



**UNIVERSIDAD  
DE ANTIOQUIA**

**IMPLEMENTACIÓN DE MEJORAS OPERATIVAS Y DE  
DISEÑO EN LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUA  
RESIDUAL DEL AEROPUERTO INTERNACIONAL SIMÓN  
BOLÍVAR.**

Autor(es)

Carlos Andrés Gómez Serna

Universidad de Antioquia

Facultad de Ingeniería, Departamento (Escuela ambiental)

Medellín, Colombia

2019



**Implementación de mejoras operativas y de diseño en la planta de  
tratamiento de agua residual del aeropuerto internacional Simón Bolívar.**

Carlos Andrés Gómez Serna

Informe de práctica  
Como requisito para optar al título de:  
Ingeniero sanitario.

Asesores (a) o Director(a) o Co- Directores(a).

Juan Sebastián Pérez Vallejo, Ingeniero Ambiental  
Viviana Bedoya, Ingeniera Química

Universidad de Antioquia  
Facultad de Ingeniería, Escuela ambiental  
Medellín, Colombia  
2019

## TABLA DE CONTENIDO

1. Introducción.....	1
2. Objetivo general .....	2
2.1. Objetivos específicos.....	2
3. Marco Teórico.....	3
4. Metodología .....	3
5. Resultados y análisis.....	4
5.1. Diagnostico .....	4
5.2. Funcionamiento.....	8
5.3. Hallazgos.....	8
5.4. Propuestas. ....	12
6. Conclusiones.....	14
7. Referencias Bibliográficas.....	15

## TABLAS

Tabla 1. Caudales promedio PTAR .....	9
---------------------------------------	---

## TABLA ECUACIONES

Ecuación 1 Tiempo de retención hidráulica.....	10
Ecuación 2. Calculo tiempo de retención hidráulica.....	10
Ecuación 3. Calculo tiempo retención hidráulica sedimentador.....	11

## TABLA ILUSTRACIONES

Ilustración 1. Planta tratamiento agua residual .....	5
Ilustración 2. Cribado .....	5
Ilustración 3. Cámara de llegada.....	6
Ilustración 4. Cámara de aireación. ....	6
Ilustración 5. Sedimentador. ....	7
Ilustración 6. Lechos de secado .....	7
Ilustración 7. Lechos de secado. ....	7
Ilustración 8. Tubería emisario marino. ....	8
Ilustración 9. Estado de las cribas. ....	9
Ilustración 10. Natas en el sedimentador. ....	11
Ilustración 11. Estado tubería emisario marino. ....	12
Ilustración 12. Instalación difusores de aire. ....	13
Ilustración 13. Antes y después sedimentador .....	13
Ilustración 14. Problemas emisario marino. ....	14

# **Implementación de mejoras operativas y de diseño en la planta de tratamiento de agua residual del aeropuerto internacional Simón Bolívar.**

## **Resumen**

El aeropuerto Simón Bolívar de Santa Marta cuenta con una planta de tratamiento de agua residual convencional, dotada con tanque de igualación, una unidad de cribado, una estructura de lodos activados, un tanque de sedimentación, unos compartimientos de lechos de secado y un emisario marino para el tratamiento de las aguas residuales que provienen del área comercial, baños, zona de comidas y plataforma, por donde pasa para la depuración de estas aguas residuales y finalmente las aguas son descargadas en el mar caribe. Se realizó un diagnóstico general de la planta para conocer el estado en el que se encontraba y se determinaron varias fallas en algunas de sus unidades afectando su debido funcionamiento y eficiencia. Se realizaron propuestas de carácter operativo con el fin de mejorar el rendimiento de la planta de tratamiento y se implementaron algunas propuestas para mejorar el funcionamiento de la planta para lograr un mejor funcionamiento y dar cumplimiento a la normatividad vigente.

## **1. Introducción**

Debido al crecimiento de la población, surge la necesidad del saneamiento básico, con el fin de proporcionar agua segura y libre de patógenos, además de disponer higiénicamente los residuos sólidos y dar un manejo adecuado de las aguas residuales, siempre logrando generar el menor impacto al medio ambiente y procurando la salud de las personas.

