



INSTITUTO TECNOLÓGICO NACIONAL DE  
TUXTLA GUTIÉRREZ.

RESIDENCIA PROFESIONAL

“EVALUACIÓN DE LA EFICIENCIA DE REMOCIÓN DE COLOR DE UN  
REACTOR ANAEROBIO TIPO UASB DE AGUAS RESIDUALES DE  
PLANTA AVÍCOLA”.

INGENIERÍA QUÍMICA

ALUMNA:  
LESLY GABRIELA HIDALGO ESPINOSA

ASESOR INTERNO:  
ING. ROCÍO FARRERA ALCÁZAR

ASESOR EXTERNO:  
ING. MARTÍN HIDALGO TRUJILLO

TUXTLA GUTIÉRREZ, CHIAPAS. AGOSTO-DICIEMBRE 2018.

## AGRADECIMIENTOS.

---

A mi mamá por ser la promotora de mis sueños, por confiar y creer siempre en mí, por el trabajo y sacrificio hecho a lo largo de estos años, gracias a ti he logrado cumplir una de mis metas y convertirme en lo que soy hoy. Eres el pilar más importante en mi vida y es un orgullo y privilegio ser tu hija.

A mis compañeros y amigos que recorrieron este camino conmigo y en especial a una persona que ya no está pero que estuvo presente en esta etapa tan importante de mi vida y estuvo en todo momento apoyándome dándome fuerza y ánimos, eres parte de mi logro.

Así mismo agradezco a mis asesores y al ing. Jonathan Sansebastián Sánchez y al ing. Luis Juárez Bonifaz por la oportunidad y los consejos y ayuda brindada a lo largo de la residencia con lo cual se pudo culminar este proyecto.

## RESUMEN

---

La presente investigación consistió en monitorear los parámetros alfa y la remoción de color de los reactores anaerobios tipo UASB (Upflow Anaerobic Sludge Blanket) de la PTAR (Planta de Tratamiento de Aguas Residuales) de la planta procesadora de aves de Grupo Pecuario Buenaventura.

Se monitoreo durante un periodo de dos meses, centrándonos en los parámetros alfa de 0.81 a 1 de los reactores anaerobios.

Cada RAN (Reactor Anaerobio) trabajo bajo un sistema diferente debido a la cama de lodos y a la velocidad del flujo, de los cuatro reactores monitoreados uno RAN dio buenos resultados en cuanto a parámetros fisicoquímicos y biológicos con un flujo volumétrico de 10,85 con un tiempo de residencia de 14,24, se obtuvo un porcentaje eficiencia de remoción de 32%.

## ÍNDICE

---

INTRODUCCIÓN .....	1
1. PROBLEMA A RESOLVER.....	2
2. OBJETIVO .....	3
3. JUSTIFICACIÓN.....	4
4. CARACTERIZACIÓN DE LA EMPRESA.....	5
4.1. Descripción de la empresa.....	5
4.2. Filosofía.....	6
4.3. Misión.....	7
4.4. Visión.....	7
5. MARCO TEÓRICO.....	8
5.1. Descripción de la PTAR.....	8
5.2. Operaciones unitarias y equipos que integran el proceso de tratamiento de aguas en los RAN's.....	10
5.2.1. Tratamiento Secundario (Biológico).....	10
5.3. Diagrama de bloques de la PTAR.....	12
5.4. Reactores Anaerobios de Flujo Ascendente (UASB).....	13
5.4.1. Ventajas del reactor UASB.....	14
5.4.2. Desventajas del reactor UASB.....	15
5.5. Tratamiento biológico del reactor.....	16
5.5.1. Proceso anaerobio del UASB.....	16
5.5.2. Diagrama de etapas de descomposición del sustrato en un proceso anaerobio.....	20
5.5.3. Factores a controlar en la digestión anaerobia.....	21
6. PROCEDIMIENTO Y DESCRIPCION DE LAS ACTIVIDADES REALIZADAS.....	24
6.1. Toma y conservación de muestras.....	24
6.2. Toma de Temperatura.....	26
6.2.1. Introducción.....	26
6.2.2. Manejo de muestras.....	26

6.2.3. Material y Procedimiento.....	26
6.3. Parámetros fisicoquímicos.....	27
6.3.1. pH .....	27
6.3.2. Alcalinidad.....	29
6.4. Preparación de la solución H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> a 0.02 N.....	30
6.5. Método de titulación .....	31
6.6. Determinación del parámetro $\alpha$ .....	31
6.7. Caracterización de lodos.....	32
6.7.1. Inventario de lodos.....	32
6.8. Determinación de color.....	32
7. RESULTADOS.....	33
7.1. Datos del Reactor Anaerobio 1 del parámetro 0.81 a 1.....	34
.....	34
7.2. Datos del Reactor Anaerobio 2 del parámetro 0.81 a 1.....	35
7.3. Datos del Reactor Anaerobio 3 del parámetro 0.81 a 1.....	36
7.4. Datos del Reactor Anaerobio 4 del parámetro 0.81 a 1.....	37
7.5. Datos de lodos.....	38
7.6. Datos de flujo volumetrico de los Reactores Anaerobioa.....	39
7.7. Discusión de resultados.....	40
8. EVALUACIONES DE IMPACTO AMBIENTAL EN MATERIA DE SALUD Y SEGURIDAD DEL TRABAJADOR.....	41
9. CONCLUSIÓN.....	48
10. RECOMENDACIONES.....	49
11. EXPERIENCIA PROFESIONAL ADQUIRIDA.....	50
12. COMPETENCIAS DESARROLLADAS Y/APLICADAS.....	51
13. FUENTES DE INFORMACIÓN.....	52
14. ANEXOS.....	53
14.1. Figuras de instrumentación de laboratorio .....	53
14.2. Figuras de instrumentación para la titulación.....	54
14.3. Figuras de PTAR.....	55
14.4. Cálculos para la preparación de H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> a 0.02 N.....	56

## INTRODUCCIÓN

---

El presente trabajo se llevó a cabo en la planta de tratamientos de aguas de la planta procesadora de aves de Grupo Pecuario Buenaventura, ubicada en Villaflores, Chiapas.

En la actualidad la contaminación ambiental se ha convertido en uno de los problemas que más se tratan, sobre todo la del agua ya que esta es una de las fuentes de vida más importantes para el ser humano por eso Grupo Pecuario Buenaventura tiene el compromiso de cuidar el medio ambiente por ello trata sus propias aguas residuales con el fin de contaminar menos así mismo recicla el agua residual en aquellas operaciones donde no se tiene contacto directo con el producto.

Esta planta está basada en un tratamiento fisicoquímico-biológico con un alcance de tratamiento terciario que tiene como objetivo tratar el agua residual descargada por el procesamiento avícola a fin de reciclar el 77.5% del efluente y emplear el 22.5% en irrigación de parcelas agrícolas. La calidad del agua destinada a reusó será adecuada para su empleo en actividades productivas conforme se establece la NOM-127-SSA1-1994. Por su parte la fracción destinada a riego tendrá una calidad superior a lo establecido por la regulación aplicable a descarga de cuerpos receptores (NOM-001-ECOL-1996 agua para riego agrícola tipo B).

La planta de tratamiento de aguas residuales se basa en un tratamiento biológico de reactores anaerobios de flujo ascendente (UASB) para la descontaminación de las aguas residuales, este reactor se caracteriza por la conversión de contaminantes orgánicos en el agua residual, a una mezcla de gases como el CH<sub>4</sub>, CO<sub>2</sub>, H<sub>2</sub> y H<sub>2</sub>S producto de la digestión anaerobia de las bacterias presentes en el lodo y que interactúan con el agua residual a tratar.

## 1. PROBLEMA A RESOLVER

---

De acuerdo a los resultados de color del agua tratada de la PTAR de Grupo Pecuario Buenaventura, el laboratorio interno de la misma reporta valores elevados de color, la cual se ha detectado una difícil remoción de color en el proceso de los reactores anaerobios de flujo ascendente, por lo que resulta importante conocer y evaluar el desempeño de los RAN's utilizados en la PTAR, en el cual se pretende buscar alternativas de mejora con el fin de contar con agua de mejor calidad para el consumo y cumplimiento en su totalidad de la NOM-127-SSA1-1994.

## 2. OBJETIVO

---

### General:

- ❧ Evaluar la eficiencia de remoción de color mediante el control del parámetro alfa durante el tratamiento del efluente de aguas residuales de planta avícola de la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales de Grupo Pecuario Buenaventura.

### Específico:

- ❧ Evaluar el pH de los efluentes de los reactores anaerobios de flujo ascendente a través del método de titulación utilizados en los métodos normalizados para el análisis de aguas potables y residuales, posterior determinar la eficiencia de remoción de color a través del parámetro ALFA.
- ❧ Monitoreo de los alfas en un rango de 0.81 a 1 de los reactores anaerobios tipo UASB.
- ❧ Emitir recomendaciones y/o sugerencias para optimizar el proceso de remoción de color en los reactores anaerobios.



### 3. JUSTIFICACIÓN

---

Las aguas residuales generadas en la planta procesadora de aves contiene un colorante vegetal amarillo intenso que es usado para pigmentar algunas aves de menor tamaño para satisfacción de los clientes, por tal motivo el efluente de entrada de la PTAR llega a tener un color marrón intenso hasta naranja rojizo debido a los colorantes usados durante el proceso y residuos orgánicos.

Debido a esto se presenta una problemática con la remoción de color en los RAN's y el cumplimiento de la nom-127 , se pretende documentar y aportar información acerca de la remoción de color en los reactores anaerobios tipo UASB que se utiliza en la procesadora de aves del Grupo Pecuario Buenaventura (GPB). Durante la operación de los reactores anaerobios la eficiencia no es monitoriada pero vale la pena saber acerca de esta variable ya que aporta información valiosa del funcionamiento del reactor .

La finalidad del proyecto es llegar a conocer más sobre como trabajan los reactores de flujo ascendente y determinar la eficiencia que tienen en la remoción de color mediante el monitoreo del pH y así determinar su alfa.

## 4. CARACTERIZACIÓN DE LA EMPRESA

---

### 4.1. Descripción de la empresa.

Buenaventura es una empresa fundada en 1969 en Villaflores, Chiapas. Siempre bajo la filosofía de ofrecer lo mejor a nuestros consumidores, a través de un ambiente de trabajo sano y motivante.

En 1995 Para dar mayor valor agregado al producto y al cuidado ambiental se construyen tres distintas plantas: la procesadora, la de rendimientos y la de tratamiento de agua.

Buscando contar con un pollo de la mejor conformación muscular y la menor cantidad de grasa, en 1996 se buscó y consiguió la distribución exclusiva en México de la estirpe Cobb, una de las cinco casas genéticas de pollo más apreciadas en el mundo, iniciando operaciones en 1998 en el estado de Campeche. Con esto se logró el contar con una reproductora propia y tener un mayor control sobre la calidad del pollo con que se abastece a nuestros clientes. Posteriormente, esto permitiría incursionar de manera importante en la venta de huevo fértil. Para asegurar la calidad en la alimentación de estas aves se construyó en Yucatán una planta de alimentos exclusiva para esta división.

1997 Se duplicó la capacidad instalada de la planta de alimentos. Esto, en el estado de Chiapas. El alimento que se produce en esta planta facilita el crecimiento del ave, que es totalmente natural de acuerdo a sus características genéticas. En ningún momento se le da algún ingrediente que acelere su desarrollo artificialmente.

Con el objetivo de garantizar la sanidad en los productos, se obtuvo en 1998 la certificación TIF que la SAGARPA otorga a empresas que cumplen con altos estándares de calidad, para la planta procesadora, lo cual ha permitido ofrecer un producto con el máximo nivel de calidad y así extender nuestros mercados a lo largo de la República.

2009 Con el fin de contar con un mayor control de producto y proceso, a partir del 2009 se incorpora la plataforma tecnológica SAP, llegando a ser la única empresa avícola en todo el mundo que cuenta con la implementación de esta herramienta en todos sus procesos administrativos y de operación, lo cual nos mantiene así al frente con liderazgo tecnológico. Esto nos permite, entre otras cosas, la rastreabilidad del producto, y detección pronta de oportunidades de mejora para ofrecer el mejor costo.

Buenaventura es un firme creyente de contar con los mejores avances y desarrollos tecnológicos en todas sus líneas operativas. El avance de la tecnología ha llevado a invertir constantemente tanto en equipamiento de vanguardia, como en investigación, desarrollo y controles de calidad en las distintas áreas de la empresa.

A lo largo de los 45 años de historia han tenido el firme compromiso de entregar productos de la mejor calidad. Hoy en día se puede decir que ocupa el sexto lugar en la industria nacional.

#### 4.2. Filosofía.

En Buenaventura trabajamos regidos por valores que buscan tanto el bienestar de nuestros colaboradores, como superar las expectativas de nuestros clientes.

Por ello:

- Nuestro producto recibe sólo alimentación vegetal.
- Contamos con un Sistema Integral de Calidad para regular nuestras operaciones.
- Trabajamos con un enfoque social.
- Procuramos y promovemos el cuidado al medio ambiente.
- Garantizamos al consumidor final recibir un producto fresco.

- Compartimos con nuestros trabajadores la confianza en los productos que elaboramos.

#### 4.3. Misión.

Obtener la satisfacción de los requerimientos alimenticios mediante la producción y la comercialización de productos de origen animal y vegetal, satisfaciendo las necesidades de nuestros clientes: comprometidos con el bienestar de todos los colaboradores, el desarrollo de la comunidad y la preservación del medio ambiente. Los esfuerzos tecnológicos y administrativos van encaminados a hacer realidad este fin.

#### 4.4. Visión.

La consolidación nacional e internacional en el mercado con productos de origen animal y vegetal.

## 5. MARCO TEÓRICO.

---

Los tratamientos para aguas residuales se pueden clasificar en: físicos, químicos y biológicos. Los dos primeros se caracterizan por aprovechar procesos químicos y físicos como la adicción de químicos u oxígeno, la utilización de sistemas de filtración, sedimentación, entre otros. Los tratamientos biológicos se fundamentan en el principio de que los microorganismos se alimentan de la materia orgánica soluble y coloidal presentes en el agua residual, degradándola a sustancias más simples y estables que ya no contaminan.

### 5.1. Descripción de la PTAR.

La planta de tratamiento de GPB, está basada en un proceso combinado fisicoquímico-biológico, con alcance de tratamiento terciario. Este proceso se puede considerar como uno de los más avanzados. Ya que tiene la intención de reciclar el agua residual ya tratada dentro de la propia procesadora de aves GPB en aquellas operaciones donde no tiene contacto directo con el producto. Así, la mayor parte del agua tratada se reutilizara realmente en operaciones de arrastre de plumas y vísceras dentro de la procesadora.

El agua residual cruda se colecta en la procesadora en canales abiertos que llegan finalmente un par de cárcamos de bombeo, denominados cárcamo de pluma y cárcamo de vísceras.

Desde esos cárcamos el agua residual llega con un contenido enorme de solidos gruesos, sangre y otros residuos propios del proceso productivo, es sometida primeramente a un pre-tratamiento consistente en una batería de cribas rotatorias que tienen la finalidad de retener solidos gruesos y finos. Los sólidos, una vez separados, serán utilizados como materia prima en la planta de proteínas de GPB. Así, la eliminación de estos solidos no constituye realmente un residuo sino un subproducto del proceso de tratamiento.

Posteriormente, el agua es conducida a un tanque de ecualización, donde se recibe ya libre de sólidos gruesos y finos y se realiza una homogenización hidráulica básica.

Desde el tanque de ecualización el agua se bombea hacia un sistema de flotación por aire disuelto (DAF, Dissolved Air Flotation) donde se realiza la eliminación de sólidos suspendidos (sólidos muy finos que no se eliminaron por cribado) así como la mayor parte del contenido de grasas y aceites. En línea hay una dosificación de coagulante (sulfato de aluminio líquido) y floculante (polímero aniónico).

El siguiente paso involucra la homogenización del agua y un eventual ajuste pH previo a su ingreso al proceso biológico que consiste en un reactor anaerobio de lecho de lodos y flujo ascendente, UASB por sus siglas en inglés (Upflow Anaerobic Sludge Blanket) seguido de un reactor aerobio secuencial por lotes o SBR por sus siglas en inglés (Sequencing Batch Reactor).

Los dos tanques del reactor SBR se airean intermitentemente utilizando sopladores rotatorios en una secuencia preprogramada en un PLC (Programmable Logic Control).

El agua tratada se descarga intermitentemente desde los SBR hacia un tanque de amortiguamiento y de ahí pasa a un canal de contacto con ozono. Así, el agua tratada biológicamente sufre una oxidación adicional del tipo químico utilizando ozono que se genera en un equipo especializado a partir del aire comprimido y seco. El ozono también tendría una acción desinfectante en el agua.

Posteriormente el agua ozonizada es bombeada hacia una batería de filtros de lecho profundo seguidos de filtros de carbón activado, operaciones que eliminan sólidos suspendidos remanentes, así como color y olor del agua. (J, 2005)<sup>1</sup>

---

<sup>1</sup> López Hernández J, (2005). Manual de operación. En Planta de tratamiento de aguas residuales (14-46). Villaflores, Chiapas: Integración Biotecnológica s.a. de c.v.

