
 <b>UNIVERSIDAD DE LOS LLANOS</b>	<b>PROCESO DE GESTIÓN DE APOYO A LA ACADEMIA</b>		
	<b>MANUAL DE OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUA RESIDUAL DOMESTICA (PTAR)</b>		
	<i>Código: MN-GCL-02</i>	<i>Versión: 01</i>	<i>Fecha de aprobación: 10/10/2019</i>

# **MANUAL DE OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO AGUA RESIDUAL DOMÉSTICA (PTAR)**




**UNIVERSIDAD DE LOS LLANOS  
VILLAVICENCIO  
2019**

 <b>UNIVERSIDAD DE LOS LLANOS</b>	<b>PROCESO DE GESTIÓN DE APOYO A LA ACADEMIA</b>		
	<b>MANUAL DE OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUA RESIDUAL DOMESTICA (PTAR)</b>		
	<i>Código: MN-GCL-02</i>	<i>Versión: 01</i>	<i>Fecha de aprobación: 10/10/2019</i>

## Contenido

Introducción .....	3
1. Objetivos.....	4
2. Alcance .....	4
3.Referencias Normativas.....	4
4. Definiciones .....	5
5. Sistema De Tratamiento Descripción General.....	6
5.1. Recuento Histórico - Bases Teóricas.....	6
5.2. Tecnología Implementada Moving Bed Biofilm Reactor (Mbbf).....	8
5.3. Ventajas de la tecnología “Moving Bed Biofilm Reactors (MBBR)” bioreactores de lecho fluidizado con elementos fijadores de biomasa.....	9
6. Descripción del sistema .....	11
6.1. Pretratamiento.....	11
6.1.1. Rejilla .....	11
6.1.2 Pozo eyector.....	12
6.1.3 Tanque ecualizador.....	12
6.2 Biodigestores.....	13
6.3 Sedimentador ó clarificador .....	14
6.4 Tanque de desinfección (Clorador).....	16
6.5 Dosificador de cloro.....	16
6.6 Sistema de filtración .....	17
6.7. Toma muestra .....	18
6.8 Lecho de secado de lodos.....	18
7. Mantenimiento del sistema de tratamiento de aguas residuales .....	20
8. Problemas comunes y sus soluciones .....	26
8.1. Aireación excesiva.....	27
8.2. No hay retorno de lodos .....	27
8.3. Espuma excesiva .....	27
8.4. Grasa en el tanque clarificador.....	27
8.5. Estabilización de lodos .....	28
9. Documentos de referencia.....	28
10. Control de cambios .....	28


 <b>UNIVERSIDAD DE LOS LLANOS</b>	<b>PROCESO DE GESTIÓN DE APOYO A LA ACADEMIA</b>			
	<b>MANUAL DE OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUA RESIDUAL DOMESTICA (PTAR)</b>			
	<i>Código: MN-GCL-02</i>	<i>Versión: 01</i>	<i>Fecha de aprobación: 10/10/2019</i>	<i>Página: 3 de 28</i>

## INTRODUCCIÓN

Este manual esta destinado al responsable y operador de la planta; como documento técnico y como guía para la capacitación en operación y mantenimiento de planta de tratamiento. El tratamiento de aguas residuales constituye una medida de mitigación que ayuda a disminuir y controlar la contaminación de los cuerpos de agua, pero para que esta medida tenga éxito se debe contar con obras de infraestructura adecuada a la naturaleza de la aguas a tratar y con el personal capacitado para llevar a cabo la labores de operación y mantenimiento.

La Planta de Tratamiento de Aguas Residuales PTAR esta diseñada para tratar las aguas residuales provenientes de actividades de uso doméstico y dotacional de la Universidad de los Llanos sede Barcelona, fue construida en un área de 22.7 m de longitud y 23.7 m de ancho, área de 538 m<sup>2</sup>, diseñada por la firma INTEGRAL FLUIDS MANAGEMENT IFM, utilizando como tecnología de punta BIOREACTORES (Biodigestores) e integrando procesos biológicos aerobios y anaerobios; emplea un sistema avanzado denominado Moving Bed Biofilm Reactor (MBBR), el cual permite que las bacterias y en general la Biomasa, se fijen a un lecho móvil plástico interno (Biocarreres) instalados dentro de los biodigestores.

La tecnología Moving Bed Biofilm Reactor- MBBR- Biodigestion en Lecho Fluidizo, incluye los dos procesos biológicos aerobio y anaerobio, facilitando la remoción de nitrógeno y fósforo con las más altas eficiencias, cercanas al 85%, menores consumos de energía, de fácil mantenimiento y gran estabilidad, asegurando el cumplimiento de la norma en manejo de vertimientos a cuerpos de agua, y permitiendo el reuso de las aguas para el riego de jardines, zonas verdes y cultivos.

 <b>UNIVERSIDAD DE LOS LLANOS</b>	<b>PROCESO DE GESTIÓN DE APOYO A LA ACADEMIA</b>		
	<b>MANUAL DE OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUA RESIDUAL DOMESTICA (PTAR)</b>		
	<i>Código: MN-GCL-02</i>	<i>Versión: 01</i>	<i>Fecha de aprobación: 10/10/2019</i>

## 1. OBJETIVOS

### Objetivo general

- ✓ Servir de consulta y orientación para las personas que operan y brindan mantenimiento al sistema de tratamiento de aguas residuales de la Universidad de los Llanos en la Sede Barcelona.

### Objetivos específicos

- ✓ Orientar a los operadores en la solución de problemas específicos que se presentan en la operación y mantenimiento del sistema de Tratamiento de aguas residuales.
- ✓ Brindar herramientas para un correcto desarrollo de los procesos de mantenimiento de la planta de tratamiento de aguas residual.


## 2. ALCANCE

El presente documento está encaminado a la ejecución de las labores de funcionamiento y mantenimiento preventivo, para minimizar y evitar una eventualidad relacionada con la planta de tratamiento de agua.

Este manual comprende el funcionamiento de cada una de las unidades de la planta con el fin de evitar potenciales afectaciones a la salud de la comunidad y controlar las posibles afectaciones en la calidad del medio receptor.

## 3. REFERENCIAS NORMATIVAS

- ✓ Mediante la Resolución PS-GJ N° 1.2.6.18.0570 del 23 de abril del 2018 la autoridad ambiental en el departamento del Meta Cormacarena, otorga el permiso de vertimientos de aguas residuales domésticas previo tratamiento por un caudal de 8/l al caño piñalito (Afluente del río Ocoa).
- ✓ Resolución del Ministerio de ambiente y desarrollo sostenible 631 de 2015. Por la cual se establecen los parámetros y los valores límites máximos permisibles en los vertimientos puntuales a cuerpos de aguas superficiales y a los sistemas de alcantarillado público y se dictan otras disposiciones
- ✓ La operación y mantenimiento del sistema de depuración de aguas residuales debe seguir las instrucciones contenidas en los manuales del diseñador y/o fabricante, teniendo en cuenta los lineamientos establecidos en el Reglamento Técnico del Sector Agua Potable y Saneamiento Básico, en su título E. Tratamiento de aguas residuales, numeral E.6. Operación y Mantenimiento.

 <b>UNIVERSIDAD DE LOS LLANOS</b>	<b>PROCESO DE GESTIÓN DE APOYO A LA ACADEMIA</b>		
	<b>MANUAL DE OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUA RESIDUAL DOMESTICA (PTAR)</b>		
	<i>Código: MN-GCL-02</i>	<i>Versión: 01</i>	<i>Fecha de aprobación: 10/10/2019</i>