A partir, de esta necesidad de manejar adecuadamente los desechos sanitarios, se han creado entidades interesadas en suministrar este tipo de servicios Una de ellas es Conhydra S.A, la cual es una empresa con experiencia nacional e internacional en la gestión integral del agua potable y saneamiento básico, la cual está actualmente contratada por la Concesión Aeropuertos de Oriente S.A.S y ejecuta un programa para la operación, mantenimiento, administración y comercialización de los sistemas de tratamiento de agua del Aeropuerto Simón Bolívar de la ciudad de Santa Marta (Conhydra, 2019).

En este sentido, la empresa busca satisfacer el suministro de agua potable y manejo de aguas residuales, cumpliendo con la normativa legal vigente para el consumo humano (resolución 2115 del 2007), sustentando esto con la realización del control de parámetros fisicoquímicos (DQO, DBO, pH, Turbiedad, SSED, SST, etc.), donde se verifica que las muestras de agua cumplan los criterios de calidad brindando confiabilidad del proceso de potabilización. Así mismo, el proyecto busca garantizar la correcta operación del sistema de tratamiento de agua residual, y promover el cuidado del medio ambiente y de los recursos naturales, evitando impactar negativamente el

ambiente del que hace parte el Aeropuerto Simón Bolívar. Es por esto que en la Planta de Tratamiento de Agua Residual (PTAR) se efectúan todos los procesos operativos consignados en el manual de operación y mantenimiento, en el cronograma de operación, en el decreto 1076 de 2015 (Artículo 2.2.3.3.4.7) y la resolución 0883 de 2018 (artículo 8), los cuales garantizan el adecuado tratamiento y depuración de las aguas residuales generadas en el aeropuerto.

En este momento los principales problemas del sistema de tratamiento de agua residual del aeropuerto Simón Bolívar, son ocasionados por la expansión de la pista y terminal de pasajeros, debido a esto se recibe una mayor cantidad de pasajeros y conlleva a un aumento del caudal captado del agua a tratar provenientes del área comercial, baños públicos y otros.

Inicialmente para alcanzar los objetivos del presente trabajo, se realizará una línea base, que permita establecer las condiciones actuales de la planta de tratamiento de agua residual, luego se procederá con la evaluación de cada proceso que la compone, con el fin de determinar los problemas en cada uno de ellos y desde un punto de vista técnico poder generar propuestas de mejoras con la operación y diseño relacionada en cualquier etapa de la planta de tratamiento de aguas residuales y así poderse ajustar a la resolución 0883 de 2018 requerimientos dados por parte de la Corporación Autónoma del Magdalena CORPAMAG en el cumplimiento de la nueva normatividad de vertimiento a cuerpos marinos.

## **2. Objetivo general**

Participar en la implementación de mejoras operativas y de diseño en la Planta de Agua Residual (PTAR) del aeropuerto Simón Bolívar de la ciudad de Santa Marta.

### **2.1. Objetivos específicos.**

Realizar un diagnóstico al sistema de tratamiento de agua residual del aeropuerto Simón Bolívar.

Proponer mejoras operativas y de diseño en el sistema de tratamiento de agua residual del aeropuerto Simón Bolívar para el cumplimiento de la resolución 0883 de 2018.

Estandarizar los procedimientos para la toma de muestras en la planta de tratamiento apoyado en las guías metodológicas vigentes en el standard methods, con el fin de dar cumplimiento a la normatividad aplicable.

### 3. Marco Teórico

**El saneamiento básico** es la tecnología de que permite eliminar higiénicamente las excretas y aguas residuales y tener un medio ambiente limpio y sano tanto en la vivienda como en las proximidades de los usuarios. El acceso al saneamiento básico comprende seguridad y privacidad en el uso de estos servicios. (organizacion mundial de la salud, 2019)

**Tratamiento de las aguas:** proteger la salud y promover el bienestar de la sociedad en general. El retorno de las aguas residuales a los ríos o mares nos convierte en usuarios directos o indirectos, es por esto por lo que se aumenta la necesidad del proveer sistemas de tratamiento que permitan eliminar los riesgos para la salud y minimizar los daños al ambiente. (IDEAM, 2015)

**Aguas residuales:** Se define como aquella que ha sido usada en cualquier uso benéfico (Sierra, 2011).

**Aguas Residuales Domésticas, (ARD):** Son las procedentes de los hogares, así como de las instalaciones en las cuales se desarrollan actividades industriales, comerciales o de servicios y que correspondan a:

