

Drenado para la caracterización del lodo primario en base al tipo de producción para la planta de tratamiento de aguas residuales en la Empresa Bio-Pappel Planta Durango

MERÁZ, César†, MARÍN, Rubén y GONZÁLES, Marisol

Universidad Tecnológica de Rodeo, Carretera Federal Panamericana Km. 159.4, México 45 SN, 35760 Rodeo, Dgo

Recibido 3 de Julio, 2017; Aceptado 2 de Septiembre, 2017

Resumen

Los lodos residuales son un residuo sólido, semisólido o líquido proveniente del tratamiento de agua y están constituidos de microorganismos que remueven la materia orgánica del agua residual que emplean como alimento. Sin embargo, la composición varía en función de las características fisicoquímicas y microbiológicas.

El presente proceso de investigación consiste en la realización de PRUEBAS DE DRENADO PARA LA CARACTERIZACIÓN DEL LODO PRIMARIO EN BASE AL TIPO DE PRODUCCIÓN PARA LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES EN LA EMPRESA BIO-PAPPEL, para así poder determinar posibles dosificaciones óptimas de polímero en base a la caracterización de lodo, dichas pruebas se desarrollaron con diferentes estabilizadores a las cuales se le determinaron los parámetros fisicoquímicos como son turbidez, color y sólidos suspendidos. En base a resultados analíticos se determinó que los materiales óptimos para las producciones de RIGIDO, LINEER (nacional), LINEER (americano) Y BLANCO son POLIMERO CON PAC, POLIMERO CON CAL, POLIMERO CON PAC Y POLIMERO CON PAC respectivamente, todos con un tiempo de residencia de 10 minutos y con un porcentaje de dosificación entre 2 y 3%. Obteniendo en estos el mayor descenso del monitoreo de los parámetros antes mencionados.

Lodos residuales, estabilizadores, drenado, polímeros

Abstract

Residual sludge is a solid, semi-solid or liquid waste from the treatment of water and consists of microorganisms that remove the organic matter from the waste water used as food. However, the composition varies according to the physicochemical and microbiological characteristics. The present research process consists of performing DRAINING TESTS FOR THE CHARACTERIZATION OF PRIMARY SLUDGE BASED ON THE TYPE OF PRODUCTION FOR THE RESIDUAL WASTE TREATMENT PLANT IN THE BIO-PAPPEL COMPANY, in order to be able to determine possible optimal dosages of polymer in Base to the characterization of mud, these tests were developed with different stabilizers to which the physico-chemical parameters such as turbidity, color and suspended solids were determined. Based on analytical results it was determined that the optimum materials for RIGIDO, LINEER (national), LINEER (AMERICAN) AND WHITE productions are POLYMER WITH PAC, POLYMER WITH CAL, POLYMER WITH PAC AND POLYMER WITH PAC respectively, all with a time of residence of 10 minutes and with a percentage of dosage between 2 and 3%. Obtaining in these the greater reduction of the monitoring of the parameters mentioned above.

Residual sludge, stabilizers, drainage, polymer

Citación: MERÁZ, César, MARÍN, Rubén y GONZÁLES, Marisol. Drenado para la caracterización del lodo primario en base al tipo de producción para la planta de tratamiento de aguas residuales en la Empresa Bio-Pappel Planta Durango. Revista de la Invención Técnica 2017. 1-3:13-23

† Investigador contribuyendo como primer autor.

Introducción

En México no existe una cifra oficial reportada sobre la producción de lodos generados en el país y son muy pocas las plantas que realizan algún proceso de estabilización. Los procesos más utilizados para la estabilización son la digestión aerobia y el tratamiento con cal, procesos adoptados probablemente por su facilidad de operación. En menor proporción son usados el composteo y digestión anaerobia.