#### 4. DEFINICIONES

- **Grasas y Aceites:** Las grasas y aceites son materia orgánica que en pequeñas cantidades, son componentes usuales del agua residual. Se trata generalmente de aceites vegetales y de origen animal.
- **Otros Gases Disueltos:** Las aguas residuales contienen pequeñas y variables cantidades de gases disueltos. Los gases más frecuentemente encontrados son nitrógeno (N<sub>2</sub>), bióxido de carbono (CO<sub>2</sub>), ácido sulfhídrico (H<sub>2</sub>S), amoníaco (NH<sub>3</sub>) y metano (CH<sub>4</sub>). Los dos primeros se encuentran en todas las aguas expuestas al aire. Los tres últimos proceden de la descomposición de la materia orgánica por la acción de microorganismos.
- **Oxígeno Disuelto:** El oxígeno es un gas, componente normal del aire y que se encuentra disuelto como componente obligatorio de cualquier agua natural pura. La solubilidad del oxígeno depende especialmente de la temperatura y de la presión atmosférica.
- **Potencial Hidrógeno (pH):** El pH es una medida que expresa el grado de acidez o basicidad de cualquier líquido. (En un sentido estricto, se define como el logaritmo en base 10 de la recíproca de la concentración de iones hidrógeno). El intervalo de valores de pH es de 0 a 14, en donde el cero es el valor más ácido y el 14 es el más básico; el valor siete es neutral. La mayoría de aguas naturales y residuales tienen pH cercano a siete.
- **Sólidos coloidales:** Son la porción de los sólidos suspendidos cuyo tamaño y peso es tan pequeño, que hacen que permanezcan en suspensión sin sedimentarse por largos periodos de tiempo. Se definen indirectamente como la diferencia entre los sólidos suspendidos y los sólidos sedimentables. No hay una prueba directa de laboratorio que sirva específicamente para definir la materia coloidal.
- **Sólidos disueltos:** Es la porción de sólidos que pasan a través del filtro utilizado para determinar los sólidos suspendidos. Pueden determinarse analíticamente por evaporación del líquido filtrado y pesado del residuo o por diferencia entre los sólidos totales y los sólidos suspendidos.
- **Sólidos inorgánicos:** Se les conoce como sustancias minerales como son: arena, tierra y sales minerales disueltas. Son sustancias inertes que no están sujetas a la degradación biológica.
- **Sólidos sedimentables:** Son la porción de los sólidos suspendidos cuyo tamaño y peso es suficiente para que se sedimente en un período de tiempo determinado.
- **Sólidos suspendidos:** Son aquellos que están en suspensión y que son perceptibles a simple vista en el agua. Analíticamente se definen como la porción de sólidos retenidos en un filtro de orificios de aproximadamente una micra. Se reportan en mg/l.
- **Sólidos totales:** METCALF & EDDY<sup>1</sup>, desde el punto de vista analítico, define a los sólidos totales como la materia que se obtiene como residuo después de somete el agua a un proceso de evaporación entre 103 y 105 °C, igual a la suma de sólidos orgánicos e inorgánicos o de los sólidos suspendidos y sólidos disueltos.

<sup>1</sup> METCALF & EDDY. ingeniería de aguas residuales. Tratamiento, vertido y reutilización. México: Mc Graw Hill, 1997 p. 59-60

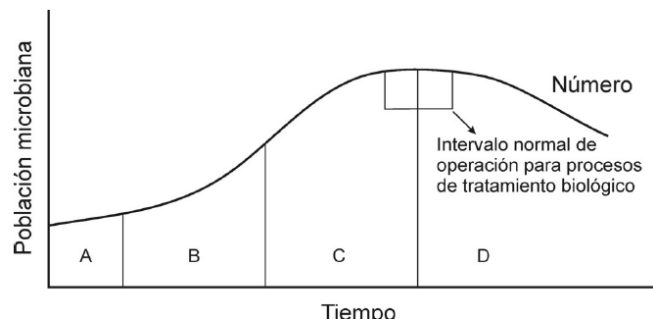
## 5. SISTEMA DE TRATAMIENTO DESCRIPCIÓN GENERAL

### 5.1. RECUENTO HISTÓRICO - BASES TEÓRICAS

La construcción de Bioreactores (Biodigestores) para el tratamiento de aguas residuales se basa en un principio muy simple: hacer que los contaminantes que trae la misma agua residual (AR) sirvan o se conviertan en el sustrato (alimento) de ciertos microorganismos que vienen normalmente en el AR, y que éstos, al mismo tiempo que se alimentan y aumentan su población, descontaminen simultáneamente el agua. Para la construcción de un Biodigestor es necesario conocer el nivel de contaminación del agua (concentración de sustancias nocivas), reflejado principalmente en los niveles de DBO y DQO (Demanda bioquímica y química de Oxígeno). Una vez determinados estos parámetros, se seleccionan equipos, variables de operación y los microorganismos apropiados incentivando su crecimiento para que cumplan con la curva de crecimiento microbiano característica de ellos en dicho medio (agua contaminada) y finalmente se procede al arranque y estabilización del Biodigestor.

Las curvas de crecimiento microbiano, de forma general, poseen cuatro fases en el tiempo (*ver Fig. 1*):


- A. fase de latencia
- B. fase de crecimiento logarítmico
- C. fase de crecimiento menguante
- D. fase endógena.



*Fig. 1: Curva de crecimiento bacteriano tipo.*

El factor clave de un Biodigestor es lograr mantener a los microorganismos en la fase C (Crecimiento menguante) la mayor parte del tiempo que sea posible, es decir, mantener a la población microbiana a su máximo nivel, para optimizar la eficiencia de los procesos de Biodegradación. Esto se logra regulando las condiciones del medio (Tecnología empleada, dimensiones, diseño del Biodigestor, temperatura, pH, nutrientes, porcentaje de reciclaje, alcalinidad, etc.) y los flujos de entrada y salida, de manera que nunca falte alimento y no se llegue a la fase D (endógena).

Dentro de los procesos biológicos empleados para el diseño y construcción de Biodigestores, existen dos tipos fundamentales de procesos: los AEROBIOS y los ANAEROBIOS.

 <b>UNIVERSIDAD DE LOS LLANOS</b>	<b>PROCESO DE GESTIÓN DE APOYO A LA ACADEMIA</b>			
	<b>MANUAL DE OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUA RESIDUAL DOMESTICA (PTAR)</b>			
	<i>Código: MN-GCL-02</i>	<i>Versión: 01</i>	<i>Fecha de aprobación: 10/10/2019</i>	<i>Página: 7 de 28</i>

**PROCESOS AEROBIOS:** Los procesos aerobios son aquellos que necesitan de oxígeno externo (exógeno) para fomentar el crecimiento y maduración de los microorganismos (Biomasa) dentro del Biodigestor. Existen procesos aerobios estrictos, que son aquellos que solamente pueden funcionar si hay Oxígeno, y los procesos aerobios facultativos, que son los que pueden alternar con anaerobios, de acuerdo a la concentración de Oxígeno disponible.

El metabolismo aerobio se encarga de desdoblar moléculas complejas en CO<sub>2</sub> y H<sub>2</sub>O, fundamentalmente. Los diferentes grupos de microorganismos tienen metabolismos diferentes, y por lo tanto son capaces de catalizar una amplia gama de sustancias, aunque algunas veces se obtienen otros productos secundarios además de los mencionados. Los procesos Aerobios son muy eficientes en ciclos relativamente sencillos, **SIN GENERAR MALOS OLORES**. La desventaja más notoria de los sistemas Aerobios frente a los Anaerobios radica en que los primeros generan como subproducto final una mayor cantidad de lodos que los sistemas Anaerobios.


**PROCESOS ANAERÓBIOS:** Estos procesos se realizan en ausencia de oxígeno externo y son realizados por varios grupos de bacterias heterótrofas, que mediante un proceso de licuefacción/gasificación convierten un 70% de la materia orgánica, primero en productos intermedios y finalmente en metano y CO<sub>2</sub> gaseosos. La mayor ventaja de este tipo de digestión es la baja producción de lodos, igualmente la producción de gas metano puede ser aprovechada en la generación de energía (Válido básicamente en plantas medianas y grandes, por su alto costo de implementación y los riesgos que implica el manejo de metano). Su desventaja radica en la generación de malos olores.

En los últimos veinte (20) años, tanto la Biodigestión ANAEROBIA como la AEROBIA se ha convertido en los países desarrollados en las tecnologías más atractivas para el tratamiento de aguas residuales tanto industriales como domésticas, incluso muy por encima de los tratamientos fisicoquímicos, dado sus bajos costos operacionales y sus altas eficiencias.

La desventaja inicial de las tecnologías AEROBIA y ANAEROBIA, relacionada con la baja tasa de crecimiento de los microorganismos implicados, la cual se traducía en reactores de grandes volúmenes con altos tiempos (días e incluso semanas) de retención hidráulica (TRH) y dificultades de operación, pudo ser resuelta gracias al desarrollo de una nueva generación de Bioreactores. En estos últimos, el problema de la baja tasa de crecimiento fue solucionado capturando la BIOMASA inicialmente bajo la forma de CONCENTRADORES DE BIOMASA y posteriormente bajo la forma de BIOPELICULAS sobre soportes estáticos o dinámicos (en movimiento), ejemplo de ello tenemos la siguientes tecnologías:

- UASB: Reactor Anaerobio de contacto con lodo flujo ascendente.
- IFAS: Reactor Aerobio Lecho Fijo.
- DSFF: Reactor de Flujo Descendente Lecho Fijo.
- MBBR: Reactor Aerobio ó Anaerobio ó Mixto Lecho Fluidizado.