Finalmente, el agua filtrada recibe una desinfección con solución de hipoclorito de sodio antes de su ingreso a un par de cisternas de colección de agua tratada, desde donde se bombea se reuso en la procesadora de aves. (J, 2005)<sup>2</sup>

## 5.2. Operaciones unitarias y equipos que integran el proceso de tratamiento de aguas en los RAN's.

### 5.2.1. Tratamiento Secundario (Biológico).

- Un tanque de homogenización que recibe el agua residual proveniente del DAF. En este tanque también se puede recibir una recirculación del efluente de los módulos anaerobios, y en él también se puede realizar un eventual ajuste de pH mediante medición de sosa, el tanque de homogenización está dotado de un mezclador sumergible para asegurar la homogeneidad del agua y evitar la deposición de sólidos en el fondo.
- Un sistema de dosificación de solución de sosa caustica al 10% utilizando bombas dosificadoras.
- Un reactor anaerobio tipo UASB, constituidos por 4 módulos iguales, en los cuales se realiza la eliminación por vía anaerobia de la mayor parte de la materia orgánica biodegradable presente en el agua residual. Como resultado del tratamiento anaerobio, se genera biogás que se envía a un sistema de incineración.
- Un reactor secuencia por lotes o SBR, constituido por dos tanque iguales en los cuales se trata el agua de manera intermitente por vía aerobia. En este tanque se lleva a cabo una eliminación parcial de nitrógeno y fosforo. En cada tanque existe un brazo decantador para extraer el agua tratada de forma periódica, un mezclador sumergible para agitar el contenido en los

---

<sup>2</sup> <sup>2</sup> López Hernández J, (2005). Manual de operación. En Planta de tratamiento de aguas residuales (14-46). Villaflores, Chiapas: Integración Biotecnológica s.a. de c.v.

periodos anóxicos, así como una red de difusiones de aire de burbuja fina colocados en el fondo de los reactores.

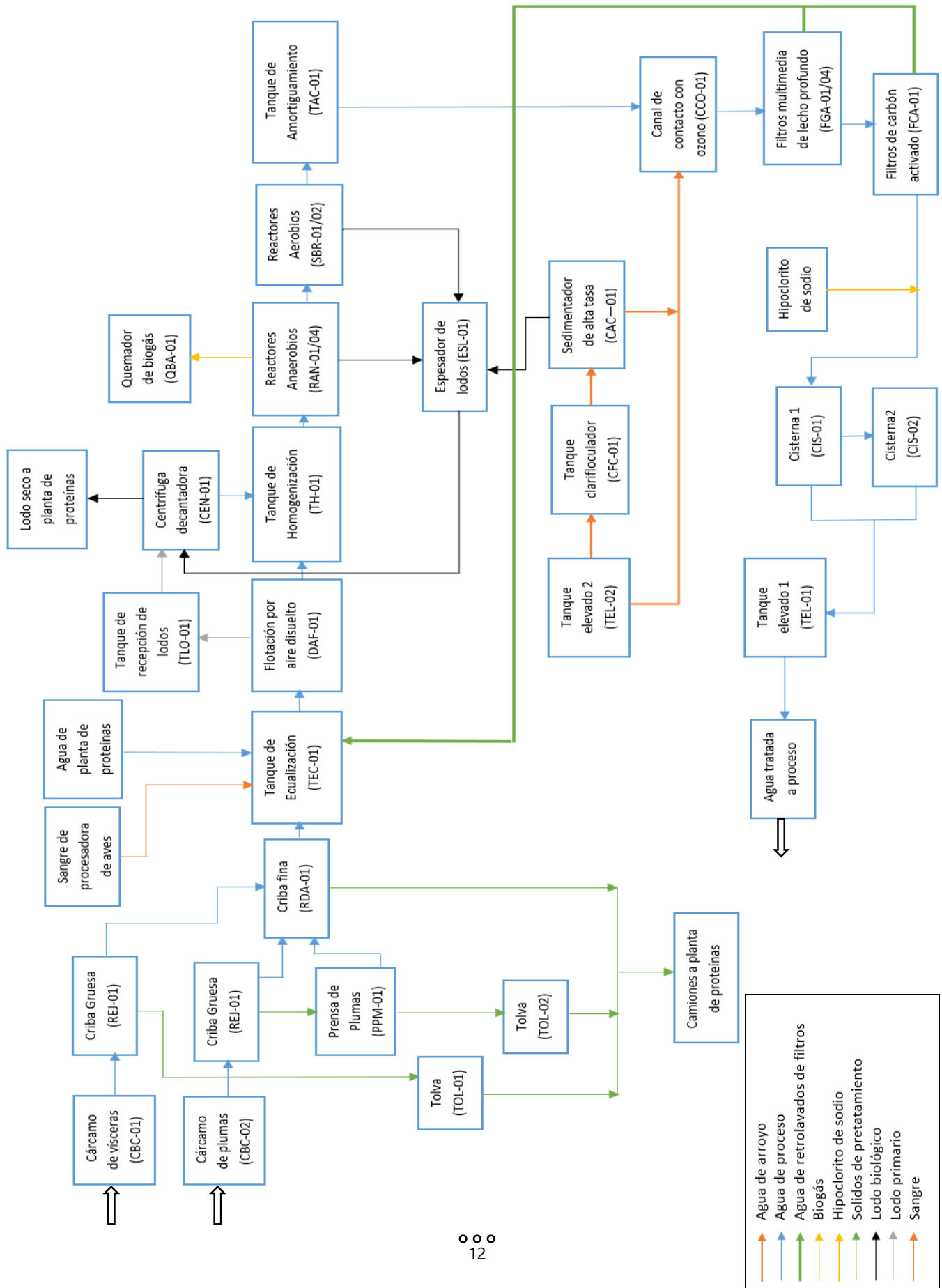
- Un sistema de aireación utilizando un par de sopladores rotatorios de lóbulos.
- Una bomba sumergible para la extracción de la purga de lodos generados en el proceso aerobio.
- Un tanque de amortiguamiento, el cual recibe el efluente tratado del reactor SBR. (J, 2005)<sup>3</sup>

---

<sup>3 3</sup> López Hernández J, (2005). Manual de operación. En Planta de tratamiento de aguas residuales (14-46). Villaflores, Chiapas: Integración Biotecnológica s.a. de c.v.



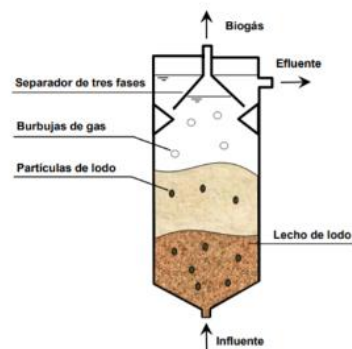
### 5.3. Diagrama de bloques de la PTAR.



#### 5.4. Reactores Anaerobios de Flujo Ascendente (UASB)

La abreviación U.A.S.B. se define como Upflow Anaerobic Sludge Blankett o Reactor Anaerobio de Manto de Lodos de Flujo Ascendente. Esta tecnología proveniente de Bélgica y Holanda, es aplicada especialmente al tratamiento de aguas residuales con alto contenido de materia orgánica.

La operación de los reactores UASB se basa en la actividad autorregulada de diferentes grupos de bacterias que degradan la materia orgánica y se desarrollan en forma interactiva, formando un lodo biológicamente activo en el reactor. Dichos grupos bacterianos establecen entre sí relaciones simbióticas de alta eficiencia metabólica bajo la forma de gránulos cuya densidad les permite sedimentar en el digestor. La biomasa permanece en el reactor sin necesidad de soporte adicional.



La granulación es muy efectiva en aguas residuales con alto contenido de carbohidratos o azúcares, pero no tanto con las aguas residuales con gran contenido de proteínas, las cuales tienen como resultado flóculos más suaves difíciles de sedimentar.

Otros factores que afectan el desarrollo de sólidos granulados son:

- El pH, este debe ser mantenido cerca de 7.0.
- La velocidad del flujo ascendente.
- La adición de nutrientes
- La presencia de otros sólidos en suspensión del manto de lodo, ya que pueden inhibir la densidad y la formación de lodo granulado.

La formación de las densas partículas de lodo granulado se da en condiciones de pH cercano al neutro, a un régimen de un tapón de flujo hidráulico, una zona de alta presión de hidrógeno parcial, una fuente no limitativa de  $\text{NH}_4\text{-N}$  y una cantidad limitada del aminoácido cisteína. El organismo clave en la granulación es la *Methanosaeta concili*.

El líquido a depurar asciende con una pequeña velocidad poniéndose en contacto con una altísima concentración de lodos anaerobios, lecho que es conocido como "manto de lodos" por su capacidad de expandirse debido al flujo ascendente, sin ser evacuado del reactor. Por lo que simultáneamente se llevan a cabo procesos de filtración biológica, absorción y adsorción, al mismo tiempo que decantación.

Para evitar el arrastre de biomasa, se incorporan separadores de fases (gas, líquido, sólido) en la parte superior del tanque, a partir de las cuales es factible reutilizar el biogás, incrementando el tiempo de retención celular. (Márquez Vázquez M, 2011)<sup>4</sup>

#### 5.4.1. Ventajas del reactor UASB.

Los reactores del tipo UASB presentan una serie de ventajas sobre los sistemas aerobios convencionales, la inversión principalmente es menor (costos de implantación y manutención), producción pequeña de lodos excedentes, consumo pequeño de energía eléctrica y simplicidad del funcionamiento. Son económicos energética y ecológicamente.

Los filtros anaerobios son relativamente pequeños, fáciles de construir y presentan buenas eficiencias de remoción de materia orgánica.

También proporcionan una mejora el grado de tratabilidad de las aguas residuales para las etapas subsecuentes, ya que en ellos hay mayor concentración

---

<sup>4</sup> Márquez Vázquez M, Martínez González S. (2011). Reactores Anaerobios de Flujo Ascendente (RAFA's o UASB). Centro Tecnológico González.

de bacterias que en otros sistemas, lo cual permite operar con velocidades de carga orgánica más elevadas además de minimizar problemas de colmatación por sólidos y se reduce la posibilidad de cortos circuitos.

La pantalla que hay en el RAFA crea una zona de bajo nivel de turbulencia donde aproximadamente el 99.9% del lodo en suspensión se sedimenta en el fondo del reactor.

Otras ventajas de los reactores UASB, se listan a continuación:

- Bajos requerimientos nutricionales.
- El proceso puede manejarse con altas cargas intermitentes.
- Los lodos se conservan (sin alimentación) por largos períodos de tiempo.
- Producción de metano aprovechable.
- Identificación y medición de productos intermedios que proporcionan parámetros de control adicionales.
- La fermentación ácida y metánica, así como la sedimentación tienen lugar en el mismo tanque, por lo cual las plantas son muy compactas.
- El consumo de potencia es bajo, puesto que el sistema no requiere ninguna agitación mecánica.
- La retención de biomasa es muy buena y por eso no es necesario reciclar el lodo. (Márquez Vázquez M, 2011)<sup>5</sup>

#### 5.4.2. Desventajas del reactor UASB.

Las limitaciones del proceso están relacionadas con las aguas residuales que tienen altos contenido de sólidos, o cuando su naturaleza impide el desarrollo de los lodos granulados.

---

<sup>5</sup> Márquez Vázquez M, Martínez González S. (2011). Reactores Anaerobios de Flujo Ascendente (RAFA's o UASB). Centro Tecnológico González.

El arranque del proceso es lento, pues consiste en mantener las condiciones adecuadas para el crecimiento de la biomasa siendo los nutrientes necesarios lo más importante para su crecimiento.

Las bacterias anaerobias (particularmente las metanogénicas) se inhiben por un gran número de compuestos.

Su aplicación debe ser monitoreada y puede requerir un pulimiento posterior de su efluente, además se generan malos olores si no es eficazmente controlado.

## 5.5. Tratamiento biológico del reactor.

La digestión anaerobia es un proceso por el que los microorganismos metabolizan a materia orgánica y producen metano y dióxido de carbono con la característica principal de que lo hacen en ausencia de oxígeno, es decir, condiciones anaeróbicas.

Al final de esta transformación que sufre la biomasa queda un lodo formado por materia orgánica no biodegradable y otros compuestos minoritarios que los microorganismos no incorporan a su metabolismo. Estos lodos presentan las propiedades óptimas para ser utilizados como abonos en agricultura.

### 5.5.1. Proceso anaerobio del UASB.

Existen principalmente cuatro etapas biológicas y químicas clave en el proceso UASB: la hidrólisis, la acidogénesis, la acetogénesis y la metanogénesis. (A., 2012)<sup>6</sup>

#### 5.5.1.1. Hidrólisis.

Mayormente la concentración orgánica de aguas residuales es de naturaleza compleja. Para que las bacterias en los digestores anaeróbicos accedan al

---

<sup>6</sup>Camacho Fidalgo A. (2012). Evaluación de la operación y propuesta de mejora del Reactor Anaerobio de Flujo Ascendente del beneficio San Diego de VOLCAFE S.A.. Instituto Tecnológico de Costa Rica.

potencial energético del material, estos componentes orgánicos complejos (polisacáridos, proteínas y lípidos) deben descomponerse en compuestos orgánicos más simples y solubles (azúcares, aminoácidos y ácidos grasos), en un proceso llamado hidrólisis. Para este efecto, las bacterias fermentativas producen enzimas extracelulares que hidrolizan los biopolímeros fuera de la pared celular. Las proteínas constituyen un sustrato muy importante en el proceso, ya que además de ser fuente de carbono y energía, los aminoácidos derivados de su hidrólisis tienen un elevado valor nutricional. Las proteínas son hidrolizadas en péptidos y aminoácidos por la acción de enzimas proteolíticas llamadas proteasas, parte de estos aminoácidos son utilizados directamente en la síntesis de nuevo material celular y el resto son degradados a ácidos grasos volátiles, dióxido de carbono, hidrogeno, amonio y sulfuro en posteriores etapas del proceso.

La degradación de los lípidos en ambientes anaerobios comienza con la ruptura de las grasas por la acción de enzimas hidrolíticas denominadas lipasas, produciendo ácidos grasos de cadena larga y glicerol. La velocidad de los materiales como lignina, celulosa y hemicelulosa, es tan lenta que suele ser la etapa limitante del proceso de hidrólisis y por tanto de la degradación anaerobia de determinados sustratos. Esto es debido a que la lignina es muy resistente a la degradación por parte de los microorganismos anaerobios, afectando también a la biodegradabilidad de la celulosa, de la hemicelulosa y de otros hidratos de carbono. (A., 2012)<sup>7</sup>

#### 5.5.1.2. Acidogénesis.

Los monómeros generados atraviesan fácilmente la pared de las bacterias acidogénicas para fermentarse adicionalmente, produciendo acetatos y ácidos

---

<sup>7</sup> Camacho Fidalgo A. (2012). Evaluación de la operación y propuesta de mejora del Reactor Anaerobio de Flujo Ascendente del beneficio San Diego de VOLCAFE S.A.. Instituto Tecnológico de Costa Rica.

grasos volátiles de cadena corta, tales como propionatos y butiratos. Además se producen amoníaco, sulfuro de hidrógeno, dióxido de carbono e hidrógeno.

La fermentación de azúcares se realiza por diversos tipos de microorganismos. En función de cada organismo, la ruta metabólica y los productos finales son diferentes.

Los principales productos de la fermentación de aminoácidos y de otras moléculas hidrogenadas son ácidos grasos de cadena corta, succínicos, aminovalérico y H<sub>2</sub>. La fermentación de aminoácidos es un proceso rápido y, en general, no limita la velocidad de degradación de compuestos proteicos.

Los ácidos grasos de cadena larga son oxidados a ácidos grasos de cadena corta por medio de la  $\beta$ -oxidación. Los ácidos grasos libres son introducidos en la célula a través de la pared celular y una vez en su interior, son transformados; En condiciones anaerobias, este mecanismo es termodinámicamente desfavorable y muy dependiente de la presión parcial del hidrógeno, por lo que es de gran importancia la acción simbiótica de los microorganismos consumidores de hidrógeno para que se pueda producir. (A., 2012)<sup>8</sup>

#### 5.5.1.3. Acetogénesis.

En esta tercera etapa, los ácidos grasos volátiles producidos a través de la fase de acidogénesis, son digeridos adicionalmente por las bacterias hetero-acetógenicas para producir en gran parte ácido acético, así como también dióxido de carbono e hidrógeno. (A., 2012)

#### 5.5.1.4. Metanogénesis.

La última etapa de la digestión anaerobia es el proceso biológico de la metanogénesis. Aquí, los metanógenos usan los productos intermedios de las

---

<sup>8</sup>Camacho Fidalgo A. (2012). Evaluación de la operación y propuesta de mejora del Reactor Anaerobio de Flujo Ascendente del beneficio San Diego de VOLCAFE S.A.. Instituto Tecnológico de Costa Rica.

etapas precedentes y los convierten en metano, dióxido de carbono y agua. Estos componentes constituyen la mayor parte del biogás emitido por el sistema. La metanogénesis es sensible tanto al pH alto como al bajo y ocurre entre pH 6,5 y 8. La metanogénesis se produce por dos vías: la síntesis de metano a partir del dióxido de carbono y el hidrógeno generado en la acidogénesis debido a la actividad de los metanogénoslitotróficos, causantes del 30% del metano producido y la descomposición del ácido acético hasta metano por medio de los metanogénosacetotróficos que se ocupan del 70% restante de metano.