En las plantas de tratamiento de aguas residuales es implementado el uso de lodos para lograr la eficiencia del tratamiento de aguas. Es predominante la falta de concientización ambiental por parte de las industrias, ya que no le dan la suficiente importancia a los efectos negativos que pueden generar el uso posterior de los lodos sin haber realizado análisis previos de tipo fisicoquímicos y/o microbiológicos que permitan conocer su calidad. En la planta de tratamiento de aguas residuales de la empresa Bio-Pappel de Durango se producen tres tipos de papel (Lineer, Blanco y Rígido) para los cuales se utilizan diferentes procesos, de los que resulta la generación de lodo primario, el cual cuenta con características físicas de baja calidad ya que no se tiene información con qué tipo de lodo se está tratando, por lo que es necesario una caracterización de lodo y a su vez obtener la mayor cantidad de drenado de este así como mejorar las condiciones del efluente disminuyendo las lecturas en los parámetros de turbidez, alcalinidad, cloruros pH, color y sólidos suspendidos.

Justificación

El tratamiento de aguas residuales con fines de reúso es un tema de actualidad debido al problema de escasez y contaminación crecientes. Sin embargo, el tratamiento del agua trae siempre como consecuencia la formación de lodos residuales, subproductos indeseables difíciles de tratar y que implican un costo extra en su manejo y disposición, su tratamiento se hace indispensable para reducir en un porcentaje considerable en la contaminación del medio ambiente o efectos secundarios que pueden ocasionar estas en la sociedad. En la mayoría de las plantas de tratamiento de aguas residuales en operación, los lodos residuales se manejan inadecuadamente ya que las plantas carecen de instalaciones para llevar a cabo el tratamiento y eliminación definitiva de los lodos generados. La importancia de emplear los lodos en una planta de tratamiento de aguas residuales está basada en el hecho de que son de gran utilidad y eficiencia para realizar la separación de cualquier tipo de componentes que pueda presentar el agua a tratar, son rentables, su vida útil es considerablemente larga y no afectan en nada la calidad del agua en la que están haciendo el proceso de remoción de impurezas.

Es por ello que con la realización de las pruebas de drenado para la caracterización de lodo primario en base al tipo de producción para la PTAR en la empresa Bio-Pappel se pretende encontrar una posible dosificación óptima de polímero para obtener unas mejores características físicas del lodo teniendo así mismo mejorar calidad de agua.

Problema

En las plantas de tratamiento de aguas residuales es implementado el uso de lodos para lograr la eficiencia del tratamiento de aguas.

Es predominante la falta de concientización ambiental por parte de las industrias, ya que no le dan la suficiente importancia a los efectos negativos que pueden generar el uso posterior de los lodos sin haber realizado análisis previos de tipo fisicoquímicos y/o microbiológicos que permitan conocer su calidad. En la planta de tratamiento de aguas residuales de la empresa

Bio-Pappel de Durango se producen tres tipos de papel (Linear, Blanco y Rígido) para los cuales se utilizan diferentes procesos, de los que resulta la generación de lodo primario, el cual cuenta con características físicas de baja calidad ya que no se tiene información con qué tipo de lodo se está tratando, por lo que es necesario una caracterización de lodo.

Hipotesis.

La acción de diferentes estabilizadores a base de los Polímeros (Polímero con cal, Polímero aniónico, Polímero con PAC y Polímero catiónico) proporciona una excelente coagulación para maximizar el drenado de lodos del tratamiento primario.

Objetivos

Objetivo general

Caracterizar el lodo del tratamiento primario en base a tipo de producción para la PTAR de la empresa Bio-Pappel.

Objetivos específicos

- Determinar posibles dosificaciones óptimas de polímero en base a la caracterización de lodos.
- Estandarizar pruebas de drenado con diferentes estabilizadores.

Marco teórico

Tratamiento De Aguas Residuales

El tratamiento de aguas residuales, también conocido como proceso de depuración, es un sistema utilizado para remover contaminantes del agua.