1. Descargas de los retretes y servicios sanitarios.
2. Descargas de los sistemas de aseo personal (duchas y lavamanos), de las áreas de cocinas y cocinetas, de las pocetas de lavado de elementos de aseo y lavado de paredes y pisos y del lavado de ropa (No se incluyen las de los servicios de lavandería industrial). (Minambiente, 2018)

**Aguas Residuales no Domésticas, (ARnD):** Son las procedentes de las actividades industriales, comerciales o de servicios distintas a las que constituyen ARD. (Minambiente, 2018)

**Resolución 0883 de 2018:** por la cual se los parámetros y valores límites máximos permisibles en los vertimientos puntuales a cuerpos de aguas marinas, y se dictan otras disposiciones. (Minambiente, 2018)

**Standard methods: Referencia** crítica para cualquier laboratorio involucrado en el análisis de agua, esta referencia actualizada y completa cubre todos los aspectos de las técnicas de análisis de agua potable y aguas residual. (methods, 2019).

### 4. Metodología

- El propósito de esta primera parte era recolectar y revisar la información acerca del funcionamiento de la PTAR en donde se identificaron los diferentes procesos unitarios y el funcionamiento general de los sistemas que hacen parte de la misma, de igual forma se recopilaron todos los archivos relacionados con la planta de tratamiento de agua residual como: monitoreos realizados en el año

2019, manuales de diseño y operación y la información suministrada por los operarios y personal administrativo se pudo evidenciar información valiosa para el análisis .

- Se revisaron todos los requerimientos por parte de la corporación CORPAMAG debido a que la planta ha presentado distintos problemas relacionados con su funcionamiento y la normativa en vigencia (resolución 0883 de 2018) para el vertimiento de aguas residuales en agua marina y el cumplimiento de la misma.
- Se realizó el diagnóstico del sistema modupack para reconocer el estado de las unidades que conforman la planta de agua residual y evaluar las fallas de funcionamiento en cada una de ellas. Para la evaluación técnica se utilizó el método deductivo en el cual se hace una valoración de cada una de las unidades que conforman la planta de tratamiento de agua residual teniendo en cuenta el caudal de entrada para determinar problemas hidráulicos. Luego de la evaluación de cada uno de los elementos que conforman el sistema de tratamiento se pudo evidenciar falencias del sistema y proponer recomendaciones para el correcto funcionamiento de la planta.
- Se proponen mejoras técnicas, operacionales y de diseño necesarias para potenciar el funcionamiento de la planta de aguas residuales basadas en todos los hallazgos encontrados donde se pueden visualizar las principales concusiones para desarrollar y seleccionar alternativas que conlleven al mejoramiento de los sistemas de tratamiento de agua residual.

## **5. Resultados y análisis**

### **5.1. Diagnóstico**

#### **5.1.1. Caudal de diseño**

El sistema de tratamiento de agua residual del aeropuerto Simón Bolívar tiene una capacidad hasta 100 metros cúbicos por día o 1.16 litros por segundo.

#### **5.1.2. Generalidades de la planta de tratamiento**

La planta de tratamiento de agua residual del aeropuerto Simón Bolívar de la ciudad de Santa Marta entró en funcionamiento en abril de 1998 cuenta con un modupack ACUASEG C-100 de la empresa acuatecnica LTDA y cuenta con los siguientes compartimientos.



*Ilustración 1. Planta tratamiento agua residual*

**Estación de bombeo:** Construida en concreto reforzado con capacidad aproximada de 7 metro cúbicos con dos bombas sumergibles de una potencia de 1HP y tablero electrónico.

**Cribado:** retención de solidos gruesos mediante rejillas de medianas con el fin de evitar obstrucciones ni daños en las unidades siguientes.



*Ilustración 2. Cribado*

**Cámara de llegada:** elaborada en fibra de vidrio, canaleta de aforo y rejilla de retenciones de solidos gruesos.





*Ilustración 3. Cámara de llegada*

**Cámara de aireación:** construida en concreto reforzado con interconexiones y desagües, sistema rompe espumas, tubería con 16 difusores para la creación de burbujas finas.



*Ilustración 4. Cámara de aireación.*

**Sedimentador:** construido en concreto reforzado y con una tolva en la parte inferior incluye baffle direccionador, canal recolección de agua clarificada y conexiones.



Ilustración 5. Sedimentador.

**Lechos de secado:** construidos en concreto y mampostería, compuestos por 10 celdas con un área aproximada de 100 metros cuadrados.



