

# **Universidad Nacional Pedro Henríquez Ureña UNPHU**

## **Facultad de Ciencias y Tecnología Escuela de Ingeniería Civil**

**Rediseño de La Planta de Tratamiento de Aguas Residuales del Sector Los  
Americanos, Los Alcarrizos**



**Trabajo de Grado para la obtención del grado de Ingeniero Civil presentado por:**

**Aquiél Guzmán Garrido  
Sterling José de la Rosa Luciano**

**Asesora:**

**Ing. Roselyn Rodríguez R., M.Eng**

**Santo Domingo, D. N.  
2015**

**El agua segura y el saneamiento básico son necesidades humanas esenciales cuyo disfrute universal no es una mera cuestión técnica, social o económica, sino un derecho humano que debe ser reconocido, promovido y protegido por las autoridades públicas y la comunidad internacional.**

**Declaración del Derecho Humano al Agua Potable y el Saneamiento (II Cumbre de la Comunidad de Estados Latinoamericanos y Caribeños (CELAC), 28 y 29 de enero de 2014)**

# ÍNDICE

DEDICATORIAS Y AGRADECIMIENTOS.....	V
DEDICATORIA .....	V
AGRADECIMIENTOS .....	VII
INTRODUCCIÓN.....	9
CAPÍTULO I: MARCO INTRODUCTORIO .....	11
1.1    DEFINICIÓN DEL CASO .....	11
1.2    PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN .....	11
1.2.1 <i>Formulación del Problema</i> .....	15
1.2.2 <i>Sistematización del Problema</i> .....	15
1.3    OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN.....	16
1.3.1 <i>Objetivo general</i> .....	16
1.3.2 <i>Objetivos específicos</i> .....	16
1.4    JUSTIFICACIÓN .....	17
1.5    ANTECEDENTES .....	18
CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO, CONTEXTUAL Y CONCEPTUAL .....	22
2.1    MARCO TEÓRICO .....	22
2.1.1 <i>Concepto de aguas residuales</i> .....	22
2.1.2 <i>Características de las aguas residuales</i> .....	25
2.1.3 <i>Tratamiento de aguas residuales</i> .....	27
2.1.4 <i>Reactor Anaeróbico de Flujo Ascendente</i> .....	29
2.1.5 <i>Análisis Bacteriológico</i> .....	30
2.1.6 <i>Métodos Analíticos para Aguas Residuales</i> .....	32
2.1.7 <i>Paneles Solares</i> .....	38
2.2    MARCO CONTEXTUAL.....	42
2.2.1 <i>Generalidades relativas a la Corporación del Acueducto y Alcantarillado de Santo Domingo</i> .....	42
2.2.2 <i>Situación actual del servicio de alcantarillado sanitario</i> .....	43
2.2.3 <i>Plantas de tratamiento de aguas residuales en el área de jurisdicción de CAASD</i>	43
CAPÍTULO III. MARCO METODOLÓGICO.....	46
3.1    TIPO DE INVESTIGACIÓN .....	46
3.2    MÉTODO DE INVESTIGACIÓN.....	46
3.3    TÉCNICAS DE RECOLECCIÓN DE INFORMACIÓN .....	46
3.4    PROCEDIMIENTO.....	47
CAPÍTULO IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN .....	49
4.1    RESULTADOS .....	49
4.1.1 <i>Estado actual de la planta de tratamiento</i> .....	49
4.1.2 <i>Análisis Bacteriológico</i> .....	56
4.1.3 <i>Diseño</i> .....	59
4.3    ANÁLISIS COMPARATIVO DEL DISEÑO PROPUESTO .....	78
4.4    PANELES SOLARES.....	80

<b>CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES</b> .....	<b>85</b>
<b>CONCLUSIONES</b> .....	<b>85</b>
<b>RECOMENDACIONES</b> .....	<b>87</b>
<b>BIBLIOGRAFÍA</b> .....	<b>89</b>
<b>ANEXOS</b> .....	<b>I</b>
<b>ANEXO I. GLOSARIO DE TÉRMINOS RELATIVO A LAS AGUAS RESIDUALES</b> .....	<b>I</b>
<b>ANEXO II. IMÁGENES ILUSTRATIVAS DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO</b> .....	<b>V</b>

# ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

ILUSTRACIÓN 1. CLASIFICACIÓN DE LAS AGUAS RESIDUALES .....	22
ILUSTRACIÓN 2. ESQUEMA DE TRATAMIENTO PRELIMINAR Y TRATAMIENTO PRIMARIO .....	27
ILUSTRACIÓN 3. FACTORES QUE INCIDEN EN LA FLORA BACTERIANA .....	32
ILUSTRACIÓN 4. FOTO DE LA LAGUNA FACULTATIVA .....	53
ILUSTRACIÓN 5. PLANTA Y SECCIÓN LAGUNA FACULTATIVA DE LOS AMERICANOS .....	54
ILUSTRACIÓN 6. PLANTA Y SECCIÓN LECHO DE SECADO DE LODOS DE LOS AMERICANOS .....	55
ILUSTRACIÓN 7. TOMA DE TEMPERATURA DE LA MUESTRA SELECCIONADA .....	56
ILUSTRACIÓN 8. MEDIDOR DEL PH IN SITU .....	57
ILUSTRACIÓN 9. ANALÍTICA DE AGUA RESIDUAL TOMADA .....	58
ILUSTRACIÓN 10. ESQUEMA DE DISEÑO .....	59
ILUSTRACIÓN 11. FIGURA 2. VISTA EN PLANTA DE UN SISTEMA MANUAL DE REJILLAS CON DOS CÁMARAS .....	61
ILUSTRACIÓN 12. REACTOR BIOLÓGICO (LODOS ACTIVADOS) .....	62
ILUSTRACIÓN 13. SEDIMENTADOR (PLANTA Y CORTE LONGITUDINAL) .....	63
ILUSTRACIÓN 14. LECHO DE SECADO .....	64
ILUSTRACIÓN 15. COLORACIÓN .....	78
ILUSTRACIÓN 16. IMÁGENES ILUSTRATIVAS DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO .....	v

