

Artículo científico

Deshidratación de lodos generados en sedimentadores de plantas de tratamiento de agua potable**Adriana Daniela Orozco Miranda**

M. Sc. Ingeniería Sanitaria, ERIS – USAC

Trabajo: SE-CONRED

Dirección para recibir correspondencia: Daniela.om9@gmail.com

Recibido 30/11/2017 Aceptado 30/11/2017

Resumen

Este artículo presenta los resultados del comportamiento de la deshidratación de lodos generados en sedimentadores de una planta de tratamiento de agua potable, en la ciudad de Guatemala. Este análisis es parte del estudio "Potencial de aprovechamiento de lodos generados en el proceso de tratamiento de agua para consumo humano" (Orozco, 2017); investigación que busca fortalecer el tema del manejo de lodos producidos durante la potabilización, siendo la primera en realizarse en Guatemala. Se elaboró un modelo físico experimental para el proceso de deshidratación. En él, se trabajaron dos muestras compuestas de lodos: la primera muestra deshidratada durante la época de lluvias inició con un volumen de $7.7 \times 10^{-3} \text{ m}^3$, y se redujo en un tiempo de 60 días calendario a $9.7 \times 10^{-4} \text{ m}^3$, lo que representa el 12.6 % de su volumen inicial; la segunda muestra deshidratada durante la época de verano inició con un volumen de $7.7 \times 10^{-3} \text{ m}^3$, y se redujo en un tiempo de 40 días calendario a $2.2 \times 10^{-3} \text{ m}^3$, lo que representa un 28.1 % de su volumen inicial. El modelo en principio funcionó con el proceso físico de evaporación, y por lo tanto, el tiempo representa lo más crítico; en el caso de pretender una optimización del mismo, debe contemplarse el incluir sistemas de drenaje para acelerar el proceso de deshidratación.

PALABRAS CLAVE: contenido de humedad, espesamiento, evaporación, homogenización, monitoreo, tratamiento de lodos.

Abstract

This article presents the results of the dehydration behavior of sludge generated in sedimentation plants of a drinking water treatment plant, in the city of Guatemala. This analysis is part of the study "Potential for the use of sludge generated in the process of water treatment for human consumption" (Orozco, 2017); research that seeks to strengthen the issue of management of sludge produced during purification, being the first to be carried out in Guatemala. An experimental physical model was developed for the dehydration process. In it, two samples composed of sludge were worked: the first dehydrated sample during the rainy season started with a volume of $7.7 \times 10^{-3} \text{ m}^3$, and was reduced in a time of 60 calendar days to $9.7 \times 10^{-4} \text{ m}^3$, which it represents 12.6 % of its initial volume; the second sample dehydrated during the summer season started with a volume of $7.7 \times 10^{-3} \text{ m}^3$, and was reduced in a time of 40 calendar days to $2.2 \times 10^{-3} \text{ m}^3$, which represents 28.1 % of its initial volume. The model in principle worked with the physical process of evaporation, and therefore, time represents the most critical; in the case of pretending an optimization of the same, it should be contemplated to include drainage systems to accelerate the dehydration process.

KEY WORDS: moisture content, thickening, evaporation, homogenization, monitoring, sludge treatment.

Introducción

La evaluación de la deshidratación se realizó en los lodos generados en sedimentadores de una planta de tratamiento de agua potable de tipo convencional de la ciudad de Guatemala, como parte de la investigación "Potencial de aprovechamiento de lodos generados en el proceso de tratamiento de agua para consumo humano" (Orozco, 2017), desarrollado para analizar la problemática actual en el país ante la falta de conciencia en el manejo apropiado de este material.

En Guatemala se cree que muy pocas plantas de tratamiento de agua potable, contemplan un manejo adecuado de este material.

En este artículo se describe la metodología para evaluar el comportamiento de la deshidratación, los resultados obtenidos y su respectivo análisis.

Antecedentes

Las plantas de tratamiento de agua potable administran específicamente la producción de agua apta para consumo humano. Proceso que se realiza mediante una serie de técnicas de tratamiento, donde la mayoría de las veces, no se tiene conciencia de los diferentes subproductos que se generan en las unidades y el manejo adecuado que estos requieran, tal como los lodos.