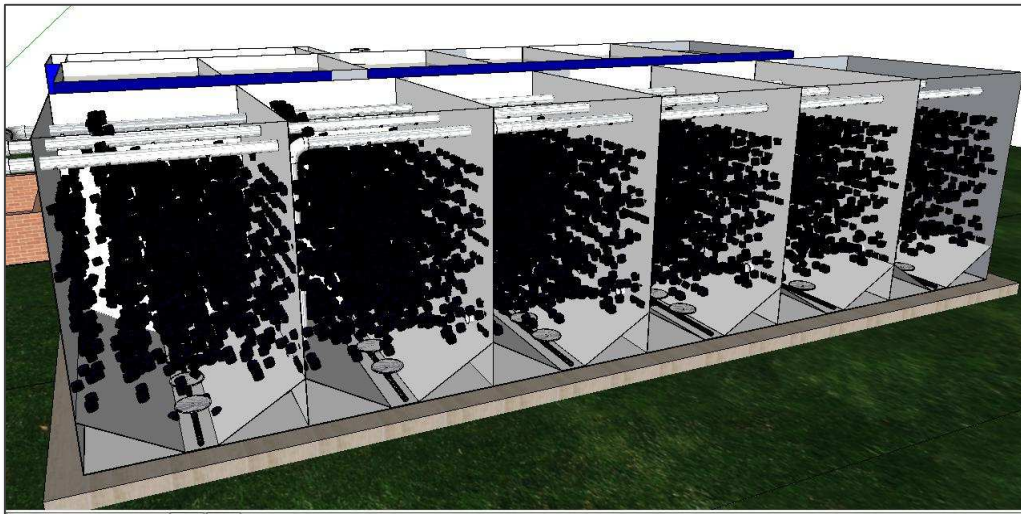
Con estas modificaciones, el tiempo de retención de los sólidos (TRS - Biomasa) en estos reactores se volvió independiente del de los líquidos (TRH), permitiendo el empleo de TRH muy cortos (desde unas horas en aguas poco contaminadas, hasta pocos días en aguas extremadamente

 <b>UNIVERSIDAD DE LOS LLANOS</b>	<b>PROCESO DE GESTIÓN DE APOYO A LA ACADEMIA</b>			
	<b>MANUAL DE OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUA RESIDUAL DOMESTICA (PTAR)</b>			
	<i>Código: MN-GCL-02</i>	<i>Versión: 01</i>	<i>Fecha de aprobación: 10/10/2019</i>	<i>Página: 8 de 28</i>

contaminadas) y en consecuencia permitiendo tratar aguas residuales con altas cargas volumétricas (4 à 40 kg DQO/m<sup>3</sup>reactor/día).

Esto se tradujo en reactores de tamaño muy reducidos y en una operación mucho más estable que antes. Con por lo menos 10.000 reactores de alta carga construidos en el mundo entero para tratar aguas contaminadas incluyendo derivados del petróleo e industrias químicas, se puede considerar que las tecnologías Aerobia y Anaerobia han alcanzado la madurez tecnológica. Hasta la fecha estas dos tecnologías han sido aplicadas no solamente para aguas residuales domésticas sino para el tratamiento de los efluentes de las industrias agroalimenticias y de fermentación (carnicería, panadería, cervecera, enlatadoras, destilerías de alcohol, queserías, lecherías, mataderos, curtido de pieles, procesamiento de la papa y de los pescados, producción de almidón, de ácido cítrico, de refrescos, dulces, café, chocolate, mermeladas, enzimas, jugos de fruta, levadura, azúcar, tabaco, vino), y de los efluentes de otros sectores industriales tales como los de las refinerías, papeleras y demás industrias.

## 5.2. TECNOLOGIA IMPLEMENTADA MOVING BED BIOFILM REACTOR (MBBR)



*Imagen 1: Biodigestores*

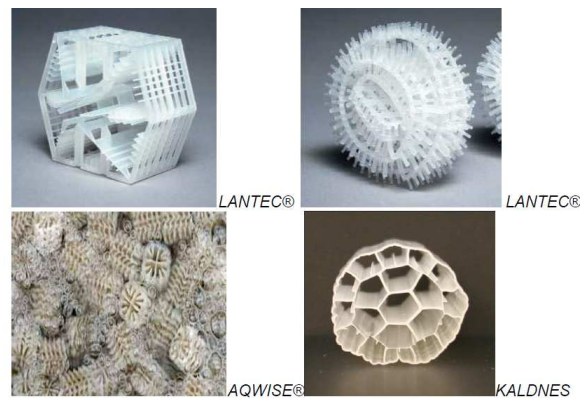
Es el sistema más avanzado existente en la actualidad en los países desarrollados para tratamiento de cualquier tipo de agua residual, denominado "MOVING BED BIOFILM REACTOR" (MBBR), el cual es un sistema que permite, primero, que las bacterias y en general la BIOMASA, se fijen a un lecho móvil plástico interno (Elementos Portadores de Biomasa (EPB) - BIOCARRIERS) instalado dentro de los Biodigestores.

El hecho de incorporar dentro de los Biodigestores, los Elementos Portadores de Biomasa (EPB) trae consigo ventajas como, primero se evita que salgan de los Biodigestores la BIOMASA (Bacterias + Materia Orgánica), ya que estos se adhieren fuertemente a los EPB y segundo en esos mismos Elementos las bacterias guardan grandes cantidades de los nutrientes que típicamente están presentes en el agua residual doméstica.



Como consecuencia de su diseño, el sistema MOVING BED BIOFILM REACTOR “MBBR” es sumamente estable, su arranque inicial y estabilización se hace en menor tiempo comparado con las demás tecnologías existentes. También se destaca la rápida estabilización en rearranques o reinicios después de prolongadas paradas.

La tecnología “MOVING BED BIOFILM REACTOR – MBBR ” “BIODIGESTION EN LECHO FLUIDIZADO”, incluye los dos procesos biológicos, AEROBIO y ANAEROBIO, facilitando la remoción de NITRÓGENO Y FOSFORO con las más altas eficiencias, cercanas al 85%, menores consumos de energía, de fácil mantenimiento y gran estabilidad, asegurando cumplimiento de la nueva norma ambiental Colombiana para VERTIMIENTO A CUERPOS DE AGUA, permitiendo incluso el reciclaje y reutilización del agua para riego de jardines, zonas verdes y cultivos.



**Imagen 2:** Tipos de elementos fijadores de biomasa

Con base en lo anteriormente expuesto nuestra empresa, ha desarrollado sistemas moving bed biofilm reactors (mbr) bioreactores de lecho fluidizado con elementos fijadores de biomasa de tres tipos:


- Aerobios.
- Anaerobios.
- Mixtos.

En modalidades de flujo horizontal ó flujo vertical (ascendente o descendente o combinados), dependiendo del tipo de contaminación y de los caudales a manejar.


Las características y ventajas de esta tecnología la resumimos a continuación:

### **5.3. VENTAJAS DE LA TECNOLOGÍA “MOVING BED BIOFILM REACTORS (MBBR)” BIOREACTORES DE LECHO FLUIDIZADO CON ELEMENTOS FIJADORES DE BIOMASA**

- ✓ Lecho Fluidizado: Todos nuestros Bioreactores contienen dentro, un lecho interno fluidizado, denominado por nuestros ingenieros “Elementos Fijadores de Biomasa (EFB)”, cuyo diseño geométrico e hidrodinámico garantizan una altísima área de transferencia (Entre 400 y 900 m<sup>2</sup> por cada m<sup>3</sup> de Elementos Fijadores de Biomasa (EFB)).