Ilustración 6. Lechos de secado

**Tablero de control:** desde el cual se puede operar de forma manual o semiautomática la planta de tratamiento.



Ilustración 7. Lechos de secado.

**Emisario marino:** tubería de PVC por la cual se hace la descarga de las aguas tratadas en la planta de tratamiento al mar caribe.



*Ilustración 8. Tubería emisario marino.*

## **5.2. Funcionamiento**

A la planta de tratamiento llegan las aguas producto de las actividades domésticas del Aeropuerto, el funcionamiento de la PTAR maneja unos procesos unitarios compuesto por un tanque homogeneizador que por medio de una motobomba envía las aguas a un sistema preliminar compuesto por un sistema de cribado, seguido se encuentra el sistema de aireación que incluye los procesos unitarios compuesto por un reactor de aireación, un sedimentador secundario, y un espesador todo esto funciona mediante un sistema de inyección de aire constante para mantener las condiciones aerobias óptimas para el tratamiento, de igual forma cuenta con un sistema de lodos por medio de unos lechos de secado donde se conducen los lodos para su tratamiento adecuado. Finalmente, el agua se entrega al mar de acuerdo a los parámetros establecidos por la Autoridad Ambiental competente (CORPAMAG).

## **5.3. Hallazgos**

### **5.3.1. Caudal de entrada**

El caudal de diseño de la planta de tratamiento de agua residual es de 100 metros cúbicos diarios o lo mismo que 1.16 litros por segundo y según registros de aforo de caudales en la planta, suministrados por Conhydra y almacenadas en tablas e informes de operación y mantenimiento, el caudal que está ingresando a la planta es mucho mayor al caudal de diseño. A continuación, se anexa tabla 1 con caudales de ingreso promedios.

Tabla 1. Caudales promedio PTAR

<b>Tabla 1. CAUDALES PROMEDIO PTAR (L/S)</b>				
MES	ENTRADA		SALIDA	
	MAÑANA	TARDE	MAÑANA	TARDE
ENERO	4,50	4,48	1,62	1,63
FEBRERO	4,12	5,70	1,84	1,22
MARZO		3,71		1
ABRIL	2,84	5,00	1,62	1,51
MAYO	4,51	4,42	4,51	4,42
JUNIO	4,12	4,95	4,09	4,87
JULIO	5,03	4,20	3,56	2,99
AGOSTO	4,13	4,89	3,70	3,07

Como se puede ver en la tabla 1 los caudales de entrada superan el caudal de diseño de la planta, es por esto que puede presentarse arrastre de material de la unidad de lodos activados y se está presentando una re-suspensión de material del fondo de la unidad de sedimentación, debido que al aumentar el caudal que ingresa, el tiempo de retención hidráulico disminuye.

### 5.3.2. Cribado

El tratamiento preliminar no está funcionando de una manera adecuada, el sistema de cribado no está funcionando de una manera eficiente ya que está ingresando mucho material grueso a través de ellas, la cámara de retención de sólidos suele colmatarse y a pesar del mantenimiento que se le brinda y sigue ingresando demasiado material grueso a las siguientes unidades de tratamiento, generando problemas de natas en los tanques de lodos activados y sedimentadores, además, taponamientos de tuberías.



Ilustración 9. Estado de las cribas.

### 5.3.3. Lodos activados

El tanque de lodos activados cuenta con 16 difusores de aire de los cuales 4 no están en funcionamiento y se requiere el reemplazo de estos para una debida aireación para y no se generen zonas muertas en el tanque, además, no se tiene control sobre los tiempos de aireación, no se ha realizado ningún estudio de sólidos para la determinación de la biomasa en el reactor y mucho menos un estudio microbiológico para la determinación de la edad de lodos, no se lleva un control sobre el proceso biológico ya que los operadores lo llevan de una forma empírica y tampoco se está realizando recirculación de lodos de manera adecuada en donde se está llevando lodo de los sedimentadores a lodos activados sin cocer la cantidad estimada de recirculación.

En el tanque se presentan espumas y mucha turbiedad evidenciando una mala remoción de carga además algunos residuos gruesos no retenidos en el pre tratamiento.