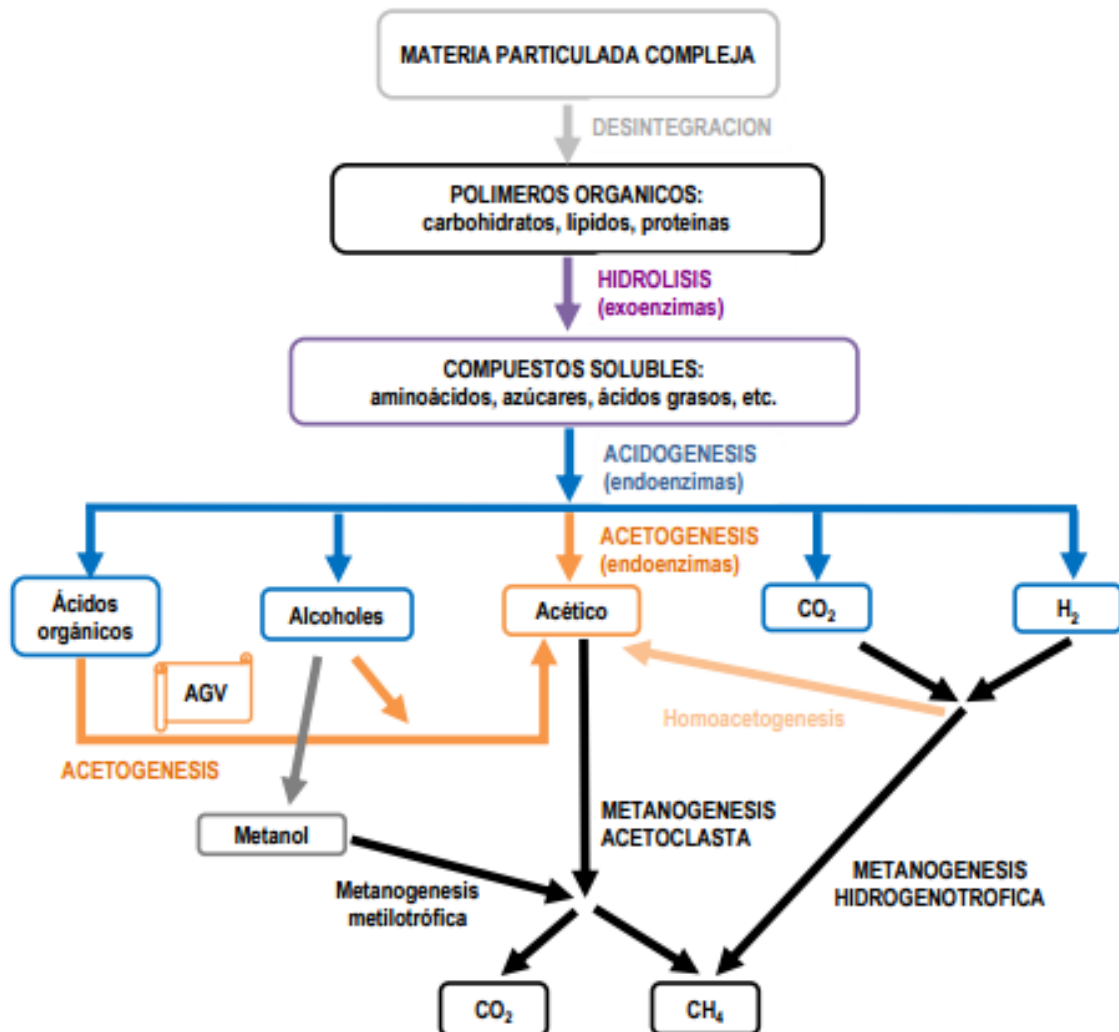
Los metanogénoslitotróficos deben mantener la presión parcial de hidrógeno en un nivel extremadamente bajo para permitir condiciones termodinámicas favorables para la conversión de los ácidos volátiles a acetato, de otro modo, los ácidos volátiles de cadena más larga tales como el ácido propiónico y ácido butírico se acumularán en el sistema. (R, 2017)<sup>9</sup>

---

<sup>9</sup> Rodríguez Caro R. (2017). Reactores UASB en plantas de tratamiento de aguas residuales.



5.5.2. Diagrama de etapas de descomposición del sustrato en un proceso anaerobio.



### 5.5.3. Factores a controlar en la digestión anaerobia.

Los factores que se tienen que controlar en la digestión anaerobia son:

#### 5.5.3.1. pH

El rango aceptable de trabajo de las bacterias metanogénicas se encuentra entre 6.50 a 7.50, es decir un medio prácticamente neutro. Si se pierde el equilibrio y los valores superan un pH mayor de 8.0 indica una acumulación excesiva de compuestos alcalinos. Un pH inferior a 6.0 indica una descompensación entre la fase acidogénica (más rápida) productora de ácidos, y la metanogénica, consumidora fundamentalmente de ácido acético, pudiéndose en consecuencia bloquear esta última. (R., 2012)<sup>10</sup>

#### 5.5.3.2. Ácidos Grasos Volátiles

Al ser productos intermedios mayoritarios del proceso anaerobio, su concentración es uno de los parámetros que pueden indicar de una manera más eficaz la evolución del proceso. Este parámetro es uno de los más usados en los sistemas de control debido a su rápida respuesta ante variaciones del sistema. Como ejemplo podríamos citar la acumulación de ácidos grasos volátiles cuando la velocidad de degradación de éstos, por parte de las bacterias responsables, disminuye por alguna causa adversa; por tanto, un aumento en la concentración de ácidos grasos volátiles en el sistema, siempre significa una desestabilización del proceso y, en consecuencia, una disminución en la producción de gases (entre los que se encuentra el metano. (R., 2012)

---

<sup>10</sup> Yaya Beas R. (2012). Tratamiento Anaerobio de aguas residuales. Lima, Perú. Universidad Nacional de Ingeniería.

#### 5.5.3.3. Temperatura

El proceso se lleva a cabo satisfactoriamente en dos rangos bien definidos, entre 10 °C a 37 °C, para la flora de bacterias mesofílicas, y entre 55°C a 60 °C para el rango termofílico. Sin embargo para que las bacterias trabajen óptimamente, se requiere mantener la temperatura lo más constante posible, es decir sin saltos bruscos de temperatura.

Como regla general una variación de unos dos grados en pocas horas influye negativamente en la producción y estabilidad del biodigestor. El proceso fermentativo anaeróbico no genera una cantidad apreciable de calor, por lo tanto las temperaturas mencionadas deben lograrse desde el exterior. (R., 2012) <sup>11</sup>

#### 5.5.3.4. Nivel de amoníaco

Este parámetro se debe tener en cuenta ya que durante el proceso anaerobio, el nitrógeno orgánico es hidrolizado dando lugar a formas amoniacales. Aunque el nitrógeno amoniacal es un nutriente importante para el crecimiento bacteriano, una concentración excesiva puede limitar su crecimiento. La especie tóxica es la no-disociada (es decir el amoníaco libre,  $\text{NH}_3$ ), o sea que el problema aparece con pH altos, superiores a 8.00. (R., 2012)

#### 5.5.3.5. Compuestos de azufre

Con todo el sulfato que se encuentre en el agua utilizada, y el azufre contenido en las proteínas de la alimentación, durante el desarrollo de la digestión anaeróbica, se genera una reducción de este elemento (azufre) hasta sulfuro. (R., 2012)

---

<sup>11</sup> Yaya Beas R. (2012). Tratamiento Anaerobio de aguas residuales. Lima, Perú. Universidad Nacional de Ingeniería.

#### 5.5.3.6. Agitación

La generación del biogás depende fundamentalmente del íntimo contacto entre bacterias, la materia prima en degradación y los compuestos intermedios producto de las diferentes etapas del proceso fermentativo.

En consecuencia, la agitación de la masa en digestión es sumamente beneficiosa para el buen funcionamiento del proceso ya que busca la remoción de los metabolitos producidos por las bacterias metanogénicas, el mezclado del sustrato fresco con la población bacteriana, uniformizar la densidad bacteriana y evitar la formación de espacios "muertos" sin actividad biológica que reducirían el volumen efectivo del biodigestor.

Con biodigestores operando en el nivel mesofílico se requiere una suave agitación, siendo suficiente un movimiento intermitente realizado con algún elemento mecánico.

En el caso de instalaciones que trabajan a nivel termofílico, la agitación debe ser continua para mantener una temperatura uniforme en todo el reactor. Esta operación puede realizarse, mediante el reciclo del contenido del digestor por bombeo, agitación mecánica con paletas; recirculación de biogás comprimido, con un compresor adecuado, desde la parte superior hacia fondo del tanque. (R., 2012)<sup>12</sup>

---

<sup>12</sup>Yaya Beas R. (2012). Tratamiento Anaerobio de aguas residuales. Lima, Perú. Universidad Nacional de Ingeniería.

## 6. PROCEDIMIENTO Y DESCRIPCION DE LAS ACTIVIDADES REALIZADAS

---

### 6.1. Toma y conservación de muestras.

El objetivo de la toma de muestras es la obtención de una porción de material cuyo volumen sea lo suficiente pequeño como para que pueda ser transportado con facilidad sin que por ello deje de representar con exactitud al material de donde procede.

La obtención de una muestra que cumpla con las condiciones necesarias para un análisis determinado implica que esta no debe deteriorarse o contaminarse antes de llegar al laboratorio. Para asegurar la calidad de la muestra se deben considerar las siguientes precauciones generales.

- a) Seleccionar adecuadamente el envase en el cual se va a tomar la muestra de acuerdo al análisis a realizar.
- b) Antes de tomar la muestra en el envase de muestreo es necesario lavar este dos o tres veces con el agua que se va a analizar, a menos que el envase contenga un conservador de clorante.
- c) En el caso de que las muestras se tengan que transportar, es conveniente dejar un espacio de alrededor del 1% de la capacidad del envase a fin de permitir la expansión térmica.
- d) Para reducir al máximo la posible volatilización o biodegradación, la muestra se debe mantener a la menor temperatura posible sin que llegue a congelarse.
- e) En el caso de muestras compuestas mientras se hace la mezcla, las muestras deben mantenerse a una temperatura de 4°C.

- f) Realizar un registro de todas las muestras, identificar cada envase colocando una etiqueta con la información necesaria para poder identificar posteriormente las muestras.

Por otra parte, no existe método de preservación generalizado ya que de acuerdo al tipo de análisis a realizar se tendrá un procedimiento de preservación de la muestra. En la siguiente tabla se puede observar el procedimiento de preservación con base en el análisis a realizar así como el tipo de envase a ser utilizado. (J, 2005)<sup>13</sup>

<b>Determinación</b>	<b>Envase</b>	<b>Tamaño min. De muestra (ml)</b>	<b>Preservación</b>	<b>Tiempo máx. de conservación</b>
<b>Alcalinidad</b>	Plástico o vidrio	200	Refrigerar	24 hrs.
<b>Ph</b>	Plástico o vidrio	-	Analizar inmediatamente	2 hrs.
<b>Temperatura</b>	Plástico o vidrio	-	Analizar inmediatamente	Inmediato

<sup>13</sup> López Hernández J, (2005). Manual de operación. En Planta de tratamiento de aguas residuales (14-46). Villaflores, Chiapas: Integración Biotecnológica s.a. de c.v.

## 6.2. Toma de Temperatura.

### 6.2.1. Introducción.

La temperatura es uno de los parámetros que más influye en la velocidad de una reacción, el súbito descenso en la tasa de crecimiento a altas temperaturas es ocasionado por desnaturalización de las proteínas y posiblemente de las membranas. De igual manera, las bajas temperaturas afectan adversamente el proceso de degradación. Teniendo en cuenta el efecto de la temperatura sobre la tasa de una reacción química, se puede predecir que las bacterias disminuyen su crecimiento a medida que la temperatura se reduce. Generalmente las bacterias cesan de crecer a una temperatura por encima de la congelación del agua; así mismo cada microorganismo tiene una temperatura mínima de crecimiento. (J, 2005)<sup>14</sup>

### 6.2.2. Manejo de muestras.

Las características que se deben cuidar en el manejo de las muestras problema se describen a continuación:

- a) Las muestras se pueden colocar en recipientes de plásticos o de vidrio.
- b) Analizar inmediatamente.
- c) No se deben almacenar las muestras.

### 6.2.3. Material y Procedimiento.

- Termómetro de vidrio o potenciómetro con sensor de temperatura.
- Vasos de precipitados.

---

<sup>14</sup> López Hernández J, (2005). Manual de operación. En Planta de tratamiento de aguas residuales (14-46). Villaflores, Chiapas: Integración Biotecnológica s.a. de c.v.

## Procedimiento

La parte sensible del termómetro de vidrio o del sensor de temperatura del potenciómetro se debe sumergir directamente en el agua, a tal profundidad en donde se obtenga la máxima temperatura, a fin de asegurarse la máxima transferencia de calor del agua al elemento sensible.

Se espera un periodo de tiempo suficiente a manera de obtenerse lecturas constantes. (J, 2005)<sup>15</sup>

### 6.3. Parámetros fisicoquímicos.

#### 6.3.1. pH

La medida del pH es una de las pruebas más importantes y frecuentemente utilizadas en el análisis químico del agua. El pH se utiliza en las determinaciones de alcalinidad y dióxido de carbono y en muchos otros equilibrios ácido-base. A una temperatura determinada, la intensidad del carácter ácido o básico de una solución viene dada por la actividad del ion hidrogeno o pH. (J, 2005)

##### 6.3.1.1. Principio.

El principio básico de la determinación electrométrica del pH es la medida de la actividad de los iones hidrogeno por mediciones potenciométricas utilizando un electrodo patrón de hidrogeno y otro de referencia. El electrodo de hidrogeno consiste de un electrodo de platino por el que pasan burbujas de hidrogeno gaseoso a una presión de 101 kPa. Debido a la dificultad de utilizarlo y al potencial de intoxicación del electrodo de hidrogeno, se utiliza comúnmente el electrodo de vidrio. La fuerza electromotriz (FEM) producida en el sistema de electrodo de vidrio varia linealmente con el pH y esta relación lineal se describe comparando

---

<sup>15</sup> López Hernández J, (2005). Manual de operación. En Planta de tratamiento de aguas residuales (14-46). Villaflores, Chiapas: Integración Biotecnológica s.a. de c.v.



la FEM medida con el pH de diferentes tampones. El pH de la muestra se determina por extrapolación. (J, 2005)

#### 6.3.1.2. Interferencias.

El electrodo de vidrio está relativamente libre de interferencias debidas al color, turbidez, materias coloidales, oxidantes y reductoras.

La temperatura afecta a la medida de pH de dos formas: efectos mecánicos producidos por cambios en las propiedades de los electrodos y efectos químicos causados por cambios de equilibrio. Es importante identificar siempre a que temperatura se ha medido el pH. (J, 2005)

#### 6.3.1.3. Manejo de muestra.

Las características que se deben considerar para el adecuado manejo de las muestras son las siguientes:

- a) Las muestras pueden ser colectadas en recipientes de vidrio o plástico.
- b) Las muestras deben ser analizadas de inmediato. En caso contrario el tiempo máximo de almacenamiento son 2 horas. (J, 2005)

#### 6.3.1.4. Material y Procedimiento.

- Potenciómetro
- Soluciones tampón (buffer) de pH 4 a 7
- Vaso de precipitados de 50 ml

#### Procedimiento

- a) Calibrar el potenciómetro con solución buffer.
- b) Introducir el electrodo en la muestra problema y medir el pH

### 6.3.2. Alcalinidad.

La alcalinidad es la capacidad del agua para neutralizar ácidos. Normalmente se expresa como miligramos por litro de carbonato de calcio. (J, 2005)<sup>16</sup>

#### 6.3.2.1. Principio.

Los iones hidroxilo presentes en una muestra como resultado de la disociación o hidrolisis de los solutos reaccionan con la adición de ácido estándar. Por tanto, la alcalinidad depende del pH del punto final utilizado en la titulación. (J, 2005)

#### 6.3.2.2. Interferencias.

Los jabones, las materias aleosas y los sólidos en suspensión o precipitados dependen recubrir el electrodo de vidrio y causar una respuesta retardada. Déjese un tiempo adicional entre las adiciones del reactivo para permitir que el electrodo recupere el equilibrio, o límpiese este en su caso. No se debe filtrar, diluir, concentrar o alterar la muestra. (J, 2005)

#### 7.3.2.3. Manejo de muestra.

- a) La muestra debe ser colectada en recipientes de plástico o vidrio.
- b) La cantidad de muestra debe ser de 200 ml como mínimo.
- c) La muestra puede ser preservada en frío a 4°C.
- d) La muestra no debe ser almacenada por más de 24 horas.

#### 7.3.2.4. Material y Procedimiento.

- Pipeta volumétrica de 25 ml
- Vaso de precipitados de 100 ml

---

<sup>16</sup> López Hernández J, (2005). Manual de operación. En Planta de tratamiento de aguas residuales (14-46). Villaflores, Chiapas: Integración Biotecnológica s.a. de c.v.