# ÍNDICE DE TABLAS

TABLA 1. COMPOSICIÓN TÍPICA DEL AGUA RESIDUAL URBANA .....	23
TABLA 2. COMPOSICIÓN TÍPICA DE LAS AGUAS RESIDUALES DOMÉSTICAS .....	24
TABLA 3. COMPONENTES SÓLIDOS TOTALES DEL AGUA RESIDUAL.....	25
TABLA 4. CARACTERÍSTICAS FÍSICAS, QUÍMICAS Y BIOLÓGICAS ESPECIALES SOBRE LAS DEMÁS AGUAS .....	26
TABLA 5. PLANTAS DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES QUE ESTÁN BAJO LA RESPONSABILIDAD DE LA (CAASD) .....	44
TABLA 6. RESULTADO DE LA ANALÍTICA DE AGUA RESIDUAL TOMADA .....	59
TABLA 7. .MÉTODOS DE OPERACIÓN DE LOS REACTORES DE LODOS ACTIVADOS .....	75
TABLA 8. PARÁMETROS DE DISEÑO PARA LOS PROCESOS DE FANGOS ACTIVADOS .....	76
TABLA 9. COMPONENTES PANELES SOLARES (TABLA 1) .....	81

# DEDICATORIAS Y AGRADECIMIENTOS

## Dedicatoria

**A Dios:** Por darme la vida, salud y estar conmigo en cada momento.

**A la Universidad Nacional Pedro Henríquez Ureña (UNPHU):** Por abrirme sus puertas, brindarme la oportunidad de obtener este título tan anhelado y por tantas facilidades que nos otorgaron para poder hacer esto posible.

**A la Ing. Roselyn Rodríguez:** Quien con su paciencia y vocación fue la guía de este proyecto. Gracias por ser nuestra asesora, que desde inicios del trabajo de investigación estuvo dedicada a ayudar y recomendar acciones con el objetivo de lograr un buen trabajo.

**A Nuestro Director Ing. Ramón E. Tavarez:** Porque tanto como profesor y director de la carrera siempre estuvo ahí para enseñar, recomendar, hacer posible todo para que lleváramos a cabo este logro tan grande.

**A mi compañero de tesis:** Aquiel Guzmán quien se ofreció a ser partícipe de la parte final de nuestro gran logro, Gracias.

Gracias, también a todos aquellos que de una manera u otra fueron parte de este logro.

**Sterling José de la Rosa Luciano**

**En mi primer lugar le dedico este trabajo a Dios:** por ser mi guía, sin el nada de esto pudo ser posible. Por brindarme las fuerzas para poder encarar todas las adversidades y siempre seguir hacia adelante en todo este trayecto.

**A mi familia:** Por ser el motor de todo este arduo esfuerzo. Por su apoyo incondicional, ya que todos mis valores, principios y virtudes se los debo a ellos.

**A mis padres Aquias y Jacqueline:** Soy lo que soy por ustedes. Por siempre brindarme su amor, comprensión, consejos y el coraje necesario para poder lograr mis objetivos.

**A mis hermanos Aquias y Valerie:** Por siempre haber estado ahí para mí en todos los momentos de mi vida universitaria. Su apoyo siempre fue una de las razones por la cual siempre seguí hacia adelante.

**A mi abuelo Anselmo Guzmán Estrella:** Que siempre llevo en mi memoria.

**Aquiel Guzmán Garrido**



## **Agradecimientos**

**Con todo mi cariño y mi amor para mis padres Miriam Luciano y Héctor R. De La Rosa:** que hicieron todo en la vida para que yo pudiera lograr mis sueños, por motivarme y darme la mano cuando sentía que el camino se terminaba, a ustedes por siempre mi corazón y mi agradecimiento. Gracias

**A mi novia Patricia Taveras:** Por su paciencia y comprensión, por ese optimismo que siempre me impulso a seguir adelante, por todos esos días que siempre me decías tú puedes, dale. Porque desde el principio me apoyaste en todas mis decisiones. Gracias

**A mis hermanos, amigos:** ...y todo aquel que aportó lo necesario para obtener este logro tan esperado, no hay palabras para expresar este agradecimiento a todo el que aquel de una manera u otra ayudo a que obtuviera este título.

**Sterling José de la Rosa Luciano**

**A mi familia tíos y primos:** Que siempre me brindaron buenos consejos, y sobretodo un apoyo incondicional.

**A mis profesores:** Por brindarme sus conocimientos, consejos y apoyo en todo este trayecto.

**A mis compañeros:** Que de una manera u otra estuvieron ahí para ayudarme cuando más los necesitaba.

**A mis amigos fuera de la universidad:** Que siempre me brindaron su apoyo.

**A mi asesora, Ing. Roselyn Rodríguez:** Por su apoyo, paciencia y solidaridad en este logro y de manera especial a mi profesor el Ing. Carlos Muñoz por siempre ayudarme y brindarme sus conocimientos.