Para la revisión del tiempo de retención hidráulico se tiene en cuenta el volumen del tanque de aireación (93 metros cúbicos) y el caudal que ingresa a la planta (5 L/s) y se encuentra con la siguiente ecuación de tiempo retención hidráulica.

$$TRH = \frac{\text{Volumen [V]}}{\text{Caudal [Q]}}$$

*Ecuación 1 Tiempo de retención hidráulica.*

$$TRH = \frac{93 \text{ m}^3}{0,005 \frac{\text{m}^3}{\text{s}} * 3600}$$

*Ecuación 2. Calculo tiempo de retención hidráulica.*

$$TRH = 5,16h$$

Según el RAS el tiempo de retención hidráulico mínimo para un sistema de lodos activados convencional es de 6 a 8 horas, incumpliendo con los parámetros de diseño anteriormente mencionados.

### 5.3.4. Sedimentador

En el sedimentador se presenta exceso de natas y de solidos gruesos de las unidades anteriores, la cantidad de lodos que van a recircular y purgar se determina dependiendo de la altura de los mismos dentro del sedimentador y

se realiza de una manera empírica dependiendo de la experiencia del operador, no se tienen valores determinados para estas actividades. Se realizó la revisión del tiempo de retención hidráulico con las siguientes ecuaciones.

$$TRH = \frac{36,5 \text{ m}^3}{0,005 \frac{\text{m}^3}{\text{s}} * 3600}$$

*Ecuación 3. Cálculo tiempo retención hidráulica sedimentador.*

$$TRH = 2,02h$$

Según el RAS el tiempo de retención hidráulico para un sistema de sedimentación secundaria es mínimo 2 horas, cumpliendo de manera ajustada.



*Ilustración 10. Natas en el sedimentador.*

### **5.3.5. Emisario marino**

El emisario marino presenta varios problemas, uno de ellos es el taponamiento y retorno de aguas a la planta, la zona de influencia está cerca a la playa y se pueden ver afectadas las personas que utilizan de una forma recreativa debido a que no se cumplen los parámetros de diseño y no se cuenta con los estudios necesarios para la instalación de este sistema dispuestos en la resolución 0330 del 2017.



*Ilustración 11. Estado tubería emisario marino.*

## **5.4. Propuestas.**

### **5.4.1. Cribado**

Para el principal problema de esta unidad se tiene que realizar un trabajo de sensibilización de mano con las autoridades ambientales del aeropuerto Simón Bolívar para la implementación de campañas de una correcta disposición de papel higiénico y toallas para secado de manos, ya que estos materiales están llegando en cantidad a las cribas, lo que resulta en un taponamiento de las mismas.

Para evitar el taponamiento de las cribas se debe aumentar la cantidad de veces al día que se retira el material retenido y brindarles una adecuada disposición a estos sólidos retirados, esta actividad se implementó en las actividades diarias del operador de la planta.

Se debe proyectar la mejora de las cribas corrigiendo el espaciado entre barras para aumentar la eficiencia de retención de sólidos y así evitar la llegada de los materiales gruesos a las unidades siguientes generando problemas de funcionamiento en ellas.

### **5.4.2. Lodos activados y sedimentador**

En esta unidad se realizó el cambio de los difusores que están fuera de funcionamiento para evitar problemas hidráulicos de zonas muertas y así garantizar una mezcla completa en el tanque de aireación.

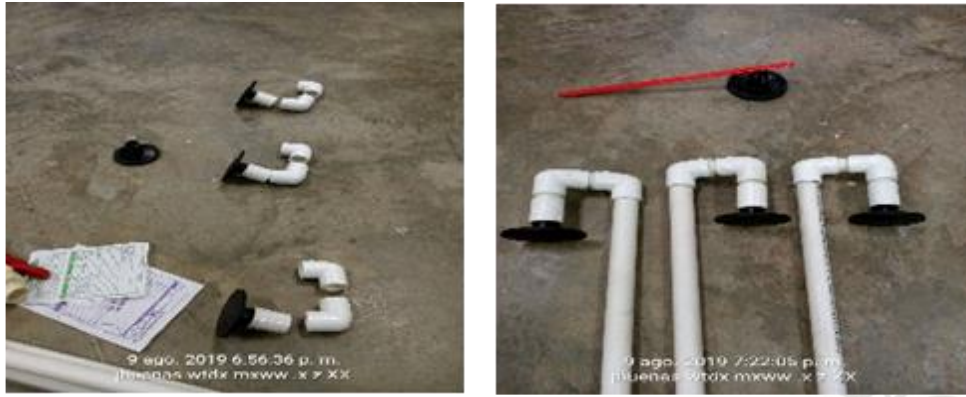


Ilustración 12. Instalación difusores de aire.