Características químicas de lodos

Los lodos residuales se caracterizan por su alto contenido de materia orgánica. Se considera que los lodos residuales cuentan con un 50 % de materia orgánica (MO). La de un sustrato es el componente más global que contribuye significativamente a mantener su capacidad productiva; influye en características físicas tales como porosidad, estado de agregación de las partículas, densidad aparente, etc. y proporciona una reserva estable de elementos nutritivos para las plantas y organismos en el medio edáfico, modificando ciertas propiedades químicas de éste durante su mineralización.

Tipos de lodos

Lodo primario: es producido durante los procesos de tratamiento primario de las aguas residuales. La consistencia se caracteriza por ser un fluido denso con un porcentaje en agua que varía entre 92 % y 96 %.

Floculación

La floculación es un proceso químico mediante el cual, con la adición de sustancias floculantes, se aglutinan las sustancias coloidales presentes en el agua, facilitando de esta forma su decantación.

- Aniónicos (generalmente copolímeros de la acrilamida y del ácido acrílico).
- Neutros no iónicos (poliacrilamidas).
- Catiónicos (copolímero de acrilamidas más un monómero catiónico)

Pruebas de drenado

Con estas podemos determinar a escala cual es la cantidad de lodo que se obtiene de un tratamiento de aguas, en este caso nos facilita obtener las dosificaciones idóneas de floculantes para aglutinar mayor cantidad de lodos y a su vez determinar cuál es el que más nos conviene utilizar, con el monitoreo de diferentes parámetros y así demostrar en cual se obtiene mayor descenso de estos mismos.

Turbidez

Medida de las partículas suspendidas en el agua.

Color

El término “color aparente” engloba no sólo el color debido a sustancias disueltas sino también a las materias en suspensión.

Sólidos sedimentables

Los sólidos sedimentables se definen como aquellos que se sedimentan en el fondo de un recipiente de forma crónica

Coagulación

Es un proceso de desestabilización química de las partículas coloidales que se producen al neutralizar las fuerzas que los mantienen separados, por medio de la adición de los coagulantes químicos y la aplicación de la energía de mezclado

Metodología

Clasificación de lodos

Para identificar las posibles consecuencias de utilizar lodos de aguas tratadas en uso como composta o simplemente se depositan en suelo, se clasifican por producción y según sus características fisicoquímicas.

Métodos teóricos

Los métodos utilizados en el proyecto son:

Ph, Conductividad, Alcalinidad, Cloruros, Sólidos suspendidos, Pruebas de drenado, Turbidez

Metodología de desarrollo

pH.

- Enjuagar completamente el electrodo con agua destilada Traspasar una buena cantidad de muestra (200 ml) a un vaso precipitado de 250 mL previamente purgado
- Introducir el electrodo en la muestra
- Esperar a que estabilice la lectura en el equipo, aproximadamente 30 segundos, para registrar el pH de la muestra
- Sacar el electrodo y enjuagarlo con agua destilada y colocar su respectivo protector del bulbo.

Conductividad

- Enjuagar completamente el electrodo con agua destilada Traspasar una buena cantidad de muestra (200 ml) a un vaso precipitado de 250 mL previamente purgado
- Introducir el electrodo en la muestra
- Esperar a que estabilice la lectura en el equipo, aproximadamente 30 segundos, para registrar la conductividad y la temperatura de la muestra.
- Sacar el electrodo y enjuagarlo con agua destilada.

Alcalinidad

- Medir 90 ml de agua destilada y adicionarlo a un matraz Erlenmeyer de 250 ml

Adicionar 10 ml de muestra a su respectivo matraz Erlenmeyer.

Insertar el cartucho de solución de ácido sulfúrico 1.6 N en el titulador digital y ajustar el embolo.

Girar la perilla hasta expulsar algunas gotas de solución.

Restablecer el contador a cero y limpiar la puntilla del cartucho.