- Propipeta de hule
- Bureta de 50 ml
- Soporte universal
- Potenciómetro
- Soluciones buffer de pH 7.0 y 4.0
- Solución de H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> a 0.02 N
- Pinzas para bureta
- Peseta

#### Procedimiento

- a) Calibrar el potenciómetro con las soluciones buffer.
- b) Tomar 25 ml de la muestra problema y medir pH inicial.
- c) Titular con H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> 0.02 N hasta alcanzar valores de Ph 5.75 y 4.30.
- d) Calcular la alcalinidad.

#### 6.4. Preparación de la solución H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> a 0.02 N.

##### Materiales

- Matraz volumétrico de 1000 ml
- Pipeta graduada de 1 ml
- Solución concentrada de H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>
- Jeringa / Pera\*
- Agua destilada

##### Procedimiento

- a) Extraer con ayuda de la pipeta y la jeringa 0.53 ml de solución concentrada de H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> y verterla en matraz volumétrico.
- b) Aforar a 1 litro con agua destilada.
- c) Asegurarse de mezclar bien las soluciones.

## 6.5. Método de titulación

Los iones hidroxilo presentes en una muestra como resultado de la disociación o hidrólisis de los solutos reaccionan con las adiciones de ácido estándar. Por tanto, la alcalinidad depende del pH de punto final utilizado.

Las interferencias que pueden existir son por los jabones, las materias oleosas y los sólidos en suspensión o precipitados pueden recubrir el electrodo del vidrio y causar una respuesta retardada. Déjese un tiempo adicional entre las adiciones del reactivo para permitir que el electrodo recupere el equilibrio, o límpiense en su caso. No se debe filtrar, diluir, concentrar o alterar la muestra.

Determinar la alcalinidad de la muestra a partir del volumen de ácido estándar requerido para titular una porción a un pH determinado. Titúlese a temperatura ambiente con un medidor de pH adecuadamente calibrado o un titulador eléctrico, o utilizando indicadores de colores. (Díaz de los Santos s.a., 1992)<sup>17</sup>

## 6.6. Determinación del parámetro $\alpha$

Durante el arranque de reactores anaerobios el parámetro de control que indica el momento en el cual se debe incrementar o suspender la carga orgánica es la relación de alcalinidades, conocida como parámetro alfa. La relación  $\alpha$  se define como el cociente de la alcalinidad a 5.75 entre la alcalinidad a 4.30.

La alcalinidad útil para fines de amortiguamiento del pH es la debida a los bicarbonatos, medida a pH=5.75; la alcalinidad debida a lo AGV. Medida a pH=4.30, es una forma indirecta de medir su concentración, la cual se debe mantener lo más baja posible. (J, 2005)

FORMULA:

$$\alpha = \frac{\text{ml gastado a pH 5.75}}{\text{ml gastado totales a pH 4.30}}$$

---

<sup>17</sup> Díaz de los Santos s.a.(1992). Métodos Normalizados para el análisis de aguas potables y residuales. Madrid, España.

## 6.7. Caracterización de lodos.

Índice volumétrico de lodos y velocidad de sedimentación.

### 6.7.1. Inventario de lodos.

#### 6.7.1.1. Introducción.

El inventario de lodos sirve para determinar la cantidad de lodos dentro del reactor. (J, 2005)<sup>18</sup>

#### 6.7.1.2. Material y Procedimiento.

- Nucleador (tubo flexible transparente de al menos 6 metros de largo).
- Flexometro.

#### Procedimiento

- a) Colocar la extensión al nucleador.
- b) Introducir el nucleador hasta la entrada del reactor.
- c) Sacar el nucleador y con un flexómetro medir la altura de lodos que saco del reactor.

## 6.8. Determinación de color.

### Materiales

- ∩ Espectrofotómetro
- ∩ Probeta de 25 ml

### Procedimiento

- ∩ Tomar 10 ml de cada una de las muestras (incluyendo la muestra de la caja primaria) y determinar la concentración de color con apoyo del espectrofotómetro.

---

<sup>18</sup> López Hernández J, (2005). Manual de operación. En Planta de tratamiento de aguas residuales (14-46). Villaflores, Chiapas: Integración Biotecnológica s.a. de c.v.

## 7. RESULTADOS.

---

A continuación se presentan los resultados obtenidos durante el periodo de muestreo de las alfas y la remoción de color (en unidades de PtCo) que presentaron cada uno de los reactores anaerobios, donde se establecen tablas con los datos recopilados durante dos meses y graficas del comportamiento de las alfas con respecto a la eficiencia de remoción calculado.

Así mismo durante ese periodo se recopilaron datos de los lodos existentes dentro del reactor y el flujo volumétrico, en las tablas de datos de lodos se podrá observar la medida de la muestra tomada en un día y la altura real del reactor con respecto a la muestra y en las tablas de flujo volumétrico se muestran los datos de las muestras tomadas y el promedio de estas, así como el resultado del flujo volumétrico en unidades equivalentes.

Por último se encuentra la discusión de resultados, que hace un resumen de las tablas anteriores.

## 7.1. Datos del Reactor Anaerobio 1 del parámetro 0.81 a 1

Día	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
pH Inicial	7.24	7.34	7.2	7.27	7.18	7.36	7.43	7.3	7.42	7.46	7.45	7.38	7.71	7.52	7.45	7.66
T°C	24.3	23.6	26.8	24.6	26.5	25.3	26.6	27.2	25.3	25.7	27.7	24.5	26.9	25.1	28.2	27.5
ml pH a 5.75	19.6	23.1	22.1	20.3	20	20.5	21.4	21.9	19.4	21.1	18.8	19.2	20.7	18.8	22	19.8
ml pH a 4.30	22.6	25.2	25.9	22.7	22.9	25.3	24.5	24.2	23.9	24	19.9	23.7	25.2	22.9	24.6	22
$\alpha$	0.867	0.917	0.853	0.894	0.873	0.810	0.873	0.905	0.812	0.879	0.945	0.810	0.821	0.821	0.894	0.900
Color PtCo ENTRADA	3562	3208	4758	2931	4695	4082	3140	2899	3030	3088	2709	2709	4416	3276	3582	2495
Color PtCo SALIDA	2298	2521	2143	2084	3424	3596	3055	2726	2554	3067	1627	1627	3548	2312	2146	2398
Remocion de color	1264	687	2615	847	1271	526	85	173	476	21	1082	1082	868	964	1436	97
Eficiencia	35%	21%	55%	29%	27%	13%	3%	6%	16%	1%	40%	40%	20%	29%	40%	4%

Día	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31
pH Inicial	7.66	7.6	7.67	7.69	7.72	7.73	7.68	7.84	7.82	7.64	7.56	7.78	7.85	7.78	7.47	7.81
T°C	27.5	26.3	27.8	25.5	27.4	26	25.2	25.6	25.5	24.4	27.1	23	26.9	25.5	25.4	27.8
ml pH a 5.75	19.8	19.6	19.4	15.9	15.6	17.8	15.8	15.6	13.4	14.1	13.8	16.7	16.2	14.7	16.5	15.5
ml pH a 4.30	22	21.8	22.3	18.8	17.3	20.3	19.3	17.6	16.3	17.2	16	19.8	18.1	16.8	19.7	17.6
$\alpha$	0.900	0.899	0.870	0.846	0.902	0.877	0.819	0.886	0.822	0.820	0.863	0.843	0.895	0.875	0.838	0.881
Color PtCo ENTRADA	2495	4005	3367	2186	3203	4112	3103	3099	3883	3961	3557	2960	3252	3112	4441	3686
Color PtCo SALIDA	2398	2353	3173	1257	1513	3126	2338	1990	3820	2817	2631	2071	2410	2554	2788	3000
Remocion de color	97	1652	194	929	1690	986	765	1109	63	1144	926	889	842	558	1653	686
Eficiencia	4%	41%	6%	42%	53%	24%	25%	36%	2%	29%	26%	30%	26%	18%	37%	19%

Día	32	33	34	35	36	37	38	39	40	41	42	43	44	45	46	47
pH Inicial	8.18	8.13	7.74	8.06	8.01	7.73	8.14	7.87	7.79	7.82	7.84	7.97	8.19	7.9	8.18	8.19
T°C	24	23.2	27	24.6	26.6	26	25.1	26.1	23.1	25.1	27.2	25	24.5	25.4	25.1	24.1
ml pH a 5.75	15.4	14.4	14.5	16.7	16.1	15.7	16.9	16.5	16	17.6	15.6	18.3	18.2	18.4	18	17.4
ml pH a 4.30	17.9	17.6	16.8	19.5	18.4	18	19.1	18.7	19.5	21	17.9	22.3	20.5	22.3	20.3	21.3
$\alpha$	0.860	0.818	0.863	0.856	0.875	0.872	0.885	0.882	0.821	0.838	0.872	0.821	0.888	0.825	0.887	0.817
Color PtCo ENTRADA	3232	2726	2864	3138	4427	3241	3771	3572	3138	2901	3325	3260	3875	3318	3467	3816
Color PtCo SALIDA	1341	1816	2089	2739	2607	2534	2339	2567	2867	2722	2668	2909	2832	3146	2760	3130
Remocion de color	1891	910	775	399	1820	707	1432	1005	271	179	657	351	1043	172	707	686
Eficiencia	59%	33%	27%	13%	41%	22%	38%	28%	9%	6%	20%	11%	27%	5%	20%	18%

Día	48	49
pH Inicial	8.23	8.18
T°C	26.1	26.5
ml pH a 5.75	19.5	18.9
ml pH a 4.30	22.1	21.8
$\alpha$	0.882	0.867
Color PtCo ENTRADA	4615	3388
Color PtCo SALIDA	2545	2346
Remocion de color	2070	1042
Eficiencia	45%	31%

Cuadro 1. RAN-01

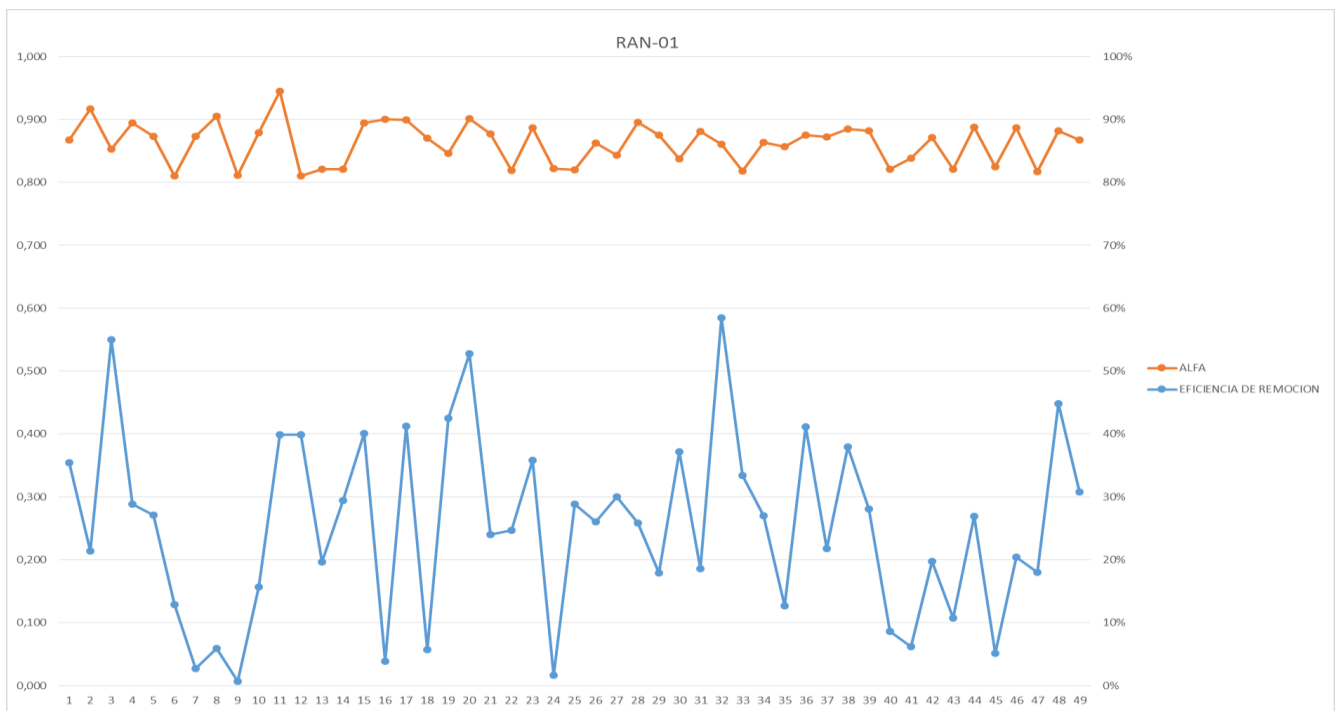


Figura 1. Alfa vs Eficiencia de remocion del RAN-01

## 7.2. Datos del Reactor Anaerobio 2 del parámetro 0.81 a 1.

Día	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17
pH Inicial	7.34	7.38	7.23	7.33	7.39	7.21	7.48	7.49	7.36	7.6	7.53	7.37	7.51	7.6	7.66	7.55	7.69
T° C	23.4	23.7	26.9	24.5	25.6	25.9	25.1	25	25.7	25.5	24.6	25.5	27.4	24.1	25.8	27.4	25.9
ml pH a 5.75	21.8	20	21.4	21.6	21.6	20.5	23	19.8	21.7	18.8	20.4	17.2	18.6	19.7	21.2	19.6	19.5
ml pH a 4.30	23.6	22.9	24.9	26.3	24.2	23.1	25.9	24.4	24.5	23.1	22.5	20.8	20.4	24	23.2	23	21.4
$\alpha$	0.924	0.873	0.859	0.821	0.893	0.887	0.888	0.811	0.886	0.814	0.907	0.827	0.912	0.821	0.914	0.852	0.911
Color PtCo ENTRADA	2605	3562	4758	4690	2931	4695	3140	4147	2899	3030	3088	2336	2709	2709	4416	3582	2495
Color PtCo SALIDA	2111	2415	1923	3027	2908	2641	3064	3902	2536	2585	2509	1893	1940	1940	2572	2168	2246
Remoción de color	494	1147	2835	1663	23	2054	76	245	363	445	579	443	769	769	1844	1414	249
Eficiencia	19%	32%	60%	35%	1%	44%	2%	6%	13%	15%	19%	19%	28%	28%	42%	39%	10%

18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35
7.65	7.62	7.64	7.66	7.58	7.53	7.72	7.71	7.57	7.93	7.85	7.82	7.9	7.92	8.12	8.06	7.92	7.93
25.3	26.6	25.3	26.3	26.2	25.5	25.9	25.1	23	26.6	25.5	25.4	27.3	24	24.1	23.5	26.6	26.1
19	18.6	14.8	15.8	18	14.2	17	13.1	15.7	14.8	14	15.3	14.9	17	14.9	14.4	15.1	16.2
21.6	21.6	17.9	17.7	20.6	17.1	20.1	14.7	19	16.7	15.7	18.8	17.3	19.7	17.4	17.3	17.6	18.5
0.880	0.861	0.827	0.893	0.874	0.830	0.846	0.891	0.826	0.886	0.892	0.814	0.861	0.863	0.856	0.832	0.858	0.876
4005	3367	2186	3203	4112	3103	3099	3883	2960	3252	3112	4441	3686	3771	3232	2726	2864	4427
2170	2605	1444	1394	3821	1946	3067	2720	2196	2103	2603	2753	3302	2921	1995	1887	2002	2583
1835	762	742	1809	291	1157	32	1163	764	1149	509	1688	384	850	1277	839	862	1844
46%	23%	34%	56%	7%	37%	1%	30%	26%	35%	16%	38%	10%	23%	40%	31%	30%	42%

36	37	38	39	40	41	42	43	44	45
7.83	8.12	7.96	7.87	7.84	8.15	8.14	8.06	8.16	8.28
26.1	25.2	26.4	23.1	26.9	24.8	24	23.9	26	26.4
15.4	18.4	17.2	16.1	17.2	17.8	18.4	17.6	20	18
18.1	21	19.8	19.8	20.8	20.4	20.8	21.5	22.6	21.1
0.851	0.876	0.869	0.813	0.827	0.873	0.885	0.819	0.885	0.853
3241	3771	3572	3138	3325	3875	3467	3816	4615	3388
2871	2550	1383	2730	2439	2769	2537	2468	2139	2493
370	1221	2189	408	886	1106	930	1348	2476	895
11%	32%	61%	13%	27%	29%	27%	35%	54%	26%