Así, los lodos son residuos que se producen durante el tratamiento, y estos se derivan principalmente de las sustancias que están presentes en el agua a tratar, en combinación de aquellos agregados químicos procedentes de los procesos de potabilización.

El volumen que se genera de este subproducto, varía según las características de la fuente a tratar y la unidad donde se producen, no obstante, la cantidad siempre es representativa.

Las características de los lodos, dependen esencialmente de la calidad del agua que se está tratando y del tratamiento aplicado; sin embargo, entre las generalidades, estos son considerados como fluidos no newtonianos, compuestos principalmente por agua y un porcentaje muy pequeño de partículas coloidales, sustancias húmicas, microorganismos varios y compuestos químicos del coagulante.

Aquellos lodos provenientes de las unidades de sedimentación, representan el 60 y 70 % de los sólidos totales de una planta de tratamiento de agua potable de tipo convencional (Arboleda, 2000).

Los lodos se generan durante los procesos de coagulación-floculación, a partir de las materias presentes en las aguas naturales y su aglomeración por las reacciones que resultan de la adición de compuestos químicos mientras se desarrollan estos procesos.

Deshidratación

Se considera a la deshidratación, como el tratamiento más importante, donde se logra reducir considerablemente el volumen de los mismos.

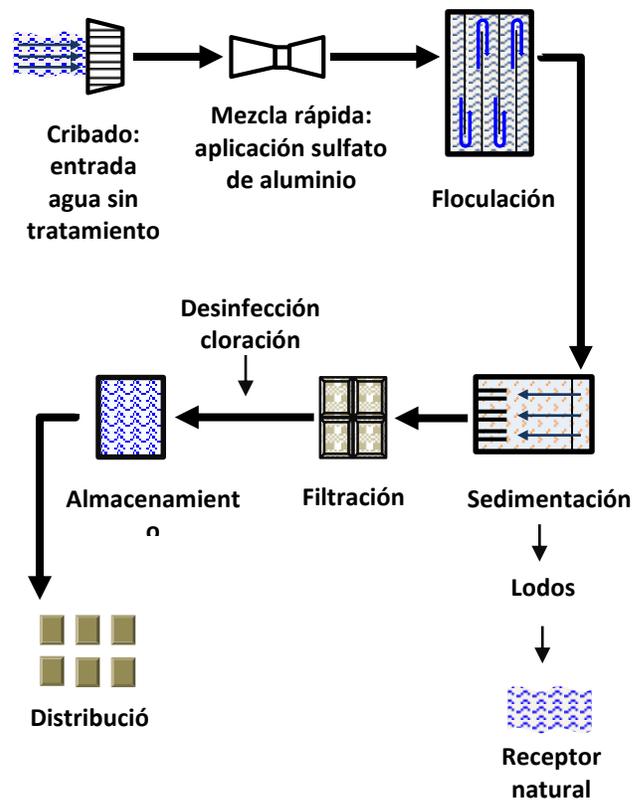
Este proceso emplea medios físicos para remover la cantidad de agua que sea posible. Es común emplear métodos naturales, como los lechos de secado, por su baja sensibilidad a variaciones de calidad y cantidad de

los lodos. Además, del costo y la facilidad de operación, mientras que, en sistemas más complejos y automatizados, se emplean fuerzas de vacío, centrifugación, presión, acción capilar, entre otros.

Metodología

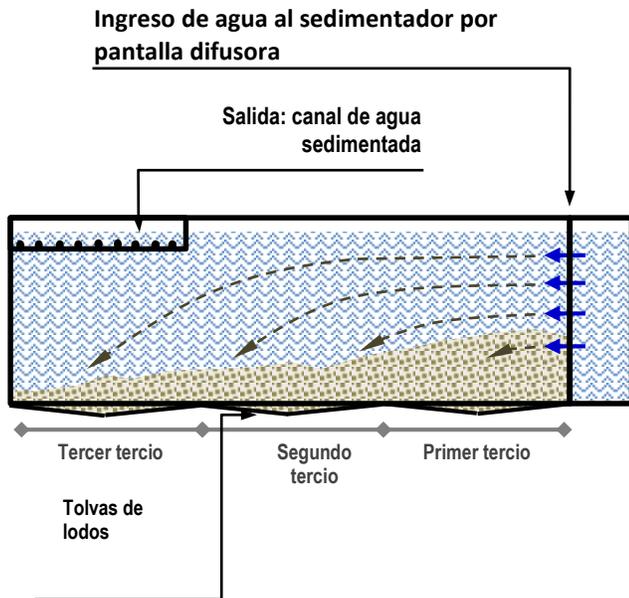
Este estudio se realizó en una planta de tratamiento de agua potable de tipo convencional, caracterizada por los procesos unitarios de transferencia descritos en la figura 1.

