidad a partir de agua cruda disponible de cualquier fuente, utilizando tratamientos convencionales (coagulación, floculación, sedimentación, filtración, desinfección). En los procesos que se llevan a cabo en estas plantas se producen residuos, los cuales son catalogados como lodos químicos, dado que resulta de la adición y reacción de uno o más compuestos químicos que se mezclan directamente con la materia sólida presente en el agua (**Fernández G., 2003**). .

A nivel mundial y especialmente en Latinoamérica se han realizado estudios sobre el impacto que estos residuos producidos en dichas plantas pueden traer al medio ambiente. En países como México, donde los reglamentos y normas para la protección del ambiente son cada vez más estrictos, existen leyes claras acerca del manejo de estos residuos que obliga a los responsables del manejo de plantas potabilizadoras a mejorar sus métodos de tratamiento y disposición de los lodos (**Fernández G., 2003**).

Por otro lado, en Brasil existen compañías de saneamiento básico las cuales están encargadas de gerenciar el abastecimiento de agua potable en cada región. Estas empresas han realizado estudios sobre impacto ambiental y con base en los resultados se han planteado posibles soluciones, las cuales presentan resultados satisfactorios disminuyendo en forma considerable el problema. A través de muchos años se han realizado estudios que permiten analizar el comportamiento de estos lodos para así determinar la forma más adecuada de tratamiento, dentro de los cuales está la deshidratación de lodos (**Raigosa M., 2012**).

En el Perú los encargados del abastecimiento del agua potable en cada región son las EPS (Empresas Prestadoras de Servicios) en su mayoría, estas empresas poco o nada se han esforzado por buscar posibles soluciones para disminuir los impactos negativos que genera el vertimiento de estos residuos al medio ambiente.

En la ciudad de Moyobamba la empresa encargada de brindar el servicio de agua potable es la Empresa Prestadora de Servicios Moyobamba la cual durante el proceso de potabilización genera residuos que son vertidos directamente y sin ningún tratamiento a la quebrada “Mishquiyaquillo”, provocando un serio impacto al ambiente.

En este sentido, conociendo la gran importancia que tiene tratar estos residuos para evitar así un impacto negativo significativo al ambiente, se formuló la siguiente interrogante:

**¿Si se aplica el tratamiento por deshidratación y acondicionamiento químico a los lodos generados en el proceso de potabilización de las aguas se podrá reducir su carga contaminante?**

## **1.2. Objetivos**

### **1.2.1. Objetivo General**

- Evaluar la efectividad del tratamiento por deshidratación y acondicionamiento químico a los lodos generados en el proceso de potabilización de las aguas.

### **1.2.2. Objetivos Específicos**

- Aplicar de manera experimental las fases de deshidratación y acondicionamiento químico.
- Analizar los parámetros de turbiedad, sólidos totales suspendidos y pH de los lodos.
- Comparar la efectividad del tratamiento por deshidratación y acondicionamiento químico de los lodos con la reducción de su carga contaminante.

### 1.3. Fundamentación teórica

#### 1.3.1. Antecedentes de la investigación

- **Garcés, F. y J.C., Díaz. (2010). En su trabajo denominado: “Acondicionamiento de lodos producidos en el tratamiento de agua potable”. Concluye:**

Los valores de la resistencia específica clasifican al lodo espeso sin acondicionar como pobremente deshidratable y al lodo acondicionado como medianamente deshidratable, con una mayor dependencia de la presión aplicada.

- **García, L. A. y Vera, D. E. (2013). En su investigación titulada: “Aprovechamiento de lodos generados en los sedimentadores de la planta potabilizadora de agua La Estancilla – Manabí, para ladrillos de construcción”. En una de sus conclusiones menciona:**

Las eras o lechos deshidratantes es una de las alternativas más viables en comparación con la aplicación de tratamientos químicos, filtros de prensa, entre otros, ya que facilitan el manejo de los lodos y aumentan la posibilidad de aprovechamiento.

- **Sandoval, L., et al. (1998). En su trabajo denominado: “Tratabilidad de los lodos producidos en la potabilización del agua”. Menciona:**

Que el pH, la dosis del ácido sulfúrico y el tiempo de contacto, son los parámetros de mayor importancia para la reducción de volumen del lodo, así como para la recuperación del aluminio. El acondicionamiento del lodo con polímero (catiónico y aniónicos) mejora la deshidratación del lodo, la calidad del sobrenadante, acorta el tiempo de sedimentación y aumenta la concentración del aluminio con respecto a la sedimentación natural.

Mediante la conjunción de un acondicionamiento con polímero y una acidificación, se puede obtener una reducción del volumen del lodo de hasta un 97% y una recuperación del 93% del coagulante.

- **Cunha, N. (2005). En su trabajo: “Recuperación de coagulante a partir de la acidificación de residuos generados en la Planta de Tratamiento de Agua de Rio Manso”. Expresa:**

La calidad del agua bruta interfiere con la calidad del lodo espesado. Se encontró que cuanto mayor es la turbidez del agua cruda, mayor es la concentración de sólidos totales en el lodo espesado. La misma tendencia no se compara con el color aparente. El aumento de las dosis de sulfato de aluminio aplicado en el tratamiento del agua acompaña a la mayor concentración de sólidos totales en el lodo espesado.

Para solubilizar los residuos mediante la acidificación, el pH juega un papel importante para procesar su eficiencia. Los residuos ricos en aluminio solubilizan mejor a un pH menor de 3.

### **1.3.2. Bases teóricas**

En la sociedad actual la gran mayoría de los productos que utilizamos son desechados y en algunas ocasiones tienen una disposición final inadecuada generando y afectando otro tipo de recursos como el agua. Muchos de estos desperdicios son dispuestos en fuentes hídricas las cuales sirven de abastecimiento para poblaciones y asentamientos humanos. En consecuencia, el proceso de potabilización se vuelve esencial para resolver los problemas de mala calidad del líquido consumido que afecta los niveles de salud humana y de calidad de vida **(Zamora A. y Pérez M., 2003)**.

El tratamiento del agua para consumo humano implica la producción de lodos como subproducto. El volumen de dichos lodos representa del 0.3 al 1% del agua tratada provenientes de la remoción de sólidos suspendidos presentes en el agua cruda y de reactivos adicionados **(Sandoval L., 1998)**.

La práctica usual de las plantas de tratamiento de agua potable (PTAP) que tratan las aguas superficiales por medio de los procesos de coagulación-floculación-sedimentación y filtración es eliminar los lodos acumulados en los sedimentadores y en los filtros descargándolos directamente a cursos superficiales, sin considerar que las características físicas y químicas de estos a menudo transgreden las normas relativas a descargas. Por lo tanto, a medida que los recursos hídricos se vuelven más escasos y las normas medio-ambientales se tornan más estrictas en lo relativo a disposición de residuos, nace la necesidad de realizar investigaciones orientadas a tener un mayor conocimiento sobre las técnicas que pueden utilizarse para aumentar la cantidad de agua producida por m<sup>3</sup> de agua cruda y para el tratamiento de los lodos generados en el proceso.

### **1.3.2.1. Plantas de Tratamiento de Agua Potable**

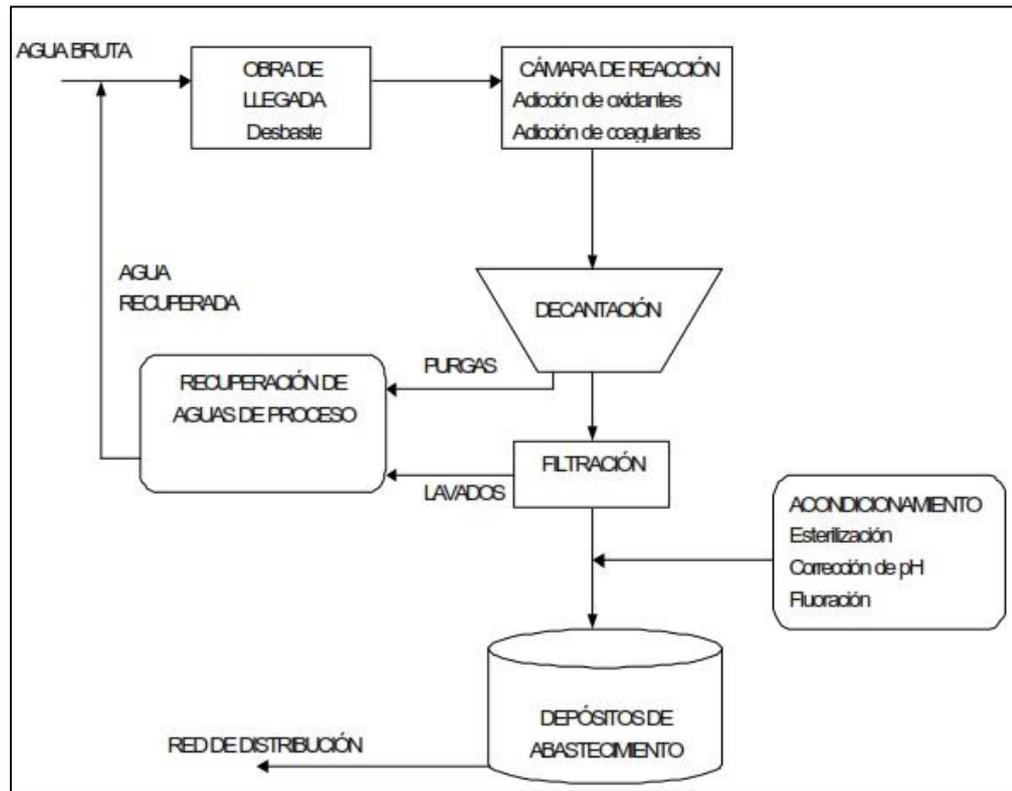
Las obras de potabilización son las plantas de tratamiento que se deben diseñar conforme a las características del agua a tratar. En los puntos precedentes hemos comentado las distintas posibilidades de tratamiento según el perfil o características del agua a tratar para el abastecimiento de poblaciones. En general el agua de fuente superficial siempre necesita de un tratamiento más o menos completo, en cambio, las exigencias para el agua subterránea dependen fundamentalmente de su composición química. En todo caso, para servicios públicos es indispensable la desinfección (**Orellana J., 2005**).

Las etapas fundamentales de los procesos de tratamiento para obtener agua potable son los siguientes (**Orellana J., 2005**):

- Cámara de carga
- Desarenador
- Aereador
- Medidores de Caudal
- Floculador
- Decantador
- Filtros
- Desinfección
- Ablandamiento
- Desalinizador
- Control de olor y sabor
- Fluoración
- Eliminación de Hierro y Manganeseo

Las plantas de tratamiento de aguas deben funcionar por gravedad, para evitar los costos de funcionamiento y mantenimiento de bombas. Esto implica que las plantas tienen un funcionamiento secuencial con los pasos que vimos antes (**Orellana J., 2005**).

**Figura N°1: Diagrama de procesos de una PTAP**



*Fuente: Tecnología Ambiental, Grupo TAR*

### **1.3.2.2. Parámetros físicos y químicos del agua para consumo humano**

El agua tal como la encontramos en la naturaleza es considerada no apta para consumo humano dado las concentraciones y presencia de diferentes sustancias las cuales pueden ser perjudiciales para la salud humana. Según **Sánchez M., 2005**, estas sustancias pueden ser agrupadas de acuerdo a la siguiente manera:

- **Color:** El color se debe a la presencia de materia orgánica disuelta proveniente de suelos de turba, sales minerales de hierro y de manganeso.
- **Materia suspendida:** Es el mineral fino o materia vegetal que no es capaz de sedimentar en condiciones normales de flujo.
- **Turbidez:** Es una medida de la transparencia del agua, se puede deber a muchos factores, como partículas finas de minerales en suspensión, alta

concentración de bacterias o incluso finas burbujas debido a la excesiva aireación.

- **pH:** Coeficiente que indica el grado de acidez o basicidad de una solución acuosa.
- **Patógenos:** Los patógenos pueden ser virus, bacterias, entre otros organismos que pueden afectar negativamente la salud del que ingiere el agua.
- **Dureza:** La excesiva y extremadamente baja dureza es igualmente indeseables. El exceso de dureza se presente con frecuencia en las aguas subterráneas, mientras que las aguas blandas son más frecuentes en cuencas de captación de tierras altas.
- **Sabor y Olor:** El sabor y olor desagradable se debe a contaminación por aguas residuales, excesiva concentración de algunas especies químicas como: el hierro, aluminio o manganeso; vegetación en estado de putrefacción, condiciones de estanqueidad debido a la falta de oxígeno en el agua, o a la presencia de ciertas algas, entre otros.
- **Productos químicos nocivos:** Existe una gran variedad de sustancias químicas orgánicas e inorgánicas que son tóxicas y nocivas, que pueden aparecer en los recursos del agua. Estas son absorbidas por los sólidos y se debe a contaminación por aguas residuales industriales y domésticas.

Teniendo en cuenta de los parámetros anteriores es necesario llevar a cabo el proceso de purificación o potabilización de modo que pueda ser consumida sin riesgos de contraer enfermedades. Para este efecto, la utilización de un sistema que permita la potabilización del agua depende de factores como el caudal, espacio disponible, costos de implementación y mantenimiento, entre otros (Sánchez M., 2005).

### 1.3.2.3. Generación de subproductos (Lodo)

Como lo mencionamos con anterioridad el agua natural captada por las plantas potabilizadoras poseen sustancias de diferentes características que deben ser removidas durante el proceso de purificación. Dentro de este grupo se encuentran arenas, limos orgánicos en solución o suspensión, iones que causan dureza, turbiedad, color y otras sustancias que reducen la calidad del agua. **(Hernández D., 2006).**

El lodo obtenido en las plantas de tratamiento es una mezcla básica de los sólidos presentes en el agua a tratar y coagulante utilizado para tal fin. Cuando se añade sulfato de aluminio al agua, la reacción se representa típicamente de acuerdo a la siguiente ecuación **(Sandoval, L. 1994):**



Cuando se logra el equilibrio, el hidróxido de aluminio será el producto predominante. Sin embargo, el equilibrio no se logra normalmente y se forma un compuesto complejo polimerizado (Hidróxido de Aluminio), que contiene en promedio 3 o 4 moléculas de agua unidas al hidróxido de aluminio (**Al(OH)<sub>3</sub> + 3H<sub>2</sub>O**), el cual precipita. El agua unida al complejo incrementa la cantidad de lodo, aumenta el volumen del lodo y lo hace más difícil de desaguar, ya que las moléculas de agua unidas químicamente no se pueden remover mediante los métodos mecánicos normales. La especie resultante de hidróxido de aluminio (**Al(OH)<sub>3</sub> + 3H<sub>2</sub>O**) tiene un peso molecular de 132 g/mol, 1 mg / lt de sulfato de aluminio agregado al agua producirá aproximadamente 0.44 mg / lt de sólidos inorgánicos de aluminio. Los sólidos suspendidos presentes en el agua cruda producen un peso equivalente de sólidos en el lodo, ya que al reaccionar son estos los que precipitan en forma de floculos, producto de la reacción con el coagulante. Se puede suponer que otros aditivos, tales como los polímeros o el carbón activado en polvo, producen lodo en la misma cantidad añadida. La cantidad de lodo producido en una planta de coagulación con sulfato de aluminio para la remoción de turbiedad puede ser expresada como **(Sandoval, L. 1994):**

$$S = 86.4 * Q * (0.44 * Al + SS + A)$$

Donde:

**S:** Lodo producido en kg/día, base seca.

**Q:** Gasto de agua cruda en m<sup>3</sup>/seg.

**Al:** Dosis de sulfato de aluminio como Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> en mg/lit

**SS:** Sólidos suspendidos del agua cruda en mg/lit

**A:** Productos químicos agregados tales como polímero, arcilla, carbón activado en mg/lit

**86.4:** factor de conversión.

La relación entre turbiedad y sólidos suspendidos se debe determinar para cada agua cruda en particular (casos individuales). Para agua con turbiedad y bajo color la relación de sólidos suspendidos a turbiedad varía de 0.7 a 2.2 veces la turbiedad. Esta relación puede variar estacionalmente en la misma fuente de abastecimiento.