Cuadro 2. RAN-02

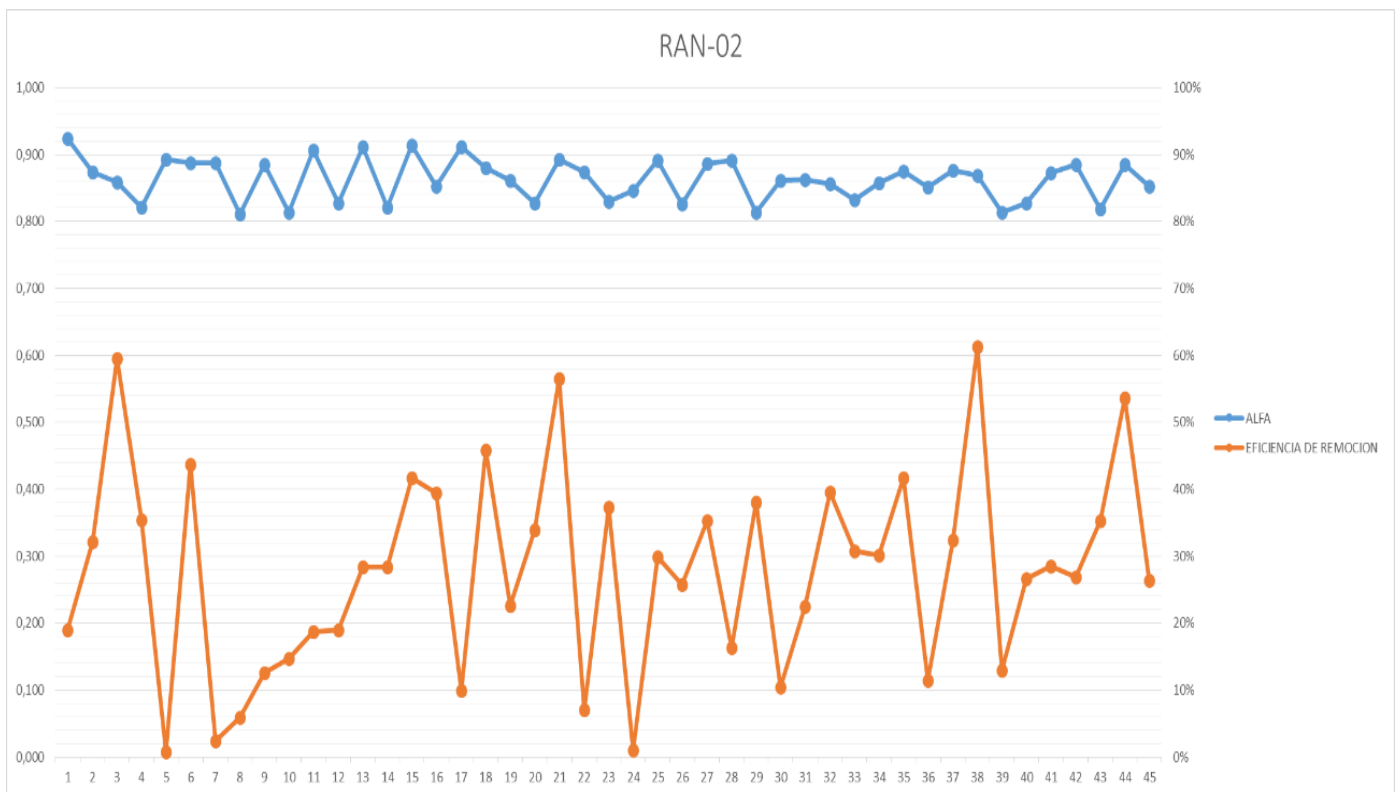


Figura 2. Alfa vs Eficiencia de remocion del RAN-02



### 7.3. Datos del Reactor Anaerobio 3 del parámetro 0.81 a 1.

Día	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
pH Inicial	7.35	7.41	7.28	7.32	7.4	7.46	7.22	7.45	7.58	7.37	7.56	7.41	7.45	7.48	7.61	7.48
T° C	23.6	22.7	25.2	26.2	24.7	25.4	26.2	25.1	24.1	26	25.5	23.8	26.2	27.5	25.4	25.8
ml pH a 5.75	21.1	19.9	20.1	21	20.2	19.3	31.8	20.5	19.9	21.2	18	19.7	16.7	18.1	21.1	19.4
ml pH a 4.30	23.4	23	24.3	23.9	24.7	22.8	35.3	23.1	24.2	23.6	21.4	21.7	20.2	19.9	23.3	23.8
α	0.902	0.865	0.827	0.879	0.818	0.846	0.901	0.887	0.822	0.898	0.841	0.908	0.827	0.910	0.906	0.815
Color PtCo ENTRADA	2605	3562	3208	4758	4690	2931	4695	3140	4147	2899	3030	3088	2336	2709	4416	3276
Color PtCo SALIDA	1918	2431	2496	2285	2645	2505	3970	3122	3612	2880	2636	2462	2228	2261	2273	2654
Remoción de color	687	1131	712	2473	2045	426	725	18	535	19	394	626	108	448	2143	622
Eficiencia	26%	32%	22%	52%	44%	15%	15%	1%	13%	1%	13%	20%	5%	17%	49%	19%

17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32
7.5	7.62	7.67	7.58	7.53	7.67	7.62	7.66	7.63	7.65	7.64	7.72	7.89	7.71	8.01	7.89
27	24.5	27.7	25.3	26.1	26	25.6	25.2	24.5	24.6	23.3	26	24.9	25.5	25.5	26.5
20.9	18.9	20.4	16.8	18.5	19.2	15.7	16.3	15.3	14.1	17.1	17.4	14	14.8	15	16.3
23.4	21.6	23.4	20.4	19.9	21.4	18.7	18.8	16.9	17.2	20.5	19	17.2	16.5	18.5	18.4
0.893	0.875	0.872	0.824	0.930	0.897	0.840	0.867	0.905	0.820	0.834	0.916	0.814	0.897	0.811	0.886
3582	4005	3367	2186	3203	4112	3103	3099	3983	3961	2960	3252	4731	3112	4441	3686
2682	2630	2764	1471	1605	2990	2035	1915	2373	2857	2244	2453	2425	2641	3495	2755
900	1375	603	715	1598	1122	1068	1184	910	1104	716	799	2306	471	946	931
25%	34%	18%	33%	50%	27%	34%	38%	23%	28%	24%	25%	49%	15%	21%	25%

33	34	35	36	37	38	39	40	41	42	43	44	45	46	47	48
7.84	8.18	8.05	8.06	7.94	7.73	7.84	8.09	8.01	7.9	7.87	7.79	7.85	8.14	8.1	8.04
23.7	23.4	26.2	24.4	25.4	25.8	25.8	25.3	25.8	24.1	26.5	24.8	27	25.1	25	24.5
15.5	16.4	15.5	16.2	17.6	16.7	16.6	16.7	16.8	17	17.1	17.4	17.8	17.5	17.9	18.1
18.8	18.8	17.7	20	19.6	19.3	18.7	19.9	19.9	20.3	20	20.5	20.5	20.1	21.7	20.8
0.824	0.872	0.876	0.810	0.898	0.865	0.888	0.839	0.844	0.837	0.855	0.849	0.868	0.871	0.825	0.870
3771	3232	2864	3138	4427	3827	3241	3771	3572	3138	3658	2901	3325	3875	3318	3467
2807	2650	1736	2265	2567	2518	2656	2189	819	2800	2497	2704	2342	2537	3139	2789
964	582	1128	873	1860	1309	585	1582	2753	338	1161	197	983	1338	179	678
26%	18%	39%	28%	42%	34%	18%	42%	77%	11%	32%	7%	30%	35%	5%	20%

49
8.36
25.7
19.5
22.4
0.871
4615
2940
1675
36%

Cuadro 3. RAN-03

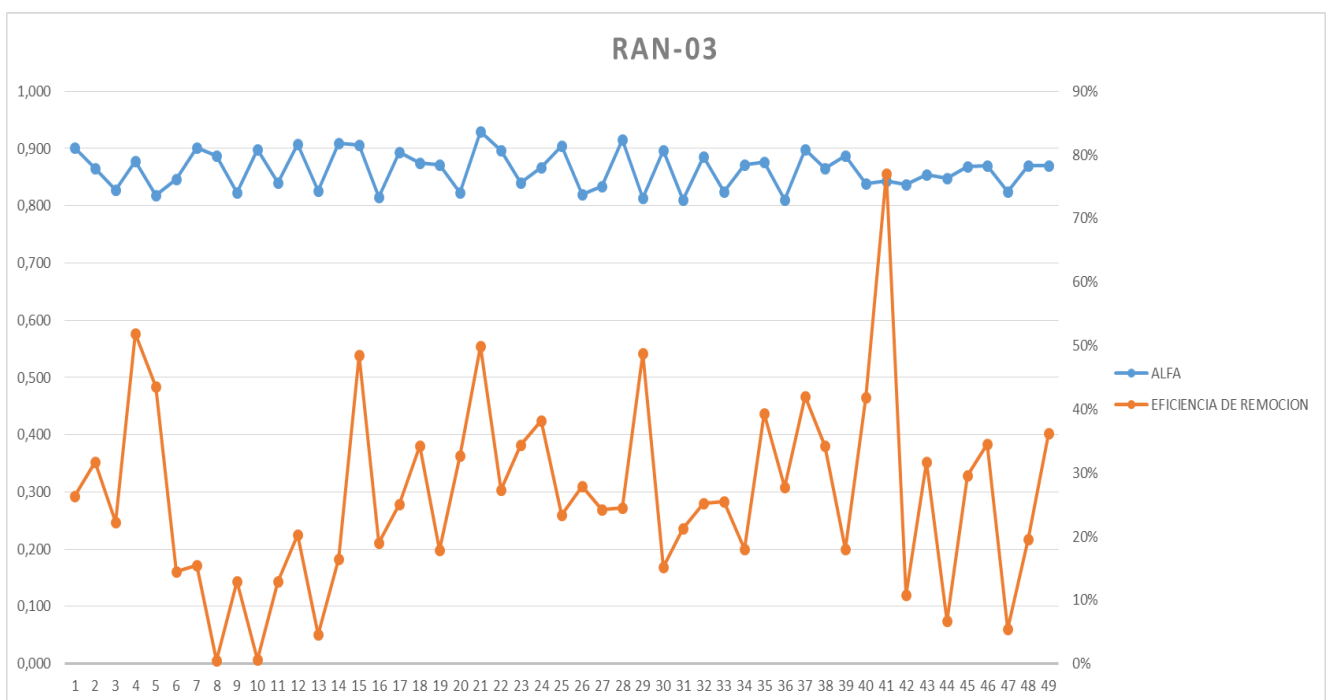


Figura 3. Alfa vs Eficiencia de remoción del RAN-03

## 7.4. Datos del Reactor Anaerobio 4 del parámetro 0.81 a 1.

Día	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
pH inicial	7,37	7,29	7,3	7,22	7,49	7,19	7,44	7,33	7,54	7,47	7,75	7,7	7,5	7,68	7,64	7,81
T° C	22,8	23,6	22,4	26,4	23,7	25,6	25,3	25,9	24,9	27,2	23,6	25	26,9	24,4	24,4	26,3
ml pH a 5,75	14,7	18,1	21,3	20	18,6	19,4	20	21,2	19,5	17,8	19,7	21	21,1	19,9	19,8	18,6
ml pH a 4,30	17,4	22	24,7	23,8	22,3	22,7	23,5	24	21,8	20,2	24	23,5	23,9	22,4	22,6	21
α	0,845	0,823	0,862	0,840	0,834	0,855	0,851	0,883	0,894	0,881	0,821	0,894	0,883	0,888	0,876	0,886
Color PtCo ENTRADA	2605	3562	3208	4758	2931	4695	3140	2899	3088	2709	2709	4416	3582	2495	4005	3367
Color PtCo SALIDA	2070	2414	2660	2595	2299	3220	2699	2475	2240	1759	1759	2268	1655	1986	1766	2565
Remoción de color	535	1148	548	2163	632	1475	441	424	848	950	950	2148	1927	509	2239	802
Eficiencia	21%	32%	17%	45%	22%	31%	14%	15%	27%	35%	35%	43%	54%	20%	56%	24%

17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32
7,71	7,77	7,6	7,98	7,66	7,83	7,99	7,78	7,8	8	8,03	8,11	8,04	7,91	7,86	7,32
25,7	25,4	25,4	24,9	24	25,9	23,8	25,5	26,1	23,5	23,8	23,6	26,1	24,9	25,9	25,5
16,3	16,2	15,8	16,5	12,6	15,8	15	13,8	15,5	15,3	15,4	15	15	16,8	16,6	15,8
18,1	18,9	19	18,7	14,9	17,8	18	15,4	17,8	18,5	17,8	17,7	16,8	18,4	19,4	17,8
0,901	0,857	0,832	0,882	0,846	0,888	0,833	0,896	0,871	0,827	0,865	0,847	0,893	0,913	0,856	0,888
3203	4112	3103	3099	3883	3252	4731	3112	3686	3771	3232	2726	2864	4427	3827	3241
1480	2928	1788	1672	3250	2447	2809	2707	2745	3015	2548	1817	1556	2651	2862	2526
1723	1184	1315	1427	633	805	1922	405	941	756	684	909	1308	1776	965	715
54%	29%	42%	46%	16%	25%	41%	13%	26%	20%	21%	33%	46%	40%	25%	22%

33	34	35	36	37	38	39	40	41
8,03	8	7,84	8	7,83	8,14	8,11	8,25	8,2
25,3	24,7	26,4	24,4	26,9	24,9	24,4	25,9	26,1
14,9	15,8	16,3	17,7	18,4	18,5	18,3	19,8	18
16,7	19,3	19,8	21,5	20,6	20,3	20,5	22,2	21,1
0,892	0,819	0,823	0,823	0,893	0,911	0,893	0,892	0,853
3771	3572	3658	2901	3325	3875	3467	4615	3388
2162	1190	1501	2498	2248	2589	2577	2467	2284
1609	2382	1501	403	1077	1286	890	2148	1104
43%	67%	41%	14%	32%	33%	26%	47%	33%

Cuadro 4. RAN-04

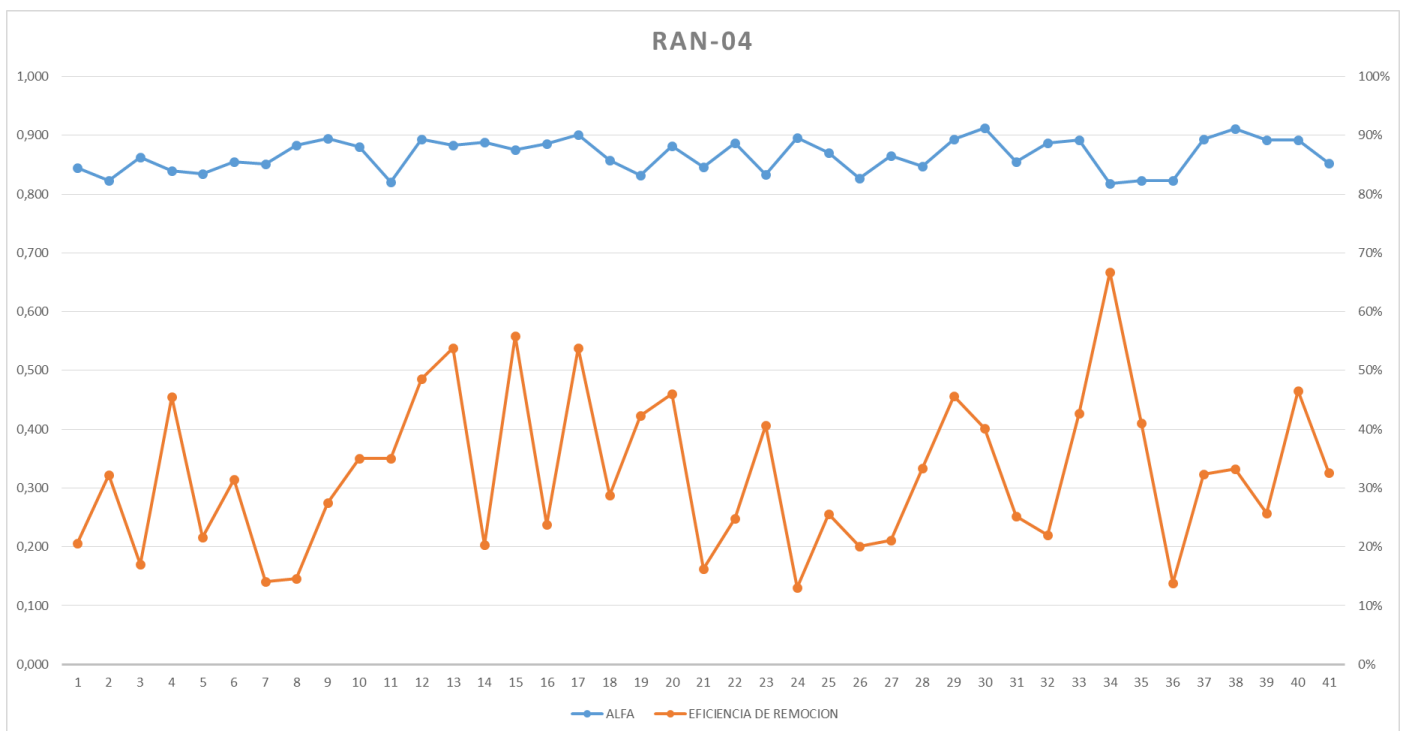
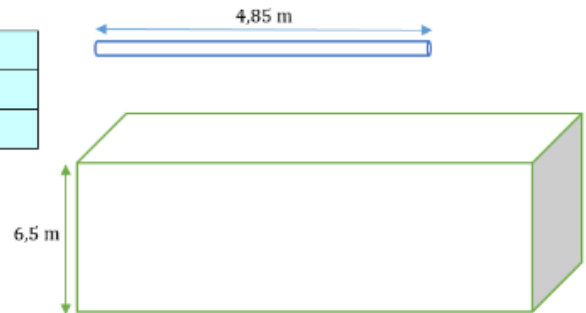


Figura 4. Alfa vs Eficiencia de remoción del RAN-04

## 7.5. Datos de lodos.

Tabla 1. Medidas de Nucleador y Reactor Anaerobio.