 <b>UNIVERSIDAD DE LOS LLANOS</b>	<b>PROCESO DE GESTIÓN DE APOYO A LA ACADEMIA</b>			
	<b>MANUAL DE OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUA RESIDUAL DOMESTICA (PTAR)</b>			
	<b>Código:</b> MN-GCL-02	<b>Versión:</b> 01	<b>Fecha de aprobación:</b> 10/10/2019	<b>Página:</b> 10 de 28

- ✓ Mucho menor generación de lodos: Por ser tecnología DE LECHO FLUIDIZADO altamente eficiente, las reacciones químicas y bioquímicas se completan totalmente, generando mucho menos cantidad de lodos.
- ✓ Mayor eficiencia: Por ser Biodigestores a los cuales se les incorporan lechos fijos “Elementos internos de geometrías que aumentan dramáticamente el área de contacto”, se fomenta la generación de millones de reacciones bioquímicas por segundo en todas las áreas del reactor. Con eficiencias superiores incluso al 90% de remoción de DBO y DQO siendo ideales para aguas residuales domésticas e industriales
- ✓ Menor Tamaño de Biodigestores: Al ocurrir las reacciones bioquímicas con mayor velocidad y eficiencia, el tamaño de los Biodigestores se hace menor, por lo tanto los tiempos de retención hidráulica en la tecnología de lecho Fluidizado siempre son menores llegando incluso a emplear tan solo unas pocas horas en completar la Biodigestión.
- ✓ Separación total de TRH y TRS: Al adherirse la biomasa (sustrato+ microorganismos) a los elementos fijadores de biomasa, internos del Biodigestor, se separan los tiempos de retención hidráulica (TRH) de los tiempos de retención de sólidos (TRS), permitiendo así disminuir los TRH.
- ✓ Menor Consumo de Energía: Al emplear tecnología de lecho fluidizado no se requiere el uso de sopladores con altos consumos de energía eléctrica ya que los requerimientos de Oxígeno son menores comparados con tecnologías como AIREACION EXTENDIDA LODOS ACTIVADOS.
- ✓ Mucha Mayor Estabilidad: Por ser tecnología de lecho fluidizado, los microorganismos junto con el alimento (sustrato) se fijan a la estructura interna del Biodigestor en lugar de salir de mismo, como sí ocurre con las demás tecnologías, asegurando la permanencia de la biomasa dentro del Biodigestor y por ende dando una gran estabilidad de operación.
- ✓ Menor Sensibilidad a Contaminantes Externos: Si por alguna eventualidad el agua residual es contaminada con alguna sustancia tóxica, los microorganismos tienen la posibilidad de esconderse bajo el mucílago adherido a los elementos fijadores del Biodigestor y sobrevivir permaneciendo en estado de latencia durante el tiempo que persista la contaminación y una vez pasada la anomalía volver a su estado normal.
- ✓ Menores Traumatismos por Falta de Nutrientes: Como ya se comentó los microorganismos adhieren su alimento a los elementos internos, guardando grandes excedentes de “comida” dentro de los microcavidades de los elementos fijadores de biomasa, para eventuales épocas cuando el agua residual no traiga los suficientes nutrientes; éste evento suele ocurrir en la mayoría de los casos cuando el régimen de lluvias es muy alto y no existe separación de redes, presentándose el fenómeno de dilución extrema.
- ✓ Mayor Facilidad de Operación y Control: La alta eficiencia, la muy baja generación de lodos, la gran estabilidad y demás ventajas antes mencionadas facilitan la operación y control de nuestra tecnología de Lecho Fluidizado.
- ✓ Menores tiempos de arranque y estabilización: Al tener la posibilidad de adherirse y formar rápidamente grandes colonias de microorganismos en el lecho fluidizado del biodigestor, los tiempos de arranque inicial y estabilización son mucho más cortos.
- ✓ Menores tiempos de Re-arranque: Si por alguna circunstancia se suspende temporalmente la operación del Biodigestor, su reinicio y re-estabilización es mucho más rápido frente a cualquier otra tecnología.
- ✓ Menores Costos Operativos: Al requerir menos energía eléctrica y menor supervisión de operación y mantenimiento, los costos operacionales son bastante menores (hasta 30%) que las demás tecnologías.
- ✓ Menores áreas para instalación: Como los tamaños de los biodigestores de lecho fluidizado suelen ser un 50% más pequeños al igual que la generación de lodos, las áreas requeridas para la instalación de este tipo de tecnología son ventajosamente más pequeñas.
- ✓ Mayores Cargas Contaminantes: Gracias a la elevada concentración de biomasa, adherida al lecho interno del biodigestor que se obtiene con esta tecnología, se pueden tratar aguas residuales con muy altas cargas, hasta 40 Kg DBO/m3 biodigestor/día y de DQO similares.

 <b>UNIVERSIDAD DE LOS LLANOS</b>	<b>PROCESO DE GESTIÓN DE APOYO A LA ACADEMIA</b>		
	<b>MANUAL DE OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUA RESIDUAL DOMESTICA (PTAR)</b>		
	<i>Código: MN-GCL-02</i>	<i>Versión: 01</i>	<i>Fecha de aprobación: 10/10/2019</i>

- ✓ Remoción de Nitrógeno: Merced a nuestros diseños en los cuales combinamos zonas anaerobias o anoxi con zonas aerobias (OXI) dentro de nuestros Biodigestores, la remoción de Nitrógeno a bajo costo es mayor a cualquier otra tecnología.

## 6. DESCRIPCIÓN DEL SISTEMA

### 6.1. PRETRATAMIENTO

Los procesos de pretratamiento son aquellos que se sitúan a la entrada de la planta de tratamiento de agua para eliminar residuos sólidos, arenas y grasas. Para que estos no dañen los equipos en las siguientes fases de tratamiento y no se genere sedimentación en las tuberías y conductos, obstruyéndolos o bien produciendo pérdidas de eficacia. En todos los procesos se eliminan los contaminantes del agua residual por medios físicos. Las principales operaciones de pretratamiento son: desbaste, desarenado, desengrasado y homogeneización.

#### 6.1.1. REJILLA



*Imagen 3: Rejilla*

Las rejillas se utilizan para impedir que sólidos de gran tamaño como trapos, pedazos de madera, botellas, bolsas etc, entren al sistema de tratamiento y dañen las bombas sumergibles. Si la limpieza no se realiza con frecuencia, los sólidos atrapados puede provocar turbulencia cuando la velocidad de flujo es alta; una velocidad alta reduce la eficiencia.

**NOTA:** La limpieza de las rejillas debe realizarse diariamente de forma manual para reducir la tendencia a obstrucciones y el daño de las bombas sumergibles.

### 6.1.2. POZO EYECTOR



*Imagen 4: Pozo eyector*

El agua residual llega por gravedad al pozo eyector mediante una tubería de 6". La estructura consiste en un tanque enterrado construido en concreto reforzado, diseñado para facilitar el bombeo de las aguas residuales al Sistema de tratamiento. Las dimensiones corresponden a 4.60 m de ancho por 5.20 m de longitud y profundidad de 3 m, volumen total de 17.5 m<sup>3</sup>. Dentro del pozo eyector se encuentra dos (2) bombas sumergibles de 4" encargadas de elevar rápidamente el agua residual al tanque equalizador.

**NOTA:** Se recomienda realizar la limpieza del pozo eyector cada 6 meses con una bomba paca.

### 6.1.3. TANQUE ECUALIZADOR



*Imagen 5: Tanque Ecuilizador*

El tanque ecualizador es una estructura construida en concreto reforzado a nivel de la superficie con medidas 4.60 m de ancho 5.20 m de longitud y 3.80 m de altura, capacidad de 90.9 m<sup>3</sup>. Allí el agua residual se prehomogeniza y es regulado el caudal para garantizar la alimentación al biodigestor a un caudal constante de 8 L/seg., empleando dos bombas sumergibles de 3" cada una.

**Nota:** Se recomienda realizar la limpieza al tanque ecualizador cada 8 meses.

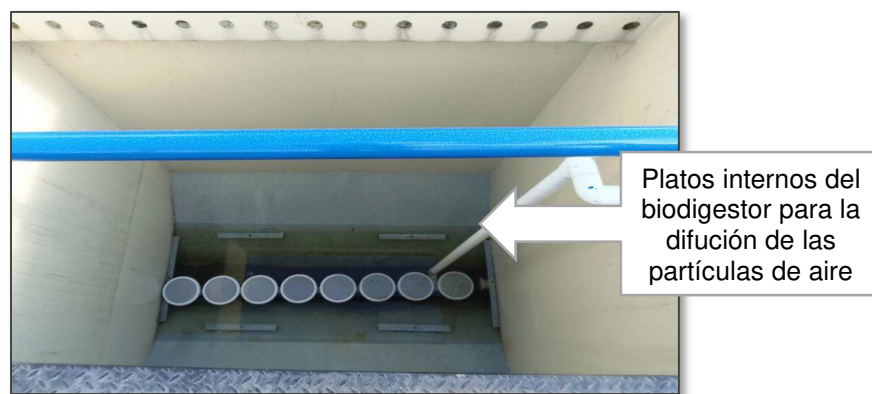
## 6.2. BIODIGESTORES



**Imagen 6:** Biodigestores

El sistema de Biodigestión está constituido por cuatro (4) biodigestores; cada biodigestor tiene un total de seis compartimientos o cámaras las cuales operan por llenado de una a la otra en serie, cuatro de las seis cámaras contendrán los Biocarriers (elementos plásticos fijadores de biomasa) cada Biodigestor tiene una capacidad en volumen de 89.8 (m<sup>3</sup>).