Adicionar dos gotas de rojo de metilo al matraz.

Titular la muestra con el titulador digital hasta obtener un cambio en la coloración de amarillo a lila.

- Multiplicar el valor obtenido en el marcador por el factor de dilución (1-10) para expresar la alcalinidad como mg/l de CaCO_3 como alcalinidad total.

Cloruros

Medir 90 ml de agua destilada y adicionarlo a un matraz Erlenmeyer de 250 ml

Adicionar 10 ml de muestra a su respectivo matraz Erlenmeyer.

Insertar el cartucho de solución de nitrato de mercurio en el titulador digital y ajustar el embolo.

Girar la perilla hasta expulsar algunas gotas de solución.

Adicionar 1 sobre indicador de Difenilcarbozone al matraz y agitar.

Titular la muestra con el titulador digital hasta obtener un cambio en la coloración de amarillo a violeta.

Solidos suspendidos

Filtrar muestra en un vaso precipitado de 250 ml utilizando filtro de malla 40.

Con la ayuda de una pipeta incorporar 10 ml de muestra filtrada en un tubo de ensayo.

Con papel húmedo limpiar el exterior del tubo de ensayo para evitar que las huellas del laboratorista alteren los resultados.

Introducir el tubo de ensayo con la muestra previamente preparada en el espectrofotómetro y medir a 810 nanómetros (nm) con blanco de agua.

Turbidez

- Filtrar muestra en un vaso precipitado de 250 ml utilizando filtro de malla 40.
- Con la ayuda de una pipeta de 10 ml incorporar 1 ml de muestra filtrada en una celda circular de 10 ml.
- Aforar con agua destilada a 10 ml.
- Introducir la celda con la muestra previamente preparada en el turbidímetro.
- Calcular turbidimetría con la siguiente fórmula.
- $\text{Turb} = \text{abs} * 10$.

Donde:

$\text{Turb} = \text{turbidez}$.

$\text{Abs} = \text{absorbancia}$.

Tomar nota en la bitácora del día.

Color

Filtrar muestra en un vaso precipitado de 250 ml utilizando filtro de malla 40.

Con la ayuda de una pipeta de 10 ml incorporar 1 ml de muestra filtrada en un tubo de ensayo de 10 ml.

Aforar con agua destilada a 10 ml.

Con papel húmedo limpiar el exterior del tubo de ensayo para evitar que las huellas del laboratorista alteren los resultados.

Introducir el tubo de ensayo con la muestra previamente preparada en el espectrofotómetro y medir a 455 nanómetros (nm) con blanco de agua.

Tomar nota en la bitácora del día.

Cloruros

- Medir 90 ml de agua destilada y adicionarlo a un matraz Erlenmeyer de 250 ml
- Adicionar 10 ml de muestra a su respectivo matraz Erlenmeyer.
- Insertar el cartucho de solución de nitrato de mercurio en el titulador digital y ajustar el embolo.
- Girar la perilla hasta expulsar algunas gotas de solución.
- Adicionar 1 sobre indicador de Difenilcarbozone al matraz y agitar.
- Titular la muestra con el titulador digital hasta obtener un cambio en la coloración de amarillo a violeta.

Sólidos suspendidos

Filtrar muestra en un vaso precipitado de 250 ml utilizando filtro de malla 40.

Con la ayuda de una pipeta incorporar 10 ml de muestra filtrada en un tubo de ensayo.

Con papel húmedo limpiar el exterior del tubo de ensayo para evitar que las huellas del laboratorista alteren los resultados.

Introducir el tubo de ensayo con la muestra previamente preparada en el espectrofotómetro y medir a 810 nanómetros (nm) con blanco de agua.

Pruebas de drenado

En esta segunda etapa conoceremos el comportamiento de nuestras muestras ahora con la incorporación de coagulantes y floculantes tomando en cuenta las mismas cantidades de tiempos.

Solución de floculante.