#### **1.3.2.4. Características de los lodos**

Las características del lodo proveniente de una planta de tratamiento de agua potable dependen del origen del agua cruda y de los sistemas usados en el tratamiento del agua y del lodo (**Sandoval L., 1998**).

Diferentes procesos de tratamiento generan diferentes tipos y volúmenes de lodo. En una planta en particular, las características del lodo pueden cambiar anual, estacional o diariamente.

El lodo producido durante la coagulación contiene óxidos e hidróxidos metálicos y contaminantes Orgánicos e inorgánicos como: microorganismos, arcilla y arena. En condiciones típicas de tratamiento de un agua proveniente de una fuente superficial y con una dosis de sulfato de aluminio cercana a 30 mg/L, la mayoría del aluminio en el lodo puede ser espesado como hidróxido de aluminio. Estos

hidróxidos contienen grandes cantidades de agua atrapada en su molécula, lo que genera una suspensión de lodo voluminosa con una concentración de sólidos y propiedades de deshidratación bajas (**Sandoval L., 1998**).

#### **1.3.2.5. Efectos negativos de los lodos**

Dependiendo del tipo de tratamiento, los efectos negativos de los lodos pueden variar. **Según Gallo J. y Uribe J. (2003)**. La toxicidad potencial de estaciones de tratamiento de agua depende de factores como: características del agua cruda, productos químicos usados en el tratamiento, reacciones químicas ocurridas durante el proceso, forma de remoción y tiempo de retención de los residuos en los sedimentadores, características hidráulicas, físicas, químicas y biológicas del cuerpo receptor, etc.

Uno de los lodos más característicos y de efectos más graves sobre el medio son los lodos aluminosos, producto del proceso de coagulación el cual es realizado dependiendo de las características del agua y las impurezas presentes en el agua según **Kaggwa (2001)**, una de las preocupaciones más grandes es la descarga directa de lodos aluminosos sobre cuerpos de agua dada la toxicidad del aluminio, el cual puede tener varios efectos directos en las plantas.

Por otro lado, estos lodos aluminosos pueden generar graves problemas a la salud humana, e incluso se han detectado pacientes sometidos a diálisis que sufrían demencia cuando el agua utilizada poseía concentraciones de aluminio por encima del 0,08 Mg/L. No obstante, las aguas superficiales utilizadas como manantiales están sujetas también a la contaminación por formas naturales: escorrentías de acción del agua sobre las rocas y también escorrentías de acción del agua sobre el medio, tales como la aplicación de fertilizantes, pesticidas y disposición de residuos industriales y domésticos. Este aspecto tiene gran importancia, pues esas sustancias pueden estar presentes en los residuos generados (lodo). (**Gallo J. y Uribe J., 2003**).

Cabe mencionar que el Reglamento de la Calidad de Agua para Consumo Humano (MINSA) establece los Límites Máximos Permisibles (LMP) para ciertos elementos como por ejemplo el Aluminio, el cual supera el 0.08 Mg/Lt.

**Tabla N°1: Límites Máximos Permisibles de Parámetros de Calidad Organoléptica**

| <b>Parámetros</b>         | <b>Unidad de Medida</b>  | <b>Límite Máximo Permissible</b> |
|---------------------------|--------------------------|----------------------------------|
| Olor                      | -                        | Aceptable                        |
| Sabor                     | -                        | Aceptable                        |
| Color                     | UCV escala Pt/Co         | 15                               |
| Turbiedad                 | UNT                      | 5                                |
| pH                        | Valor pH                 | 6.5 – 8.5                        |
| Conductividad (25°C)      | µmho/cm                  | 1500                             |
| Solidos totales disueltos | Mg/lit                   | 1000                             |
| Cloruros                  | mgCl/lit                 | 250                              |
| Sulfatos                  | mgSO <sub>4</sub> /lit   | 250                              |
| Dureza total              | mgCaCO <sub>3</sub> /lit | 500                              |
| Amoniaco                  | mgN/lit                  | 1.5                              |
| Hierro                    | mgFe/lit                 | 0.3                              |
| Manganeso                 | mgMn/lit                 | 0.4                              |
| Aluminio                  | mgAl/lit                 | 0.2                              |
| Cobre                     | mgCu/lit                 | 2.0                              |
| Zinc                      | mgZn/lit                 | 3.0                              |
| Sodio                     | mgNa/lit                 | 200                              |

*Fuente: Reglamento de la Calidad del Agua para Consumo Humano, Dirección General de Salud Ambiental (DIGESA), 2011.*

### 1.3.2.6. Normativa Peruana

- **Ley N°28611, Ley General del Ambiente**

Artículo 32.- Del límite máximo permisible (LMP)

El 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 un efluente o 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 la respectiva autoridad competente. Según el parámetro en particular a que se refiera, la concentración o grado podrá ser expresada en máximos, mínimos o rangos.

**Tabla N°2: Límites Máximos Permisibles para los Efluentes de PTAR**

| <b>Parámetro</b>              | <b>Unidad</b> | <b>LMP de efluentes para vertidos a cuerpos de aguas</b> |
|-------------------------------|---------------|--|
| Aceites y Grasas              | mg/lt         | 20   |
| Coliformes Termotolerantes    | NMP/100 ml    | 10 000   |
| Demanda Bioquímica de Oxígeno | mg/lt         | 100  |
| Demanda Química de Oxígeno    | mg/lt         | 200  |
| pH                            | unidad        | 6.5 – 8.5  |
| Sólidos totales en suspensión | mg/lt         | 150  |
| Temperatura                   | °C            | < 35   |

Fuente: Decreto Supremo N°003 – 2010 - MINAM

#### Artículo 121.- Del vertimiento de aguas residuales

El Estado emite en base a la capacidad de carga de los cuerpos receptores, una autorización previa para el vertimiento de aguas residuales domésticas, industriales o de cualquier otra actividad desarrollada por personas naturales o jurídicas, siempre que dicho vertimiento no cause deterioro de la calidad de las aguas como cuerpo receptor, ni se afecte su reutilización para otros fines, de acuerdo a lo establecido en los ECA correspondientes y las normas legales vigentes.

- **Ley N°29338, Ley de Recursos Hídricos**

#### Artículo 83°.- Prohibición de vertimiento de algunas sustancias

Está prohibido verter sustancias contaminantes y residuos de cualquier tipo en el agua y en los bienes asociados a ésta, que representen riesgos significativos según los criterios de toxicidad, persistencia bioacumulación. La Autoridad Ambiental respectiva, en coordinación con la Autoridad Nacional, establece los criterios y la relación de sustancias prohibidas.

#### **1.3.2.7. Alternativas de Tratamiento**

La descarga de residuos de PTAP en las corrientes naturales de agua llega a plantear problemas importantes, ya que, si bien estos residuos son principalmente inorgánicos, van formando depósitos o bancos de lodos en los tramos lentos del cauce, a la vez que aumentan la turbiedad y el color de las aguas receptoras, más aún si se está empleando carbón, disminuyendo la actividad fotosintética de las plantas acuáticas, y en definitiva, se plantean problemas medioambientales que hay que considerar, y extraer por tanto los residuos sólidos antes de verterlos a los cauces. Además, no hay que olvidar que las normas medioambientales son cada vez más estrictas en cuanto a las características de estos vertidos (**Sandoval L., et al 1998**).

Afortunadamente, las plantas de tratamiento de lodos del agua potable no son muy complejas en su proceso, es así como el proceso de deshidratación y acondicionamiento químico de lodos surge como alternativa para tratar los residuos o fangos generados por las plantas de potabilización de agua (Sandoval L., et al 1998).

**Tabla N°3: Alternativas de tratamiento y disposición de lodos de plantas potabilizadoras**

| Tratamiento de lodos   | Disposición final   |
|--|---|
| <ul style="list-style-type: none"> <li>• Acondicionamiento químico</li> <li>• Tanques de espesamiento</li> <li>• Deshidratación</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Descarga a aguas superficiales</li> <li>• Relleno Sanitario</li> <li>• Incineración</li> </ul> |
| Lechos de secado   |   |
| Lagunas  |   |
| Filtros de Prensa  |   |
| Filtros a vacío  |   |
| Centrifugación   |   |
| Congelamiento  |   |

*Fuente: Estudio piloto para reducir el volumen de lodos de plantas potabilizadoras, México.*

- **Acondicionamiento químico:** Frecuentemente, el secado de lodos es difícil especialmente si tienen consistencia gelatinosa. El acondicionamiento del lodo se realiza con el expreso motivo de mejorar sus características de deshidratación haciendo coagular partículas de lodo y eliminando el agua, los métodos más frecuentemente usados suponen la adición de productos químicos, los reactivos que se utilizan son cloruro férrico, cal y polímeros (Hoy día el cloruro y la cal se han sustituido por los polímeros). Se usan tres clases de polímeros (catiónicos, anicónicos y no iónicos), estos se usan en función de las características del lodo, tienen que tener carga opuesta a la del lodo para actuar como un imán y estos pueden ser sólidos o líquidos. Los factores a tener en cuenta son pH, alcalinidad y otros (Sandoval L., et al 1998).

- **Deshidratación (Lechos de secados):** Los sistemas de secado natural tienen como principal ventaja el costo de su implementación, siempre que se disponga del área suficiente a bajo precio. Tienen un bajo consumo de energía y de productos químicos, una baja sensibilidad a las variaciones cuantitativas y cualitativas del lodo y simplicidad de operación. Son apropiados para plantas pequeñas o aisladas dadas sus altas exigencias de superficie. Otras desventajas son una alta dependencia de las condiciones climáticas y un alto requerimiento de mano de obra para la remoción del lodo (**Raigosa M., 2012**).

En los lechos de secado, la remoción de agua se realiza por los mismos mecanismos que en las lagunas, agregándose el drenaje gravitacional a través de arena, grava y tubería de recolección.

Los sistemas de deshidratación mecánica tienen como ventajas principales el necesitar áreas menores, independencia de las condiciones meteorológicas y minimización de ciertos impactos ambientales.

### 1.3.3. Definición de términos

- **Lodo:** Combinación de sólidos en suspensión y coloides (Causantes de la turbiedad), sulfato de aluminio y agua; todo esto proveniente de los procesos de coagulación – floculación en un PTAP.
- **Los TDS (Sólidos Totales Disueltos):** son la suma de los minerales, sales, metales, cationes o aniones disueltos en el agua. Esto incluye cualquier elemento presente en el agua que no sea (H<sub>2</sub>O) molécula de agua pura y sólidos en suspensión.
- **Los SST (Sólidos Totales en Suspensión):** son partículas / sustancias que ni se disuelven ni se asientan en el agua, tales como pulpa de madera.
- **Polímeros:** Son una estructura compleja formada por la repetición de una unidad molecular llamada monómero.
- **Límite Máximo Permisible:** Medida de la concentración o del grado de elementos, sustancias o parámetros físicos, químicos y biológicos, que caracterizan a un efluente o una emisión, que al ser excedida causa o puede causar daños a la salud, al bienestar humano y al ambiente.
- **Monómero:** Los monómeros son compuestos de bajo peso molecular que pueden unirse a otras moléculas pequeñas (ya sea iguales o diferentes) para formar macromoléculas de cadenas largas comúnmente conocidas como polímeros.
- **Soluciones:** Sistemas homogéneos formados básicamente por dos componentes. Solvente y Solute. El segundo se encuentra en menor proporción. La masa total de la solución es la suma de la masa de soluto más la masa de solvente.
- **% Reducción de volumen de lodo:** Es el contenido de agua que se elimina del lodo (% de eliminación de agua del lodo).

#### 1.4. Variables

- ✓ **Variable independiente:** Tratamiento de lodos por Deshidratación y Acondicionamiento Químico.
- ✓ **Variables dependiente:** Carga Contaminante.

#### 1.5. Hipótesis

**H1:** Si se aplica el tratamiento por deshidratación y acondicionamiento químico a los lodos generados en el proceso de potabilización de las aguas se reducirá su carga contaminante.

**H0:** Si se aplica el tratamiento por deshidratación y acondicionamiento químico a los lodos generados en el proceso de potabilización de las aguas no se reducirá su carga contaminante.

## **CAPITULO II: MARCO METODOLÓGICO**

### **2.1. Tipo de investigación**

- **De acuerdo a la orientación:** Aplicada
- **De acuerdo a la técnica de contrastación:** Experimental.

### **2.2. Diseño de investigación**

La presente investigación se ajusta a un diseño experimental el cual se describe de la siguiente manera:

- a. Se recolecto muestras periódicas (1 muestra cada 6 meses), para determinar los parámetros: turbiedad, pH y sólidos totales suspendidos.
- b. Se determinó la dosis de polímero catiónico a usar para el acondicionamiento químico, dicha prueba se hizo en el laboratorio.
- c. Una vez determinada la dosis optima de polímero catiónico, se aplicó a las muestra de lodo recolectadas y se esperó el tiempo necesario para que reaccione con el lodo.
- d. Una vez que el lodo se acondicionó químicamente se procedió a verificar el porcentaje de eliminación de agua contenida en el lodo.
- e. Luego de que los lodos fueron acondicionados, estos fueron sometidos a deshidratación mediante los lechos de secado, previamente construidos, para luego verificar la reducción de la carga contaminante y el porcentaje de eliminación de agua del lodo.

### 2.3. Población y muestra

- **Población:** Los lodos generados en el proceso de potabilización de las aguas (**78,69 Tn/Mes**).
- **Muestra:** 100 Kg de lodos generados en el proceso de potabilización de las aguas.

### 2.4. Técnicas e instrumentos de recolección de datos

#### 2.4.1 Localización del efluente y zona de muestreo

Consistió en ubicar el lugar exacto de salida de los lodos, así mismo de la zona de muestreo.

#### Imagen N°1: Localización del efluente y zona de muestreo



Fuente: Google Earth

### 2.4.2 Toma de muestras

La toma de muestra se realizó directamente en la zona de la descarga, y para ello se utilizó 4 depósitos (baldes) de 20 lt c/u. Luego de recolectadas las muestras estas fueron sometidas a proceso de homogenización mediante agitación mecánica, a fin de unificar las características del lodo.