**A mi amiga, compañera y novia Melissa Febles:** Por su apoyo y comprensión.

**A mis abuelos:** José Garrido, María Alburquerque y Fidencia Altagracia rosario por siempre ayudarme y brindarme buenos consejos.

**Aquiel Guzmán Garrido**

# INTRODUCCIÓN

El siguiente trabajo de investigación trata sobre el rediseño de la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales del Sector Los Americanos, Los Alcarizos.

La planta de tratamiento de agua, están llamadas a dar soporte al tratamiento de las aguas residuales con el objetivo de mitigar los efectos dañinos que el no tratamiento de la misma podría causar al subsuelo, las fuentes acuíferas subterráneas, la población circundante a los afluentes, entre otros.

En el sector Los Americanos cuenta con una población de 25,000 habitantes circundantes al área de influencia de la planta de tratamiento de aguas residuales que se ha de intervenir.

A los fines de esta investigación, se debe puntualizar que una planta de tratamiento de aguas residuales es una estructura construida para tratar el agua residual antes de ser descargada al medio ambiente y/o también, para la reutilización debido a que los seres vivos no solo lo utilizan para vivir, sino que es esencial para el desarrollo industrial, agrícola de alimentos y lograr metas para un desarrollo económico sostenible de los pueblos del mundo (Carbonnel Torralbo, 2011)

El presente trabajo, en su estructura general, cuenta con cuatro Capítulos centrales, los cuales contienen los siguientes contenidos:

- **Capítulo I. Marco introductorio:** En este Capítulo se desarrolla la definición del caso, así como el planteamiento del problema y su sistematización, también los objetivos (General y específicos), la justificación y los antecedentes.

- **Capítulo II. Marco teórico, contextual y conceptual:** En esta sección, se desarrollan los conceptos teóricos básicos relacionados con la problemática objeto de estudio, lo mismo que el contexto en el que esta se desarrolla y sus correspondientes definiciones conceptuales principales.
- **Capítulo III. Marco metodológico:** Un detalle de la metodología empleada para desarrollar la investigación: Tipo de investigación, método, y técnicas de recolección e interpretación de información.
- **Capítulo IV. Resultados y discusión:** Se presentan los principales hallazgos encontrados en el trabajo sobre el terreno relativos al rediseño de la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales del Sector Los Americanos, Los Alcarrizos, así como otras observaciones que pueden ser relevantes.

Al final de desarrollo de los cuatro Capítulos que componen el cuerpo del trabajo, se presentan las principales conclusiones, en las mismas se espera darle respuesta al a cada objetivo en específico y en consecuencia al objetivo general.

En las recomendaciones, se proponen una serie de enunciados con los que se busca un mejor uso de las instalaciones, así como un empoderamiento de los ciudadanos que están en las áreas de influencia de la misma.

# **CAPÍTULO I: MARCO INTRODUCTORIO**

## **1.1 Definición del caso**

Toda estructura de ingeniería civil está sujeta a funcionar para la actividad que fue diseñada, no obstante esto, un diseño, aún después de haber sido construido siguiendo normas estándares para ello, pudiese ser objeto de una evaluación, y porque no, de posibles mejoras a partir de otro enfoque de su funcionamiento u otra tecnología existente que no se haya tomado en cuenta antes (Jiménez Cisneros & Galizia Tundisi, 2012).

Lograr que la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales del sector Los Americanos alcance una mejoría en su funcionamiento será lo que impulse la realización de esta investigación. Además, con el desarrollo de este tema se optará por el título de Ingeniero Civil en la Universidad Nacional Pedro Henríquez Ureña.

Este trabajo tiene como base fundamental las informaciones obtenidas por medio de la CAASD (Departamento de Ejecución de Proyectos), además de monografías consultadas, pruebas y análisis de laboratorio y la colaboración de expertos en la materia.

## **1.2 Planteamiento del problema de investigación**

En la República Dominicana no se cuenta con un registro total de todas las plantas de tratamiento de aguas residuales que existen y estén operando actualmente, debido a que dichas plantas son administradas por diferentes entidades

u organizaciones como son: La Corporación del Acueducto y Alcantarillado de Santo Domingo (CAASD), el Instituto de Aguas Potables y Alcantarillados (INAPA), la Corporación de Acueducto y Alcantarillado de Santiago (CORAASAN). Recientemente se han creado corporaciones similares en Moca. Puerto Plata y La Romana (Cattafesta, 2003).

Cada una de estas entidades descritas anteriormente, sólo posee una reducida lista de las plantas que están a su cargo y de la cuales en algunas ocasiones conocen la situación actual en que operan.

Con respecto al saneamiento, la cobertura es aún más limitada: apenas un 20.1% de la población total, está conectado a algún sistema de alcantarillado; el porcentaje restante dispone de sistemas de saneamiento *in si tu*, tales como pozos sépticos en el área urbana principalmente, y letrinas de diferentes tipos, mayormente en el área rural. De las aguas residuales canalizadas a través de alcantarillado apenas el 48.5% de las aguas residuales es depurado en plantas de tratamiento. El acelerado proceso de urbanización sufrido por la República Dominicana desde los años 70, así como la carencia de regulación e inversión estatal en el sistema de saneamiento, son las principales causas de la profusión de sistemas in situ de saneamiento (Cattafesta, 2003).

