

# Mejoras al sistema de la Planta de Filtros El Yunque

Jorge E. Cintrón Andino

Maestría en Gerencia de Ingeniería

Dr. Héctor J. Cruzado

Departamento de Ingeniería Civil, Ingeniería Ambiental y Agrimensura

Universidad Politécnica de Puerto Rico

**Resumen** — En este proyecto se trabajó un problema que enfrenta la Autoridad de Acueductos y Alcantarillados de Puerto Rico con una de las plantas de tratamiento más grande en de la región Este, la Planta de Filtros, localizada en el municipio de Río Grande. Esta planta enfrenta los problemas de que estaba baja en producción y en incumplimiento con los parámetros para derivados de la desinfección establecidos por la EPA. Luego de evaluar el sistema, se instaló un equipo que ayudó a la remoción de lodo en los sedimentadores. Como resultado de la instalación, la planta aumentó su producción y entró en cumplimiento con los parámetros.

**Términos claves** — Cumplimiento, Sedimentación, Purificación, Remoción

## INTRODUCCIÓN

Este proyecto se llevó a cabo en la Planta de Filtros (PF) El Yunque, localizada en Río Grande. La planta tiene un diseño de producción 18 MGD (millones de galones por día). La planta se compone de dos mezcladores mecánicos, cuatro floculadores mecánicos, cuatro sedimentadores, ocho filtros, y el sistema de aplicación de cloro, el cual se aplica a la entrada de la planta y al final del tratamiento.

La planta estaba enfrentando dos problemas graves los cuales a través de los informes mensuales que se realizan para el cumplimiento con la reglamentación de agua potable establecido por la Agencia de Protección Ambiental (EPA, por sus siglas en inglés), se pudo percatar que la misma estaba produciendo de 8 a 9 MGD, lo cual está por debajo de su diseño. También se notó que estaba incumpliendo con los parámetros para derivados de desinfección (DBP, por sus siglas en inglés).

Por lo tanto, se tomó como iniciativa estudiar y evaluar que es lo que estaba afectado a la planta a

incurrir en estos incumplimientos y su limitación en la producción. Lo que llevó a buscar el problema, pensar cómo se atacará el problema, que nuevas ideas o alternativas serían viables para poder brindar una solución al problema encontrado y establecido.

## OBJETIVOS

Como iniciativa para este proyecto los objetivos establecidos se mencionan a continuación:

- Aumentar la producción de agua potable de la planta
- Llevar a la planta a que este en cumplimiento con los parámetros de la EPA, en este caso con los de DBP que serían con los Trihalometanos y Ácidos Haloacéticos.

Cabe mencionar que para que una planta este en incumplimiento con los parámetros, en el caso del Trihalometano tiene que exceder el valor de 0.080 mg/L y para Ácido Haloacético tiene que exceder el valor 0.060 mg/L [1].

## PROCESO DE TRATAMIENTO

El proceso para tratar o filtrar el agua para consumo humano se lleva a cabo los siguientes pasos (mostrados gráficamente en la Figura 1):

- El agua pasa por lo que se conoce por los mezcladores rápidos. Aquí la idea es aplicar un coagulante que ayude a formar sólidos más pesados para que puedan ser removidos con mayor eficiencia.
- Luego pasa por los floculadores, un proceso más lento ya que la idea es formar esos sólidos con la ayuda del químico aplicado.
- Después el agua pasa por los sedimentadores que tienen la función de remover esos sólidos que se formaron en el proceso anterior. Aquí el

proceso es uno físico, lo que quiere decir que por el peso y gravedad, el sólido sedimenta hacia el fondo del tanque.

- Después el agua para al proceso de filtración, donde como bien dice el nombre el agua se filtra para remover alguna impureza que no se haya logrado remover en el proceso anterior, mayormente sólidos más pequeños.
- Por último, el agua es desinfectada. En la mayoría de los casos se utiliza como desinfectante el cloro, pues es más costo efectivo y es un buen oxidante. La idea es aniquilar o matar aquellas bacterias patógenas que pueda causar daño a la salud humana.