### 2.4.3 Caracterización del lodo

Para poder determinar el valor de los parámetros: pH, turbiedad y sólidos totales en suspensión, se preparó 2 tipos de soluciones con el lodo homogéneo tanto como el primer y segundo análisis:

- Solución 1: 300 g de lodo en 20 Lt de agua.
- Solución 2: 600 g de lodo en 20 Lt de agua

Para determinar los parámetros se utilizaron los siguientes equipos:

- **Turbidímetro:** Turbiedad
- **Peachimetro:** pH.
- **Filtración:** Para determinar sólidos totales suspendidos.

#### **Procedimiento para realizar la filtración:**

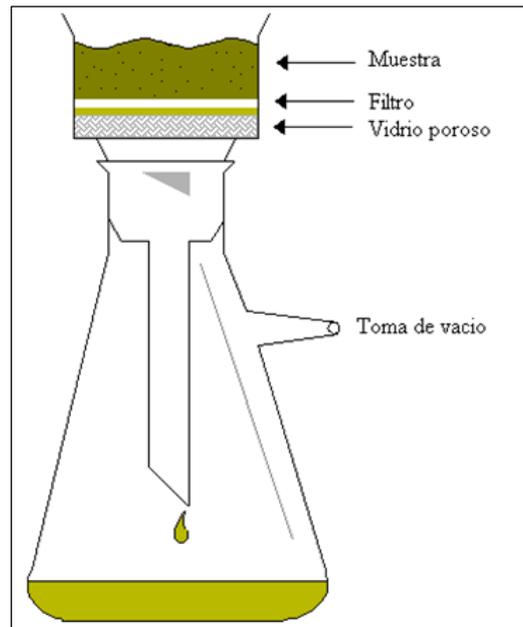
La determinación para los sólidos en suspensión fue la filtración mediante filtros de 45  $\mu\text{m}$  y posterior secado en la estufa a 103-105°C.

#### **Aparatos.**

- a) Una estufa.
- b) Una balanza de al menos 3 cifras decimales, aunque debido al error del método, con una de dos decimales podría ser bastante precisa.

La muestra se agita para que sea una suspensión homogénea y no haya errores en la medida. El filtro de 45 µm se secó a 103-105 °C, y se dejó enfriar a temperatura ambiente. El filtro ya seco se colocó encima de un vidrio poroso y se añadió un volumen conocido de la muestra, ayudándose del vacío, como muestra la figura:

**Figura N°2: Equipo para la filtración**



*Fuente: Google Imágenes*

Una vez que pasó toda el agua, el filtro con los sólidos retenidos se llevaron a la estufa a 103 °C, para evaporar la humedad, luego se pesó en la balanza.

Los sólidos en suspensión se calculan con la siguiente fórmula:

$$SST = \frac{(A - B) \times 1000}{V} \text{ mg/lit}$$

Donde:

A = Peso del filtro con los sólidos en suspensión, en gramos.

B = Peso del filtro vacío, en gramos.

V = volumen de la muestra, en litros.

#### 2.4.4 Determinación de la dosis de polímero catiónico para el acondicionamiento químico

Una vez determinado los parámetros, se procedió a realizar pruebas en el laboratorio para poder determinar la dosis más adecuada para el acondicionamiento químico. Esta etapa se desarrolló de la siguiente manera:

##### **Procedimiento:**

- Se utilizó 4 muestras de lodo homogéneo de 150 ml en 4 vasos de precipitado tanto en la primera como en la segunda etapa.
- Es preciso mencionar que el polímero catiónico utilizado para esta investigación fue el: CAT FLOC 8103.
- En el primer análisis del proyecto se preparó las siguientes soluciones:
  - ✓ Primera solución: 5 ml de polímero catiónico (CAT FLOC 8103) en 500 de agua destilada
  - ✓ Segunda solución: 10 ml de polímero en 500 ml de agua destilada.
- En el segundo análisis del proyecto se preparó las siguientes soluciones:
  - ✓ Tercera solución: 15 ml de polímero catiónico (CAT FLOC 8103) en 500 de agua destilada
  - ✓ Cuarta solución: 20 ml de polímero en 500 ml de agua destilada.
- Luego de aplicado la solución se esperó dos días en la primera etapa y en la segunda fase se esperó tres días, para que esta actuara.

#### 2.4.5 Aplicación del polímero a los lodos para el acondicionamiento químico

- En esta etapa se reajustó la dosis de solución más efectiva encontrada en el laboratorio, y se aplicó a las muestras extraídas.
- A cada depósito se le aplicó la misma cantidad de solución (polímero + agua destilada) y se dejó actuar por un espacio de 3 días en el primer análisis y en el segundo análisis 4 días.
- Al término de los 3 y 4 días se verificó que el polímero haya actuado, para luego determinar la cantidad de agua que se eliminó expresado en porcentaje, para lo cual se usó la siguiente fórmula:

$$\% \text{ Reducción de agua} = \frac{\text{Vol. inicial} - \text{Vol. final}}{\text{Vol. inicial}} \times 100$$

#### 2.4.6 Aplicación de la deshidratación

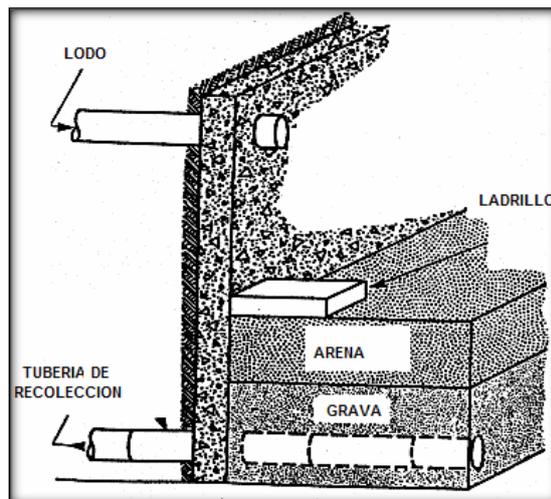
Como se mencionó anteriormente, existen muchas técnicas para deshidratar los lodos, pero para este caso se utilizó los lechos de secado por ser más factible de aplicar y por ser de menor costo.

Los lodos acondicionados fueron depositados en 2 lechos de secado previamente construidos, 2 depósitos en un lecho (recuérdese que se obtuvieron 4 depósitos de 20 Lt c/u de lodos), los lechos tuvieron las siguientes características:

- ✓ Sus dimensiones fueron 1,8 m x 1,2 m.

- ✓ Se utilizó una manta plástica para impermeabilizar el terreno, adicionalmente se colocó una tubería PVC SAL de 3" en la parte inferior del lecho.
- ✓ El medio de drenaje tuvo 0,4 m de espesor.
- ✓ La arena fue el medio filtrante de 0,10 m de espesor y con un tamaño efectivo de 0,3 a 1,3 mm, y un coeficiente de uniformidad entre 2 y 5.
- ✓ Debajo de la arena se colocó un estrato de grava graduada entre 1,6 y 51 mm (1/6" y 2") de 0,30 m de espesor.

**Figura N°3: Sección de un lecho de secado**



*Fuente: BVSDE*

Los lodos acondicionados químicos fueron deshidratados en los lechos por un periodo de 7 y 14 días en el primer y segundo análisis respectivamente.

Luego de haber deshidratado los lodos se procedieron a analizar las muestras a fin de obtener algunos datos como:

- ✓ % Eliminación de agua del lodo: Se utilizó la siguiente fórmula:

$$\% \text{ Reducción de agua} = \frac{\text{Peso inicial} - \text{Peso final}}{\text{Peso inicial}} \times 100$$

- ✓ Turbiedad, pH y sólidos totales disueltos: Se analizaron las muestras que se obtuvieron de los lechos de secado (Agua filtrada por la tubería de drenaje) para poder determinar dichos parámetros.

## **2.5. Técnicas de procesamiento y análisis de datos**

Para el procesamiento de la información se hizo uso de gráficos y cuadros comparativos y los programas informáticos de Microsoft Office.

La comparación de resultados, obtenidos en laboratorio, se hizo con los Límites Máximos Permisibles para Efluentes de Plantas de Tratamiento de Aguas Residuales – LMP, según el D. S. N° 003-2010-MIMAN y la NORMA Oficial Mexicana NOM-001-ECOL-1996, que establece los límites máximos permisibles de contaminantes en las descargas de aguas residuales en aguas y bienes nacionales. Cabe mencionar que se utilizó estas normas ya que en la actualidad no existe una norma que establezca Límites Máximos Permisibles para Plantas de Tratamiento de Agua Potable.

## CAPITULO III: RESULTADOS

### 3.1. Resultados

- a. **Del primer objetivo específico:** *Aplicar de manera experimental las fases de deshidratación y acondicionamiento químico.*

Antes de aplicar los tratamientos la muestra se analizó en el laboratorio, para poder determinar los parámetros de turbiedad, pH y solidos totales en suspensión:

#### **Primer Análisis:**

Para poder analizar el lodo se preparó 2 muestras de la siguiente manera, esto debido a la capacidad limitada de los equipos para medir los valores de los parámetros:

- 1) Se preparó una solución de 300 g de lodo en 20 Lt de agua, obteniéndose los siguientes resultados:

**Tabla N°4: Resultados muestra N°1**

| Parámetro                     | Unidad | Resultado |
|-------------------------------|--------|-----------|
| pH                            | -      | 6,5       |
| Turbiedad <sup>1</sup>        | UNT    | 6 040     |
| Solidos Totales en Suspensión | ppm    | 497       |

*Fuente: Elaboración propia*

<sup>1</sup> *Para poder determinar este parámetro se preparó una solución de 5 mL de muestra preparada en 40 mL de agua destilada*

- 2) La segunda solución fue de 600 g de lodo en 20 Lt de agua, dando como resultado lo siguiente:

**Tabla N°5: Resultados muestra N°2**

| <b>Parámetro</b>              | <b>Unidad</b> | <b>Resultado</b> |
|-------------------------------|---------------|------------------|
| pH                            | -             | 6,3              |
| Turbiedad <sup>1</sup>        | UNT           | 3 120            |
| Solidos Totales en Suspensión | ppm           | 490              |

*Fuente: Elaboración Propia*

<sup>1</sup> Para poder determinar este parámetro se preparó una solución de 5 mL de muestra preparada en 40 mL de agua destilada

### 3) Acondicionamiento químico - Laboratorio

- Se utilizó 4 muestras de lodo homogéneo de 150 mL en 4 vasos de precipitado.

- Luego se preparó 2 soluciones: la primera fue de 5 mL de polímero catiónico (CAT FLOC 8103) en 500 mL de agua destilada y la segunda fue de 10 mL de polímero en 500 mL de agua destilada.

- Las soluciones se aplicaron a las muestras de la siguiente manera:

**Tabla N°6: Aplicación de Polímero Catiónico**

| <b>Solución</b> | <b>Muestra A</b> | <b>Muestra B</b> | <b>Muestra C</b> | <b>Muestra D</b> |
|-----------------|------------------|------------------|------------------|------------------|
| 5 mL/500 mL     | 3 mL             | 3.5 mL           |                  |                  |
| 10 mL/500 mL    |                  |                  | 3 mL             | 3.5 mL           |

*Fuente: Elaboración propia*

Como muestra la tabla N°6, de cada una de la soluciones (5mL/500mL y 10mL/500mL) se extrajo 2 dosis una de 3mL y otra de 3,5 mL, para luego aplicarla a cada muestra.

- Luego de aplicado la solución se esperó dos días para que esta actuara, obteniendo los siguientes resultados:

**Tabla N°7: Eliminación de agua del lodo – Laboratorio**

| <b>Muestra</b> | <b>Solución Aplicada</b> | <b>Tiempo de coagulación</b> | <b>% Reducción de volumen de lodo</b> |
|----------------|--------------------------|------------------------------|---------------------------------------|
| <b>A</b>       | 3mL (5/500mL)            | 2 días                       | 60 %                                  |
| <b>B</b>       | 3.5mL (5/500mL)          | 2 días                       | 64,67 %                               |
| <b>C</b>       | 3mL (10/500mL)           | 2 días                       | 66,67 %                               |
| <b>D</b>       | 3.5mL (10/500mL)         | 2 días                       | 66,67 %                               |

*Fuente: Elaboración propia*

Una vez aplicadas las soluciones a las muestras, se escogió un tiempo prudencial para que actuara, en este caso fueron 2 días, terminado el plazo se calculó el % de eliminación de agua del lodo a nivel de laboratorio, para esto se usó una de las formulas descritas anteriormente.

- De los resultados se eligió la dosis aplicada a la muestra D.

#### 4) Acondicionamiento químico – campo

En esta etapa se reajusto la dosis de solución más efectiva encontrada en el laboratorio, para poder aplicarla a las muestras, tal como se muestra en la siguiente tabla:

**Tabla N°8: Acondicionamiento químico**

| <b>Muestra</b>    | <b>Solución Aplicada</b> | <b>Tiempo de coagulación</b> | <b>% Reducción de volumen de lodo</b> |
|-------------------|--------------------------|------------------------------|---------------------------------------|
| <b>A1 - 20 Lt</b> | 470mL (10mL/500mL)       | 3 días                       | 46,95 %                               |
| <b>B1 - 20 Lt</b> | 470mL (10mL/500mL)       | 3 días                       | 43,15 %                               |
| <b>C1 - 20 Lt</b> | 470mL (10mL/500mL)       | 3 días                       | 49,80 %                               |
| <b>D1 - 20 Lt</b> | 470mL (10mL/500mL)       | 3 días                       | 47,80 %                               |

*Fuente: Elaboración propia*

Determinada la dosis adecuada para el acondicionamiento químico en el laboratorio esta se reajusto para poder aplicarla a cada uno de los depósitos que contenían los lodos extraídos, en este caso el tiempo de coagulación fue de 3 días, terminado este periodo se determinó el % de eliminación de agua del lodo.

#### 5) Deshidratación de lodos

Los lodos acondicionados fueron depositados en 2 lechos de secado previamente construidos, 2 muestras en un lecho (A1-B1 y C1-D1), los lechos tuvieron las siguientes características:

- Sus dimensiones fueron 1,8 m x 1,2 m.
- Se utilizó una manta plástica para impermeabilizar el terreno, adicionalmente se colocó una tubería PVC SAL de 3” en la parte inferior del lecho.
- El medio de drenaje tuvo 0,4 m de espesor.
- La arena fue el medio filtrante de 0,10 m de espesor y con un tamaño efectivo de 0,3 a 1,3 mm, y un coeficiente de uniformidad entre 2 y 5.

- Debajo de la arena se colocó un estrato de grava graduada entre 1,6 y 51 mm (1/6" y 2") de 0,30 m de espesor.

Los lodos acondicionados químicos fueron deshidratados en los lechos por un periodo de 7 días y los resultados que se obtuvieron fueron los siguientes:

**Tabla N°9: Deshidratación de lodos**

| Lecho | Lodo inicial | Lodo final | % Reducción de volumen de lodo |
|-------|--------------|------------|--------------------------------|
| N°1   | 21.98 Lt     | 9.23 Lt    | 58,00 %                        |
| N°2   | 20.48 Lt     | 8.89 Lt    | 56,57 %                        |

*Fuente: Elaboración propia*

La muestra de lodo restante (el lodo se fue reduciendo durante el tratamiento) se sometió a deshidratación mediante los lechos de secado y poder calcular finalmente cuanto de muestra se eliminaba al concluir el tratamiento.