En el 2013, el propio Director de la Corporación de Acueducto y Alcantarillado de Santo Domingo (CAASD), Alejandro Montás, dijo que apenas el 5 por ciento de

los hogares en la provincia disponían de alcantarillado sanitario, mientras el 95 por ciento resuelve “como puede”<sup>1</sup> (Peralta, 2013).

Todas estas situaciones han traído como consecuencia que en general, las plantas de tratamiento de la República Dominicana estén trabajando en condiciones deplorables; esto porque una vez han sido construidas y puestas en operación no reciben el mantenimiento que ameritan para que el trabajo que ellas realizan sea eficiente y los resultados sean notorios. Esta se debe, en gran medida, a que el cuerpo de operadores asignados para trabajar en las diferentes plantas de tratamiento no recibe la adecuada capacitación para operar las mismas.

Por su parte la población que recibe servicios, o que son beneficiadas de las plantas de tratamiento de aguas residuales no se muestran interesados porque éstas se mantengan siempre operando y para muchos éste es un tema totalmente ajeno.

Haciendo referencia a la planta de tratamiento del sector de Los Americanos, en Los Alcarrizos, se puede decir que ésta no está exenta de lo mencionado anteriormente, puesto que la planta estaba en un completo estado de abandono. La falta de interés por parte de la entidad encargada, en este caso La CAASD, ha provocado que esta Planta alcance un nivel de destrucción hasta el punto que el agua está yendo al cuerpo receptor prácticamente cruda. Por su parte las unidades que la componen están en muy mal estado y esto es debido a la falta de accesorios

---

<sup>1</sup> Nota de los autores: El dato lo arrojó un estudio realizado por la compañía internacional Hazend and Sawyer que ganó una licitación pública convocada por el Banco Interamericano de Desarrollo (BID), la cual presentó el Plan Maestro de Alcantarillado Sanitario del Gran Santo Domingo y la Cartografía Digital.

tales como rejillas, compuertas y la obstrucción de tuberías y válvulas. Situación que impide que las unidades trabajen a toda su capacidad.

En la planta de tratamiento de aguas residuales de Los Americanos una pequeña parte de la población, desarrollada en los últimos años, no está conectada a la red de alcantarillado de aguas residuales y por tal motivo están vertiendo sus aguas negras a los arroyos de Los Alcarrizos; otros han optado por la construcción de sépticos, provocando la contaminación de las Aguas Subterráneas (acuíferos).

Todos estos conflictos han generado un gran desbordamiento en el reactor, puesto que al estar obstruidas las tuberías no permiten el paso del agua y ésta se derrama en todo el perímetro de la unidad mezclándose con el agua ya tratada.

En caso de que no se tomen medidas eficaces para solucionar estas problemáticas, se generarían una cantidad de enfermedades producto del tratamiento inadecuado que están recibiendo las aguas servidas. Nuestros ríos, arroyos y mares alcanzarían un nivel de contaminación que podría resultar irreparable, destruyendo así la vida acuática.

En la República Dominicana, las principales fuentes de abastecimiento de agua se verían afectadas directamente por el crecimiento desmedido de la contaminación y esto conlleva la destrucción de la fauna, la flora y la vida humana (Aguilar Rojas & Iza, 2005).

Es menester, pues, ofrecer un diagnóstico sobre la condición física, química y biológica de la planta, persiguiendo dar recomendaciones con mira a mejorar el



funcionamiento de la planta y por ende la calidad del cuerpo receptor, en este caso Los Alcarizos.

Con miras a desarrollar eficazmente esta investigación deben plantearse los parámetros que serán los puntos claves, y con los que se logrará llegar a resultados eficaces que abarcarán todo lo concerniente al objeto de estudio.

### **1.2.1 Formulación del Problema**

¿Cuáles serían los factores que relacionados entre sí y ejecutados de forma adecuada generarían las soluciones correctas que permitan un rediseño de La Planta de Tratamiento de Aguas Residuales del Sector Los Americanos, para mejorar el funcionamiento de las unidades que la componen y aportar una mejor calidad de vida para esta población?

### **1.2.2 Sistematización del Problema**

De lo expuesto en los párrafos anteriores surgen las siguientes preguntas que han de servir de guía a esta investigación:

- ¿Cuál es el estado actual de la planta de tratamiento?
- ¿Cuántas son las viviendas existentes, circundantes a la planta de tratamiento, y cuál es el caudal del vertido de aguas residuales de la misma?
- ¿Cómo está compuesta bacteriológicamente las aguas residuales de la zona objeto de estudio?

- ¿Qué diferencias pudiesen existir a partir de un análisis comparativo del diseño propuesto y el diseño de la CAASD?
- ¿Cómo estaría conformado un diseño de nuevas estructuras para eficientizar el tratamiento?

## **1.3 Objetivos de la investigación**

### **1.3.1 Objetivo general**

- Proponer un rediseño de La Planta de Tratamiento de Aguas Residuales del Sector Los Americanos, Los Alcarizos.

### **1.3.2 Objetivos específicos**

- Conocer es el estado actual de la planta de tratamiento.
- Identificar las viviendas existentes, circundantes a la planta de tratamiento, y cuál es el caudal del vertido de aguas residuales de la misma.
- Analizar la composición bacteriológica de las aguas residuales de la zona objeto de estudio.
- Presentar las diferencias que pudiesen existir a partir de un análisis comparativo del diseño propuesto y el diseño de la CAASD.
- Plantear el diseño de nuevas estructuras para eficientizar el tratamiento.