Figura 1. Línea de tratamiento y procesos en planta estudio



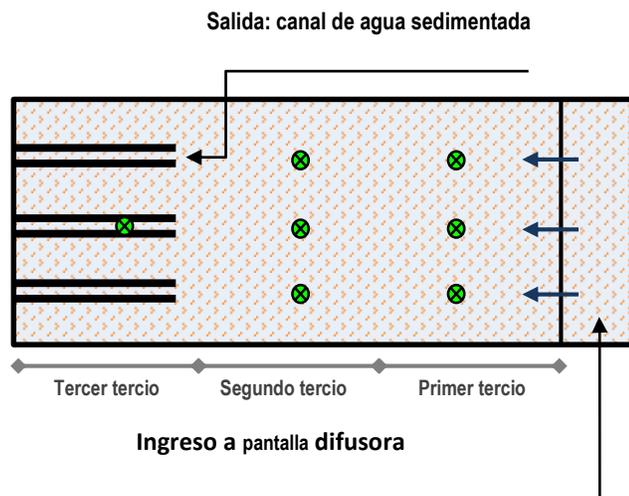
En la planta estudio, se identificó que los lodos no se distribuyen homogéneamente dentro del sedimentador, presentándose mayor cantidad de estos en el primer tercio de su extensión, además de acondicionarse en forma estratificada con las partículas más pesadas al fondo, mientras que las más ligeras quedan en la parte superior. Consultar figura 2.

Figura 2. Vista perfil: esquema representativo de la deposición de lodos al fondo de la unidad de sedimentación



Es por ello que, para evaluar el comportamiento de la deshidratación de los lodos, se emplearon dos muestras compuestas conformadas por muestras simples, captadas en distintos puntos distribuidos estratégicamente en la superficie del sedimentador, figura 3.

Figura 3. Esquema en planta de la distribución de puntos de muestreo dentro de la unidad de sedimentación



Las muestras fueron captadas en época de verano y en época de lluvias; ambas provenientes del fondo de los sedimentadores al momento en que se les realizó la limpieza y extracción de lodos.

En lo que se refiere al modelo físico experimental, este maneja el principio de un patio de secado de lodos, buscando asemejarse a los patios de secado de lodos de las plantas de tratamiento de agua residual. En este estudio, los patios fueron implementados utilizando recipientes plásticos circulares, a los que se les proveyó de una cubierta para evitar su exposición directa con las lluvias y el aumento de humedad en el aire que se da durante las noches, pero permitiendo la libre circulación del viento sobre la superficie de la capa de lodos con el fin de evitar el efecto de invernadero. Para ello, se elevó la cubierta sobre bloques de hormigón prefabricados, que se acomodaron para servir de base, figura 4 y 5.

Figura 4. Perfil representativo del modelo físico experimental

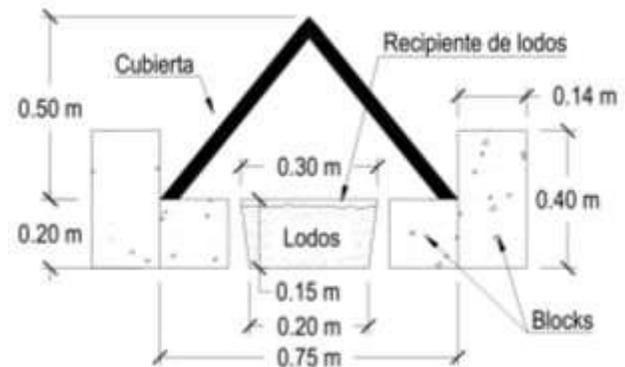
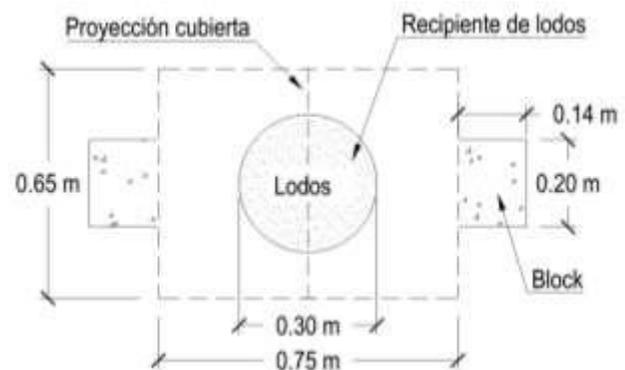