**Segundo Análisis:**

- 1) Se preparó una solución de 300 g de lodo en 20 Lt de agua, obteniéndose los siguientes resultados:

**Tabla N°10: Resultados muestra N°3**

| Parámetro                     | Unidad | Resultado |
|-------------------------------|--------|-----------|
| pH                            | -      | 6,8       |
| Turbiedad <sup>1</sup>        | UNT    | 5 040     |
| Solidos Totales en Suspensión | ppm    | 495       |

*Fuente: Elaboración propia*

<sup>1</sup> Para poder determinar este parámetro se preparó una solución de 5 mL de muestra preparada en 40 mL de agua destilada

- 2) La segunda solución fue de 600 g de lodo en 20 Lt de agua, dando como resultado lo siguiente:

**Tabla N°11: Resultados muestra N°4**

| Parámetro                     | Unidad | Resultado |
|-------------------------------|--------|-----------|
| pH                            | -      | 6,2       |
| Turbiedad <sup>1</sup>        | UNT    | 4 120     |
| Solidos Totales en Suspensión | ppm    | 491       |

*Fuente: Elaboración Propia*

<sup>1</sup> Para poder determinar este parámetro se preparó una solución de 5 mL de muestra preparada en 40 ml de agua destilada

- 3) Acondicionamiento químico - Laboratorio

- Se utilizó 4 muestras de lodo homogéneo de 150 mL en 4 vasos de precipitado.

- Luego se preparó 2 soluciones: la primera fue de 15 ml de polímero catiónico (CAT FLOC 8103) en 500 mL de agua destilada y la segunda fue de 20 mL de polímero en 500 mL de agua destilada.

- Las soluciones se aplicaron a las muestras de la siguiente manera:

**Tabla N°12: Aplicación de Polímero Catiónico - II**

| Solución     | Muestra E | Muestra F | Muestra G | Muestra H |
|--------------|-----------|-----------|-----------|-----------|
| 15 mL/500 mL | 3 mL      | 3,5 mL    |           |           |
| 20 mL/500 mL |           |           | 3 mL      | 3,5 mL    |

*Fuente: Elaboración propia*

Como muestra la tabla N°12, de cada una de la soluciones (15mL/500mL y 20mL/500mL) se extrajo 2 dosis una de 3mL y otra de 3,5 mL, para luego aplicarlas a cada muestra. Como se puede notar lo que cambio con respecto a la primera etapa es la cantidad de polímero catiónico usado para preparar la solución principal.

- Luego de aplicado la solución se esperó tres días para que esta actuara, obteniendo los siguientes resultados:

**Tabla N°13: Eliminación de agua del lodo – Laboratorio - II**

| <b>Muestra</b> | <b>Solución Aplicada</b> | <b>Tiempo de coagulación</b> | <b>% Reducción de volumen de lodo</b> |
|----------------|--------------------------|------------------------------|---------------------------------------|
| <b>E</b>       | 3mL (15/500mL)           | 3 días                       | 68,63 %                               |
| <b>F</b>       | 3.5mL (15/500mL)         | 3 días                       | 68,96 %                               |
| <b>G</b>       | 3mL (20/500mL)           | 3 días                       | 70,61 %                               |
| <b>H</b>       | 3.5mL (20/500mL)         | 3 días                       | 70,58 %                               |

*Fuente: Elaboración propia*

Una vez aplicadas las soluciones a las muestras, se escogió un tiempo prudencial para que actuara, en este caso fueron 3 días, terminado el plazo se calculó el % de eliminación de agua del lodo a nivel de laboratorio, para esto se usó una de las formulas descritas anteriormente.

- De los resultados se eligió la dosis aplicada a la muestra G.

#### 4) Acondicionamiento químico – campo

En esta etapa se reajusto la dosis de solución más efectiva encontrada en el laboratorio, para poder aplicarla a las muestras, tal como se muestra en la siguiente tabla:

**Tabla N°14: Acondicionamiento químico - II**

| <b>Muestra</b>  | <b>Solución Aplicada</b> | <b>Tiempo de coagulación</b> | <b>% Reducción de volumen de lodo</b> |
|-----------------|--------------------------|------------------------------|---------------------------------------|
| <b>E1-20 Lt</b> | 470mL (20/500mL)         | 4 días                       | 48,92 %                               |
| <b>F1-20 Lt</b> | 470mL (20/500mL)         | 4 días                       | 48,98 %                               |
| <b>G1-20 Lt</b> | 470mL (20/500mL)         | 4 días                       | 50,11 %                               |
| <b>H1-20 Lt</b> | 470mL (20/500mL)         | 4 días                       | 48,83 %                               |

*Fuente: Elaboración propia*

Determinada la dosis adecuada para el acondicionamiento químico en el laboratorio esta se reajusto para poder aplicarla a cada uno de los depósitos que contenían los lodos extraídos previamente, en este caso el tiempo de coagulación fue de 4 días, terminado este periodo se determinó el % de eliminación de agua del lodo.

#### 5) Deshidratación de lodos

Los lodos acondicionados fueron depositados en 2 lechos de secado previamente construidos, 2 muestras en un lecho (E1-F1 y G1-H1).

Los lodos acondicionados químicos fueron deshidratados en los lechos por un periodo de 14 días y los resultados que se obtuvieron fueron los siguientes:

**Tabla N°15: Deshidratación de lodos - II**

| <b>Lecho</b> | <b>Lodo inicial</b> | <b>Lodo final</b> | <b>% Reducción de volumen de lodo</b> |
|--------------|---------------------|-------------------|---------------------------------------|
| <b>N°1A</b>  | 20,41 Lt            | 8.32 Lt           | 59,23 %                               |
| <b>N°2A</b>  | 19,79 Lt            | 8.43 Lt           | 57,42 %                               |

*Fuente: Elaboración propia*

La muestra de lodo restante (el lodo se fue reduciendo durante el tratamiento) se sometió a deshidratación mediante los lechos de secado y poder calcular finalmente cuanto de muestra se eliminaba al concluir el tratamiento.

- b. **Del segundo objetivo específico:** *Analizar los parámetros de turbiedad, sólidos totales suspendidos y pH de los lodos.*

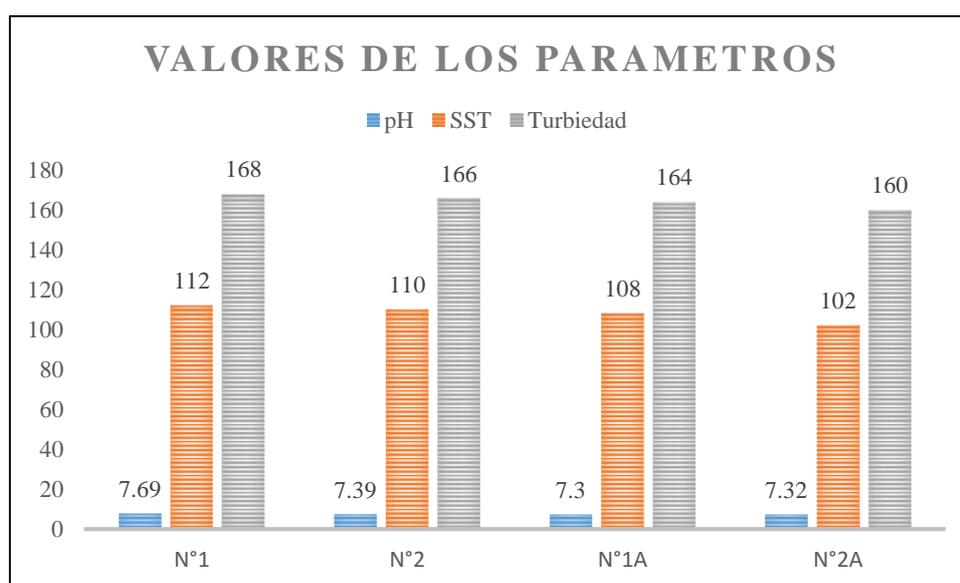
Para poder analizar turbiedad, solidos totales disueltos y pH, se extrajo una muestra de agua filtrada (100 mL) de cada uno de los lechos de secado:

**Tabla N°16: Análisis de muestra al finalizar el tratamiento**

| Lecho | pH   | SST | Turbiedad |
|-------|------|-----|-----------|
| N°1   | 7,69 | 112 | 168       |
| N°2   | 7,39 | 110 | 166       |
| N°1A  | 7,3  | 108 | 164       |
| N°2A  | 7,32 | 102 | 160       |

*Fuente: Elaboración propia*

**Grafico N°1: Comparativo de valores de los parámetros**



*Fuente: Tabla N°16*

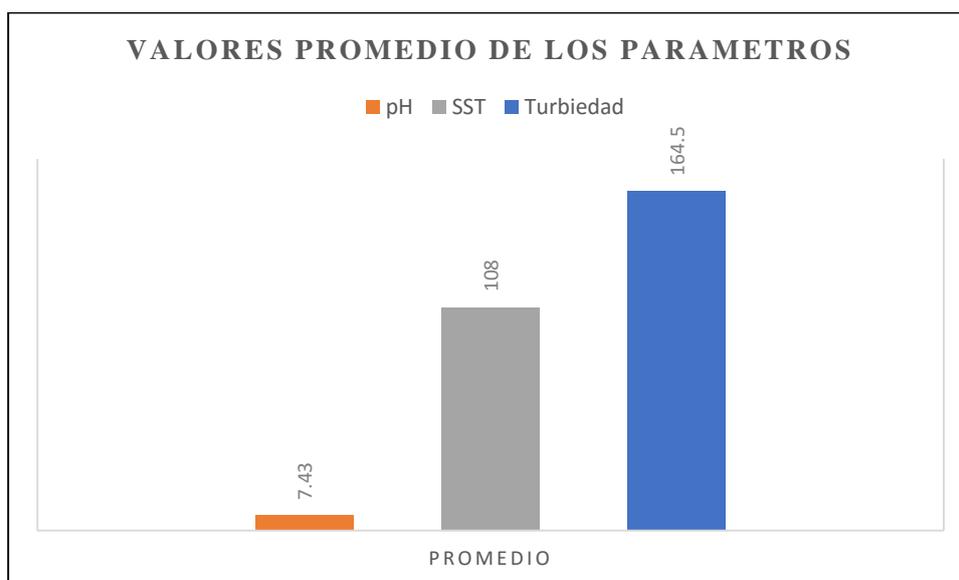
El grafico N°1 nos muestra los valores finales de cada uno de los parámetros evaluados: pH, turbiedad y SST, al finalizar el tratamiento.

**Tabla N°17: Valores promedio de parámetros**

| Lecho     | pH          | SST        | Turbiedad    |
|-----------|-------------|------------|--------------|
| N°1       | 7,69        | 112        | 168          |
| N°2       | 7,39        | 110        | 166          |
| N°1A      | 7,3         | 108        | 164          |
| N°2A      | 7,32        | 102        | 160          |
| $\bar{X}$ | <b>7,43</b> | <b>108</b> | <b>164,5</b> |

Fuente: Elaboración propia

**Grafico N°2: Valores promedio de los parámetros**



Fuente: Tabla N°17

- c. **Del tercer objetivo específico:** Comparar la efectividad del tratamiento por deshidratación y acondicionamiento químico de los lodos con la reducción de su carga contaminante.

Los resultados obtenidos fueron comparados con las siguientes normas: Límites Máximos Permisibles para Efluentes de Plantas de Tratamiento de

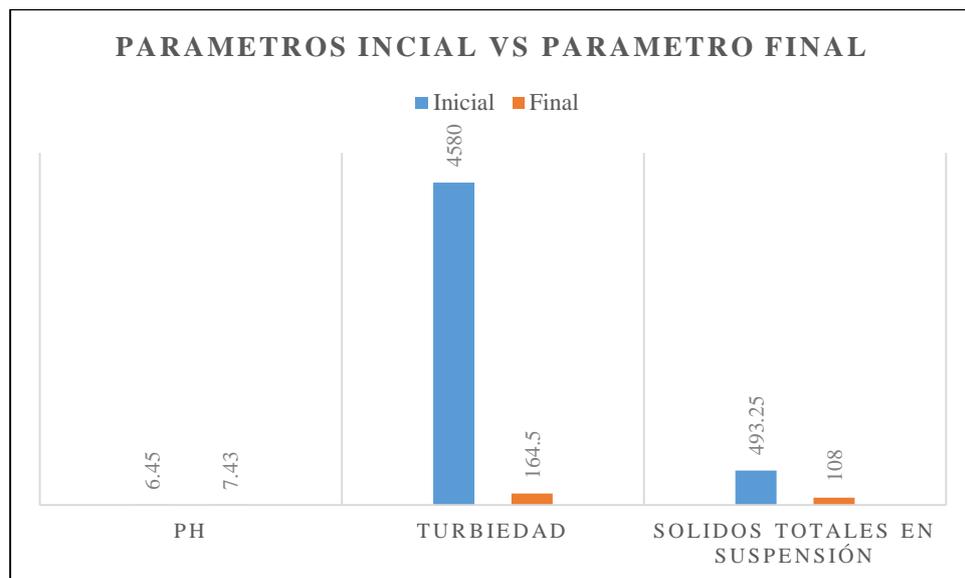
Aguas Residuales – LMP, según el D. S. N° 003-2010-MIMAN y la NORMA Oficial Mexicana NOM-001-ECOL-1996, debido a que en nuestro país no existe una norma específica que establezca los límites máximos permisibles para este tipo de efluentes, se usó estas normas.

**Tabla N°18: Parámetros promedio iniciales**

| Parámetro                     | Unidad | Resultado |
|-------------------------------|--------|-----------|
| pH                            | -      | 6,45      |
| Turbiedad                     | UNT    | 4 580     |
| Solidos Totales en Suspensión | ppm    | 493,25    |

*Fuente: Elaboración propia*

**Gráfico N°3: Valores de los parámetros inicial vs final**



*Fuente: Tabla N°17 y 18*

En el gráfico N°3 se puede apreciar cada uno de los valores de los parámetros evaluados, las barras con mayor magnitud corresponden a los valores de los parámetros antes de aplicar el tratamiento, y las de menor magnitud son de los valores después de concluir el tratamiento.

**Tabla N°19: Porcentaje de reducción carga contaminante**

| Parámetro                     | Unidad | Valor inicial | Valor final | %       |
|-------------------------------|--------|---------------|-------------|---------|
| pH                            | -      | 6,45          | 7,43        | 15,19 % |
| Turbiedad                     | UNT    | 4 580         | 164,5       | 96,41 % |
| Solidos Totales en Suspensión | ppm    | 493,25        | 108         | 78,10 % |

*Fuente: Elaboración propia*

Como se puede apreciar en la tabla N°20 hubo una reducción muy significativa de la carga contaminante del lodo: pH=15,19 %, turbiedad=96,41 % y solidos totales en suspensión=78,10%.