Altura del nucleador	4,85 m
Altura del RAN	6,5 m
Altura restante	1,65 m



$$\text{Altura Restante} = \text{Altura del RAN} - \text{Altura del nucleador}$$

$$\text{Altura} = \text{Muestra} + \text{Altura Restante}$$

Día	RAN-01		
	1	2	3
MUESTRA	2,1	2,3	2,33
ALTURA	3,75	3,95	3,98

Cuadro 5. Datos de altura de lodos de Reactor Anaerobio 1.

Día	RAN-02		
	1	2	3
MUESTRA	1,15	1,09	3,87
ALTURA	2,8	2,74	5,52

Cuadro 6. Datos de altura de lodos de Reactor Anaerobio 2.

Día	RAN-03		
	1	2	3
MUESTRA	2,17	3,1	3,45
ALTURA	3,82	4,75	5,1

Cuadro 7. Datos de altura de lodos de Reactor Anaerobio 3.

Día	RAN-04		
	1	2	3
MUESTRA	0,75	0,98	0,96
ALTURA	2,4	2,63	2,61

Cuadro 8. Datos de altura de lodos de Reactor Anaerobio 4.

## 7.6. Datos de flujo volumetrico de los Reactores Anaerobioa.

MEDIDAS DEL RAN								
LARGO	11,29	ANCHO	6	ALTO	6,5	VOLUMEN=	440,31	m3

MUESTRAS TOMADAS POR:	1 s
ml a l:	0,001 l
l a m3	1000
s a h	3600



$$\text{Fórmula de Tiempo de Residencia Hidráulica } Trh = \frac{\text{Volumen del reactor}}{\text{Caudal}}$$

RAN-01																
Día		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
MUESTRA 1	ml	500	400	400	200	450	350	360	465	515	1000	475	1000	1000	170	155
MUESTRA 2	ml	450	350	430	245	450	350	365	450	525	1000	415	1000	1000	170	140
MUESTRA 3	ml	550	300	445	260	440	375	375	465	515	1000	475	1000	1000	170	155
PROMEDIO	ml/s	500	350	425	235	447	358	367	460	518	1000	455	1000	1000	170	150
	l/s	0,50	0,35	0,43	0,24	0,45	0,36	0,37	0,46	0,52	1,00	0,46	1,00	1,00	0,17	0,15
No. Vertiente		28	28	28	28	28	28	28	14	20	14	14	14	14	28	28
Flujo Vol.	l/s	14,00	9,80	11,90	6,58	12,51	10,03	10,27	6,44	10,37	14,00	6,37	14,00	14,00	4,76	4,20
	m/s	0,0140	0,0098	0,0119	0,0066	0,0125	0,0100	0,0103	0,0064	0,0104	0,0140	0,0064	0,0140	0,0140	0,0048	0,0042
Trh	s	31451	44930	37001	66916	35206	43885	42887	68371	42474	31451	69122	31451	31451	92502	104836
Trh	h	8,7	12,5	10,3	18,6	9,8	12,2	11,9	19	11,8	8,7	19,2	8,7	8,7	25,7	29,1

Cuadro 9. Flujo volumetrico de RAN-01.

RAN-02																
Día		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
MUESTRA 1	ml	600	650	405	500	420	425	300	560	400	580	610	385	400	210	475
MUESTRA 2	ml	700	600	415	540	425	425	300	590	370	520	580	380	370	210	490
MUESTRA 3	ml	600	600	410	490	390	410	310	600	385	580	625	380	385	210	510
PROMEDIO	ml/s	633	617	410	510	412	420	303	583	385	560	605	382	385	210	492
	l/s	0,63	0,62	0,41	0,51	0,41	0,42	0,30	0,58	0,39	0,56	0,61	0,38	0,39	0,21	0,49
No. Vertiente		28	28	28	28	28	28	28	28	28	28	28	28	28	28	28
Flujo Vol.	l/s	17,73	17,27	11,48	14,28	11,53	11,76	8,49	16,33	10,78	15,68	16,94	10,69	10,78	5,88	13,77
	m/s	0,018	0,017	0,011	0,014	0,012	0,012	0,008	0,016	0,011	0,016	0,017	0,011	0,011	0,006	0,014
Trh	s	24830	25501	38355	30834	38199	37441	51842	26958	40845	28081	25992	41202	40845	74883	31984
Trh	h	6,9	7,1	10,7	8,6	10,6	10,4	14,4	7,5	11,3	7,8	7,2	11,4	11,3	20,8	8,9

Cuadro 10. Flujo volumetrico de RAN-02.

RAN-03																
Día		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
MUESTRA 1	ml	400	800	155	580	580	375	375	275	440	480	580	245	440	185	440
MUESTRA 2	ml	500	900	155	600	540	385	360	275	465	475	615	250	465	195	410
MUESTRA 3	ml	500	850	160	600	560	380	380	290	450	470	615	245	450	185	410
PROMEDIO	ml/s	467	850	157	593	560	380	372	280	452	475	603	247	452	188	420
	l/s	0,47	0,85	0,16	0,59	0,56	0,38	0,37	0,28	0,45	0,48	0,60	0,25	0,45	0,19	0,42
No. Vertiente		28	28	21	21	21	21	21	28	28	28	28	22	21	28	28
Flujo Vol.	l/s	13,07	23,80	3,29	12,46	11,76	7,98	7,81	7,84	12,65	13,30	16,89	5,43	9,49	5,27	11,76
	m/s	0,013	0,024	0,003	0,012	0,012	0,008	0,008	0,008	0,013	0,013	0,017	0,005	0,009	0,005	0,012
Trh	s	33697	18501	133833	35338	37441	55177	56414	56162	34816	33106	26064	81138	46422	83497	37441
Trh	h	9,4	5,1	37,2	9,8	10,4	15,3	15,7	15,6	9,7	9,2	7,2	22,5	12,9	23,2	10,4

Cuadro 11. Flujo volumetrico de RAN-03.

RAN-04																
Día		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
MUESTRA 1	ml	400	200	498	505	405	400	385	490	600	605	580	335	400	180	165
MUESTRA 2	ml	450	200	475	455	420	435	390	470	630	610	590	345	435	175	175
MUESTRA 3	ml	450	200	500	500	425	425	410	490	600	605	580	330	425	180	165
PROMEDIO	ml/s	433	200	491	487	417	420	395	483	610	607	583	337	420	178	168
	l/s	0,43	0,20	0,49	0,49	0,42	0,42	0,40	0,48	0,61	0,61	0,58	0,34	0,42	0,18	0,17
No. Vertiente		28	28	21	21	21	21	21	21	21	21	21	21	21	21	21
Flujo Vol.	l/s	12,13	5,60	10,31	10,22	8,75	8,82	8,30	10,15	12,81	12,74	12,25	7,07	8,82	3,75	3,54
	m/s	0,012	0,006	0,010	0,010	0,009	0,009	0,008	0,010	0,013	0,013	0,012	0,007	0,009	0,004	0,004
Trh	s	36289	78627	42703	43083	50321	49922	53081	43380	34372	34561	35944	62279	49922	117573	124557
Trh	h	10,1	21,8	11,9	12,0	14,0	13,9	14,7	12,1	9,5	9,6	10,0	17,3	13,9	32,7	34,6

Cuadro 12. Flujo volumetrico de RAN-04.

## 7.7. Discusión de resultados.

Para mejor comprensión se presenta la discusión de resultados tomando el promedio de los datos obtenidos en cada reactor anaerobio, así como el flujo volumétrico (caudal) y Tiempo de residencia hidráulica (Trh) correspondiente.

Así se puede observar el comportamiento en general que tiene cada reactor con sus respectivas variables.

	pH inicial	T°C	ALFA	EFICIENCIA	LODOS	FLUJO VOL.	Trh
RAN-01	7,72	25,71	0,862	25%	3,89 m	9,95 l/s	14,33 h
RAN-02	7,72	25,36	0,863	28%	3,69 m	12,89 l/s	10,33 h
RAN-03	7,71	25,31	0,863	27%	4,56 m	10,85 l/s	14,24 h
RAN-04	7,76	25,06	0,866	32%	2,55 m	9,02 l/s	15,86 h

Cabe mencionar que dentro del periodo de análisis los rectores anaerobios pasaron por una serie factores que hacian que sus resultados variarían notablemente.

Uno de estos factores fue la falta de eliminacion de lodos en el DAF lo que provocaba que pasará mas lodos de lo permitido al TH que se encarga de suministrar a los reactores anaerobios. Dicho lo anterior los reactores se llenaban de mucho lodo lo que provocaba que formaran una capa gruesa de solidos que hacia que los vertientes se taparan y que la salida del agua tratada en los RAN tuviera solidos suspendidos, lo que generaba que la toma de nuestras muestras salieran con mucha turbiedad, se titulaba sin problema pero a la hora de sacar las muestras en el espectofotometro creaba interferencia para una mejor visualizacion del color por lo que se platico y se opto por filtrar las muestras para tener un mejor resultado en el equipo.

Al filtrar las muestras para el espectofotometro se noto el cambio en los resultados de color, por lo que se continuo haciendo en todo el periodo de recopilacion de datos.

## 8. EVALUACIONES DE IMPACTO AMBIENTAL EN MATERIA DE SALUD Y SEGURIDAD DEL TRABAJADOR.

---

Como parte de la estancia en el Grupo Pecuario Buenaventura se tuvo una adicional al proyecto de residencia, esto se trató de hacer matrices de evaluación de impacto ambiental en materia de salud y seguridad del trabajador, bajo las normas ISO 14000 y la ISO 45000-1 y 45000-2.

Se tomó en cuenta 9 áreas estas fueron:

- PTAR
- Planta Sanitaria Wetland
- Calderas
- Laboratorio de análisis de calidad
- Laboratorio de análisis fisicoquímicos
- TIF
- Control de plagas
- Almacén de producto químico PTAR
- Almacén de residuos sólidos urbanos

### ✓ ISO 14000

Se aplica a aquellos aspectos ambientales que la organización puede controlar y sobre los cuales se supone se tiene influencia, aunque no establece en sí criterios específicos de desempeño ambiental. Esta matriz se centra en los aspectos ambientales que se encuentran y el impacto que ocasionan en este caso se tiene el ejemplo de los aspectos e impactos de la PTAR (Planta de Tratamiento de Aguas Residuales).

La recopilación de información se llevó a cabo con ayuda del operador en curso y el ingeniero responsable del área.

Tabla 2. Evaluación de impacto ambiental.

ETAPA DEL CICLO DE VIDA	NIVEL DE CONTROL O INFLUENCIA	PROCESO	ACTIVIDAD	ASPECTO AMBIENTAL			IMPACTO			CONDICIONES			TIPO		TEMPORALIDAD				
				E	P	S	E	P	S	Normales	Anormales	Riesgo	Directo	Indirecto	Pasada	Presente	Futura		
Procesadora.	Control	Servicios Auxiliares	PTAR	NA	Emissiones a la atmósfera (Generación de Polvos, Vapores, Humo, Olores, Radiaciones y Ruido)	Emissiones a la atmósfera (Generación de Polvos, Vapores, Humo, Olores, Radiaciones y Ruido)	NA	Contaminación atmosférica	Contaminación atmosférica	x			x			x			
				Descarga de Aguas Residuales	NA	NA	Contaminación al suelo y agua	NA	NA	x			x				x		
				NA	Escurremientos de Sustancias Peligrosas	Escurremientos de Sustancias Peligrosas	NA	Contaminación al suelo y agua	Contaminación al suelo y agua		x			x				x	
				NA	Generación de Residuos Peligrosos	Generación de Residuos Peligrosos	NA	Contaminación al suelo	Contaminación al suelo	x				x				x	
				Generación de Residuos No Peligrosos (Sólidos urbanos y/o Manejo Especial)	Generación de Residuos No Peligrosos (Sólidos urbanos y/o Manejo Especial)	Generación de Residuos No Peligrosos (Sólidos urbanos y/o Manejo Especial)	Contaminación al suelo	Contaminación al suelo	Contaminación al suelo	x				x				x	
				Consumo de Agua	Consumo de Agua	NA	Disminución de recursos naturales	Disminución de recursos naturales	NA	x				x				x	
				Consumo de Energía	Consumo de Energía	NA	Disminución de recursos naturales	Disminución de recursos naturales	NA	x				x				x	
				Consumo de Combustible	Consumo de Combustible	NA	Contaminación atmosférica	Contaminación atmosférica	NA	x				x				x	
				NA	Afectaciones a fauna.	Afectaciones a fauna.	NA	Minimización de especies animales.	Minimización de especies animales.		x			x				x	
				NA	Afectaciones a flora.	Afectaciones a flora.	NA	Minimización de especies de flora.	Minimización de especies de flora.		x			x				x	
				NA	Fuga	Fuga	NA	Afectación al medio	Afectación al medio		x			x				x	
				NA	Derrame	Derrame	NA	Contaminación al suelo y agua	Contaminación al suelo y agua			x		x				x	
				NA	Incendio	Incendio	NA	Contaminación atmosférica	Contaminación atmosférica			x		x				x	
				NA	Explosión	Explosión	NA	Afectación al medio	Afectación al medio			x		x				x	
NA	Sismo	Sismo	NA	Afectación al medio	Afectación al medio			x			x			x					

EVALUACION							
Severidad	Frecuencia	Regulado	Partes Interesadas	Afectación a la planta	Probabilidad de riesgo	Valor de significancia del aspecto ambiental	valor de condicion de riesgo
						14	
2	5	5	1	1		14	
3	5	5	2	1		13	
3	3	5	1	1		14	
3	4	5	1	1		14	
2	5	5	1	1		14	
1	5	4	3	1		14	
1	5	4	1	1		12	
2	5	4	1	1		13	
2	1	5	1	1		10	
2	1	4	1	1		9	
2	5	2	1	2		12	
4		5	1	5	2		17
5		5	1	5	2		18
5		5	1	5	2		18
5		5	1	5	5		21

Tabla 3. Valores para la evaluación de impacto ambiental

Evaluación de condiciones Normales y Anormales		Evaluación de Condiciones de Riesgo	
ACCIONES	VALOR	VALOR	ACCIONES
Aplicación de los Controles Establecidos.	NO SIGNIFICATIVO ( $\leq 12^*$ )	$\leq 12$	Aplicación de los controles establecidos
Control Operacional(CO) u Objetivo y Ademas Recorridos Ambientales.	SIGNIFICATIVO ( $>12$ )	$>12$	Capacitación a Planes de emergencia
	*Siempre y cuando no este Regulado.		Nota: Se aplican recorridos a todas las áreas con condiciones de riesgo.

✓ ISO 45000-1

Esta matriz se centra en la salud y seguridad del trabajador en las actividades que realice en el área, las condiciones y actos inseguros así como el riesgo identificado de acuerdo al factor presente y oportunidades de mejora en la salud y seguridad del trabajador, esto con la finalidad de crear un entorno de trabajo seguro para los empleados, de igual forma nos centramos en la PTAR y la recopilación de información se llevó a cabo con ayuda de los operadores del área.



Tabla 4. Matriz de identificación de peligros.