Figura 5. Planta del modelo físico experimental



Previo a la deshidratación, los lodos fueron sometidos al proceso de homogenización y espesamiento. La homogenización consistió en reunir las muestras simples recolectadas en un recipiente mayor, para conformar la muestra compuesta, preparándolos mediante su mezcla por 15 minutos con movimientos tenues, circulares y continuos.

Posteriormente los lodos fueron dispuestos al proceso de espesamiento, mediante su reposo durante 6 días calendario, logrando la remoción de una capa remanente de agua en su superficie. Se utilizó como referencia la investigación realizada por el ingeniero Martínez (2012), donde se estableció que se requieren como máximo de esa cantidad de días para lograr los lodos espesados.

Concluido el espesamiento, se dispusieron los lodos concentrados en los recipientes del modelo físico experimental, dando inicio al proceso de deshidratación y con el monitoreo diario del peso de los lodos para determinar el contenido de humedad; en este caso, involucró la influencia de las variables climáticas: radiación solar, evaporación, insolación y viento.

Este proceso estuvo condicionado por la precipitación y humedad del sitio. La altura proporcionada a cada dispositivo fue de 15 cm, siguiendo la referencia dada por Martínez (2012).

El peso inicial de los lodos para la primera muestra fue de 8.1 kilogramos, con un volumen de $7.7 \times 10^{-3} \text{ m}^3$, y representa el 100 % del contenido de humedad y de su volumen inicial.

Asimismo, el peso inicial de los lodos para la segunda muestra fue de 8.9 kilogramos, con un volumen de $7.7 \times 10^{-3} \text{ m}^3$, y representa el 100 % del contenido de humedad y de su volumen inicial.

Resultados

En las tablas 1 y 2, se presenta un resumen en semanas del monitoreo diario de cada muestra de lodos durante la deshidratación.

En las figuras 6 y 7, se describe el comportamiento de la deshidratación con respecto al tiempo de cada una de las muestras analizadas.

Tabla 1. Monitoreo semanal deshidratación, muestra 7

Descripción	Fecha	Peso lodos (kg)	% humedad total	Volumen (m³)
Semana 1	12/05/2017	8.1	100.0	7.7E-03
Semana 2	19/05/2017	6.7	82.1	6.3E-03
Semana 3	26/05/2017	5.5	67.5	5.2E-03
Semana 4	02/06/2017	4.4	54.8	4.2E-03
Semana 5	09/06/2017	3.2	39.3	3.0E-03
Semana 6	16/06/2017	2.3	28.5	2.2E-03
Semana 7	23/06/2017	1.9	23.5	1.8E-03
Semana 8	30/06/2017	1.3	16.00	1.2E-03
Semana 9	07/07/2017	1.1	13.5	1.0E-03
Semana 10	14/07/2017	1.0	12.9	9.8E-04
Semana 11	21/07/2017	1.0	12.6	9.6E-04
Semana 12	28/07/2017	1.0	12.6	9.7E-04
Semana 13	04/08/2017	1.0	12.7	9.7E-04
Semana 14	11/08/2017	1.2	14.5	1.1E-03
Semana 15	18/08/2017	1.0	12.7	9.7E-04
Semana 16	25/08/2017	1.1	13.1	1.0E-03
Último registro	29/08/2017	1.0	12.6	9.7E-04