- d. **Del objetivo general:** *Evaluar la efectividad tratamiento por deshidratación y acondicionamiento químico a los lodos generados en el proceso de potabilización de las aguas.*

Para poder evaluar la efectividad del tratamiento por deshidratación y acondicionamiento químico a los lodos, se comparó los resultados con las normas antes mencionadas.

**Tabla N°20: Comparativo con la norma NOM-001-ECOL-1996: Límites máximos permisibles de contaminantes en las descargas de aguas residuales en aguas y bienes nacionales.**

| Parámetro                     | Unidad | Valor final | NOM - 001 - ECOL - 1996 |            |                                |
|-------------------------------|--------|-------------|-------------------------|------------|--------------------------------|
|                               |        |             | Uso agrícola            | Uso urbano | Proteccion de la vida acuatica |
| pH                            | -      | 7.43        | -                       | -          | -                              |
| Turbiedad                     | UNT    | 164.5       | -                       | -          | -                              |
| Solidos Totales en Suspensión | ppm    | 108         | 150                     | 75         | 40                             |

*Fuente: Elaboración propia*

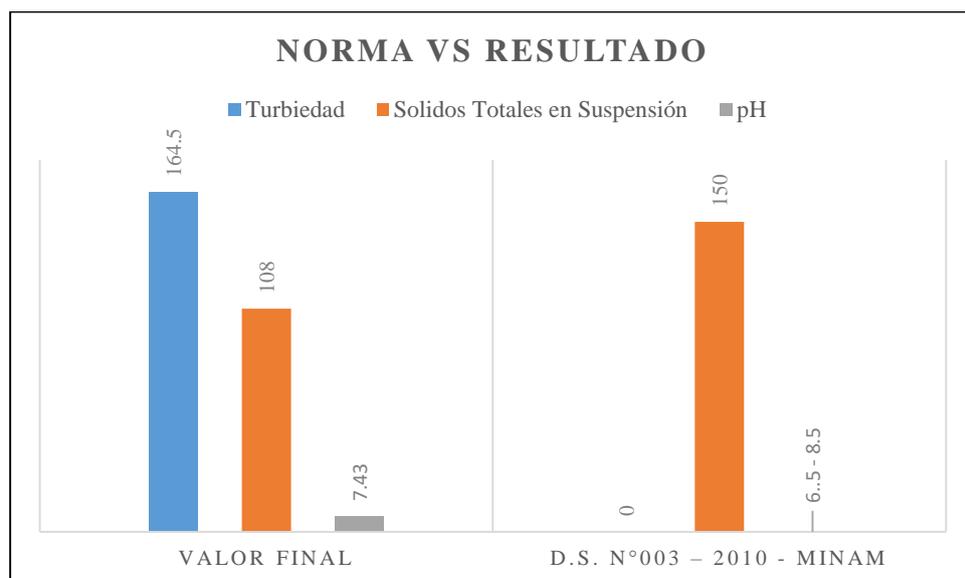
Como se puede ver la norma mexicana solo presenta un parámetro de los tres evaluados, también se puede notar la exigencia de la norma en relación de los límites máximos permisibles para descargas de aguas residuales ya que presenta un determinado valor para cada tipo de uso del agua. Podemos concluir que el tratamiento aplicado cumple para el uso agrícola en un 28%, pero para los demás usos falta reducir los valores: uso urbano = 31% y protección de la vida acuática = 63%.

**Tabla N°21: Comparativo con el D.S. N°003 - MINAM: Límites máximos permisibles para los efluentes de Plantas de Tratamiento de Aguas Residuales Domesticas o Municipales.**

| Parámetro                     | Unidad | Valor final | D.S. N°003 – 2010 - MINAM |
|-------------------------------|--------|-------------|---------------------------|
| pH                            | -      | 7,43        | 6,5 – 8,5                 |
| Turbiedad                     | UNT    | 164,5       | 0                         |
| Solidos Totales en Suspensión | ppm    | 108         | 150                       |

*Fuente: Elaboración propia*

**Grafico N°4: Comparativo con el D.S. N°003 - MINAM**



*Fuente: Tabla N°22*

Del cuadro y del grafico podemos concluir que mediante el tratamiento por deshidratación y acondicionamiento químico se pudo reducir la carga contaminante del lodo y por lo tanto nuestra hipótesis de trabajo es aceptada.

### 3.2. Discusiones

- ✓ La necesidad básica que se tiene de tratar el agua para consumo humano en la ciudad de Moyobamba, genera la formación de lodos que a la vez son vertidos libremente en los afluentes de la quebrada Mishquiyaquillo generando impactos negativos en el ambiente. Es por ello que es de mucha importancia dar un tratamiento a estos lodos con la finalidad de reducir en gran manera impactos negativos en el ambiente. Ya que en el presente estudio se comprueba la eficiencia del tratamiento propuesto (Acondicionamiento químico y lechos de secado) para reducir el volumen del lodo generado en plantas potabilizadoras mediante la aplicación de estos métodos.
  
- ✓ Los Límites Máximos Permisibles para Efluentes de Plantas de Tratamiento de Aguas Residuales – LMP, según el D. S. N° 003-2010-MIMAN, establece para el pH un valor máximo de 6,5 – 8,5 y para los sólidos totales en suspensión 150 mg/Lt; mientras que la NORMA OFICIAL MEXICANA NOM-001-ECOL-1996 establece un valor máximo para los sólidos totales en suspensión: uso agrícola: 150 ppm, uso urbano: 75 ppm y para la protección de la vida acuática: 40 ppm. Como podemos notar en la normativa peruana y mexicana varían los valores máximos para algunos parámetros, siendo que en el D.S. N°003-2010-MINAM solo existe valores para pH y SST y la NORMA OFICIAL MEXICANA NOM-001-ECOL-1996 solo existe valores para los SST que varían de acuerdo al uso del agua. Aun así los resultados obtenidos cumplen con el valor permitido en la norma peruana pH: 7,43; SST: 108 ppm; pero en la norma mexicana solo cumple para el uso agrícola. Es menester recalcar que debido a la carencia de normativas para efluentes de una planta de tratamiento de agua potable se utilizaron las antes mencionadas.

- ✓ **Raigosa M., (2012)** nos dice que de acuerdo a la relación de Costo y Beneficio, de la aplicación de las alternativas de manejo de lodos, se puede concluir que la alternativa más viable son los lechos de secado. Luego de concluida nuestra investigación podemos mencionar que los lechos de secado son viables siempre y cuando se tenga disponibilidad de terreno, las condiciones climáticas sean favorables y los lodos que generen las plantas de tratamiento de agua potable sean en cantidades que se puedan manejar; también podemos agregar que los lodos sin un acondicionamiento previo son medianamente deshidratables mediante los lechos de secado (**Sandoval L., et al 1998**). Es así que para que los lechos de secado puedan ser viables los lodos deben ser acondicionados previamente ya sea mediante espesamiento o acondicionamiento químico (**Sandoval L., 2002**).
  
- ✓ **Sandoval L., 2002**, afirma que debido a la baja turbiedad del agua, la generación de lodo es mínima y luego de concluido su trabajo nos dice que el porcentaje de reducción del volumen de lodo a disponer mejoró a nivel piloto en un 91,12% mediante el acondicionamiento químico y la acidificación. En nuestro caso se redujo por acondicionamiento químico un 48,07% y mediante la deshidratación 57,81%; siendo así podemos afirmar que existen otras formas de tratar los lodos que pueden arrojar mejores resultados.
  
- ✓ **Sandoval L., 1994 y 1998**, nos dice que la cantidad de lodo que se produce en el tratamiento de agua potable es del 0.3 al 1% de la producción total de agua potable, así mismo en otra de sus investigaciones propone que la cantidad de lodo producida es igual a la siguiente formula:  $S = 86.4 * Q * (0.44 * Al + SS + A)$ , la cual fue usada en esta investigación, por arrojar un resultado más preciso, ya que considera a los factores principales en la formación del lodo (agua + sulfato de aluminio) y porque la cantidad de lodo que resulta es similar a lo visto en campo.

### 3.3. Conclusiones

- ✓ Una vez aplicado el tratamiento por deshidratación y acondicionamiento químico a los lodos generados en el proceso de potabilización de las aguas para reducir su carga contaminante, hubo una reducción muy significativa en cuanto a la carga contaminante del lodo: pH=15,19 %, turbiedad=96,41 % y solidos totales en suspensión=78,10%.
- ✓ Los resultados de la aplicación del tratamiento por deshidratación y acondicionamiento químico mostraron en la primera etapa que es posible reducir el lodo en un 46,93% mediante el acondicionamiento químico; 57,29% mediante la deshidratación por lechos de secado. En la segunda etapa en la cual se aumentó la dosis de polímero catiónico y los días para la deshidratación se obtuvieron los siguientes resultados: se redujo el volumen de lodos en un 49,21 % por acondicionamiento químico y un 58,33% por deshidratación.
- ✓ Los análisis realizados a las muestras de lodo obtenidas dieron como resultado un pH=6.5 y 6.3; turbiedad=6040 y 3120 UNT; solidos totales en suspensión=497 y 490 ppm; en la primera etapa del tratamiento, ya para la segunda fase los resultados que se obtuvieron fueron los siguientes: pH=6.8 y 6.2; turbiedad=5040 y 4120 UNT; solidos totales en suspensión=495 y 491 ppm.
- ✓ De acuerdo a los resultados obtenidos luego de aplicar el tratamiento por deshidratación y acondicionamiento químico, y en comparación con la norma mexicana se puede notar la exigencia de la norma en relación de los límites máximos permisibles para descargas de aguas residuales ya que presenta un determinado valor para cada tipo de uso del agua. Se puede concluir que el tratamiento aplicado cumple para el uso agrícola en un 28%, pero para los demás usos falta reducir los valores: uso urbano = 31% y protección de la vida acuática = 63%.

### 3.4. Recomendaciones

- ✓ Para futuras investigaciones experimentar con diferentes dosis de polímero catiónico para el acondicionamiento químico y aumentar los días para la deshidratación de los lodos por lechos de secado, para así obtener mejores resultados.
- ✓ Al ministerio del ambiente realizar una norma con respecto al tratamiento de los lodos que se generan en el proceso de potabilización de las aguas.
- ✓ A la empresa prestadora de servicios Moyobamba (EPS), realizar el tratamiento de los lodos que se generan en el proceso de potabilización para así no generar impactos negativos al ambiente.
- ✓ A la Facultad de Ecología impulsar la investigación sobre esta problemática para obtener mejores resultados, ya que actualmente no existe ningún trabajo en la Región acerca de esta problemática, debido a esto se hizo más difícil el poder realizar la presente investigación. También hacer posible la adquisición de equipos de laboratorio de mayor lectura y precisión para futuras investigaciones, como por ejemplo turbidímetro de mayor lectura: aguja de platino y la bujía de Jackson.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Comisión Nacional del Agua. (2007). *Manual de Agua Potable, Alcantarillado y Saneamiento*. México D.F. México.
- Cunha, N. (2005). *Recuperación de coagulante a partir de la acidificación de residuos generados en la Planta de Tratamiento de Agua de Rio Manso*. Universidad Federal de Minas – Gerais. Belo Horizonte. Brasil.
- Fernández, G. (2003). *Manejo de lodos producidos en la planta de tratamiento de agua potable, planta II, del Municipio de Cartago, Valle*. Universidad Nacional De Colombia, Manizales.
- Gallo, J., Uribe, J., (2003). *Reutilización de Lodos de planta de Potabilización en el Tratamiento de Aguas Residuales*. Trabajo de Pregrado para la Universidad Nacional de Colombia Sede Manizales.
- Garcés, F. y J., Díaz. (2010). *Acondicionamiento de lodos producidos en el tratamiento de agua potable*. Santiago, Chile.
- García, L. A. y Vera, D. E. (2013). *Aprovechamiento de lodos generados en los sedimentadores de la planta potabilizadora de agua La Estancilla – Manabí, para ladrillos de construcción*. Escuela Politécnica Agropecuaria de Manabí – Manuel Félix López. Calceta, Ecuador.
- Hernández, D. (2006). *Aprovechamiento de lodos aluminosos (de la etapa de sedimentación) de sistemas de potabilización como agregado en la fabricación de ladrillos cerámicos*. Tesis de Maestría Universidad del Valle.
- Kaggwa R., et al. (2001). *The Impact Of Alum Discharges On A Natural Tropical Wetland In Uganda*. Elsevier Science Ltd, Great Britain.

- López, M. (2005). *El Agua*. Universidad de las Palmas. Departamento de Química.
- Matos, F. (2007). *Cuantificación y caracterización química de los residuos de la planta de tratamiento de agua Itabirito – MG*. Universidad Federal de Ouro Preto. Ouro Preto. Minas Gerais. Brasil.
- Ministerio de Vivienda, Ordenamiento Territorial y Medio Ambiente. (1996). *Manual de Procedimientos Analíticos para Aguas y Efluentes*. Uruguay.
- Orellana, J. (2005). *Apuntes de Ingeniería Sanitaria*. Universidad Tecnológica Nacional. Buenos Aires. Argentina.
- Raigosa, M. (2012). *Evaluación de alternativas para el manejo de lodos provenientes de las plantas de potabilización de agua de los municipios del departamento de Risaralda mediante el análisis costo beneficio*. Universidad Tecnológica De Pereira, Colombia.
- Sánchez, M. (2005). *El agua*. Universidad de las Palmas de Gran Canaria. Las Palmas. España.
- Sandoval, L. (1994). *Manual de agua potable y alcantarillado. Libro II. Proyecto. 3ª sección: Potabilización y tratamiento. Guía para el manejo, estabilización y disposición de lodos químicos*. Comisión nacional del agua. México.
- Sandoval, L., et al. (1998). *Tratabilidad de los Lodos Producidos en la Potabilización del Agua. Seminario Regional Bienal sobre Potabilización Filtración*. Instituto Mexicano de Tecnología del Agua (IMTA).
- Sandoval, L. (2002). *Estudio Piloto para Reducir el Volumen de Lodos de Plantas Potabilizadoras*. Instituto Mexicano de Tecnología del Agua (IMTA).

Sergio, P. (2003). *Disposición de residuos generados en la planta de tratamiento de agua de Esgoto*. San Carlos – San Pablo. Brasil.

Zamora, A y Pérez, M. (2003). *Selección de tecnología de sistemas de potabilización de agua: Metodología para la compatibilización entre costos económicos y ambientales*. Conferencia internacional usos múltiples del agua: para la vida y el desarrollo sostenible. Cartagena de Indias.