1% floculante al .1% del contenedor.

Etapa de monitoreo para determinar dosificaciones idóneas de estabilizadores para cada producción, con concentraciones de (1%-4%) con un tiempo de 3, 5 y 10 minutos.



Figura 1 Prensa de lodos de Bio-Pappel

Resultados

Clasificación de lodos por producción

A continuación, se describen los resultados obtenidos de la caracterización de los Lodos primarios en base al tipo de producción de papel.

	Rígido		Blanco		Lineer	
	M. Inicial	M. Final	M. Inicial	M. Final	M. Inicial	M. Final
pH	4.32	5.25	4.33	3.73	5.76	5.5
Alcalinidad (ml/L)	3548	3345	2652	2262	4597	4524
Conductividad	1606.4	1575	1155.31	1153.31	1449	1318
Sólidos (%)	1.483	1.2593	0.8822	0.7745	1.333	1.176
cloruros	932	869	730	700	948	870

Tabla 1 Clasificación de lodos a partir de un estudio físico-químico del sedimentador en la PTAR.

En la tabla número 1 se muestran los resultados del monitoreo de los lodos por producción dándole lectura a los parámetros de pH, alcalinidad, conductividad, sólidos suspendidos, y cloruros. De esta forma ya se cuenta con una clasificación de lodos según su producción y en base a los resultados físico-químicos.

Determinación de estabilizadores y de tiempo idóneo para obtener mayores cantidades de drenado de lodos por producción

Tipo de producción de papel	Cantidad de drenado a los 10min. En (ml)			
	Polímero con cal	Polímero aniónico	Polímero con PAC	Polímero catiónico
Rígido	15.0875	12.2	16	17
Blanco	16.52	12.16	20	15.5
Lineer(americano)	10.7285	7.2	12	10.0666
Lineer(Nacional)	12.7166	7.9166	13	12.2333

Concentración de polímero que más favoreció

Polímero con cal	Polímero aniónico	Polímero con PAC	Polímero catiónico
3%	3%	2%	4%
1%	1%	3%	4%
1%	1%	3%	4%
2%	3%	2%	4%

Gráfico 1 Resultados de pruebas de drenado en la producción de rígido.

En la gráfica 1 se muestra el drenado obtenido en los 3, 5 y 10 minutos con diferentes estabilizadores (polímeros con cal, polímero aniónico y polímero catiónico).

Se puede percatar que en esta producción el resultado que más nos favorece utilizar es el polímero con cal a 10 minutos ya que se obtiene una gran cantidad de drenado.

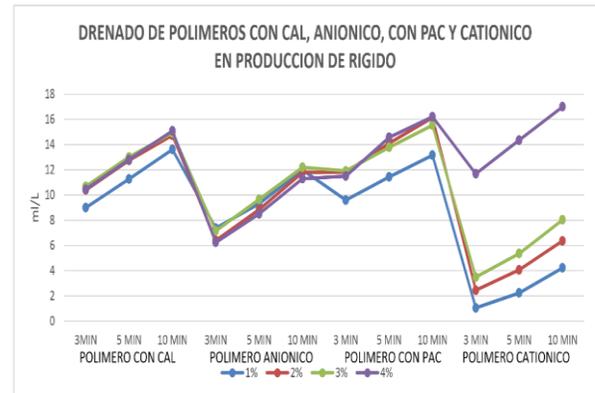
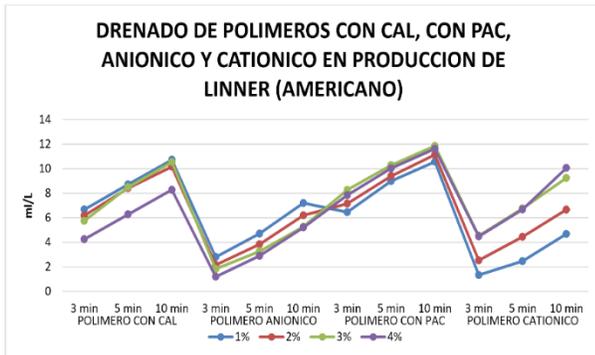


Gráfico 2 Resultados de pruebas de drenado en la producción de blanco.