Tabla 2. Monitoreo semanal deshidratación, muestra 8

Descripción	Fecha	Peso lodos (kg)	% humedad total	Volumen (m³)
Semana 1	08/06/2017	8.9	100.0	7.7E-03
Semana 2	15/06/2017	7.6	86.6	6.6E-03
Semana 3	22/06/2017	6.4	72.5	5.7E-03
Semana 4	29/06/2017	4.8	54.3	4.3E-03
Semana 5	06/07/2017	3.1	35.0	2.8E-03
Semana 6	13/07/2017	2.2	25.1	2.0E-03
Semana 7	20/07/2017	2.1	23.8	2.0E-03
Semana 8	27/07/2017	2.1	23.3	2.0E-03
Semana 9	03/08/2017	2.1	23.3	2.0E-03
Semana 10	10/08/2017	2.1	23.4	2.0E-03

Descripción	Fecha	Peso lodos (kg)	% humedad total	Volumen (m³)
Semana 11	17/08/2017	2.1	23.4	2.1E-03
Semana 12	24/08/2017	2.1	23.6	2.2E-03
Ultimo registro	30/08/2017	2.1	23.5	2.2E-03

Figura 6. Comportamiento deshidratación, muestra captada en época de verano

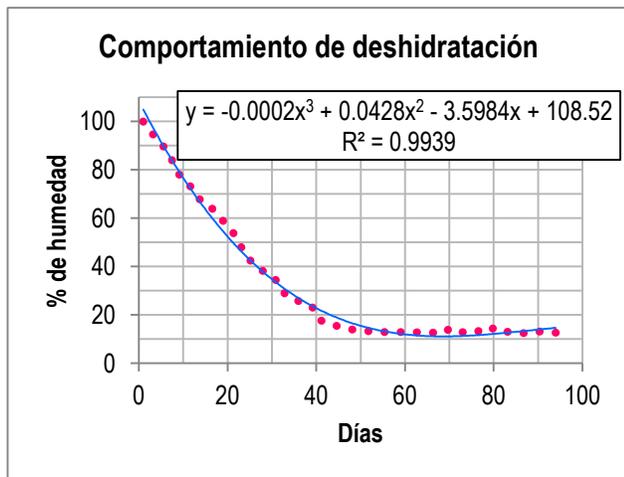
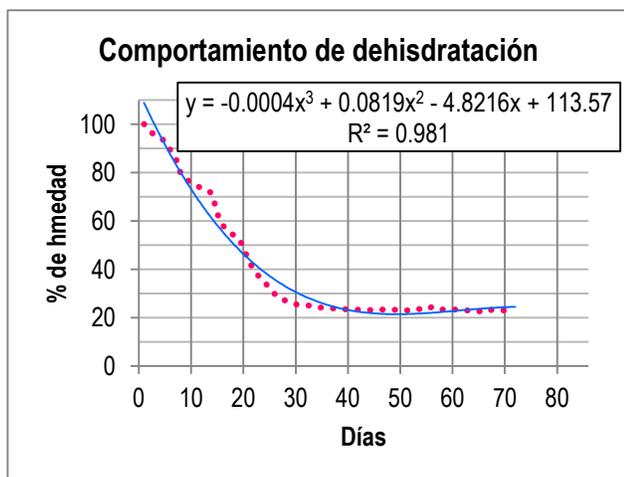


Figura 7. Comportamiento deshidratación, muestra captada en temporada de lluvias



Con los datos obtenidos y mediante la hoja electrónica Excel, se obtuvo la curva de tendencia, tanto para los lodos generados en época de verano (1) como para los

de época de lluvias (2), siendo el modelo que describe dicho comportamiento el mostrado a continuación:

$$y_1 = -0.002x^3 + 0.0428x^2 - 3.5984x + 108.52 \quad (1)$$

$$y_2 = -0.0004x^3 + 0.0819x^2 - 4.8216x + 113.57 \quad (2)$$

Análisis de resultados

La primera muestra fue monitoreada por un total de 110 días calendario. Esta logró reducir a un 12.6 % el porcentaje de humedad presente en la misma. La segunda muestra se monitoreo por un total de 84 días calendario, y en ella se logró llegar a un porcentaje de humedad del 23.5 % presente en la misma.