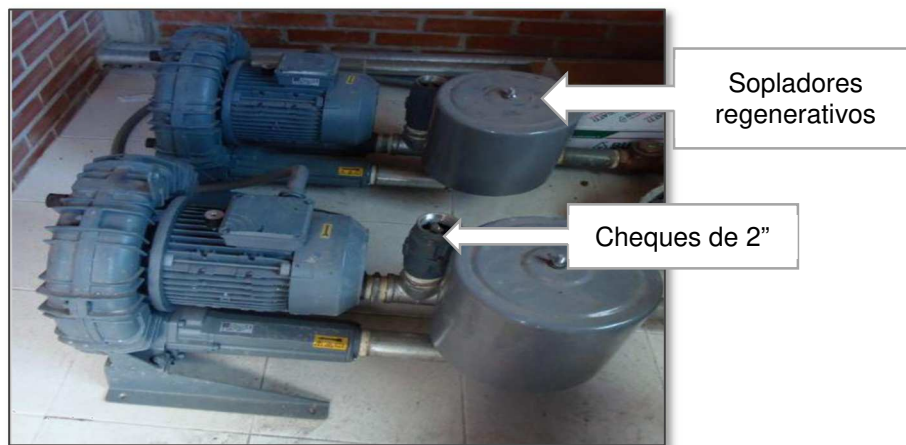
**Nota:** Un indicador para saber si hay exceso de lodos es cuando estos empiezan a flotar y se formarn flog . El sacodo de lodo se realizara según criterio del operador.



**Imagen 7:** Platos difusores

Dentro de los Biodigestores el agua residual es sometida a un proceso de aireación intermitente, por medio de inyección de aire a través de difusores de burbuja fina (ubicados en el fondo de cada Biodigestor) que inyectan el aire generado por dos Sopladores Regenerativos.

El aire suministrado por los sopladores, además de producir una agitación que garantiza una mezcla total entre la materia orgánica y las bacterias aeróbicas, suministra el oxígeno necesario para que estas bacterias puedan sobrevivir y se logre la digestión de la materia orgánica contenida en el AR. El Agua Residual permanece en el Biodigestor aproximadamente 10 horas en proceso de biodegradación. El agua biodigerida pasa por gravedad al tanque sedimentador. Las dimensiones del biodigestor son 13.30 m de longitud, 2.60 m de ancho y 2.82 m de altura.



*Imagen 8: Sopladores*

Existe una caseta de cuarto de máquinas y laboratorio, constituida por una estructura construida para alojar en uno de sus compartimentos dos (2) sopladores de 7HP cada uno, marca SDA trifásico, la operación es alterna cada 15 minutos.

**NOTA:** Se debe revisar que los cheques de los sopladores cada 15 días para verificar que no se peguen.

### 6.3. SEDIMENTADOR Ó CLARIFICADOR

El agua residual biodigerida en los Biodigestores pasa luego al tanque sedimentador en el cual se sedimentan lodos orgánicos y el agua de esta forma es clarificada; tiene un volumen de 38.2m<sup>3</sup> y dimensiones 5.20 m de longitud, 2.60 m de ancho y 2.82 m de altura. El sedimentador está dotado con módulos de sedimentación acelerada para mejorar la clarificación del agua biodigerida. El fondo del sedimentador es tipo tolva concentradora para facilitar la extracción de lodos.



*Imagen 9: Sedimentador*

Una vez sedimentados, los lodos orgánicos son drenados manualmente mediante un registro de 6", hacia una caja de recepción de lodos, semienterrada de 2.10 m de anch , 2.10 m de largo y 1.70 m de profundidad, volumen de 7.50 m<sup>3</sup>, la cual contiene una bomba sumergible de 3", que permite el bombeo de los lodos al primer Biodigestor logrando reciclar así, parte de los lodos nuevamente a los Biodigestores.



*Imagen 10: Caja sedimentadora*

**Nota:** Se recomienda realizar mantenimiento al sedimentador cada 6 meses, por medio de la ventada de inspección y realizar evacuación de lodos cada mes a la caja de sedimentación.

#### 6.4. TANQUE DE DESINFECCIÓN (CLORADOR)



*Imagen 11: Tanque de desinfección*

Para la eliminación de bacterias, el agua ya tratada (Biodigerida y Clarificada) pasa a desinfección final, la cual se hace por Cloración del efluente de agua clarificada que sale lateralmente por la parte superior del Clarificador al tanque de desinfección. El AR clarificada pasa a un mezclador estático tipo hidrociclón ubicado dentro del tanque de desinfección. Allí el agua recibe cloro líquido inyectado por una bomba dosificadora de microprecisión (una gota cada 11 segundos) para obtener un cloro residual de 0.3 mg/litro. La bomba dosificadora se enciende automáticamente por orden de un sensor que envía la señal de encendido cuando llega agua al tanque de desinfección. Las dimensiones de cada uno de los cilindros son 2.8 m de altura y 1.40 m de diámetro.

#### 6.5. DOSIFICADOR DE CLORO

El operario deberá revisar periódicamente que la bomba dosificadora no presente taponamientos en sus conducciones y válvulas de control de flujo. Para ello, debe extraer la válvula de pie de cada tanque, revisarla y preferiblemente lavarla. Inspeccionara la manguera y verificara que no tenga sólidos en su interior. Tendrá cuidado también de mantener limpio el tanque de preparación de solución y no dejará almacenar lodos dentro del tanque. Igualmente debe verificar periódicamente que el sistema de control automático opere de acuerdo al diseño estipulado.



*Imagen 12: Bomba dosificadora de cloro*



## 6.6. SISTEMA DE FILTRACIÓN



**Imagen 13:** Sistema de filtración

Una vez el agua ha sido clarificada y desinfectada, esta pasa al sistema de filtración que consiste en un tanque acumulador vertical y tres filtros verticales con lecho filtrante de arena. Este sistema permite la reducción de los sólidos suspendidos que lograron pasar luego del proceso de clarificación, garantizando el cumplimiento de la Norma Ambiental. Las medidas de cada filtro son de 1.35 m de altura y 1.30 m de diámetro. Finalmente el agua biodigerida, clarificada, desinfectada y filtrada es enviada a su disposición final.

El retrolavado de los lechos filtrantes se realiza para evitar la saturación de los filtros con aumento en la pérdida de carga y/o baja calidad en la apariencia del agua tratada. Este lavado se realiza cambiando el sentido de flujo en los filtros para retirar la materia sólida retenida en el ciclo de operación normal. El tiempo estimado entre cada retrolavado puede ser cada dos días, dependiendo de la concentración de sólidos suspendidos presente en el agua de entrada, puede hacerse también diariamente. Para efectuar el retrolavado, el operario coloca las válvulas adecuadas en la posición necesaria, primero para un filtro y luego para el otro. Una vez terminado el retrolavado, el operario debe retornar todas las válvulas a la posición de funcionamiento normal. Estos estados, están definidos para cada válvula, en la siguiente tabla:

Válvula	Descripción	Estado	Observación
	Módulo bomba de filtración en tablero de control.	Manula	Revisar previamente que el tanque de bombeo tenga agua suficiente
	Bomba de filtración.	ON	
V1	Válvula manual de ingreso agua bomba de impulsión.	Abierta	
V2	Válvula de descarga de la bomba de impulsión.	Abierta	
V3	Válvula de retrolavado manual filtro 1.	Back Wash	En esta posición debe permanecer por 10 min. Al finalizar retorne a posición filter. Y empiece el retrolavado del otro filtro.

**Nota:** Se recomienda realizar retrolavado cada dos días.

## 6.7. TOMA MUESTRA



*Imagen 14: Llave de muestreo*

Con el objetivo de evaluar la calidad del efluente del sistema, y conocer la eficiencia del tratamiento, y el funcionamiento de la planta, es necesario realizar semestralmente, una evaluación fisicoquímica y microbiológica del efluente.


## 6.8. LECHO DE SECADO DE LODOS



*Imagen 15: Lechos de secado de lodos*

Cuando el manto de lodos en la cámara clarificadora se eleva por encima del nivel óptimo, es necesario extraer el exceso de lodos para su disposición final con un perador externo.