En la gráfica 2 se muestra el drenado obtenido en los 3, 5 y 10 minutos con diferentes estabilizadores (polímeros con cal, polímero aniónico y polímero catiónico).

Se puede percatar que en esta producción el resultado que más nos favorece utilizar es el polímero con Pac a 10 minutos ya que se obtiene una gran cantidad de drenado.



Grafica 3. Drenado de polímeros con cal, con PAC, anionico y catiónico en

Grafico 3 Resultados de pruebas de drenado en la producción de linner.

En la gráfica 3 Se muestra la cantidad de drenado obtenida con los 4 estabilizadores en los intervalos de tiempo a diferentes concentraciones de polímero en producción de papel Linner americano.

Donde se puede observar que para el polímero con cal la concentración de polímero al 1% es la que más favoreció, así como también en el polímero aniónico, para el polímero con PAC fue el 3% y por último polímero catiónico con una mayor cantidad de drenado en 4%.

Elección de estabilizadores con dosificación establecida y con un determinado tiempo de residencia en el agua.

La grafica que a continuación se presenta muestra la cantidad de agua que se obtuvo de las pruebas de drenado para los diferentes tipos de papel con los 4 estabilizadores (polímero cal, polímero aniónico, polímero PAC, polímero catiónico), así como también la concentración de polímero en la que se favoreció el drenado.

Descensos de los parámetros fisicoquímicos

En la siguiente serie de graficas se muestran los descensos en las lecturas de los parámetros de turbidez, color y solidos suspendidos.

De esta manera se puede identificar con mayor facilidad cual es el estabilizador más favorable a utilizar para aumentar las cantidades de drenado de los lodos residuales y a su vez obtener una mayor calidad del agua ya que se disminuyen las cantidades de materia orgánica en esta misma.

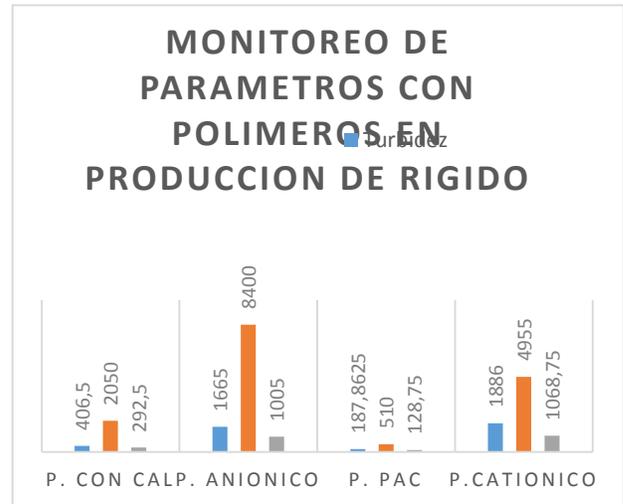


Grafico 4 lectura de parámetros en la producción de rígido después de aplicar los estabilizadores

En la gráfica 4 se puede observar que en los estabilizadores de polímero con cal y polímero con PAC se obtienen los mayores descensos de los parámetros con una diferencia menor en turbidez y solidos suspendidos y una diferencia del 24.3%, es por ello que en este tipo de producción se recomienda utilizar como estabilizador un polímero con cal o uno con PAC ya que cualquiera de los dos nos proporciona un descenso.

En esta grafica se observa claramente que en los polímeros con cal y con PAC se tienen prácticamente una concentración casi nula de materia orgánica en el agua residual, es por ello que se confirma que con la utilización de estabilizadores para obtener mayor cantidad de lodos y a su vez disminuir cantidades de materia en el agua funciona favorablemente.