## **1.4 Justificación**

Con la investigación exploratoria sobre la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales se espera lograr referenciar las unidades claves o específicas que deben ser tomadas en cuenta a la hora de rediseñar la misma.

Este estudio servirá, pues, para determinar si es necesario un rediseño de La Planta de Tratamiento de Aguas Residuales del Sector Los Americanos; la exploración aportará el análisis de todas las unidades que forman la planta y un estudio riguroso del entorno para identificar qué tan favorable es éste para el buen funcionamiento de la misma. Suministrando informaciones importantes que permita hacer recomendaciones que permitan, a través de su rediseño, para la mejora de la misma.

Esta investigación proporcionará recomendaciones efectivas encaminadas a proponer un rediseño de La Planta de Tratamiento de Aguas Residuales del Sector Los Americanos, en la que se pueda adoptar tecnología no convencional para el tratamiento de aguas residuales.

Con este proyecto se beneficiará directamente a los habitantes del sector de Los Americanos, comunidad servida, ya que ellos serían afectados por los problemas que se podrían presentar.

## 1.5 Antecedentes

Toda la información expuesta en base al objeto de estudio, relacionada con el rediseño de La Planta de Tratamiento de Aguas Residuales del Sector Los Americanos, está basada en documentaciones e investigaciones que se han realizado anteriormente. Inicia con la memoria de cálculo del proyecto Cienacasa, nombre original del proyecto que abarcó el diseño de esta planta, en donde se expone todo lo referente al análisis y diseño de esta planta de tratamiento.

Según los datos obtenidos en la Corporación de Acueducto y Alcantarillado de Santo Domingo (CAASD), entidad encargada de la planta de tratamiento de aguas residuales del sector de Los Americanos, esta planta fue diseñada con la finalidad de ser servida por unas 2,100 viviendas, que se desarrollarían por etapas (700 viviendas en su 1er. etapa). Es del tipo anaeróbico con flujo ascendente completado con un dispositivo de filtración biológico lento como tratamiento secundario y como medida terciaria tendría cloración simple por contacto.

El caudal de Diseño (Qdis.) en su 1era. Etapa fue de 562.50 m<sup>3</sup>/d y de 1687.39 m<sup>3</sup>/día para el proyecto total. El Caudal mínimo de Aguas Residuales fue de 281.25 m<sup>3</sup>/día y el Caudal máximo de 1936.13 m<sup>3</sup>/día.

Unidades que componen la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales (PTAR) del sector de Los Americanos:

- El Reactor Anaeróbico de Flujo Ascendente fue diseñada con un periodo de retención de 10 horas, una Demanda Bioquímica de Oxígeno de 0.05

kg/persona/día, una DBO de 150 kg/día, con una Carga Orgánica Volumétrica de 0.58 kg de DBO (5 días)/m<sup>3</sup>. Su volumen es de 257.81 m<sup>3</sup>, con una altura de 4m y una área superficial de 64.45 m<sup>2</sup>, una velocidad de ascensión de 0.36 m/h.

- El Filtro Lento de Flujo Ascendente fue diseñado para una Tasa de Filtración de 7 m<sup>3</sup>/m<sup>2</sup>/día, se usaron 2 filtros de 40.18 m<sup>2</sup> cada uno, con un lecho de gravilla y arena, la velocidad del filtro es de 0.0081 cm/seg.

La Dosificación promedio de cloro es de 2.26 kg/día según el caudal de diseño, para lo cual se emplearon tanques de almacenamiento de 100 libras (Corporación del Acueducto y Alcantarillado de Santo Domingo (CAASD), 2012).

Otro documento consultado para el desarrollo de la investigación fue la tesina realizada en el año 1996 bajo el tema “Evaluación y Recomendaciones de la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales del sector de Los Americanos”. En dicho documento se llegó a las siguientes conclusiones sobre la eficiencia de operación de las unidades que componen la planta:

- En el Reactor Anaeróbico de Flujo Ascendente (RAFA):
- La eficiencia en la remoción de la DBO<sub>5</sub> fue de 27% (muy baja)
- La eficiencia en la remoción de la DQO fue de 77% (buena)

En tanto, que para el Raza de Filtración Actual, las conclusiones fueron las siguientes:

- La eficiencia en la remoción de la DBO<sub>5</sub> fue de 55%
- La eficiencia en la remoción de la DQO fue de 14.2% (baja)
- La eficiencia de la Planta en todo su conjunto:
- La eficiencia en la remoción de la DBO<sub>5</sub> fue de 67% (aceptable)
- La eficiencia en la remoción de la DQO fue de 62.5% (aceptable)
- La eficiencia de Remoción Bacteriológica fue de 97.5% (baja).

Como resultado de estos análisis que arrojó la investigación, los autores de la misma hicieron las siguientes recomendaciones:

- Que se ejecute un programa de operación y mantenimiento periódicamente en esta planta de tratamiento con el objetivo de lograr que esta trabaje con una eficiencia adecuada.
- La construcción de un Desarenador con un respectivo sistema de rejas y compuertas, que cumplan con los requerimientos del aumento del caudal. Este se construirá próximo a su posterior unidad de tratamiento que es el reactor anaeróbico.
- Construir un Lecho de Secado (secadero de lodos) como unidad de deshidratación de los lodos, evacuados del reactor anaeróbico.