Los lechos de secado son las estructuras donde los lodos provenientes de la cámara clarificadora son depositados. Las dimensiones son 5.54 m de longitud, 3.30 m de ancho y altura de 1 m., se

 <b>UNIVERSIDAD DE LOS LLANOS</b>	<b>PROCESO DE GESTIÓN DE APOYO A LA ACADEMIA</b>		
	<b>MANUAL DE OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUA RESIDUAL DOMESTICA (PTAR)</b>		
	<b>Código:</b> MN-GCL-02	<b>Versión:</b> 01	<b>Fecha de aprobación:</b> 10/10/2019

disponen los lodos e 4 lechos de secado con tabiques divisorios de 15 cm de espesor. El lecho está formado por una capa de arena y una de grava colocadas sobre tuberías ranuradas de PVC de 3". La parte líquida del lodo se infiltra y es retornada al foso de bombeo para que sea tratada nuevamente, y los lodos deshidratados quedan depositados en la parte superior del lecho de donde son deshidratados y luego retirados y llevados al sitio de disposición final con un gestor externo.

La estabilización con cal se realiza para elevar el pH arriba de 12 condiciones en las cuales los microorganismos no mantienen sus funciones metabólicas, como consecuencia de ellos, mientras se mantenga ese valor de pH, los lodos no expedirán olores, no serán vectores infecciosos y se eliminará su potencial de putrefacción. Este proceso puede ser previo al proceso de deshidratación o posterior a él, y se utiliza tanto cal hidratada ( $\text{Ca}(\text{OH})_2$ ), como cal viva, ( $\text{CaO}$ ).

Antes de ser vertidas las aguas residuales al cuerpo de agua, estas llegan a una caja de inspección o estructura de paso construida en concreto revestido de 1 m de ancho, 1 m de largo y 0.45 m de profundidad.



**Imagen 16:** Caja de descole

Las aguas residuales tratadas de la PTAR son conducidas a una distancia de 20 metros al punto de descole en tubería de 4" para ser vertidas al canal que desemboca en el caño piñalito, punto georeferenciado bajo coordenadas geográficas 04° 04' 33.9" N y 73° 35' 02.5" W, a 386 msnm.

## 6.9. MEDIDOR DE AGUA



**Imagen 17:** Medidor de agua

El operador deberá registrar diariamente la medición de caudal, para llevar el control del caudal de descarga y que este no supere el caudal otorgado de 8 litros por minuto.

## 6.10. TABLERO DE CONTROL




*Imagen 18: Tablero de control*

Desde el tablero de control se suministra energía para el encendido de las válvulas de la planta, por lo que se debe verificar su funcionamiento diariamente.

## 7. MANTENIMIENTO DEL SISTEMA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES

Es el mantenimiento preventivo que se realiza para conservar en buen estado las instalaciones y equipos de la planta; asegurando su buen funcionamiento y alargando su vida útil. Consiste en la ejecución de rutinas de trabajo que se realizan con mayor o menor frecuencia para prevenir daños.

<b>MANTENIMIENTO DIARIO</b>		
<b>No</b>	<b>ACTIVIDAD</b>	<b>RESPONSABLE</b>
1	Limpie con la nasa los elementos flotantes en los tanques.	Operador
2	Mantenga limpia la rejilla de entrada a la planta, retire los materiales no degradables tales como papeles, toallas sanitarias etc. Colóquelas en un lugar debidamente protegido de los insectos o depredadores. (Ej., Un recipiente plástico). Posteriormente estos elementos son dispuestos como residuo sólido.	Operador
3	Limpie los vertederos y las bocas de tubería a la entrada y salida de los tanques.	Operador
4	Revise que la operación eléctrica y mecánica de los equipos sea correcta. (Amperaje y voltaje).	Operador
5	Verifique que los difusores estén trabajando adecuadamente.	Operador
6	Destape la tubería de retorno de lodos en caso necesario.	Operador
7	Efectúe los análisis necesarios en el sitio tales como: PH, oxígeno disuelto, cloro y concentración de lodos.	Operador
8	Verifique el manto de lodos en el clarificador 0.60 m para prevenir el escape de lodos en el agua tratada.	Operador
9	Verifique el nivel de Cloro líquido en el respectivo tanque. De agotarse reemplace el tanque por uno lleno.	Operador
10	Lave si es necesario los tres filtros de arena	Operador


 <b>UNIVERSIDAD DE LOS LLANOS</b>	<b>PROCESO DE GESTIÓN DE APOYO A LA ACADEMIA</b>		
	<b>MANUAL DE OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUA RESIDUAL DOMESTICA (PTAR)</b>		
	<b>Código:</b> MN-GCL-02	<b>Versión:</b> 01	<b>Fecha de aprobación:</b> 10/10/2019

<b>MANTENIMIENTO SEMANAL</b>		
<b>No</b>	<b>ACTIVIDAD</b>	<b>RESPONSABLE</b>
1	Revise el filtro de aire del soplador.	Operador
2	Ajuste el tiempo de trabajo en soplador de acuerdo a las características del agua tratada y al contenido de oxígeno disuelto en el licor mixto.	Operador
3	Retire la basura y desperdicios cerca al equipo y a la planta y entérrelos o guárdelos en un recipiente plástico hermético	Operador
4	Raspe los muros y tolva de clarificador.	Operador
5	Verifique la cantidad de cloro disponible para la planta.	Operador
6	Verifique el contenido de solución de sulfito de sodio en el tanque de preparación y ajuste el caudal de la bomba dosificadora si fuere necesario.	Operador
7	Lave los tres filtros de arena si es necesario.	Operador
8	Drene lodos hacia pozo eyector o hacia lechos de secado según su concentración en el Biodigestor.	Operador

<b>MANTENIMIENTO MENSUAL</b>		
<b>No</b>	<b>ACTIVIDAD</b>	<b>RESPONSABLE</b>
1	Verifique el estado de los rodamientos del motor del soplador.	Operador
2	Verifique la temperatura del motor del soplador.	Operador
3	Revise el filtro de aire y límpielo si es necesario. (Ver instrucciones de mantenimiento en el catálogo adjunto para los filtros). Para la limpieza del filtro utilice aire a presión.	Operador

<b>MANTENIMIENTO ANUAL</b>		
<b>No</b>	<b>ACTIVIDAD</b>	<b>RESPONSABLE</b>
1	Cepille y pinte las partes metálicas y tuberías con pintura aroflex de pintuco o similar.	Operador
2	Drene completamente el clarificador inspeccionando el estado estructural y los elementos metálicos sumergibles efectuando los mantenimientos del caso.	Operador

<b>MANTENIMIENTO ESPECIAL DEL CLARIFICADOR</b>		
<b>ACTIVIDAD</b>	<b>DESCRIPCIÓN</b>	<b>RESPONSABLE</b>
<b>Acumulación de lodos</b>	Es muy importante que el operador raspe las tolvas del clarificador, con el fin de impulsar el lodo hacia abajo para un fácil retorno al tanque de aireación. Tenga cuidado de no agitar en exceso el agua, pues se pierde el efecto de clarificación. Este proceso de limpieza puede ser semanal o cuando la experiencia del operario lo considere conveniente. Tenga cuidado al limpiar el tanque de no dañar la tubería de PVC en el fondo del tanque.	Operador
<b>Canales internos en el lodo</b>	También se pueden presentar problemas con la formación de canales internos en el lodo depositado en el fondo del clarificador. Este problema se detecta en el retorno de los lodos al tanque de aireación cuando este se nota de muy baja concentración. Con el raspado y movimiento cuidadoso de los lodos en el fondo del tanque clarificador, se logra un correcto retorno de los mismos al pozo eyector o a los lechos de secado.	Operador
<b>Lodo denso</b>	Otras tantas veces, el lodo se vuelve tan denso que es difícil su retorno al tanque de aireación, una pequeña agitación en el fondo del clarificador hará una mejor dilución de los lodos.	Operador

	<b>PROCESO DE GESTIÓN DE APOYO A LA ACADEMIA</b>		
	<b>MANUAL DE OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUA RESIDUAL DOMESTICA (PTAR)</b>		
	<b>Código:</b> MN-GCL-02	<b>Versión:</b> 01	<b>Fecha de aprobación:</b> 10/10/2019

<b>Obstrucción</b>	Si se obstruye el tubo para retorno de lodos, se destapa manualmente retirando el tapon superior y sondeado el tubo vertical.	Operador
--------------------	---	----------