MONITOREO DE PARAMETROS CON POLIMEROS EN PRODUCCION DE BLANCO

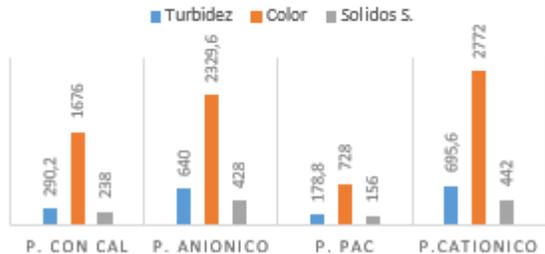


Grafico 5 lectura de parámetros en la producción de blanco después de aplicar los estabilizadores

En la gráfica 5 se puede observar que en los estabilizadores de polímero con cal y polímero con PAC se obtienen los mayores descensos de los parámetros con una diferencia menor en turbidez y solidos suspendidos y una diferencia del 43%, es por ello que en este tipo de producción se recomienda utilizar como estabilizador un polímero con PAC ya que con este se obtiene una mejor calidad de agua en la planta.

MONITOREO DE PARAMETROS CON POLIMEROS EN PRODUCCION DE LINEER (AMERICANO)

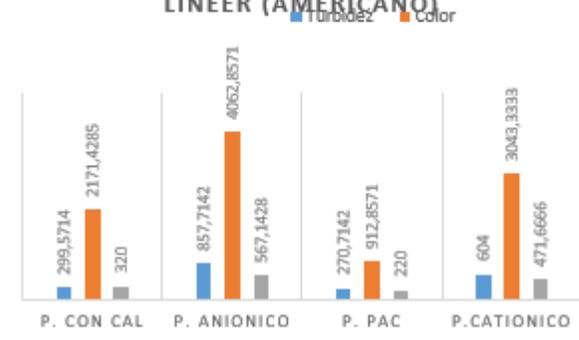


Grafico 6 lectura de parámetros en la producción de linner después de aplicar los estabilizadores

En la gráfica 6 se puede observar que en los estabilizadores de polímero con cal y polímero con PAC se obtienen los mayores descensos de los parámetros con una diferencia menor en turbidez y solidos suspendidos y una diferencia del 42%, es por ello que en este tipo de producción se recomienda utilizar como estabilizador un polímero con PAC ya que con este se obtiene una mejor calidad de agua en la planta.

Conclusión

El tratamiento de aguas debería de ser la prioridad en cualquier empresa ya que con esto se contribuye a la preservación de un líquido vital para la sobrevivencia del ser vivo. En el proyecto de PRUEBAS DE DRENADO PARA LA CARACTERIZACIÓN DE LODO PRIMARIO EN BASE A TIPO DE PRODUCCIÓN PARA LA PTAR DE BIO PAPPEN PLANTA DURANGO en el tipo de producción de papel Rígido se obtuvo la mayor cantidad de drenado con el polímero de PAC como estabilizador con una dosificación de 2%, obteniendo un drenado de 16 ml/L con 10 minutos de residencia. Con la producción de Lineer con formulación nacional, considerando la suma de resultados se arrojó que el material idóneo para la estabilización de los lodos es el polímero con cal con una dosificación del 2% ya que se obtuvo un drenado de 13 ml/L con 10 minutos de residencia y a su vez un descenso muy significativo en la lectura de los parámetros de turbidez, color y solidos suspendidos. En la producción de Lineer con formulación americana, el estabilizador que obtiene mayor cantidad de drenado es el polímero con PAC teniendo una cantidad de drenado de 12ml/L en los 10 minutos de residencia con una dosificación al 3%, obteniendo también con este material el descenso más importante en el monitoreo de los parámetros de monitoreo antes mencionados.