- Agregar dos nuevos módulos al reactor anaeróbico para cumplir con los requerimientos de capacidad debido al incremento del caudal de aguas residuales que llega a la planta. Estos módulos tendrán la misma área superficial que los módulos existente, pero su altura será mayor (4.50 m), con los que se pretende aumentar la eficiencia en dicho reactor.
- Construcción de una laguna de maduración, la cual tendrá una altura correspondiente al tipo facultativo de 1.4m.

# CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO, CONTEXTUAL Y CONCEPTUAL

## 2.1 Marco teórico

### 2.1.1 Concepto de aguas residuales

Antes de definir las aguas residuales, resulta pertinente entender plenamente qué se entiende por residuo: Residuo es aquella sustancia u objeto generado por una actividad productiva o de consumo, de la que hay que desprenderse por no ser objeto de interés directo de la actividad principal (Castells, 2012).

Se puede definir como agua residual aquella que procede del empleo de un agua natural o de la red en un uso determinado (Osorio Robles, Torres Rojo, & Sánchez Bas, 2010).

Dependiendo de su origen, se puede clasificar como se muestra en la siguiente ilustración:



Ilustración 1. Clasificación de las aguas residuales  
Fuente: (Soldevilla, 2011)



**Agua residual urbana:** La siguiente tabla se indica las composiciones típicas de un agua residual urbana:

Tabla 1. Composición típica del agua residual urbana

<b>Parámetro</b>	<b>Concentración (mg/l)</b>		
	<b>Fuerte</b>	<b>Media</b>	<b>Débil</b>
Sólidos Totales (ST)	1,200	720	350
Sólidos en Suspensión (SS)	350	220	100
Sólidos Disueltos (SD)	850	500	250
Demanda Bioquímica de Oxígeno a 5 días (DBO)	400	220	110
Demanda Química de Oxígeno (DQO)	1,000	500	250
Carbono Orgánico Total (COT)	290	160	80
Nitrógeno total (Nt)	85	40	20
Fósforo total (Pt)	15	8	4
Cloruros	100	50	30
Alcalinidad (como CaCO <sub>5</sub> )	200	100	50
Grasas	150	100	50

Fuente: (Metcalf & Eddy Incorporated, 1998)

En tanto, el agua residual doméstica (sin tener en cuenta la composición del agua para suministro público), tiene las siguientes propiedades físicas, constituyentes químicos y biológicos: olor, color, sólidos en suspensión y disueltos, temperatura, carbohidratos, crasas y aceites, proteínas, agentes tensoactivos, alcalinidad, cloruros, nitrógeno, fósforo, azufre, sulfuro de hidrógeno, metano, protistas, virus (Sans Fonfría & Ribas, 1989).

En la siguiente tabla se muestra la composición típica de las aguas residuales domésticas:

Tabla 2. Composición típica de las aguas residuales domésticas

Constituyente	Concentración		
	Alta	Media	Baja
Sólidos totales:	1,200	720	350
Disueltos totales	850	500	250
<i>Fijos</i>	525	300	145
<i>Volátiles</i>	325	200	105
En suspensión totales:	350	220	100
<i>Fijos</i>	75	55	20
<i>Volátiles</i>	275	165	80
Sólidos sedimentables (ml/l)	20	10	5
Demanda bioquímica de oxígeno, a 5 días y a 20 °C (DB05 a 20°C)	400	220	110
Carbono orgánico total (COT)	290	160	80
Demanda química de oxígeno (DQO)	1,000	500	250
Nitrógeno total (como N)	85	40	20
Orgánico	35	15	8
Amoníaco libre	50	25	12
Nitritos	-	-	-
Nitratos	-	-	-
Fósforo total (como P)	15	8	4
Orgánico	5	3	1
Inorgánico	10	5	3
Cloruros	100	50	30
Alcalinidad (como C03Ca)	200	100	50
Grasa	150	100	50

Fuente: (Sans Fonfría & Ribas, 1989)

En la siguiente tabla se muestra una relación de los componentes sólidos totales por habitantes por día:

Tabla 3. Componentes sólidos totales del agua residual

<b>Componente</b>	<b>Peso Seco Gramos/ Habitante Día</b>
Agua de suministro, que se supone tiene dureza	12.7
Heces (sólidos 23%)	20.5
Orina (sólidos 3.7%)	43.3
Inodoros (incluyendo papel)	20
Pilas, baños, lavaderos y otras fuentes de lavado	88.5
Basura de suelo	30
Ablandadores de agua	213

Fuente: (Delgadillo Zurita & Condori Carrasco, 2010)

### **2.1.2 Características de las aguas residuales**

Las aguas residuales presentan características físicas, químicas y biológicas especiales sobre las demás aguas que es necesario comprender para optimizar su manejo: recolección, transporte, tratamiento y disposición final y minimizar los efectos adversos de su vertimiento a aguas naturales o al suelo, obteniendo así un mejor manejo ambiental de los desechos y la calidad del agua (Cubillos, 2007).