<b>MANTENIMIENTO ESPECIAL DIFUSORES DE BURBUJA FINA</b>		
<b>ACTIVIDAD</b>	<b>DESCRIPCIÓN</b>	<b>RESPONSABLE</b>
<b>Inspección del difusor</b>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Añada agua hasta alcanzar un nivel de aproximadamente 50 - 75 mm sobre los difusores.</li> <li>2. Inspeccione todas las juntas para verificar que no haya fugas de aire.</li> <li>3. Verifique que todos los difusores tengan una distribución uniforme de aire.</li> <li>4. Deje ahora el difusor en funcionamiento durante varias horas. Si hay algún difusor por el que no salga aire o que sale a un caudal muy bajo en comparación con el resto de los difusores, marque el punto y compruebe la altura del difusor.</li> <li>5. Si la altura es correcta, quite el difusor y revíselo. Si el orificio esta limpio, vuelva a colocar el elemento del difusor. Asegúrese de mantener el flujo de aire sobre el sistema que el nivel del agua esté por encima de los difusores. Esto impedirá que se depositen sedimentos u otras partículas finas en los poros de los elementos del difusor.</li> <li>6. Si el tanque ha de estar fuera de servicio durante un periodo prolongado, es importante mantener un nivel mínimo de 1 m de agua sobre los difusores.</li> </ol> <p>Para guardar el sistema durante un tiempo, añada más de 1 m de agua a fin de impedir que el sistema de tuberías se dañe.</p>	Operador
<b>Características de funcionamiento de los difusores</b>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. El régimen de funcionamiento de los difusores de Burbuja Fina de 9 pulgadas está comprendido entre 1,0 y 2,0 CFM<sup>2</sup> por difusor.</li> <li>2. La utilización de los difusores por encima de 3.5 CFM disminuye la eficiencia de transferencia de oxígeno, reduce la vida de la membrana y aumenta las pérdidas de carga.</li> <li>3. No utilice los difusores de 9" con un caudal de aire menor de 0,5 CFM, se obstruyen fácilmente.</li> </ol>	Operador
<b>Incrustaciones en los difusores</b>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Las incrustaciones en los difusores se dividen en dos grandes categorías: del lado del aire y del lado del licor mixto.</li> </ol>	Operador
<b>Entre las causas de las incrustaciones del lado del aire cabe citar</b>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Polvo y tierra sin filtrar o filtrado inadecuadamente.</li> <li>2. Aceite de los sopladores.</li> <li>3. Oxidación e incrustaciones de la corrosión de la tubería principal de aire.</li> <li>4. Oxidación y descamación posterior de capas bituminosas de la tubería principal de aire.</li> <li>5. Escombros de la construcción.</li> <li>6. Sólidos del licor mixto que entran por fugas o grietas del sistema.</li> <li>7. Polvo y tierra sin filtrar o filtrado inadecuadamente.</li> <li>8. Aceite de los sopladores.</li> <li>9. Oxidación e incrustaciones de la corrosión de la tubería principal de aire.</li> <li>10. Oxidación y descamación posterior de capas bituminosas de la tubería principal de aire.</li> <li>11. Escombros de la construcción.</li> <li>12. Sólidos del licor mixto que entran por fugas o grietas del sistema.</li> </ol>	Operador

<sup>2</sup> La siglas CFM en inglés Cubic Feet per Minute.

<b>MANTENIMIENTO ESPECIAL DIFUSORES DE BURBUJA FINA</b>		
<b>ACTIVIDAD</b>	<b>DESCRIPCIÓN</b>	<b>RESPONSABLE</b>
<b>Entre las causas del taponamiento del lodo del licor mixto</b>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Material fibroso adherido al elemento de difusor.</li> <li>2. Aceites y grasas en las aguas residuales.</li> <li>3. Sedimentos precipitados de hierro y carbonatos.</li> <li>4. Crecimiento biológico o lodos.</li> </ol> <p>Las incrustaciones del lodo del licor son mas frecuentes que del lodo de aire. Las del lodo del aire son poco comunes.</p>	Operador
<b>Limpieza por aire a presión</b>	<p>La limpieza por ráfagas de aire se efectúa aumentando el caudal por difusor a 3,5 CFM durante 20 o 30 minutos.</p> <p>La frecuencia de estas limpiezas esta determinada por las condiciones de operación.</p>	Operador
<b>Sistema de Purga</b>	<p>(Evacuación del agua condensada en el distribuidor de aire)</p> <p>El sistema de purga o evacuación de agua es un sistema de extracción de aire para retirar el agua que entra en el sistema de aireación debido a condensación por medio de la válvula de ½". El exceso de agua en los distribuidores de aire reduce la sección neta útil del tubo y puede restringir el caudal de aire, ocasionando la necesidad de una presión mayor y gastos de funcionamiento más altos. El exceso de agua en el sistema también puede provocar una distribución deficiente del aire.</p> <p>La frecuencia de uso del sistema de purga es muy variable. En aplicaciones en climas secos, quizá no se necesite nunca, mientras que en climas tropicales tal vez se deba utilizar diariamente. Un buen método practico es abrir la válvula de purga una vez por semana para evacuar el agua del sistema. La duración del tiempo de purga varía. Debe durar hasta que salga una niebla leve de la válvula de purga. El operador debe purgar una o dos parrillas al mismo tiempo. Es posible que abrir todas las válvulas de purga de un sistema de parrillas múltiples quite demasiado aire disponible de la operación primaria.</p> <p><b>Nota:</b> Durante el funcionamiento normal él líquido que sale del sistema de purga debe ser más bien claro. Si él liquido que sale del sistema de purga tiene el color del licor mixto, es probable que haya una fuga en el sistema de tuberías.</p>	Operador
<b>Interrupción del suministro de energía y pérdida del suministro de aire</b>	<p>Si los difusores están fuera de servicio durante un periodo prolongado, se depositan sólidos sobre la superficie del difusor y puede entrar licor mixto en los distribuidores de aire. De ser posible, debe seguirse el procedimiento siguiente para volver a poner en funcionamiento el sistema de aireación:</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Abra todas las válvulas de purga.</li> <li>2. Inicie lentamente el flujo de aire a las parrillas de aireación.</li> <li>3. Deje que se evacue el agua del sistema</li> <li>4. Cierre las válvulas de purga</li> <li>5. Aumente el caudal de aire 3,5 CFM por difusor y limpie el sistema con ráfagas de aire durante 30 minutos.</li> <li>6. Retorne el caudal de aire al régimen de funcionamiento normal.</li> </ol>	Operador
<b>Inspección</b>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. La buena practica exige la inspección del drenaje y de las parrillas del tanque, una vez al año. Se debe inspeccionar cada parrilla de</li> </ol>	Operador

**MANTENIMIENTO ESPECIAL DIFUSORES DE BURBUJA FINA**

ACTIVIDAD	DESCRIPCIÓN	RESPONSABLE
	<p>aireación como mantenimiento preventivo.</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>2. Verifique que no haya anillos de retención flojos en los difusores y juntas. Compruebe que no haya pernos de anclaje flojos y, si los hubiese, apriételos. Retire cualquier exceso de sedimentos sólidos y cualquier acumulación excesiva en la parrilla.</li> <li>3. No permita que los sólidos biológicos se depositen en forma de costra sobre los elementos de difusor. Si los difusores han de estar expuestos a la luz solar y al calor durante varios días, desaloje los sólidos biológicos de los difusores con una manguera y agua limpia.</li> <li>4. No deje que el equipo este expuesto a la luz solar durante períodos prolongados de tiempo.</li> </ol>	
<b>Precauciones ante una larga parada.</b>	<p>Si un tanque ha de estar fuera de servicio durante un periodo prolongado, es necesario adoptar ciertas precauciones. Debe protegerse el sistema de tuberías de plástico contra la luz solar y la degradación por rayos ultravioletas. A tal efecto se cubre el sistema con agua limpia.</p> <p>Si su instalación tiene difusores de membrana, conviene dar aire periódicamente al sistema sumergido a fin de mantener las condiciones aerobias.</p>	Operador
<b>Mantenimiento difusor de membrana. (Más recomendado)</b>	<p>Método sugerido de limpieza de difusores de membrana "in situ"</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Desocupe el tanque de aireación con el aire soplando.</li> <li>2. Utilizando una manguera, lave con agua limpia cada difusor durante veinte a treinta segundos a una presión de boquilla de 400 kPa. Se debe dejar el caudal de aire a la parrilla de aireación que se está limpiando a aproximadamente 3.0 CFM por difusor.</li> <li>3. Desconecte el aire a la parrilla de aireación que está limpiando.</li> <li>4. En caso necesario, utilice un trapo o cepillo de cerdas blandas para restregar cada difusor a fin de retirar cualquier depósito de lodos, precipitados químicos o aceite que haya quedado.</li> <li>5. Conecte el suministro de aire y limpie los difusores nuevamente con la manguera, según lo indicado en el punto 2.</li> <li>6. Revise visualmente el sistema de aireación para determinar si se aflojo o dañó algo durante la limpieza.</li> <li>7. Cuando haya limpiado e inspeccionado el tanque, llénelo con efluente de la planta hasta una profundidad de aproximadamente 50 mm por encima de la parte superior del elemento difusor.</li> <li>8. Aumente el caudal de aire a 3.5 CFM por difusor y verifique que no haya fugas, asegurándose de que el aire se distribuya de modo uniforme por la parrilla. Haga las reparaciones necesarias.</li> <li>9. Deje en funcionamiento el sistema de aireación durante varias horas y retórnelo a servicio.</li> </ol>	Operador
<b>Programa de mantenimiento del sistema recomendado</b>	<p>Si las operaciones de la planta lo permiten, se recomienda observar el siguiente programa de mantenimiento al menos una vez por año:</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Desocupe el tanque.</li> <li>2. Quite el exceso de sedimentos sólidos acumulados.</li> <li>3. Limpie los difusores de ser necesario.</li> <li>4. Inspeccione los soportes, verificando que todos los componentes estén intactos y bien apretados.</li> <li>5. Inspeccione los difusores, verificando que todos los anillos estén en su lugar y bien apretados.</li> </ol>	Operador