Por último, la producción de papel blanco en base a los resultados, se obtuvo como material idóneo el polímero con PAC al 3% con 10 minutos de residencia para obtener 20 ml/L de drenado siendo en este tipo de producción donde se obtuvo una mayor cantidad de drenado aumentando el 60% a comparación del menor drenado en la producción de Lineer (americano).

En términos generales, en base a los resultados obtenidos y tomando en cuenta la similitud de la lectura de los parámetros en los polímeros con cal y PAC se llegó a la conclusión que es más óptimo utilizar como material estabilizador el polímero con cal debido al bajo costo que este implicaría en el proceso de la PTAR.

Referencias

Andía, Y. (2000). Tratamiento de agua: coagulación y floculación. Evaluación de Platas y Desarrollo Tecnológico., 9-10.

Aragon, C., & Gonzalez, C. (2009). Optimización del proceso de lodos activos para reducir la generación de fangos residuales. Tecnología de aguas residuales, 25.

Arnaiz, C., & Laura, i. (2000). Tratamiento biológico de aguas residuales. Revista Tecnología del Agua, 4-5.

Barrios, j. (2009). ASPECTOS GENERALES DEL MANEJO DE LODOS. Monterrey.

Castrejón, A., & Jiménez, C. (2006). EVALUACIÓN DE LA CALIDAD DE LODOS RESIDUALES DE MÉXICO. Grupo de Tratamiento y Reúso., 23.

Cruz, A. (2008). CARACTERIZACION Y TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES. Guadalajara.

Escaler, I., & Mujeriego, R. (2001). ELIMINACIÓN BIOLÓGICA DE NUTRIENTES (NITRÓGENO Y FÓSFORO). INGENIERÍA DEL AGUA, 67-68.

Gajales, s., & jaime, M. (2006). programa de manejo integral de lodos generados en la planta de tratamiento de aguas residuales de la Universidad Tecnologica de Pereira. Scientia et technica , 285.

Galvis, J., & Rivera, X. (2013). CARACTERIZACIÓN FISCOQUÍMICA Y MICROBIOLÓGICA DE LOS LODOS PRESENTES EN LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES INDUSTRIALES. Pereira.

García, A. (2011). Tecnologías para el Tratamiento de Aguas Servidas. Mexico,D.F.

García, M., & Pérez, M. (2009). OPTIMIZACIÓN DE UNA PLANTA DE TRATAMIENTO DE PURINES MEDIANTE UN SISTEMA DE FANGOS ACTIVOS. SIGERA, 95-96.

Gonzalez, I. (2008). GENERACION, CARACTERIZACION Y TRATAMIENTO DE LODOS. 33-34.

grajales, s., & casta. (s.f.).

Limón, J. G. (2013). LOS LODOS DE LAS PLANTAS DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES, ¿PROBLEMA O RECURSO? Guadalajara.

Ocampo, D., & Rios, L. (2014). Tratamiento Físicoquímico de las Aguas Residuales y Alternativas de Uso de los Lodos Generados en el Proceso. Informacion Tecnologica, 74.

Oropeza, N. (2006). Lodos residuales: estabilización y manejo. Caos Conciencia, 61-62.

Ramirez, M., & Duran, A. (2009). PROCESO DE COAGULACION-FLOCULACION PARA EL TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES . Paseo de la Investigacion Cientifica, 9-10.

Rivas, L., Virginia, N., & Antonio, P. (2003). TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES. Red de Revistas Cientificas de America Latina, 157.

Rojas, R. (2002). “GETIÓN INTEGRAL DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES”. Conferencia Sistemas de Tratamiento de Aguas Residuales, (pág. 3).

Spiegel, J., & Maystre, L. (s.f.). CONTROL DE LA CONTAMINACION AMBIENTAL. GESTION DE LA CONTAMINACION ATMOSFERICA, 32.

Torres, E. (2003). Reutilizacion de Aguas y Lodos Residuales. Master of science en fisica y quimica de suelos, 13.