Luego de este proceso, el agua ya tratada se lleva a lo que se conoce como tanque de distribución, donde se almacena para luego ser suplida a la población.

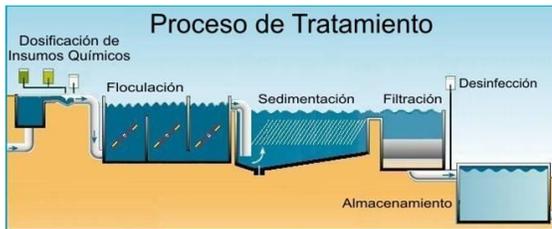


Figura 1

Proceso de tratamiento para producir agua potable [2]

## METODOLOGÍA

Se llevó a cabo una inspección en la planta desde la estación de toma de aguas crudas hasta el punto de salida del tanque de distribución de 3 MG. Al realizar esta evaluación, se observó que donde se presentaba el problema era en el área de los sedimentadores. La planta El Yunque tiene cuatro sedimentadores, los cuales tienen una dimensión de 100' de largo, 50' de ancho y 25' de profundidad. Se pudo identificar que solo están en operación dos de los cuatro, lo cual limita la producción de la planta a mitad de su capacidad.

La razón para tener en operación dos de los cuatro sedimentadores es porque el mecanismo que ayuda a remover el lodo (materia orgánica que el sedimentador remueve para hacer más limpia el agua) están dañados en los cuatro sedimentadores.

Al no remover esa materia orgánica que se queda acumulada en el fondo del sedimentador, el lodo reacciona con la aplicación de cloro que se utiliza en la planta, lo que a su vez provoca la formación de Trihalometanos y Ácidos Halo Acéticos. Estos son tóxicos para la salud humana, ya que pueden resultar en desarrollar células cancerígenas [3-4]. Esto lleva a que se incumpla con los parámetros de DBP.

Para entrar en un poco de trasfondo y entender visualmente los problemas establecidos, se presenta dos figuras que muestran como ha sido el comportamiento de la planta en los pasados doce meses. Como bien se puede apreciar en la Figura 2 se puede ver que la producción de agua potable de la planta no pasa de su 50% de capacidad, esto se considera bajo con respecto a su diseño como se menciona anteriormente. Esto conlleva a sobrecargar otros sistemas para que ayuden a complementar esta pérdida.

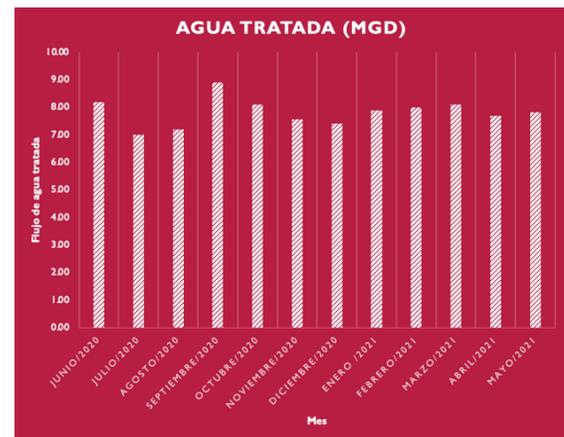


Figura 2

Producción de agua en la PF El Yunque

Otra data que se utilizó para establecer el problema y el comportamiento de la planta fue la eficiencia de remoción de lodo. Como se ilustra en la Figura 3 se puede apreciar que la remoción del lodo no pasa de un 85%, lo que permite establecer que la eficiencia actualmente está por debajo del valor de su diseño de 95%.