<b>ANÁLISIS DE LA PLANTA</b>		
<b>ACTIVIDAD</b>	<b>DESCRIPCIÓN</b>	<b>RESPONSABLE</b>
<b>Oxigeno disuelto</b>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. La determinación del oxígeno disuelto debe ser de 2.0 P.P.M. en el tanque de aireación y 1.0 P.P.M. en el clarificador.</li> <li>2. El oxigeno disuelto debe tomarse al final del periodo de aireación y retirar la muestra en la mitad de la profundidad del tanque.</li> <li>3. Es conveniente la elaboración de un perfil de O.D. horizontal y vertical a lo largo y ancho del tanque para verificar si hay zonas con deficiencia.</li> </ol>	Operador
<b>pH</b>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. La determinación del PH se hace con el comparador, utilizando rojo fenol como reactivo o utilizando un determinador digital de P.H (Análisis diario).</li> <li>2. El PH normal para la operación de la planta esta comprendido entre 6.5 y 8.5 para que la bacteria responsable de la digestión de las aguas residuales pueda vivir. En caso contrario, se deben efectuar las correcciones adicionando ácido muriatico para bajarlo o soda Cáustica para subirlo en cantidades recomendadas.</li> <li>3. Cambios súbitos en el Ph indica que hay algo anormal en las descargas. Tome las medidas correctivas necesarias.</li> </ol>	Operador
<b>Cloro residual</b>	La determinación se hace con un comparador colorimetrico de cloro. Ajustar la dosificación de Hipoclorito para un cloro residual de 0.5 P.P.M. En el efluente final.	Operador

### 8. PROBLEMAS COMUNES Y SUS SOLUCIONES

<b>ACTIVIDAD</b>	<b>DESCRIPCIÓN</b>
<b>Operación normal</b>	<p>Si todo el equipo esta funcionando correctamente, se observan los siguientes fenómenos:</p> <p><b>Tanque de aireación:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Burbujas de aire en movimiento ascendente, color café oscuro (chocolate) del agua y sin espuma.</li> <li>✓ Lodo con sólidos del 20% al 50%, a la media hora.</li> <li>✓ Oxigeno disuelto de 2.0 P.P.M.</li> </ul> <p><b>Tanque de sedimentación:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Superficie clara.</li> <li>✓ El lodo se observa a una a profundidades de 50 centímetros o más.</li> <li>✓ Oxigeno disuelto de 1.0 P.P.M.</li> </ul> <p><b>Efluente:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Claro, transparente.</li> </ul>
<b>Mala operación de la planta</b>	<p><b>Licor Mixto:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Al tomar la muestra para lodos esta es turbia, lodo negro se asienta en el fondo y el agua tiene olor.</li> <li>✓ Flotación de lodos en la muestra luego de una hora.</li> <li>✓ Efluente turbio y séptico.</li> </ul>
<b>Bloqueo en los difusores o líneas de aire planta séptica.</b>	<p><b>Tanque de aireación:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>✓ No hay burbujas, liquido color negro.</li> <li>✓ No hay oxigeno disuelto.</li> <li>✓ Mal olor.</li> </ul> <p><b>Tanque sedimentador:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Sólidos flotantes.</li> </ul>

ACTIVIDAD	DESCRIPCIÓN
	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Olor penetrante.</li> <li><b>Efluente:</b></li> <li>✓ Oscuro.</li> <li><b>Remedio:</b></li> <li>✓ Aumente el suministro de aire.</li> <li>✓ Limpie los difusores y las líneas de aire</li> <li>✓ Una vez este corregido el problema coloque la aireación continuamente hasta que retorne el color café al tanque de aireación y el oxígeno disuelto sea superior a 1.0 P.P.M.</li> </ul>

### 8.1. AIREACIÓN EXCESIVA

ACTIVIDAD	DESCRIPCIÓN
Tanque de aireación	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Espuma excesiva:</li> <li>✓ Espuma blanca indica lodo joven</li> <li>✓ Espuma café lodo viejo y debe procederse a su extracción de acuerdo a lo indicado mas adelante en este manual.</li> <li>✓ Sólidos del 5% al 15% en lodo activado.</li> <li>✓ Mala separación de líquidos y sólidos.</li> </ul>
Tanque sedimentador	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ No es visible el manto de lodos</li> <li>✓ Lodos flotantes en algunas zonas.</li> </ul>
Efluente	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Alto contenido de sólidos.</li> </ul>
Solución	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Reduzca el tiempo de aireación hasta que reaparezca el color café.</li> <li>✓ Utilice químicos para evitar la espuma si fuere necesario.</li> </ul>

### 8.2. NO HAY RETORNO DE LODOS


ACTIVIDAD	ACTIVIDAD
Tanque de aireación	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Color chocolate o gris.</li> <li>✓ Sólidos de un 10% a 25% en lodo activado.</li> <li>✓ Oxígeno disuelto de 1P.P.M. a 3 P.P.M.</li> </ul>
Tanque sedimentador	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Lodos flotantes.</li> </ul>
Efluente	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Alto contenido de sólidos.</li> </ul>
Solución	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Probablemente se deba a un inadecuado retorno de los lodos al tanque de aireación y se a perdido la concentración de los mismos.</li> <li>✓ Revise la correcta operación de los sistemas neumáticos para retorno de lodos.</li> <li>✓ Efectúe las operaciones indicadas en la sección de mantenimiento.</li> </ul>

### 8.3. ESPUMA EXCESIVA

ACTIVIDAD	ACTIVIDAD
Solución	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Adicione al tanque de aireación algún antiespumante para impedir la formación de espuma.</li> </ul>

### 8.4. GRASA EN EL TANQUE CLARIFICADOR

ACTIVIDAD	ACTIVIDAD
Solución	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Verifique las posibles contaminaciones de grasa. Remueva la grasa de los tanques en forma manual.</li> </ul>

 <b>UNIVERSIDAD DE LOS LLANOS</b>	<b>PROCESO DE GESTIÓN DE APOYO A LA ACADEMIA</b>			
	<b>MANUAL DE OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUA RESIDUAL DOMESTICA (PTAR)</b>			
	<i>Código: MN-GCL-02</i>	<i>Versión: 01</i>	<i>Fecha de aprobación: 10/10/2019</i>	<i>Página: 28 de 28</i>

### 8.5. ESTABILIZACION DE LODOS

ACTIVIDAD	ACTIVIDAD
Utilizando Cal	✓ El fundamento es la creación de las condiciones fisicoquímicas capaces de inhibir el proceso de la degradación de la materia orgánica. Adicionar la cal al lodo en estado líquido manteniendo el pH en 12,5 durante 30 minutos.

### 9. DOCUMENTOS DE REFERENCIA

- **FO-GCL-06** Formato para toma de lectura de medidores de agua.
- **FO-GCL-13** Planilla de control de la planta de tratamiento de agua residual.

### 10. CONTROL DE CAMBIOS

Versión	Fecha	Cambios	Elaboró/Modificó	Revisó	Aprobó
01	10/10/2019	Documento nuevo.	Laura X. Palma <i>Prof. Apoyo Ambiental</i>	Jorge García <i>Prof. Esp. Ambiental</i>	Samuel Betancur <i>Asesor Planeación</i>