En la siguiente tabla se muestran las principales características de las aguas residuales:

Tabla 4. Características físicas, químicas y biológicas especiales sobre las demás aguas

<b>Característica</b>	<b>Descripción</b>
Físicas	En la caracterización de aguas residuales es importante conocer la temperatura, la concentración y la clase de sólidos principalmente, el color, el olor y el sabor no son significativas en la caracterización de desechos líquidos.
Químicas	A diferencia de las aguas naturales, las aguas residuales han recibido sales inorgánicas y materia orgánica de la preparación de alimentos y el metabolismo humano principalmente y toda clase de materiales que se descartan por los desagües e imparten propiedades especiales a las aguas servidas; además, es necesario incluir detergentes y desinfectantes.
Biológicas	En aguas residuales se encuentran microorganismos saprofitos que degradan la materia orgánica en compuestos simples utilizando o no oxígeno disuelto y microorganismos patógenos agregados a las aguas que mueren rápidamente al encontrarse en un medio o hábitat extraño. Los patógenos sin embargo, sobreviven un tiempo suficientemente prolongado para infectar a otros usuarios del agua. En general las características biológicas de aguas residuales se miden en pruebas para organismos indicadores como el NMP (Número más probable) y conteo total de bacterias (Cubillos, 2007).

Fuente: (Cubillos, 2007)

### 2.1.3 Tratamiento de aguas residuales

Los sistemas de tratamiento están conformados y convenientemente dispuestos, mediante las cuales se pretende eliminar el residuo sólido, la materia orgánica, los microorganismos patógenos y, a veces, otros elementos contenidos en un agua residual. De esta manera, se quiere suplir la falta de capacidad auto depuradora del medio ambiente debido al exceso de carga de los afluentes. Los métodos de tratamiento en los que predomina la aplicación de fuerzas físicas son conocidos como Operaciones Unitarias. Aquellos en los que la eliminación de contaminantes se consigue mediante reacciones químicas o biológicas se conocen como Procesos Unitarios. Las Operaciones o Procesos Unitarios se agrupan para constituir lo que se conoce como Tratamiento Preliminar o Primario, Secundario y Terciario (Saahuquillo, 2008).

La siguiente ilustración muestra un esquema de tratamiento preliminar y tratamiento primario del agua residual:

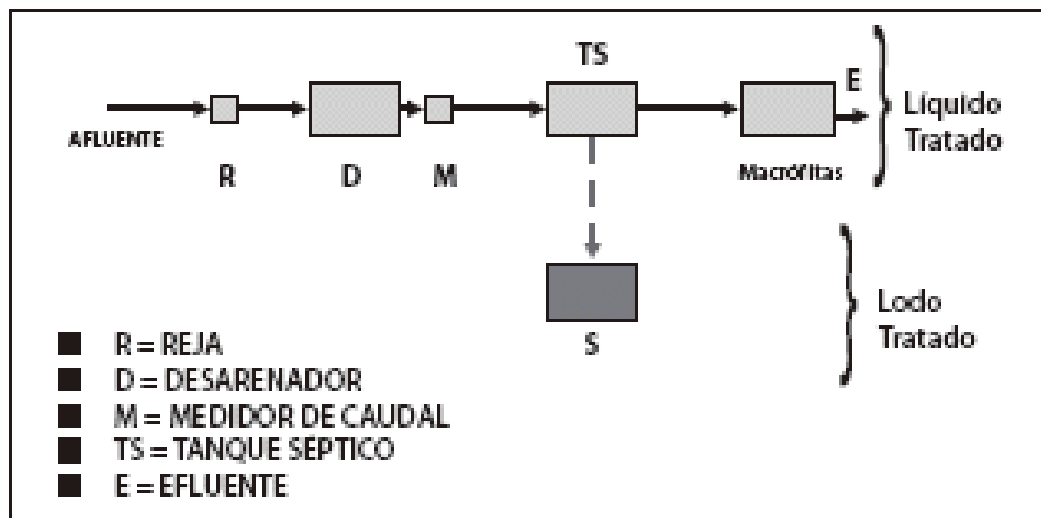


Ilustración 2. Esquema de tratamiento preliminar y tratamiento primario  
Fuente: (Delgadillo Zurita & Condori Carrasco, 2010)

**A) Tratamiento primario:** El Tratamiento Primario es de tipo físico y está destinado a remover los sólidos de menor tamaño que los que se retienen en el Tratamiento Preliminar utilizando la sedimentación. El objetivo es mejorar el tratamiento de las unidades subsecuentes. El Tratamiento Primario permite eliminar en un agua residual urbana aproximadamente el 90% de los sólidos sedimentables y el 65% de los sólidos en suspensión. Se consigue también una disminución de la DBO alrededor del 35%.

**B) Tratamiento secundario:** Dentro del Tratamiento Secundario de aguas residuales existen dos tipos: las que realizan un Tratamiento Aerobio y las que realizan un Tratamiento Anaerobios.

**C) Tratamiento terciario:** En el tratamiento terciario, se pretende que sean lo más puras posible antes de ser descargadas al medio ambiente. El objetivo de este tratamiento es eliminar cualquier constituyente del agua que no haya sido eliminado anteriormente.

Entre los procesos que se utilizan en el Tratamiento Terciario de aguas contaminadas están: Micro filtración; Adsorción de carbón activado; Intercambio iónico; Ósmosis inversa; Electrodiálisis; Remoción de nutrientes cloración; Ozonización

**D) Sistemas naturales:** En el medio natural cuando interactúan el agua, el suelo, las plantas, los microorganismos y la atmósfera, se producen procesos físicos, químicos y biológicos (Moreno Merino, et al., 2002).