**Figura 3**  
**Eficiencia de Remoción**

Como ya se había establecido en las partes anteriores, primero se evaluó el sistema para encontrar el problema. Como parte de ayudar a encontrar en problema se utilizaron las figuras anteriormente mencionadas, luego de establecer el problema, que el problema esta en la remoción de lodo de los sedimentadores, se llevo a cabo el proceso de evaluar diferentes sistemas que remueven el lodo de estos.

Para llevar a cabo la selección del sistema que se instalaría en la planta, se evaluaron los costos, tiempo de remoción, eficiencia de remoción y vida útil del sistema. La alternativa que resulto más costo efectivo para la corporación fue el sistema de remoción de lodo estilo “scraper”. En la Figura 4 se presenta la alternativa seleccionada.



**Figura 4 (Water Online)**  
**Sistema de remoción “scraper”**

El sistema de remoción “scraper” contiene unas paletas que van a lo ancho del tanque

(sedimentador) atado a lo que sería una cadena que a la vez está conectado a unas poleas que las hacen mover a lo largo del tanque; esto que a su vez va empujando o removiendo el lodo sedimentado llevándolo hacia unas canaletas que lo remueven fuera del tanque. El sistema no solo remueve lo que está al fondo del tanque, sino que también remueve cualquier partícula o sólido que se pueda encontrar en la parte superior del agua (material flotante). Este sistema se tiene planificado que encienda en automático cuando el nivel del lodo en el fondo alcance los 3’ y así mantener el sedimentador lo más limpio posible para que ayude a aumentar tanto la producción como la calidad de agua potable. Si se instala este sistema, se pondrían en operación los cuatro sedimentadores que tiene la planta.

En la Tabla 1 se presenta lo que sería la inversión para la instalación de este sistema en la planta PF El Yunque. Hay que recalcar que, como parte de costo, se puede enfocar una parte importante que es la operación y mantenimiento del sistema, lo cual es vital para prolongar la vida útil del sistema y de la inversión.

**Tabla 1**  
**Inversión del Sistema**

#	Descripción	Costo
1	Equipo (Sistema Scraper)	\$1,022,000.00
2	Mano de Obra	\$105,000.00
3	Programación	\$35,000.00
4	Operacional y Mant.	\$50,000.00
5	Costo Total	\$1,212,000.00

## CONCLUSIÓN

Luego de la evaluación de la planta, se eligió la alternativa que mejor la beneficia. El sistema de remoción de lodo estilo “scraper” ayudaría la eficiencia para remover el lodo que se sedimenta en los tanques.

El sistema escogido se puede utilizar estando el sedimentador en operación, por ende, no se necesita sacar el mismo de operación para llevar a cabo la remoción, que también como beneficio ahorra tiempo. También, en la parte de cumplimiento, este sistema será de un impacto positivo ya que, al

remover ese lodo que contiene materia orgánica, la aplicación de cloro de la planta no tendría el tiempo de contacto necesario para reaccionar y crear los DBP.

## REFERENCIAS

- [1] EPA. National Primary Drinking Water Regulations [Online Sources] Available: <https://www.epa.gov/ground-water-and-drinking-water/national-primary-drinking-water-regulations#Byproducts>
- [2] AAA. *El sistema de acueductos y la producción de agua potable*[OnlineSources]. Available: <https://www.acueductos.pr.com/documents/20142/34501/SISTEMAS-ACUEDUCTOS.pdf/08b08c65-110e-eda5-3d76-fb3138ef887d?t=1572985940673>
- [3] EPA. (2021, Enero 14). *Stage 1 and Stage 2 Disinfectants and Disinfection Byproducts Rules* [Online Sources] Available: <https://www.epa.gov/dwreginfo/stage-1-and-stage-2-disinfectants-and-disinfection-byproducts-rules>
- [4] [Kris S. Freeman](#). (2010, Noviembre 11). *Disinfection By-products and Bladder Cancer: Common Genetic Variants May Confer Increased Risk* [Online Source]. Available: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC2974723/>