## ANEXOS

**Fotografía N°1: Limpieza de la Planta de Tratamiento de Agua Potable - Moyobamba**



**Fotografía N°2: Lodo acumulado durante el funcionamiento de la PTAP**



**Fotografía N°3: Muestras de lodo extraídas**



**Fotografía N°4: Trabajo en laboratorio**



**Fotografía N°5: Determinación de parámetros en laboratorio**



**Fotografía N°6: Determinación de dosis de polímero catiónico**



**Fotografía N°7: Trabajo en campo**



**Fotografía N°8: Trabajo en campo**



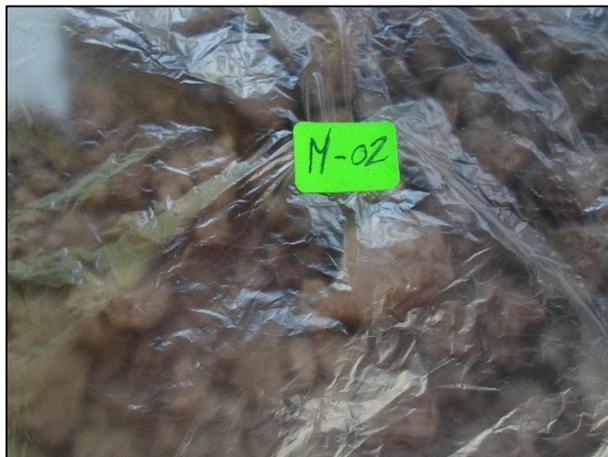
**Fotografía N°9: Lechos de secado**



**Fotografía N°10: Muestra final N°1**



**Fotografía N°11: Muestra final N°2**



## CALCULO DE LODO GENERADO EN UNA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUA POTABLE

**Proyecto** : Tratamiento por Deshidratación y Acondicionamiento Químico a los Lodos Generados en el Proceso de Potabilización de las Aguas.

**Fecha** : Agosto 2015

**Lugar** : EPS Moyobamba - San Martín

**Nota:** [Este cálculo corresponde solo a la cantidad de lodo producido en una PTAP que utilice como coagulante al Sulfato de Aluminio ((Al<sub>2</sub>(SO<sub>4</sub>)<sub>3</sub>)) para remover la turbiedad.]

### 1. Formula General:

$$S = 86.4 * Q * (0.44 * AI + SS + A)$$

Donde:

**S:** Lodo producido en **Kg/dia.**

**Q:** Gasto de agua cruda en **m3/seg.**

**AI:** Dosis de Sulfato de Aluminio en **mg/Lt.**

**SS:** Solidos suspendidos del agua cruda en **mg/Lt.**

*\* Para baja turbiedad los SS varia de 0.7 a 2.2 veces la turbiedad.*

**A:** Productos químicos agregados en **mg/Lt.**

### 2. Datos:

|  |                     |
|--|---------------------|
| 2.1. Gasto de agua cruda ( <b>Q</b> ):           | 0.055 <b>m3/seg</b> |
| 2.2. Dosis de sulfato de aluminio ( <b>AI</b> ): | 300.00 <b>mg/Lt</b> |
| 2.3. Solidos suspendidos ( <b>SS</b> ):          | 420.00 <b>mg/Lt</b> |
| 2.3.1. Turbiedad ( <b>T</b> ):                   | 600.00 <b>UNT</b>   |
| 2.4. Prod. quimicos agregados ( <b>A</b> ):      | 0.00 <b>mg/Lt</b>   |

### 3. Calculo de lodo producido:

|                                   |                       |
|-----------------------------------|-----------------------|
| 3.1. Lodo producido ( <b>S</b> ): | <b>2623.10 kg/dia</b> |
|                                   | <b>78.69 Tn/mes</b>   |

## FICHA DE RECOLECCIÓN DE DATOS

**Proyecto** : Tratamiento por Deshidratación y Acondicionamiento Químico a los Lodos Generados en el Proceso de Potabilización de las Aguas.

**Fecha** : Agosto 2015

**Lugar** : EPS Moyobamba - San Martín

### 1. Muestra en solución:

| Muestra N° | Lodo (gr) | Agua (Lt) | Solución (ppm) |
|------------|-----------|-----------|----------------|
| 1          | 300       | 20        | 15 000         |
| 2          | 600       | 20        | 30 000         |

### 2. Resultados de los analisis de laboratorio:

| Muestra N° | pH  | Turbiedad (UNT) | SST (ppm) |
|------------|-----|-----------------|-----------|
| 1          | 6,5 | 6040            | 497       |
| 2          | 6,3 | 3120            | 490       |

### 3. Acondicionamiento químico en el laboratorio:

#### 3.1. Solución aplicada:

| Muestra N° | Cantidad de muestra | Solución de polimero preparada | Cantidad de solución aplicada |
|------------|---------------------|--------------------------------|-------------------------------|
| A          | 150 mL              | 5 mL / 500 mL Agua             | 3 mL                          |
| B          | 150 mL              | 5 mL / 500 mL agua             | 3,5 mL                        |
| C          | 150 mL              | 10 mL / 500 mL agua            | 3 mL                          |
| D          | 150 mL              | 10 mL / 500 mL agua            | 3,5 mL                        |

#### 3.2. Eliminación de lodo:

| Muestra N° | Tiempo de coagulación | % de Eliminación de lodo |
|------------|-----------------------|--------------------------|
| A          | 2 días                | 60%                      |
| B          | 2 días                | 64,67%                   |
| C          | 2 días                | 66,67%                   |
| D          | 2 días                | 66,67%                   |

### 4. Acondicionamiento químico en campo:

#### 4.1. Solución aplicada:

| Muestra N° | Cantidad de muestra | Solución de polimero elegida | Cantidad de solución aplicada |
|------------|---------------------|------------------------------|-------------------------------|
| A1         | 20 Lt               | 10 mL / 500 mL               | 470 mL                        |
| B1         | 20 Lt               | 10 mL / 500 mL               | 470 mL                        |
| C1         | 20 Lt               | 10 mL / 500 mL               | 470 mL                        |
| D1         | 20 Lt               | 10 mL / 500 mL               | 470 mL                        |

#### 4.2. Eliminación de lodo:

| Muestra N° | Tiempo de coagulación | % de Eliminación de lodo |
|------------|-----------------------|--------------------------|
| A1         | 3 días                | 46,95%                   |
| B1         | 3 días                | 43,15%                   |
| C1         | 3 días                | 49,80%                   |
| D1         | 3 días                | 47,80%                   |

5. Deshidratación de lodos mediante lechos de secado (campo):

| Lecho N° | Cantidad de lodo luego del acondicionamiento | Tiempo de deshidratación | % Eliminación de lodo |
|----------|--|--------------------------|-----------------------|
| N1       | 21,98 Lt                                     | 7 días                   | 58%                   |
| N2       | 20,48 Lt                                     | 7 días                   | 50,57%                |

## FICHA DE RECOLECCIÓN DE DATOS

Proyecto : Tratamiento por Deshidratación y Acondicionamiento Químico a los Lodos Generados en el Proceso de Potabilización de las Aguas.

Fecha : Enero 2016

Lugar : EPS Moyobamba - San Martín

### 1. Muestra en solución:

| Muestra N° | Lodo (gr) | Agua (Lt) | Solución (ppm) |
|------------|-----------|-----------|----------------|
| 3          | 300       | 20        | 15 000         |
| 4          | 600       | 20        | 30 000         |

### 2. Resultados de los analisis de laboratorio:

| Muestra N° | pH  | Turbiedad (UNT) | SST (ppm) |
|------------|-----|-----------------|-----------|
| 3          | 6,8 | 5040            | 495       |
| 4          | 6,2 | 4120            | 491       |

### 3. Acondicionamiento químico en el laboratorio:

#### 3.1. Solución aplicada:

| Muestra N° | Cantidad de muestra | Solución de polimero preparada | Cantidad de solución aplicada |
|------------|---------------------|--------------------------------|-------------------------------|
| E          | 150 mL              | 15 mL / 500 mL                 | 3 mL                          |
| F          | 150 mL              | 15 mL / 500 mL                 | 3,5 mL                        |
| G          | 150 mL              | 20 mL / 500 mL                 | 3 mL                          |
| H          | 150 mL              | 20 mL / 500 mL                 | 3,5 mL                        |

#### 3.2. Eliminación de lodo:

| Muestra N° | Tiempo de coagulación | % de Eliminación de lodo |
|------------|-----------------------|--------------------------|
| E          | 3 días                | 68,63%                   |
| F          | 3 días                | 68,96%                   |
| G          | 3 días                | 70,61%                   |
| H          | 3 días                | 70,58%                   |

### 4. Acondicionamiento químico en campo:

#### 4.1. Solución aplicada:

| Muestra N° | Cantidad de muestra | Solución de polimero elegida | Cantidad de solución aplicada |
|------------|---------------------|------------------------------|-------------------------------|
| E1         | 20 Lt               | 20 mL / 500 mL               | 470 mL                        |
| F1         | 20 Lt               | 20 mL / 500 mL               | 470 mL                        |
| G1         | 20 Lt               | 20 mL / 500 mL               | 470 mL                        |
| H1         | 20 Lt               | 20 mL / 500 mL               | 470 mL                        |

#### 4.2. Eliminación de lodo:

| Muestra N° | Tiempo de coagulación | % de Eliminación de lodo |
|------------|-----------------------|--------------------------|
| E1         | 4 días                | 48,92%                   |
| F1         | 4 días                | 48,98%                   |
| G1         | 4 días                | 50,17%                   |
| H1         | 4 días                | 48,83%                   |

5. Deshidratación de lodos mediante lechos de secado (campo):

| Lecho N° | Cantidad de lodo luego del acondicionamiento | Tiempo de deshidratación | % Eliminación de lodo |
|----------|--|--------------------------|-----------------------|
| 1A       | 20,41 Lt                                     | 14 días                  | 59,23%                |
| 2A       | 19,79 Lt                                     | 14 días                  | 57,42%                |



ENTIDAD PRESTADORA DE SERVICIOS DE AGUA Y SANEAMIENTO SRL

DEPARTAMENTO DE CONTROL DE CALIDAD

INFORME DE ANÁLISIS N° 019 -2015-M/EPS-MOYOBAMBA/CC

**SOLICITANTE** : Roymer Gutierrez Cubas  
Ralp Pierre Bartra Labajos

**PROYECTO** : Tratamiento por Deshidratación y Acondicionamiento Químico a los Lodos Generados en el Proceso de Potabilización de las Aguas.

**MUESTRA** : 02-Lodo sedimentable

**PROCEDENCIA** : Decantadores de la EPS-Moyobamba.

**FECHA DE TOMA DE MUESTRA** : 24-08-2015

**HORA TOMA DE MUESTRA** : 11:30 a.m

**MUESTREO** : Por el Solicitante.

**FECHA DE EMISIÓN** : 27-08-2015

• **RESULTADOS DE LA CARACTERIZACIÓN**

| ITEM | PARÁMETROS                  | UNIDAD | RESULTADOS |
|------|-----------------------------|--------|------------|
| 01   | pH                          | ----   | 6.3        |
| 02   | Turbiedad                   | UNT    | 3120.0     |
| 03   | Sólidos Totales Suspendidos | ppm    | 490.0      |

Metodología: según N.T.P

  
**Samuel López Chávez**  
INGENIERO QUIMICO  
CIP. 140674





**ENTIDAD PRESTADORA DE SERVICIOS DE AGUA Y SANEAMIENTO SRL**

**DEPARTAMENTO DE CONTROL DE CALIDAD**

**INFORME DE ANÁLISIS N° 018 -2015-M/EPS-MOYOBAMBA/CC**

**SOLICITANTE** : Roymer Gutierrez Cubas  
Ralp Pierre Bartra Labajos

**PROYECTO** : Tratamiento por Deshidratación y Acondicionamiento Químico a los Lodos Generados en el Proceso de Potabilización de las Aguas.

**MUESTRA** : 01-Lodo sedimentable

**PROCEDENCIA** : Decantadores de la EPS-Moyobamba.

**FECHA DE TOMA DE MUESTRA** : 24-08-2015

**HORA TOMA DE MUESTRA** : 11:30 p.m

**MUESTREO** : Por el Solicitante.

**FECHA DE EMISIÓN** : 27-08-2015

---

• **RESULTADOS DE LA CARACTERIZACIÓN**

| ITEM | PARÁMETROS                  | UNIDAD | RESULTADOS |
|------|-----------------------------|--------|------------|
| 01   | pH                          | ----   | 6.5        |
| 02   | Turbiedad                   | UNT    | 6040.0     |
| 03   | Sólidos Totales Suspendidos | ppm    | 497.0      |

Metodología: según N.T.P



*Samuel López Chávez*  
**Samuel López Chávez**  
**INGENIERO QUIMICO**  
**CIP. 140674**



**ENTIDAD PRESTADORA DE SERVICIOS DE AGUA Y SANEAMIENTO SRL**

**DEPARTAMENTO DE CONTROL DE CALIDAD**

**INFORME DE ANÁLISIS N° 021 -2015-M/EPS-MOYOBAMBA/CC**

**SOLICITANTE** : Roymer Gutierrez Cubas  
: Ralp Pierre Bartra Labajos

**PROYECTO** : Tratamiento por Deshidratación y Acondicionamiento  
Químico a los Lodos Generados en el Proceso de  
Potabilización de las Aguas.

**MUESTRA** : 04-Lodo sedimentable

**PROCEDENCIA** : Decantadores de la EPS-Moyobamba.

**FECHA DE TOMA DE MUESTRA** : 03-09-2015

**HORA TOMA DE MUESTRA** : 10:30 a.m

**MUESTREO** : Por el Solicitante.

**FECHA DE EMISIÓN** : 07-09-2015

---

• **RESULTADOS DE LA CARACTERIZACIÓN**

| ITEM | PARÁMETROS                  | UNIDAD | RESULTADOS |
|------|-----------------------------|--------|------------|
| 01   | pH                          | ----   | 7.39       |
| 02   | Turbiedad                   | UNT    | 166.0      |
| 03   | Sólidos Totales Suspendidos | ppm    | 110.0      |

Metodología: según N.T.P



*Samuel López Chávez*  
**Samuel López Chávez**  
INGENIERO QUIMICO  
CIP. 140874



**ENTIDAD PRESTADORA DE SERVICIOS DE AGUA Y SANEAMIENTO SRL**

**DEPARTAMENTO DE CONTROL DE CALIDAD**

**INFORME DE ANÁLISIS N° 020 -2015-M/EPS-MOYOBAMBA/CC**

**SOLICITANTE** : Roymer Gutierrez Cubas  
Ralp Pierre Bartra Labajos

**PROYECTO** : Tratamiento por Deshidratación y Acondicionamiento Químico a los Lodos Generados en el Proceso de Potabilización de las Aguas.

**MUESTRA** : 03-Lodo sedimentable

**PROCEDENCIA** : Decantadores de la EPS-Moyobamba.

**FECHA DE TOMA DE MUESTRA** : 03-09-2015

**HORA TOMA DE MUESTRA** : 10:30 a.m

**MUESTREO** : Por el Solicitante.

**FECHA DE EMISIÓN** : 07-09-2015

• **RESULTADOS DE LA CARACTERIZACIÓN**

| ITEM | PARÁMETROS                  | UNIDAD | RESULTADOS |
|------|-----------------------------|--------|------------|
| 01   | pH                          | ----   | 7.69       |
| 02   | Turbiedad                   | UNT    | 168.0      |
| 03   | Sólidos Totales Suspendidos | ppm    | 112.0      |

Metodología: según N.T.P



*Samuel López Chávez*  
**Samuel López Chávez**  
**INGENIERO QUIMICO**  
**GIP. 140676**



ENTIDAD PRESTADORA DE SERVICIOS DE AGUA Y SANEAMIENTO SRL

DEPARTAMENTO DE CONTROL DE CALIDAD

INFORME DE ANÁLISIS N° 022 -2015-M/EPS-MOYOBAMBA/CC

**SOLICITANTE** : Roymer Gutierrez Cubas  
Ralp Pierre Bartra Labajos

**PROYECTO** : Tratamiento por Deshidratación y Acondicionamiento Químico a los Lodos Generados en el Proceso de Potabilización de las Aguas.