La figura 6, presenta el comportamiento de la deshidratación de lodos generados en un sedimentador de una planta de tratamiento de agua potable en época de invierno, observándose que demora un tiempo de 60 días calendario para lograr una deshidratación representativa. La figura 7, representa el comportamiento del proceso de deshidratación de lodos en época de verano, observándose que la deshidratación se logra en un tiempo de 40 días calendario.

El tiempo de deshidratación puede aumentar, si se presentan condiciones desfavorables en cuanto al clima, es decir, lugares donde se tengan tasas de evaporación que sean menores a las de precipitación.

Los lodos captados de la época de verano presentaron un volumen inicial de $7.7 \times 10^{-3} \text{ m}^3$, y ya deshidratados se redujeron a un 12.6 %, que corresponde a un volumen de $9.7 \times 10^{-4} \text{ m}^3$. En cambio, los lodos captados en época de lluvias, con el mismo volumen inicial que la muestra anterior, se redujeron al 28.1 %, que corresponde a $2.2 \times 10^{-3} \text{ m}^3$.

Desde un inicio la muestra captada en invierno mostró mayor concentración de sólidos sedimentados, lo que puede asociarse al arrastre de sólidos que se genera durante las lluvias en el área de influencia.

En lo que se refiere a los modelos que describen el comportamiento de la deshidratación de las muestras, ecuaciones 1 y 2, estos presentan una buena correlación de datos: para época de verano un valor de 0.99 y para época lluviosa un valor de 0.98.

Dado que el modelo físico experimental funciona mediante la evaporación del contenido de agua, el tiempo estimado representa lo más crítico; con la incorporación de sistemas de drenaje, se lograría acelerar la deshidratación y se esperaría una optimización del tiempo.

Conclusiones

De acuerdo al estudio realizado, los lodos provenientes de los sedimentadores de una planta de tratamiento de agua potable, presentan un tiempo de deshidratación de 60 días calendario en la época de lluvias, estando influenciados por las condiciones climáticas predominantes en el área donde se deshidrataron los mismos, y por la falta de un drenaje inferior que permitiera drenar la humedad percolada a través de la capa de lodos.

En la época de verano, el tiempo de deshidratación mostró un tiempo máximo de 40 días calendario, siendo este menor al estimado durante las lluvias, y por lo tanto, son mejores condiciones para la deshidratación por evaporación.

En lo que se refiere al análisis del volumen de los lodos generados en época de verano, estos presentaron con respecto a su volumen inicial de $7.7 \times 10^{-3} \text{ m}^3$, la mayor reducción de volumen a $9.7 \times 10^{-4} \text{ m}^3$, que corresponde a un 12.6 %; mientras que los lodos generados en época lluviosa, con el mismo volumen inicial, se redujeron a $2.2 \times 10^{-3} \text{ m}^3$, que corresponde a un 28.1 %. En ambos casos, se presenta una reducción significativa, que permite mayor facilidad en cuanto al manejo del material ya deshidratado.

Además, se determinó el modelo que describe el comportamiento de la deshidratación para ambas

muestras, presentando una buena correlación de la serie de datos, con valores de 0.99 y 0.98, respectivamente.

Referencias

- Arboleda Valencia, J., 2000. Teoría y práctica de la purificación del agua. Santa Fe de Bogotá, D. C. Colombia.
- Martínez Córdova, M. V., 2012. Estudio para el tratamiento, manejo y disposición final de lodos generados en plantas de tratamiento de agua potable. Escuela Politécnica Nacional. Facultad de Ingeniería Civil y Ambiental.
- Orozco Miranda, A. D., 2017. Potencial de aprovechamiento de lodos generados en el proceso de tratamiento de agua para consumo humano. ERIS-USAC.
- Ramalho, R. S., 1996. Tratamiento de aguas residuales. Barcelona.

Información del autor

Ingeniera civil, Adriana Daniela Orozco Miranda, graduada de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala (USAC) en el año 2014; con experiencia en la planificación, ejecución y supervisión de obras civiles por 3 años; y en el área de gestión de riesgo, susceptibilidad, percepción de amenazas y vulnerabilidades por 3 años.

M.Sc. en Ingeniería Sanitaria de la Escuela Regional de Ingeniería Sanitaria y Recursos Hidráulicos (ERIS) de la Universidad de San Carlos de Guatemala.