NUM DE ETAPA	ACTIVIDAD	CLASIFICACIÓN	EQUIPOS INVOLUCRADOS	AREAS IMPLICADAS	CONDICION INSEGURA	ACTOS INSEGUROS	FACTOR PRESENTE PELIGRO IDENTIFICADO	RIESGO IDENTIFICADO	OPORTUNIDADES DE SST	POTENCIAL DE DAÑO A	RIESGO RELACIONADO A
1	Carcamo de vísceras y plumas.	Rutinaria	Motores, Bombas traga solidos, Bombas sumergibles.	Tratamiento de Aguas	Si (Motores en espacio confinado)	Si (Acceso al area para limpieza y mantenimiento sin	Físicos	exposicion al ruido	N/A	Personal (Interno)	Salud
					Si (Equipos sin guardas)	Si (Acceso al carcamo con equipos en operación)	Físicos	Lesiones por: Exposición a equipo en movimiento, Exposición a caída de objetos y materiales	Implementación de guardas en equipos expuestos	Personal (Interno)	Seguridad
					Si (Instalaciones eléctricas en mal estado)	Si (Verificación y acceso al area sin equipo adecuado)	Físicos	Lesiones por: Exposición a instalaciones eléctricas.	N/A	Personal (Interno)	Seguridad
					Si (Area humeda, residuos solidos de proceso)	N/A	Biológicos	Exposición a bacterias, hongos o virus	Mantenimiento correctivo de equipos y/o equipos nuevos.	Personal (Interno)	Salud
2	Cribado y cocción de sangre.	Rutinaria	Motores, Poleas, Pistones diferenciales, Coagulador de sangre, transportadores, bombas, volteos.	Tratamiento de Aguas	Si (Instalaciones en mal estado)	Si (Mantenimiento y limpieza del area)	Físicos	Lesiones por: Instalaciones en mal estado (Piso mojado o irregular, escalones, escaleras), exposición a iluminación y ventilación inadecuada, falta de mantenimiento a maquinaria y equipos, exposición a equipos en movimiento.	Mantenimiento correctivo de instalaciones y/o instalaciones nuevas.	Personal (Interno)	Seguridad
					Si (Trabajos en mayor altura.)	Si (Maneobra sin arnes de seguridad).	Físicos	Lesiones por: Exposiciones a trabajos en altura.	N/A	Personal (Interno)	Seguridad
					Si (Exposición a altas temperaturas)	Si (Operar el equipo en malas condiciones)	Físicos	Lesiones por: Exposición a temperaturas extremas, exposición a materiales u equipos calientes.	Mantenimiento correctivo de equipos y/o equipos nuevos.	Personal (Interno)	Seguridad
					Si (Unidades de transporte en mal estado)	N/A	Físicos	Velocidad (Manejo de vehiculos, transporte y carga)	Mantenimiento y servicio de Unidades	Personal (Interno)	Seguridad
					Si (Instalaciones electricas en mal estado.)	N/A	Físicos	Lesiones por: exposicion a instalaciones electricas	Mantenimiento de Instalaciones electricas	Personal (Interno)	Seguridad
3	Tanque ecualizado	Rutinaria	Agitador, Bombas, Sensores.	Tratamiento de Aguas	Si (Trabajos en mayor altura.)	Si (Maneobra sin arnes de seguridad).	Físicos	Lesiones por: Exposiciones a trabajos en altura.	N/A	Personal (Interno)	Seguridad
4	Separación de sólidos	Rutinaria	Saturador, DAF, Bombas, Compresor, Motores, Volteo, Decantador, Cosedor, Criba.	Tratamiento de Aguas	Si (Instalaciones en mal estado)	Si (Mantenimiento y limpieza del area)	Físicos	Lesiones por: Instalaciones en mal estado (Piso mojado o irregular, escalones, escaleras), exposición a iluminación y ventilación inadecuada, falta de mantenimiento a maquinaria y equipos, exposición a equipos en movimiento.	Mantenimiento correctivo de instalaciones y/o instalaciones nuevas.	Personal (Interno)	Seguridad
					Si (Instalaciones electricas en mal estado.)	N/A	Físicos	Lesiones por: exposicion a instalaciones electricas, exposicion a equipos en movimiento.	Mantenimiento de Instalaciones electricas	Personal (Interno)	Seguridad
					Si (Equipos en mal estado que operan a presión.)	N/A	Físicos	Lesiones por: Exposición a equipos que trabajan presión, exposición a iluminación inadecuada.	Mantenimiento de equipos de presión.	Personal (Interno)	Seguridad
					Si (Manejo de productos quimicos)	Si (Exposición sin equipo de seguridad)	Químicos	Lesiones por: Exposición a polvos quimicos, Manejo de sustancias quimicas, manejo se residuos peligrosos.	Automatizar proceso	Personal (Interno)	Salud
					Si (Carga de material pesado)	Si (Carga manual de costales)	Ergonómicos	Lesiones por: Carga manual de materiales.	Rehabilitacion y/o adquisicion de equipos de carga (diablito)	Personal (Interno)	Salud
					Si (Equipo con alfes desvielles)	Si (Acceso al area para operacion y mantenimiento)	Físicos	exposicion al ruido	N/A	Personal (Interno)	Salud
					Si (Trabajos en mayor altura.)	Si ( Acceso al area sin equipo adecuado)	Físicos	Lesiones por: exposiciones a trabajos en altura, instalaciones en mal estado	Contar con el equipo adecuado para trabajos en altura y equipos de	Personal (Interno)	Seguridad
					Si (Instalaciones en mal estado)	Si (Mantenimiento y operacion en el area)	Físicos	Lesiones por: Instalaciones en mal estado (Piso mojado o irregular, escalones, escaleras), exposición a iluminación y ventilación inadecuada, falta de mantenimiento a maquinaria y equipos, exposición a equipos en movimiento.	Mantenimiento correctivo de instalaciones y/o instalaciones nuevas.	Personal (Interno)	Seguridad
6	Tanque de homogenizacion	Rutinaria	Agitador, Bombas, Motor.	Tratamiento de Aguas	Si (Manejo de NaOH)	Si (Uso omiso de equipo de proteccion)	Químicos	Exposición a polvos quimicos, Manejo de sustancias quimicas, manejo se residuos peligrosos.	Contar con equipo de proteccion de laboratorio	Personal (Interno)	Salud
					Si (Instalacion en mal estado)	N/A	Físicos	Lesiones por intalaciones en mal estado	Mantenimiento correctivo de instalaciones y/o instalaciones nuevas.	Personal (Interno)	Seguridad
7	Proceso Anaerobio y quemador de Biogas.	Rutinaria	Reactores UASB, Nucleador, Quemador de flama abierta.	Tratamiento de Aguas	N/A	N/A	Químicos	Exposición a gases y vapores, exposición a material explosivo	Rehabilitacion y/o adquisicion de sensores.	Personal (Interno)	Salud
					Si (Limpieza de Iodos en los RAN)	Si (Maniobra insegura de limpieza)	Biológicos	Exposición a bacterias, hongos o virus.	adquisicion de bombas de extraccion de lodos y rehabilitacion de pasillos.	Personal (Interno)	Salud
					Si (Manejo de cal hidratada y FeSO3)	Si (Uso omiso de equipo de proteccion)	Químicos	Exposición a polvos quimicos, Manejo de sustancias quimicas, manejo se residuos peligrosos.	N/A	Personal (Interno)	Salud
8	Proceso aerobio	Rutinaria	Reactores SBR, Agitador, Bomba, Sopladores, Decantador,	Tratamiento de Aguas	Si (Trabajo de gran altura)	Si (Escalera sin guarda para descarga de agua)	Físicos	Trabajo de gran altura	Mantenimiento correctivo de equipo.	Personal (Interno)	Seguridad
					Si (Exposición a bacterias)	N/A	Biológicos	Exposición a bacterias, hongos o virus.	N/A	Personal (Interno)	Salud
9	Digestor	Rutinaria	Sopladores, Rastra, Bomba, Motor	Tratamiento de Aguas	N/A	N/A	Físicos	Lesiones por exposicion a ruido	N/A	Personal (Interno)	Salud
					Si (Exposición a bacterias)	N/A	Biológicos	Exposición a bacterias, hongos o virus.	N/A	Personal (Interno)	Salud
10	Tanque de amortiguamiento	Rutinaria	Bombas	Tratamiento de Aguas	Si (Instalaciones electricas deterioradas)	N/A	Físicos	Lesiones por exposicion a instalaciones electricas, Iluminacion	N/A	Personal (Interno)	Seguridad
					N/A	N/A	Biológicos	Exposición a bacterias, hongos o virus.	N/A	Personal (Interno)	Salud

10	Tanque de amortiguamiento	Rutinaria	Bombas	Tratamiento de Aguas	Si (Instalaciones electricas deterioradas)	N/A	Físicos	Lesiones por exposicion a instalaciones electricas, Iluminacion	N/A	Personal (Interno)	Seguridad
					N/A	N/A	Biológicos	Exposicion a bacterias, hongos o virus.	N/A	Personal (Interno)	Salud
11	Coagulación - Floculación	Rutinaria	Agitadores, Bombas	Tratamiento de Aguas	Si (Manejo de polimero y sulfato de aluminio)	Si (Uso omiso de equipo de portecccion)	Químicos	Exposicion a polvos quimicos, Manejo de sustacias quimicas, manejo se residuos peligrosos.	N/A	Personal (Interno)	Salud
					N/A	N/A	Físicos	Exposicion a instalaciones electricas	N/A	Personal (Interno)	Seguridad
12	Sedimentador de alta taza	Rutinaria	N/A	Tratamiento de Aguas	N/A	N/A	Físicos	Lesiones por exposicion a trabajos en altura	Mantenimiento correctivo de instalaciones, uso de equipo de proteccion	Personal (Interno)	Seguridad
13	Generador de Ozono	Rutinaria	Compresor, Generador de Ozono	Tratamiento de Aguas	Si (Equipos que trabajan a presion)	N/A	Físicos	Lesiones por exposicion a equipos que trabajan a presion	Mantenimiento correctivo de equipos.	Personal (Interno)	Seguridad
					N/A	N/A	Químicos	Exposicion a gases y vapores.	N/A	Personal (Interno)	Salud
					N/A	N/A	Físicos	Exposicion a instalaciones electricas	Equipo de material aislante	Personal (Interno)	Seguridad
14	Tanque de contacto de ozono	Rutinaria	Bombas	Tratamiento de Aguas	N/A	N/A	Físicos	Lesion por exposicion a instalaciones electricas	N/A	Personal (Interno)	Seguridad
					N/A	N/A	Químicos	Exposicion a gases	N/A	Personal (Interno)	Salud
					Si (area humeda)	Si (Acceso sin equipo antiderranante).	Físicos	Instalaciones en mal estado	N/A	Personal (Interno)	Seguridad
15	Sistema de filtracion	Rutinaria	Filtro de arena y graba, filtro de carbon activado, filtro de carucho termofuncionado.	Tratamiento de Aguas	N/A	N/A	Físicos	Falta de mantenimiento en equipos.	Mantenimiento correctivo de tuberias.	Personal (Interno)	Seguridad
16	Desinfeccio	Rutinaria	Bomba dosificadora, pipa de hipoclorito de sodio	Tratamiento de Aguas	Si ( manejo de hipoclorito de sodio)	N/A	Químicos	Manejo de sustancias quimicas	N/A	Personal (Interno)	Salud
					N/A	N/A	Físicos	Velocidad (Manejo de vehiculos, transporte y carga)	Mejorar maniobra de descarga, rehabilitacion de equipo de carga	Personal (Interno)	Seguridad
17	Almacenamiento de agua clorada	Rutinaria	Bombas centrifugas	Tratamiento de Aguas	N/A	N/A	Físicos	Eposicion a equipo que trabaja a presion	N/A		
18	Taque elevado	Rutinaria	Bomba centrifuga, Sensor de nivel.	Tratamiento de Aguas	N/A	N/A	Físicos	Lesion por exposicion a trabajos en altura	N/A	Personal (Interno)	Seguridad

✓ ISO 45000-2

Tabla 5. Matriz de evaluaci3n de riesgo a la seguridad.

ACTIVIDAD	RIESGO	CALCULO DE LA PROBABILIDAD BASE							CALCULO DE LA SEVERIDAD				RIESGO BASE	MEDIDAS DE SEGURIDAD
		HISTORIAL DE ACCIDENTES	CONDICIONES INSEGURAS	ACTOS INSEGUROS	EDAD DE LOS EQUIPOS Y/O INSTALACIONES	NUMERO DE PERSONAL EXPUESTO	FRECUENCIA DE EXPOSICION AL PELIGRO	PROBABILIDAD BASE "PB"	PELIGROSIDAD DEL FACTOR	CONSECUENCIA DEL PELIGRO	ALCANCE DEL DAÑO	SEVERIDAD PROMEDIO		
Supervision : Carcamo de visceras y plumas	Lesiones por: Instalaciones en mal estado (Piso mojado o irregular, escalones, escaleras), falta de mantenimiento a maquinaria y equipos, exposicion a equipos en movimiento.	1	2	2	2	1	1	1,5	2	2	1	1,7	2,5	APLICACI3N A LOS PROCEDIMIENTOS ESTABLECIDOS
	Lesiones por exposicion a instalaciones electricas.	1	2	2	2	1	1	1,5	2	2	1	1,7	2,5	APLICACI3N A LOS PROCEDIMIENTOS ESTABLECIDOS
Limpieza	Lesiones por: Instalaciones en mal estado (Piso mojado o irregular, escalones, escaleras), falta de mantenimiento a maquinaria y equipos, exposicion a equipos en movimiento.	1	2	2	2	1	1	1,5	2	2	1	1,7	2,5	APLICACI3N A LOS PROCEDIMIENTOS ESTABLECIDOS
	Lesiones por exposicion a instalaciones electricas.	1	2	2	2	1	3	1,8	2	2	1	1,7	3,1	ACCIONES INMEDIATAS y/o PLAN DE EMERGENCIA
Mantenimiento	Lesiones por: Instalaciones en mal estado (Piso mojado o irregular, escalones, escaleras), falta de mantenimiento a maquinaria y equipos, exposicion a equipos en movimiento.	1	2	2	2	1	3	1,8	1	2	1	1,3	2,4	APLICACI3N A LOS PROCEDIMIENTOS ESTABLECIDOS
	Lesiones por exposicion a instalaciones electricas.	2	3	2	2	1	3	2,2	2	2	1	1,7	3,8	ACCIONES INMEDIATAS y/o PLAN DE EMERGENCIA
Supervision : Cribado y coccion de sangre	Lesiones por: Instalaciones en mal estado (Piso mojado o irregular, escalones, escaleras), falta de mantenimiento a maquinaria y equipos, exposicion a equipos en movimiento.	1	2	2	1	1	1	1,3	1	2	1	1,3	1,3	APLICACI3N A LOS PROCEDIMIENTOS ESTABLECIDOS
	Lesiones por: Exposiciones a trabajos en altura.	1	2	2	1	1	1	1,3	1	2	1	1,3	1,3	APLICACI3N A LOS PROCEDIMIENTOS ESTABLECIDOS
	Lesiones por: Exposicion a temperaturas extremas, exposicion a materiales u equipos calientes.	2	2	2	1	1	3	1,8	2	2	1	1,7	3	ACCIONES INMEDIATAS y/o PLAN DE EMERGENCIA
Limpieza	Velocidad (Manejo de vehiculos, transporte y carga)	1	1	1	2	1	3	1,5	1	1	1	1,0	1,5	APLICACI3N A LOS PROCEDIMIENTOS ESTABLECIDOS
	Lesiones por: Instalaciones en mal estado (Piso mojado o irregular, escalones, escaleras), falta de mantenimiento a maquinaria y equipos, exposicion a equipos en movimiento.	1	2	2	1	1	3	1,7	1	2	1	1,3	2,2	APLICACI3N A LOS PROCEDIMIENTOS ESTABLECIDOS
Mantenimiento	Lesiones en el cuerpo por exposicion a cableado electrico.	1	1	1	1	1	3	1,3	2	2	1	1,7	2,2	APLICACI3N A LOS PROCEDIMIENTOS ESTABLECIDOS
Mantenimiento: Tanque equalizado	Lesiones por exposicion a instalaciones electricas.	1	1	1	2	1	1	1,2	1	1	1	1,0	1,2	APLICACI3N A LOS PROCEDIMIENTOS ESTABLECIDOS
Supervision: Separador de solidos	Lesiones por exposicion a trabajos en altura.	1	1	1	3	1	1	1,3	1	1	1	1,0	1,3	APLICACI3N A LOS PROCEDIMIENTOS ESTABLECIDOS
	Lesiones por exposicion a equipos en movimiento.	1	1	1	3	1	1	1,3	1	1	1	1,0	1,3	APLICACI3N A LOS PROCEDIMIENTOS ESTABLECIDOS