**MUESTRA** : 05-Lodo sedimentable

**PROCEDENCIA** : Decantadores de la EPS-Moyobamba.

**FECHA DE TOMA DE MUESTRA** : 21-12-2015

**HORA TOMA DE MUESTRA** : 10:00 a.m

**MUESTREADO** : Por el Solicitante.

**FECHA DE EMISIÓN** : 23-12-2015

• RESULTADOS DE LA CARACTERIZACIÓN

| ITEM | PARÁMETROS                  | UNIDAD | RESULTADOS |
|------|-----------------------------|--------|------------|
| 01   | pH                          | ----   | 6.5        |
| 02   | Turbiedad                   | UNT    | 6040       |
| 03   | Sólidos Totales Suspendidos | ppm    | 497        |

Metodología: según N.T.P



*Samuel López Chávez*  
Samuel López Chávez  
INGENIERO QUIMICO  
CIP. 140674



**ENTIDAD PRESTADORA DE SERVICIOS DE AGUA Y SANEAMIENTO SRL**

**DEPARTAMENTO DE CONTROL DE CALIDAD**

**INFORME DE ANÁLISIS N° 023 -2015-M/EPS-MOYOBAMBA/CC**

**SOLICITANTE** : Roymer Gutierrez Cubas  
Ralp Pierre Bartra Labajos

**PROYECTO** : Tratamiento por Deshidratación y Acondicionamiento Químico a los Lodos Generados en el Proceso de Potabilización de las Aguas.

**MUESTRA** : 06-Lodo sedimentable

**PROCEDENCIA** : Decantadores de la EPS-Moyobamba.

**FECHA DE TOMA DE MUESTRA** : 21-12-2015

**HORA TOMA DE MUESTRA** : 10:00 a.m

**MUESTREADO** : Por el Solicitante.

**FECHA DE EMISIÓN** : 23-12-2015

• **RESULTADOS DE LA CARACTERIZACIÓN**

| ITEM | PARÁMETROS                  | UNIDAD | RESULTADOS |
|------|-----------------------------|--------|------------|
| 01   | pH                          | -----  | 6.2        |
| 02   | Turbiedad                   | UNT    | 4120.0     |
| 03   | Sólidos Totales Suspendidos | ppm    | 491.0      |

Metodología: según N.T.P



*Samuel López Chávez*  
**Samuel López Chávez**  
INGENIERO QUIMICO  
CIP. 140674



ENTIDAD PRESTADORA DE SERVICIOS DE AGUA Y SANEAMIENTO SRL

DEPARTAMENTO DE CONTROL DE CALIDAD

INFORME DE ANÁLISIS N° 025 -2016-M/EPS-MOYOBAMBA/CC

**SOLICITANTE** : Roymer Gutierrez Cubas  
Ralp Pierre Bartra Labajos

**PROYECTO** : Tratamiento por Deshidratación y Acondicionamiento Químico a los Lodos Generados en el Proceso de Potabilización de las Aguas.

**MUESTRA** : 08 -Lodo sedimentable

**PROCEDENCIA** : Decantadores de la EPS-Moyobamba.

**FECHA DE TOMA DE MUESTRA** : 07-01-2016

**HORA TOMA DE MUESTRA** : 9:30 a.m

**MUESTREO** : Por el Solicitante.

**FECHA DE EMISIÓN** : 11-01-2016

• **RESULTADOS DE LA CARACTERIZACIÓN**

| ITEM | PARÁMETROS                  | UNIDAD | RESULTADOS |
|------|-----------------------------|--------|------------|
| 01   | pH                          | -----  | 7.32       |
| 02   | Turbiedad                   | UNT    | 160.0      |
| 03   | Sólidos Totales Suspendidos | ppm    | 102.0      |

Metodología: según N.T.P



*Samuel López Chávez*  
**Samuel López Chávez**  
INGENIERO QUIMICO  
CIP. 140674



ENTIDAD PRESTADORA DE SERVICIOS DE AGUA Y SANEAMIENTO SRL

DEPARTAMENTO DE CONTROL DE CALIDAD

INFORME DE ANÁLISIS N° 024 -2016-M/EPS-MOYOBAMBA/CC

**SOLICITANTE** : Roymer Gutierrez Cubas  
Ralp Pierre Bartra Labajos

**PROYECTO** : Tratamiento por Deshidratación y Acondicionamiento Químico a los Lodos Generados en el Proceso de Potabilización de las Aguas.

**MUESTRA** : 07-Lodo sedimentable

**PROCEDENCIA** : Decantadores de la EPS-Moyobamba.

**FECHA DE TOMA DE MUESTRA** : 07-01-2016

**HORA TOMA DE MUESTRA** : 09:30 a.m

**MUESTREADO** : Por el Solicitante.

**FECHA DE EMISIÓN** : 11-01-2016

• **RESULTADOS DE LA CARACTERIZACIÓN**

| ITEM | PARÁMETROS                  | UNIDAD | RESULTADOS |
|------|-----------------------------|--------|------------|
| 01   | pH                          | ----   | 7.3        |
| 02   | Turbiedad                   | UNT    | 164.0      |
| 03   | Sólidos Totales Suspendidos | ppm    | 108.0      |

Metodología: según N.T.P



*Samuel López Chávez*  
Samuel López Chávez  
INGENIERO QUIMICO  
CIP. 140874



# MATERIAL SAFETY DATA SHEET

PRODUCT

**CAT-FLOC® 8103 PLUS**

EMERGENCY TELEPHONE NUMBER

(800) 424-9300 (24 Hours) CHEMTREC

## 1. CHEMICAL PRODUCT AND COMPANY IDENTIFICATION

PRODUCT NAME : **CAT-FLOC® 8103 PLUS**

APPLICATION : WATER TREATMENT

COMPANY IDENTIFICATION : ONDEO Nalco Company  
ONDEO Nalco Center  
Naperville, Illinois  
60563-1198

EMERGENCY TELEPHONE NUMBER : (800) 424-9300 (24 Hours) CHEMTREC

NFPA 704M/HMIS RATING

HEALTH : 0 / 1 FLAMMABILITY : 1 / 1 REACTIVITY : 0 / 0 OTHER :

0 = Insignificant 1 = Slight 2 = Moderate 3 = High 4 = Extreme

## 2. COMPOSITION/INFORMATION ON INGREDIENTS

Based on our hazard evaluation, none of the substances in this product are hazardous.

## 3. HAZARDS IDENTIFICATION

### \*\*EMERGENCY OVERVIEW\*\*

#### CAUTION

May cause irritation with prolonged contact. Toxic to aquatic organisms.  
Do not get in eyes, on skin, on clothing. Do not take internally. Wear suitable protective clothing. Keep container tightly closed. In case of contact with eyes, rinse immediately with plenty of water and seek medical advice. After contact with skin, wash immediately with plenty of soap and water. Protect product from freezing.  
May evolve oxides of carbon (COx) under fire conditions. May evolve oxides of nitrogen (NOx) under fire conditions. May evolve ammonia (NH4) under fire conditions. May evolve HCl under fire conditions.

PRIMARY ROUTES OF EXPOSURE :

Eye, Skin

HUMAN HEALTH HAZARDS - ACUTE :

EYE CONTACT :

May cause irritation with prolonged contact.

SKIN CONTACT :

May cause irritation with prolonged contact.

INGESTION :

Not a likely route of exposure. No adverse effects expected.



## MATERIAL SAFETY DATA SHEET

PRODUCT

**CAT-FLOC® 8103 PLUS**

EMERGENCY TELEPHONE NUMBER

(800) 424-9300 (24 Hours) CHEMTREC

### INHALATION :

Not a likely route of exposure. No adverse effects expected.

### SYMPTOMS OF EXPOSURE :

#### Acute :

A review of available data does not identify any symptoms from exposure not previously mentioned.

#### Chronic :

A review of available data does not identify any symptoms from exposure not previously mentioned.

### AGGRAVATION OF EXISTING CONDITIONS :

A review of available data does not identify any worsening of existing conditions.

## 4. FIRST AID MEASURES

### EYE CONTACT :

Flush affected area with water. If symptoms develop, seek medical advice.

### SKIN CONTACT :

Remove contaminated clothing. Wash off affected area immediately with plenty of water. If symptoms develop, seek medical advice.

### INGESTION :

Do not induce vomiting without medical advice. If conscious, washout mouth and give water to drink. If symptoms develop, seek medical advice.

### INHALATION :

Remove to fresh air, treat symptomatically. If symptoms develop, seek medical advice.

### NOTE TO PHYSICIAN :

Based on the individual reactions of the patient, the physician's judgement should be used to control symptoms and clinical condition.

## 5. FIRE FIGHTING MEASURES

FLASH POINT : > 200 °F / > 93 °C ( )

### EXTINGUISHING MEDIA :

This product would not be expected to burn unless all the water is boiled away. The remaining organics may be ignitable. Use extinguishing media appropriate for surrounding fire. Water mist may be used to cool closed containers.

### FIRE AND EXPLOSION HAZARD :

May evolve oxides of carbon (COx) under fire conditions. May evolve oxides of nitrogen (NOx) under fire conditions. May evolve ammonia (NH4) under fire conditions. May evolve HCl under fire conditions.

### SPECIAL PROTECTIVE EQUIPMENT FOR FIRE FIGHTING :

In case of fire, wear a full face positive-pressure self contained breathing apparatus and protective suit.



## MATERIAL SAFETY DATA SHEET

PRODUCT

**CAT-FLOC® 8103 PLUS**

EMERGENCY TELEPHONE NUMBER

(800) 424-9300 (24 Hours) CHEMTREC

### 6. ACCIDENTAL RELEASE MEASURES

#### PERSONAL PRECAUTIONS :

Notify appropriate government, occupational health and safety and environmental authorities. Do not touch spilled material. Stop or reduce any leaks if it is safe to do so. Use personal protective equipment recommended in Section 8 (Exposure Controls/Personal Protection).

#### METHODS FOR CLEANING UP :

**SMALL SPILLS:** Soak up spill with absorbent material. Place residues in a suitable, covered, properly labeled container. Wash affected area. **LARGE SPILLS:** Contain liquid using absorbent material, by digging trenches or by diking. Reclaim into recovery or salvage drums or tank truck for proper disposal. Contact an approved waste hauler for disposal of contaminated recovered material. Dispose of material in compliance with regulations indicated in Section 13 (Disposal Considerations).

#### ENVIRONMENTAL PRECAUTIONS :

This product is toxic to fish. It should not be directly discharged into lakes, ponds, streams, waterways or public water supplies.

### 7. HANDLING AND STORAGE

#### HANDLING :

Do not take internally. Have emergency equipment (for fires, spills, leaks, etc.) readily available. Ensure all containers are labelled. Avoid eye and skin contact.

#### STORAGE CONDITIONS :

Store separately from oxidizers. Store the containers tightly closed. Protect product from freezing.

### 8. EXPOSURE CONTROLS/PERSONAL PROTECTION

#### OCCUPATIONAL EXPOSURE LIMITS :

This product does not contain any substance that has an established exposure limit.

#### ENGINEERING MEASURES :

General ventilation is recommended.

#### RESPIRATORY PROTECTION :

Respiratory protection is not normally needed.

#### HAND PROTECTION :

Nitrile gloves, PVC gloves

#### SKIN PROTECTION :

Wear standard protective clothing.

#### EYE PROTECTION :

Wear chemical splash goggles.



## MATERIAL SAFETY DATA SHEET

PRODUCT

**CAT-FLOC® 8103 PLUS**

EMERGENCY TELEPHONE NUMBER

(800) 424-9300 (24 Hours) CHEMTREC

### HYGIENE RECOMMENDATIONS :

Keep an eye wash fountain available. Keep a safety shower available.

## 9. PHYSICAL AND CHEMICAL PROPERTIES

PHYSICAL STATE           Viscous liquid

APPEARANCE               Clear Yellow

ODOR                       None

|                     |                               |
|---------------------|-------------------------------|
| SPECIFIC GRAVITY    | 1.018 - 1.058 @ 77 °F / 25 °C |
| DENSITY             | 8.5 - 8.81 lb/gal             |
| SOLUBILITY IN WATER | Complete                      |
| pH (100 %)          | 5.0 - 8.0                     |
| VISCOSITY           | < 1,050 cps @ 77 °F / 25 °C   |
| BOILING POINT       | > 212 °F / > 100 °C           |
| VAPOR DENSITY       | Same as water                 |
| VOC CONTENT         | 0.00 %                        |

## 10. STABILITY AND REACTIVITY

### STABILITY :

Stable under normal conditions.

### HAZARDOUS POLYMERIZATION :

Hazardous polymerization will not occur.

### CONDITIONS TO AVOID :

Freezing temperatures.

### MATERIALS TO AVOID :

Contact with strong oxidizers (e.g. chlorine, peroxides, chromates, nitric acid, perchlorate, concentrated oxygen, permanganate) may generate heat, fires, explosions and/or toxic vapors.

### HAZARDOUS DECOMPOSITION PRODUCTS :

Under fire conditions:           Oxides of carbon, Oxides of nitrogen, May evolve ammonia (NH<sub>4</sub>) under fire conditions., HCl

## 11. TOXICOLOGICAL INFORMATION

The following results are for the polymer.

### ACUTE ORAL TOXICITY :

|          |               |                  |
|----------|---------------|------------------|
| Species  | LD50          | Tested Substance |
| Rat      | 25,500 mg/kg  | Similar Product  |
| Rating : | Non-Hazardous |                  |



## MATERIAL SAFETY DATA SHEET

PRODUCT

**CAT-FLOC® 8103 PLUS**

EMERGENCY TELEPHONE NUMBER

(800) 424-9300 (24 Hours) CHEMTREC

### ACUTE DERMAL TOXICITY :

Species LD50 Tested Substance  
Rabbit > 20,000 mg/kg 40% Active Ingredient  
Rating : Non-Hazardous

### PRIMARY SKIN IRRITATION :

Draize Score Tested Substance  
1.0 / 8.0 Similar Product  
Rating : Slightly irritating

### PRIMARY EYE IRRITATION :

Draize Score Tested Substance  
8 / 110.0 Similar Product  
Rating : Practically non-irritating

### SENSITIZATION :

This product is not expected to be a sensitizer.

### CARCINOGENICITY :

None of the substances in this product are listed as carcinogens by the International Agency for Research on Cancer (IARC), the National Toxicology Program (NTP) or the American Conference of Governmental Industrial Hygienists (ACGIH).

## 12. ECOLOGICAL INFORMATION

### ECOTOXICOLOGICAL EFFECTS :

The following results are for the product.