Después de considerar lo anterior, se debe aumentar la capacidad de los Blowers y los difusores de burbuja fina.

Debido a la acumulación de natas en el sedimentador se implementó la limpieza de este con una frecuencia de dos veces al día para remover todos los sólidos flotantes.



Ilustración 13. Antes y después sedimentador

Se recomienda realizar un análisis profundo a estas dos unidades para la determinación de edad de lodos, volumen de recirculación.

Se recomienda convertir los reactores a lecho fijo o lecho móvil para aumentar la eficiencia de los mismos.

Se recomienda aumentar la eficiencia del sedimentador convirtiéndolo en sedimentador de alta tasa.

Considerar colocar otra unidad en paralelo para mejorar el tiempo de retención en las unidades debido a que se recibe un caudal mayor a él diseñado.



### 5.4.3. Emisario marino

Se plantea el rediseño en su totalidad debido a que no cumple los parámetros requeridos dictados en la resolución 0330 (RAS) en donde se disponen los lineamientos básicos para el diseño e instalación de emisarios marinos, ya que esta unidad no se encuentra en buen estado, ni cuenta con las condiciones necesarias para un buen funcionamiento.



*Ilustración 14. Problemas emisario marino.*

## 6. Conclusiones

La planta de tratamiento de agua residual del aeropuerto Simón Bolívar de Santa Marta requiere la adecuación del sistema de cribado, la ampliación de los tanques de lodos activados y sedimentación, se debe tener en cuenta la construcción en paralelo de otro sistema de lodos y sedimentación, adecuación del sistema de aireación con burbuja fina y emisario marino, considerar la conversión de los reactores a sistemas de lecho fijo o lecho móvil para resolver los problemas más críticos de la planta y a su vez mejorar la eficiencia para ajustarse a la nueva normatividad vigente (resolución 0883 de 2018).

Se debe realizar un estudio a fondo de cada una de las unidades que conforman la planta de tratamiento para realizar una optimización de todo el sistema evaluando minuciosamente cada una de ellas.

Las recomendaciones realizadas, desde el área de diseño como operacional permitirán obtener un funcionamiento adecuado de la planta de agua residual, por otro lado, es importante resaltar la leve mejoría que el sistema de tratamiento presentó cuando se mejoraron los procesos de operación, lo anterior permite reconocer que un buen efluente no solo depende del

dimensionamiento acertado del sistema sino también de una buena operación.

## 7. Referencias Bibliográficas

Baird, R., & Bridgewater, L. (2017). *Standard methods for the examination of water and wastewater*. 23rd edition. Washington, D.C.: American Public Health Association.

Conhydra. (20 de mayo de 2019). Conhydra. Obtenido de Conhydra: <https://www.conhydra.com/>

García, M. E. & Pérez, J. A. (2002). *Aguas Residuales. Composición*. Obtenido de: [http://cidta.usal.es/cursos/EDAR/modulos/Edar/unidades/LIBROS/logo/pdf/Aguas\\_Residuales\\_composicion.pdf](http://cidta.usal.es/cursos/EDAR/modulos/Edar/unidades/LIBROS/logo/pdf/Aguas_Residuales_composicion.pdf)

IDEAM. (2015). *Informe IDEAM sobre el tratamiento de aguas*. Obtenido de: <http://documentacion.ideam.gov.co/openbiblio/bvirtual/021318/03TextoCompleto.pdf>

Conhydra. (20 de mayo de 2019). Conhydra. Obtenido de Conhydra: <https://www.conhydra.com/>

Methods, s. (2019). Obtenido de *Standard methods*: <http://www.standardmethods.org>

Minambiente. (18 de mayo de 2018). *Ministerio de ambiente y desarrollo sostenible*. Obtenido de Minambiente: <http://www.minambiente.gov.co/images/normativa/app/resoluciones/18-res%20883%20de%202018.pdf>

Organizacion mundial de la salud. (20 de mayo de 2019). *Organizacion mundial de la salud*. Obtenido de oms: [https://www.who.int/water\\_sanitation\\_health/mdg1/es/](https://www.who.int/water_sanitation_health/mdg1/es/)