Limpieza	Lesiones por trabajos en altura	1	1	1	3	1	3	1,7	1	1	1	1,0	1,7	2,0	APLICACIÓN A LOS PROCEDIMIENTOS ESTABLECIDOS
Mantenimiento	Lesiones por exposición a instalaciones eléctricas.	1	1	1	3	1	3	1,7	2	2	1	1,7	2,0	2,0	ACCIONES INMEDIATAS y/o PLAN DE EMERGENCIA
Mantenimiento: Espesador y secado de lodos	Lesiones por exposición a trabajos en altura.	1	2	2	1	1	3	1,7	1	1	1	1,0	1,7	2,0	APLICACIÓN A LOS PROCEDIMIENTOS ESTABLECIDOS
Limpieza: Tanque de homogenización	Lesiones por Exposición a equipos eléctricos.	1	1	1	2	1	1	1,2	2	2	1	1,7	1,7	2,0	APLICACIÓN A LOS PROCEDIMIENTOS ESTABLECIDOS
supervision	Lesiones por Exposición a equipos eléctricos.	1	1	1	2	1	1	1,2	2	2	1	1,7	1,7	2,0	APLICACIÓN A LOS PROCEDIMIENTOS ESTABLECIDOS
Supervision: regulación de flujo de entrada: Reactor Anaerobio	Exposición a area en mal estado	1	2	2	3	1	1	1,7	1	1	1	1,0	1,7	2,0	APLICACIÓN A LOS PROCEDIMIENTOS ESTABLECIDOS
Mantenimiento correctivo	Exposición a instalación en mal estado, lesiones por caídas	1	2	2	3	1	3	2,0	1	2	1	1,3	2,0	2,0	APLICACIÓN A LOS PROCEDIMIENTOS ESTABLECIDOS
Limpieza de reactores	Lesiones por trabajos en altura	1	2	2	3	1	1	1,7	2	1	1	1,3	2,0	2,0	APLICACIÓN A LOS PROCEDIMIENTOS ESTABLECIDOS
Monitoreo: Quemador de biogas	Exposición a equipos que operan a alta temperatura	1	1	1	3	1	1	1,3	2	2	1	1,7	2,0	2,0	APLICACIÓN A LOS PROCEDIMIENTOS ESTABLECIDOS
Supervision: Proceso aerobio	Exposición a lesiones por equipos eléctricos	1	2	1	3	1	1	1,5	2	2	1	1,7	2,0	2,0	APLICACIÓN A LOS PROCEDIMIENTOS ESTABLECIDOS
Alimentación y desague	Lesiones por trabajos en altura	1	2	1	3	1	1	1,5	1	1	1	1,0	1,7	2,0	APLICACIÓN A LOS PROCEDIMIENTOS ESTABLECIDOS
Monitoreo	Lesiones por trabajos en altura	1	2	1	3	1	1	1,5	2	1	1	1,3	2,0	2,0	APLICACIÓN A LOS PROCEDIMIENTOS ESTABLECIDOS
Mantenimiento	Lesiones por equipos eléctricos.	1	2	1	3	1	1	1,5	2	2	1	1,7	2,0	2,0	APLICACIÓN A LOS PROCEDIMIENTOS ESTABLECIDOS
Limpieza	Lesión por caída a gran altura	1	2	2	3	1	3	2,0	2	2	1	1,7	2,0	2,0	ACCIONES INMEDIATAS y/o PLAN DE EMERGENCIA
Supervision: bombas de agua: Tanque de amortiguamiento	Lesiones por Exposición a equipos eléctricos.	1	2	2	1	1	1	1,3	2	2	1	1,7	2,0	2,0	APLICACIÓN A LOS PROCEDIMIENTOS ESTABLECIDOS
Supervision: Coagulación/Floculación	Lesiones por exposición a instalaciones eléctricas.	1	1	1	3	1	1	1,3	2	1	1	1,3	1,7	2,0	APLICACIÓN A LOS PROCEDIMIENTOS ESTABLECIDOS
Supervision: Sedimentador de alta tasa	Lesiones por exposición a instalaciones eléctricas.	1	1	1	3	1	1	1,3	2	1	1	1,3	1,7	2,0	APLICACIÓN A LOS PROCEDIMIENTOS ESTABLECIDOS
Supervision: Generador de ozono	Lesiones por exposición a equipos que trabajan a presión	1	2	1	2	1	1	1,3	1	1	1	1,0	1,7	2,0	APLICACIÓN A LOS PROCEDIMIENTOS ESTABLECIDOS
Supervision: Tanque de contacto con ozono	Exposición a instalaciones en mal estado (Piso mojado, irregular)	1	2	2	3	1	1	1,7	1	1	1	1,0	1,7	2,0	APLICACIÓN A LOS PROCEDIMIENTOS ESTABLECIDOS
Mantenimiento	Lesión por exposición a instalaciones eléctricas	1	1	1	1	1	3	1,3	2	2	1	1,7	2,0	2,0	APLICACIÓN A LOS PROCEDIMIENTOS ESTABLECIDOS
Supervision: Sistema de filtración	Falta de mantenimiento en equipos	1	1	1	3	1	1	1,3	1	2	1	1,3	1,7	2,0	APLICACIÓN A LOS PROCEDIMIENTOS ESTABLECIDOS
Recepcion de sustancias químicas: Desinfección	Velocidad (Manejo de vehículos, transporte y carga)	1	1	1	1	1	3	1,3	1	1	1	1,0	1,7	2,0	APLICACIÓN A LOS PROCEDIMIENTOS ESTABLECIDOS

✓ ISO 45000-2

Tabla 6. Matriz de evaluación de riesgo a la salud.

ACTIVIDAD	RIESGO	ACTOS INSEGUROS	EDAD DE LOS EQUIPOS Y/O INSTALACIONES	NUMERO DE PERSONAL EXPUESTO	FRECUENCIA DE EXPOSICION AL PELIGRO	PROBABILIDAD BASE "PB"	PELIGROSIDAD DEL FACTOR	CONSECUENCIA DEL PELIGRO	ALCANCE DEL DAÑO	SEVERIDAD PROMEDIO	RIESGO BASE	MEDIDAS DE SEGURIDAD
Supervision: Carcamo de visceras y plumas	Disminucion auditiva.	2	2	1	1	1,5	1	1	1	1,0	1,8	APLICACIÓN A LOS PROCEDIMIENTOS ESTABLECIDOS
	Exposición a bacterias, hongos o virus	1	2	1	1	1,3	1	1	1	1,0	1,3	APLICACIÓN A LOS PROCEDIMIENTOS ESTABLECIDOS
Limpieza	Exposición a bacterias, hongos o virus	1	2	1	3	1,7	2	1	1	1,3	2,2	APLICACIÓN A LOS PROCEDIMIENTOS ESTABLECIDOS
	Disminucion auditiva.	1	2	1	3	1,7	2	2	1	1,7	2,8	ACCIONES INMEDIATAS y/o PLAN DE EMERGENCIA
Mantenimiento	Exposición a bacterias, hongos o virus	1	2	1	3	1,5	2	1	1	1,3	2,0	APLICACIÓN A LOS PROCEDIMIENTOS ESTABLECIDOS
Supervision: Cribado y coccion de sangre	Exposición a bacterias, hongos o virus	1	2	1	1	1,3	2	1	1	1,3	1,8	APLICACIÓN A LOS PROCEDIMIENTOS ESTABLECIDOS
Limpieza	Exposición a bacterias, hongos o virus	1	2	1	1	1,3	2	1	1	1,3	1,8	APLICACIÓN A LOS PROCEDIMIENTOS ESTABLECIDOS
Dosificacion de producto quimico: Separacion de solidos	Exposicion a polvos quimicos, Manejo de sustacias quimicas, manejo de residuos peligrosos.	2	3	1	1	1,7	2	1	1	1,3	2,3	APLICACIÓN A LOS PROCEDIMIENTOS ESTABLECIDOS
	Lesiones por: Carga manual de materiales.	2	3	1	1	1,7	2	2	1	1,7	2,8	ACCIONES INMEDIATAS y/o PLAN DE EMERGENCIA
Limpieza	Exposicion a bacterias.	1	3	1	3	1,7	2	1	1	1,3	2,3	APLICACIÓN A LOS PROCEDIMIENTOS ESTABLECIDOS
Mantenimiento: Espesado y secado de lodos	Lesiones por carga manual	2	1	1	3	1,5	2	2	1	1,7	2,5	APLICACIÓN A LOS PROCEDIMIENTOS ESTABLECIDOS
Limpieza: Tanque de Homogenizacion	Exposicion a bacterias, virus.	1	3	1	3	1,8	2	1	1	1,3	2,4	APLICACIÓN A LOS PROCEDIMIENTOS ESTABLECIDOS
Supervision, regulacion de flujo de entrada: Reactor anaerobio	Exposicion a bacterias, hongos o virus	1	3	1	1	1,3	2	1	1	1,3	1,8	APLICACIÓN A LOS PROCEDIMIENTOS ESTABLECIDOS
	Exposicion a bacterias, hongos o virus	2	3	1	1	1,5	2	1	1	1,3	2,0	APLICACIÓN A LOS PROCEDIMIENTOS ESTABLECIDOS
Limpieza: Proceso aerobio	Exposicion por bacterias	1	3	1	3	1,7	2	1	1	1,3	2,2	APLICACIÓN A LOS PROCEDIMIENTOS ESTABLECIDOS
Monitoreo : Digestor	Exposicion por bacterias	1	3	1	1	1,5	2	1	1	1,3	2,0	APLICACIÓN A LOS PROCEDIMIENTOS ESTABLECIDOS
Limpieza: Tanque de Amortiguamiento	Exposicion por bacterias	1	3	1	3	1,8	2	1	1	1,3	2,4	APLICACIÓN A LOS PROCEDIMIENTOS ESTABLECIDOS
Supervision descarga de agua	Lesiones por movimientos repetitivos	2	3	1	1	1,5	2	2	1	1,7	2,5	APLICACIÓN A LOS PROCEDIMIENTOS ESTABLECIDOS
Dosificacion de producto quimico: Coagulacion-floculacion	Exposicion a polvos quimicos, Manejo de sustacias quimicas, manejo de residuos peligrosos.	2	3	1	2	1,8	1	2	1	1,3	2,4	APLICACIÓN A LOS PROCEDIMIENTOS ESTABLECIDOS
Supervision: Generador de ozono	Exposicion a gases y vapores.	1	3	1	1	1,3	2	2	1	1,7	2,3	APLICACIÓN A LOS PROCEDIMIENTOS ESTABLECIDOS
Mantenimiento	Exposicion a gases y vapores.	1	3	1	1	1,3	2	2	1	1,7	2,2	APLICACIÓN A LOS PROCEDIMIENTOS ESTABLECIDOS
Supervision: Tanque de contacto con ozono	Exposicion a gases	1	3	1	1	1,3	2	2	1	1,7	2,2	APLICACIÓN A LOS PROCEDIMIENTOS ESTABLECIDOS
Supervision: Desinfeccion	Manejo de sustancias quimicas	1	3	1	1	1,7	1	2	1	1,3	2,3	APLICACIÓN A LOS PROCEDIMIENTOS ESTABLECIDOS

## 9. CONCLUSIÓN.

---

De acuerdo al periodo de análisis que se llevó a cabo durante la estancia en la PTAR de GPB, se realizó el monitoreo diario del pH del efluente de los RAN's para determinar su Alfa y así evaluar su eficiencia de remoción de color en los reactores anaerobios.

Cada reactor presento diferentes variables como el flujo que se le alimentaba como en la cantidad de biomasa que tenía el reactor.

Los resultados obtenidos en el monitorio de los rectores anaerobios de flujo ascendente y principalmente en el RAN-04, se presenta una eficiencia del 32% con un alfa promedio de 0.866, debido a que presenta factores con los que trabaja el reactor ya que al tener una cama de biomasa estándar y un tiempo de residencia largo hace que el flujo alimentado permanezca más tiempo en el reactor y la biomasa pueda eliminar la mayor parte de materia orgánica soluble y coloidal de tipo biodegradable por vía anaerobia.

También se puede concluir que la eficiencia promedio de remocion de color de los reactores RAN's contribuyen el 32% del 93% de eficiencia global que tiene la planta en la remocion de color, el 61% restante se remueve por medio de los siguiente procesos: SBR, filtros de carbón activado, ozonificador y cloración.

Con los resultados anteriores puedo decir que la residencia cumplio su objetivo el cual fue evaluar los parametros alfa y como experiencia personal puedo decir que me llevo una buena experiencia, es un lugar donde pude aprender aspectos básicos de la industria en general y la avícola específicamente dandome una perspectiva mas amplia sobre el campo laboral del ingeniero químico y sus funciones, puedo destacar que mi aprendizaje durante la carrera fue suficiente para desempeñar mis actividades dentro de la empresa, haber estado en la empresa me dio la oportunidad de ayudarles a indetificar aspectos del proceso que no estaban siendo monitoreados y representaban un factor en el rendimiento de la remoción de color en la PTAR.

## 10. RECOMENDACIONES.

---

Las recomendaciones o sugerencias para mantener la eficacia sería un monitoreo constante en las variables de los reactores anaerobios (UASB) para tener mantener un control acerca de su comportamiento.

Ajustar la velocidad de flujo para los reactores anaerobios con el fin de mantener un flujo de alimentación constante para los 4 reactores que ronde entre los 8 l/s y 9 l/s. consiguiendo que trabajen con las mismas variables y aclimatar la biomasa con un flujo constante para una mejora en la eficiencia de remoción de color.

Establecer una altura estándar para la cama de biomasa presente en los reactores, que ronde entre los 2,30 metros a 3,30 metros para una mejor digestión anaerobia de compuestos orgánicos presentes en las aguas residuales.

Mantener un monitoreo constante en los reactores para la realización de limpieza y eliminar la capa gruesa de sólidos que obstruye los vertientes de las canaletas y evitar que se generen cortos circuitos dentro del sistema.

Ajustar sólidos en el DAF para evitar que pase a los RAN's.

## 11. EXPERIENCIA PROFESIONAL ADQUIRIDA.

---

La estancia en Grupo Pecuario Buenaventura fue una de las experiencias más enriquecedoras ya que aprendí mucho de cómo funciona una planta de tratamiento de aguas residuales y cómo opera el tratamiento de reactores anaerobios, también tuve la oportunidad de probar mis capacidades al realizar actividades correspondientes a mi profesión así como explorar cosas nuevas.

Analizando las actividades realizadas durante la práctica puedo decir que me lleno de nuevos conocimientos y experiencias que mantendré en mis memorias, el apoyar a mi asesor en realizar las evaluaciones de impacto ambiental fue una de ellas, ya que tuvo un beneficio para la empresa y una satisfacción enorme en mi al saber que colabore en un trabajo importante para la empresa y que tuve las capacidades para llevar a cabo el trabajo de forma excelente.

Así mismo el tiempo que estuvimos en el laboratorio de análisis fisicoquímicos fue una experiencia satisfactoria ya que pude poner a prueba los conocimientos que adquirí en la universidad y aprender nuevos.

## 12. COMPETENCIAS DESARROLLADAS Y/APLICADAS.

---

- Desarrollar un pensamiento y un razonamiento crítico y saber comunicarlos de manera efectivo.
- Desarrollar estrategias de aprendizaje autónomo.
- Respetar la diversidad y pluralidad de ideas, personas y situaciones.
- Aplicar conocimientos relevantes de las ciencias básicas: Matemáticas, Química, que permitan la comprensión, descripción y solución de problemas típicos de la Ingeniería Química.
- Aplicar los conocimientos y las competencias adquiridas para elaborar un proyecto.
- Aplicar los conocimientos en la realización de mediciones, cálculos, valoraciones, informes y otros trabajos análogos.
- Capacidad para solucionar problemas, adaptarse a situaciones imprevistas y tomar decisiones propias
- Capacidad para trabajar cooperativamente asumiendo y respetando el rol de los diversos miembros del equipo, así como los distintos niveles de dependencia del mismo.
- Capacidad para la preparación de reactivos y toma de muestra.



### 13. FUENTES DE INFORMACIÓN.

---

- Camacho Fidalgo A. (2012). Evaluación de la operación y propuesta de mejora del Reactor Anaerobio de Flujo Ascendente del beneficio San Diego de VOLCAFE S.A.. Instituto Tecnológico de Costa Rica.
- Diaz de los Santos s.a.(1992). Métodos Normalizados para el análisis de aguas potables y residuales. Madrid, España.
- López Hernández J, (2005). Manual de operación. En Planta de tratamiento de aguas residuales (14-46). Villaflores, Chiapas: Integración Biotecnológica s.a. de c.v.
- Márquez Vázquez M, Martínez González S. (2011). Reactores Anaerobios de Flujo Ascendente (RAFA's o UASB). Centro Tecnológico González.
- Rodríguez Caro R. (2011). Reactores UASB en plantas de tratamiento de aguas residuales.
- Yaya Beas R. (2012). Tratamiento Anaerobio de aguas residuales. Lima, Perú: Universidad Nacional de Ingeniería.

## 14. ANEXOS.

---

### 14.1. Figuras de instrumentación de laboratorio



Figura 1. Espectrofotómetro HACH



Figura 2. pH-metro HACH

## 14.2. Figuras de instrumentación para la titulación.

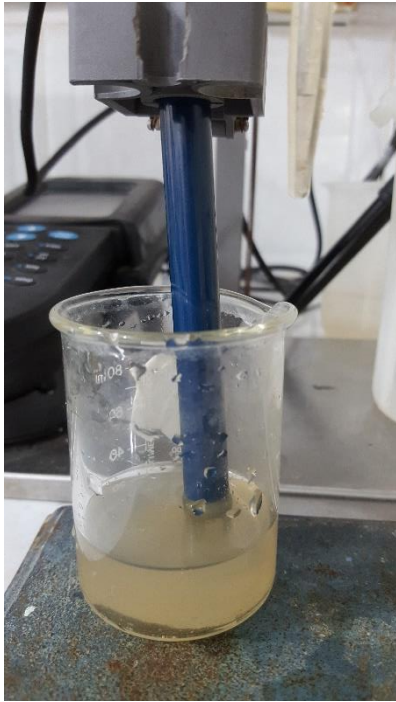


Figura 3. Titulación



Figura 4. Salida de RAN's

### 14.3. Figuras de PTAR



Figura 5. Caja primaria (Entrada de RAN's)



Figura 6. DAF



Figura 7. Reactor con exceso de sólidos

#### 14.4. Cálculos para la preparación de H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> a 0.02 N.

$$gr\ soluto = \frac{N\ Eq\ V}{V}$$

Donde:

N = Normalidad

Eq = Equivalentes Químicos

V = Volumen

$$Eq = \frac{\text{Peso molecular soluto}}{\# \text{ de Hidrogenos}}$$

$$Eq = \frac{98.079\ gr/mol}{2}$$

$$Eq = 49.03\ gr/mol$$

$$gr\ soluto = \frac{(0.02)(49.03\ \frac{gr}{mol})(1\ L)}{1\ L}$$

$gr\ soluto = 0.9806\ gr$

$$V = \frac{m}{d}$$

$$V = \frac{0.9806\ gr}{1.84\ gr/ml} = 0.5329\ ml\ H_2SO_4$$

$$d\ H_2SO_4 = 1.84\ gr/ml$$