### ACUTE FISH RESULTS :

| Species       | Exposure | LC50      | Tested Substance |
|---------------|----------|-----------|------------------|
| Rainbow Trout | 96 hrs   | 0.85 mg/l | Product          |

Rating : Very toxic

### ACUTE INVERTEBRATE RESULTS :

| Species       | Exposure | LC50      | EC50 | Tested Substance |
|---------------|----------|-----------|------|------------------|
| Daphnia magna | 48 hrs   | 2.06 mg/l |      | Product          |

Rating : Toxic

If released into the environment, see CERCLA/SUPERFUND in Section 15.

## 13. DISPOSAL CONSIDERATIONS

If this product becomes a waste, it is not a hazardous waste as defined by the Resource Conservation and Recovery Act (RCRA) 40 CFR 261, since it does not have the characteristics of Subpart C, nor is it listed under Subpart D.



## MATERIAL SAFETY DATA SHEET

PRODUCT

**CAT-FLOC® 8103 PLUS**

EMERGENCY TELEPHONE NUMBER

(800) 424-9300 (24 Hours) CHEMTREC

As a non-hazardous waste, it is not subject to federal regulation. Consult state or local regulation for any additional handling, treatment or disposal requirements. For disposal, contact a properly licensed waste treatment, storage, disposal or recycling facility.

### 14. TRANSPORT INFORMATION

The information in this section is for reference only and should not take the place of a shipping paper (bill of lading) specific to an order. Please note that the proper Shipping Name / Hazard Class may vary by packaging, properties, and mode of transportation. Typical Proper Shipping Names for this product are:

LAND TRANSPORT :

Proper Shipping Name : PRODUCT IS NOT REGULATED DURING TRANSPORTATION

AIR TRANSPORT (ICAO/IATA) :

Proper Shipping Name : PRODUCT IS NOT REGULATED DURING TRANSPORTATION

MARINE TRANSPORT (IMDG/IMO) :

Proper Shipping Name : PRODUCT IS NOT REGULATED DURING TRANSPORTATION

### 15. REGULATORY INFORMATION

NATIONAL REGULATIONS, USA :

OSHA HAZARD COMMUNICATION RULE, 29 CFR 1910.1200 :

Based on our hazard evaluation, none of the substances in this product are hazardous.

CERCLA/SUPERFUND, 40 CFR 117, 302 :

Notification of spills of this product is not required.

SARA/SUPERFUND AMENDMENTS AND REAUTHORIZATION ACT OF 1986 (TITLE III) - SECTIONS 302, 311, 312, AND 313 :

SECTION 302 - EXTREMELY HAZARDOUS SUBSTANCES (40 CFR 355) :

This product does not contain substances listed in Appendix A and B as an Extremely Hazardous Substance.

SECTIONS 311 AND 312 - MATERIAL SAFETY DATA SHEET REQUIREMENTS (40 CFR 370) :

Our hazard evaluation has found that this product is not hazardous under 29 CFR 1910.1200.

Under SARA 311 and 312, the EPA has established threshold quantities for the reporting of hazardous chemicals. The current thresholds are: 500 pounds or the threshold planning quantity (TPQ), whichever is lower, for extremely hazardous substances and 10,000 pounds for all other hazardous chemicals.



## MATERIAL SAFETY DATA SHEET

PRODUCT

**CAT-FLOC® 8103 PLUS**

EMERGENCY TELEPHONE NUMBER

**(800) 424-9300 (24 Hours) CHEMTREC**

### SECTION 313 - LIST OF TOXIC CHEMICALS (40 CFR 372) :

This product does not contain substances on the List of Toxic Chemicals.

### TOXIC SUBSTANCES CONTROL ACT (TSCA) :

The chemical substances in this product are on the TSCA 8(b) Inventory (40 CFR 710).

### FEDERAL WATER POLLUTION CONTROL ACT, CLEAN WATER ACT, 40 CFR 401.15 / formerly Sec. 307, 40 CFR / formerly Sec. 311 :

None of the substances are specifically listed in the regulation.

### CLEAN AIR ACT, Sec. 111 (40 CFR 60, Volatile Organic Compounds), Sec. 112 (40 CFR 61, Hazardous Air Pollutants), Sec. 602 (40 CFR 82, Class I and II Ozone Depleting Substances) :

None of the substances are specifically listed in the regulation.

### CALIFORNIA PROPOSITION 65 :

This product does not contain substances which require warning under California Proposition 65.

### MICHIGAN CRITICAL MATERIALS :

None of the substances are specifically listed in the regulation.

### STATE RIGHT TO KNOW LAWS :

None of the substances are specifically listed in the regulation.

### NATIONAL REGULATIONS, CANADA :

#### WORKPLACE HAZARDOUS MATERIALS INFORMATION SYSTEM (WHMIS) :

This product has been classified in accordance with the hazard criteria of the Controlled Products Regulations (CPR) and the MSDS contains all the information required by the CPR.

#### WHMIS CLASSIFICATION :

Not considered a WHMIS controlled product.

#### CANADIAN ENVIRONMENTAL PROTECTION ACT (CEPA) :

All substances in this product are listed on the Domestic Substances List (DSL), are exempt, or have been reported in accordance with the New Substances Notification Regulations.

## 16. OTHER INFORMATION

This product material safety data sheet provides health and safety information. The product is to be used in applications consistent with our product literature. Individuals handling this product should be informed of the recommended safety precautions and should have access to this information. For any other uses, exposures should be evaluated so that appropriate handling practices and training programs can be established to insure safe workplace operations. Please consult your local sales representative for any further information.

### REFERENCES



## MATERIAL SAFETY DATA SHEET

PRODUCT

**CAT-FLOC® 8103 PLUS**

EMERGENCY TELEPHONE NUMBER

**(800) 424-9300 (24 Hours) CHEMTREC**

---

Threshold Limit Values for Chemical Substances and Physical Agents and Biological Exposure Indices, American Conference of Governmental Industrial Hygienists, OH., (Ariel Insight# CD-ROM Version), Ariel Research Corp., Bethesda, MD.

Hazardous Substances Data Bank, National Library of Medicine, Bethesda, Maryland (TOMES CPS# CD-ROM Version), Micromedex, Inc., Englewood, Co.

IARC Monographs on the Evaluation of the Carcinogenic Risk of Chemicals to Man, Geneva: World Health Organization, International Agency for Research on Cancer.

Integrated Risk Information System, U.S. Environmental Protection Agency, Washington, D.C. (TOMES CPS# CD-ROM Version), Micromedex, Inc., Englewood, CO.

Annual Report on Carcinogens, National Toxicology Program, U.S. Department of Health and Human Services, Public Health Service.

Title 29 Code of Federal Regulations, Part 1910, Subpart Z, Toxic and Hazardous Substances, Occupational Safety and Health Administration (OSHA), (Ariel Insight# CD-ROM Version), Ariel Research Corp., Bethesda MD.

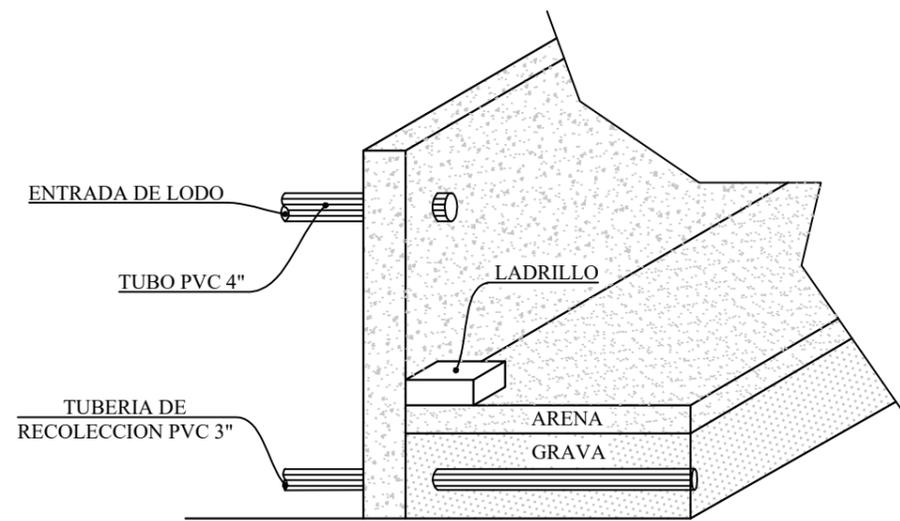
Registry of Toxic Effects of Chemical Substances, National Institute for Occupational Safety and Health, Cincinnati, OH, (TOMES CPS# CD-ROM Version), Micromedex, Inc., Englewood, CO.

Ariel Insight# (An integrated guide to industrial chemicals covered under major regulatory and advisory programs), North American Module, Western European Module, Chemical Inventories Module and the Generics Module (Ariel Insight# CD-ROM Version), Ariel Research Corp., Bethesda, MD.

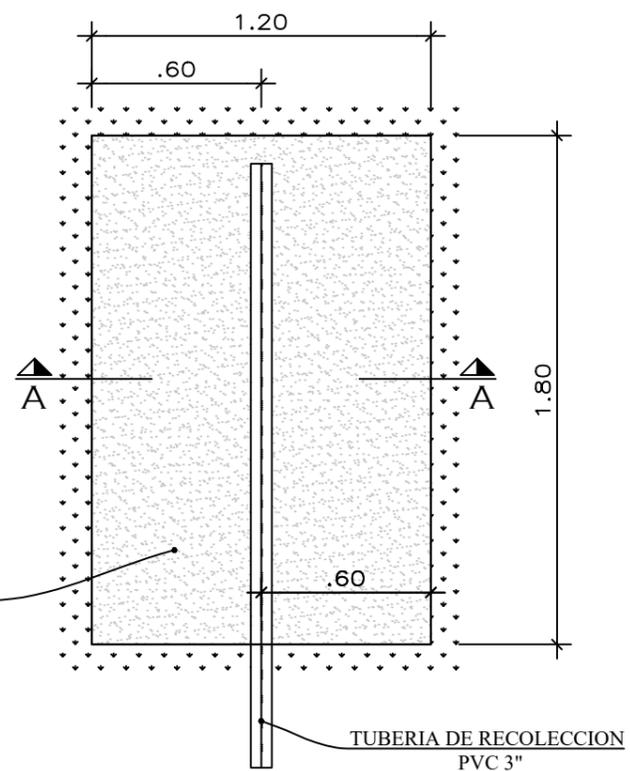
The Teratogen Information System, University of Washington, Seattle, WA (TOMES CPS# CD-ROM Version), Micromedex, Inc., Englewood, CO

---

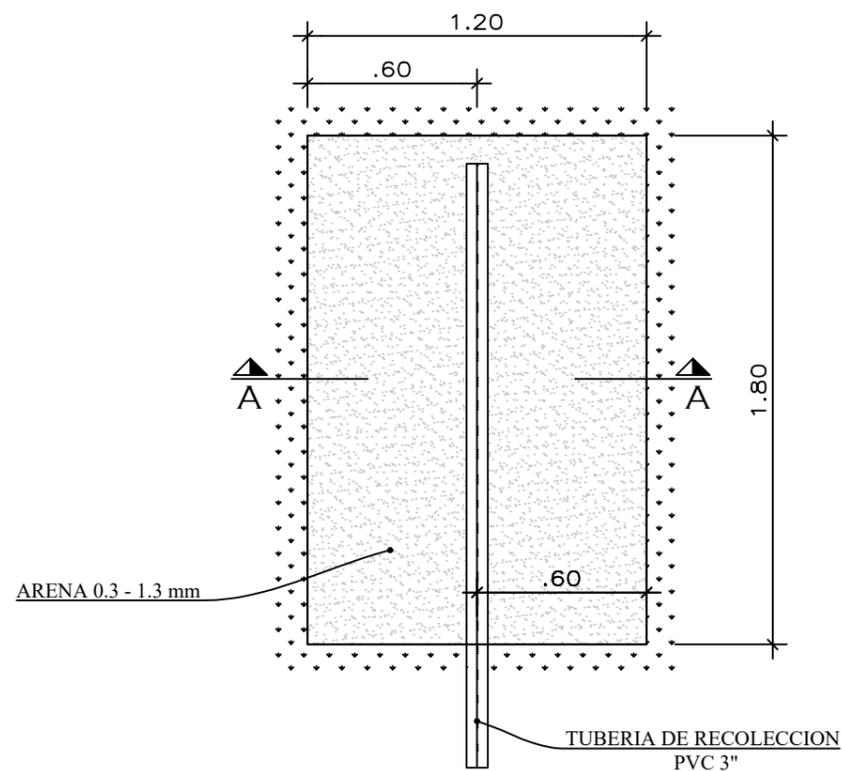
Prepared By : Product Safety Department  
Date issued : 01/31/2000  
Replaces : 08/13/1997



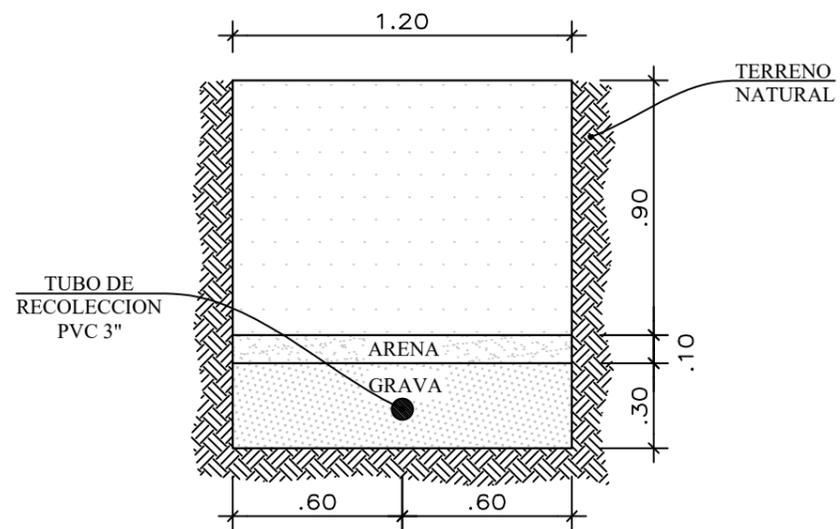
ISOMETRICO



PLANTA



PLANTA



CORTE A - A

|  |                      |                 |
|--|----------------------|-----------------|
|  <b>UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN MARTIN</b><br><b>E.A.P. DE INGENIERIA SANITARIA</b>  |                      |                 |
| PROYECTO:<br>TRATAMIENTO POR DESHIDRATACION Y ACONDICIONAMIENTO QUIMICO A LOS LODOS GENERADOS EN EL PROCESO DE POTABILIZACION DE LAS AGUAS PARA REDUCIR SU CARGA CONTAMINANTE. MOYOBAMBA, 2014.  |                      |                 |
| PLANO:<br><p style="text-align: center;"><b>LECHOS DE SECADO</b></p>   |                      |                 |
| DIBUJO:<br>R.G.C   | FECHA:<br>JUNIO 2016 | ESCALA:<br>1/25 |
| <b>LS-01</b>   |                      |                 |