## **2.1.4 Reactor Anaeróbico de Flujo Ascendente**

El reactor UASB. (Reactor Anaeróbico de Flujo Ascendente con Cama de Lodos), es quizá el que más se ha aplicado a nivel mundial, para tratamiento de aguas residuales, aunque también se ha aplicado para aguas residuales de origen doméstico. Como todos los reactores, puede soportar altas cargas de contaminación orgánica (Orozco S., Cantarero P., & Rodríguez M., 2005).

El filtro anaerobio es similar a un filtro percolador aerobio salvo que la alimentación de agua residual penetra por el fondo de la unidad y la abandona por la parte superior. En consecuencia, el material de relleno está completamente sumergido en el agua residual y por ello no hay aire en absoluto dentro del sistema, por lo que se puede decir que se mantienen las condiciones anaerobias requeridas. Puede emplearse grava o relleno sintético (Ramalho, Jiménez Beltrán, & De Lora, 2003).

El filtro anaerobio constituye un sistema eficaz para el tratamiento anaerobio de las aguas residuales solubles. No se requiere reciclado ya que la biomasa permanece adherida al relleno del filtro y por lo tanto no se pierde con el efluente. Es posible operar los tratamientos anaerobios a temperaturas menores que las requeridas en el proceso de contacto, debido a la concentración elevada de biomasa presente en el filtro (Catalán Lorca, 2002).

El filtro anaerobio no resulta indicado para el tratamiento de aguas residuales conteniendo concentraciones elevadas de sólidos en suspensión debido a problemas de obstrucciones.

Las principales ventajas que posee el reactor UASB con respecto a otros tipos de reactores anaerobios son las siguientes:

- Bajo costo de inversión debido a que se ocupan cargas de diseño de 10 kg/DQO/m<sup>3</sup> de más altas; por lo tanto el volumen del reactor es pequeño.
- Las fermentaciones ácidas y metánicas, así como la sedimentación tienen lugar en el mismo tanque. Por lo tanto, las plantas son muy compactas, con considerable economía de espacio.
- Como no hay relleno, se elimina la posibilidad de corto circuitos y obstrucciones.
- El consumo de potencia es bajo puesto que el sistema no requiere ninguna agitación mecánica.
- La retención de biomasa es muy buena y por lo tanto no es necesario reciclar el lodo (Catalán Lorca, 2002).

### **2.1.5 Análisis Bacteriológico**

Se puede definir el análisis microbiológico como el conjunto de operaciones encaminadas a determinar los microorganismos presentes en una muestra problema de agua.

Desde hace mucho tiempo se reconoce la importancia de las enfermedades transmitidas por el agua. Las causas principales de las enfermedades entéricas del hombre son los microorganismos patógenos. La contaminación del agua potable por



excrementos humanos o animales constituye el mecanismo más común para la transmisión de estos organismos a los humanos, no solo en forma directa, sino también indirectamente a través de la preparación de alimentos. Por lo tanto, el principal objetivo del examen bacteriológico del agua potable es la detección de contaminación fecal.

Aunque es posible detectar la presencia de diferentes organismos patógenos en el agua, el aislamiento e identificación de muchos de ellos suelen ser extremadamente complicados y rara vez se logran resultados cuantitativos. Por lo tanto, se utiliza un método indirecto para evaluar los riesgos asociados al agua potable contaminada por organismos enteropatógenos, tomando como base el supuesto de que la estimación de los grupos de organismos entéricos normales (organismos indicadores) señalará el nivel de contaminación fecal del abastecimiento de agua. De esta manera, la estimación de tales organismos brinda una indicación indirecta del riesgo que pueda provenir de organismos enteropatógenos transmitidos por el agua (Organización Panamericana de la Salud (OPS), 2005).

En la siguiente ilustración se muestran los factores que inciden en la flora bacteriana:

## Factores que inciden en la flora bacteriana

- La acidez disminuye el contenido de microorganismos.
- La materia orgánica lo aumenta.
- Mucho oxígeno disuelto disminuye los microorganismos anaerobios.
- Las sales, si son abundantes, producen que el agua sea casi estéril.
- Si existe poca cantidad de sales se estimula el desarrollo bacteriano.
- La filtración disminuye el número de microorganismos.
- La temperatura puede aumentar o disminuir el contenido bacteriano.
- La turbidez hace que el contenido bacteriano pueda aumentar, ya que los rayos U.V. no manifiestan su acción.
- Los protozoos fagocitan bacterias y así disminuyen el número de estas.

Ilustración 3. Factores que inciden en la flora bacteriana  
Fuente: (Obón de Castro, 2007)

### 2.1.6 Métodos Analíticos para Aguas Residuales

A continuación se presenta los principales análisis a los que se puede someter las aguas residuales, así como una breve descripción del proceso y los reactivos utilizados:

#### a) Determinación de pH

**Principios del Proceso:** Se basa en la capacidad de respuesta del electrodo de vidrio ante soluciones de diferente actividad de iones  $H^+$ . La fuerza electromotriz producida en el electrodo de vidrio varía linealmente con el pH del medio. Se debe tener en cuenta la temperatura de la muestra ya que esta fuerza electromotriz afecta al valor del pH.

**Reactivos;** Disoluciones estándar de pH (tampones 7, 4 y 9) para la calibración del equipo (pH-metro).

## **Determinación de la conductividad**

**Principio del proceso:** La medida se basa en el principio del puente de Wheatstone, utilizándose un aparato diseñado a tal efecto, el conductímetro. Se debe tener en cuenta la temperatura de la muestra ya que la conductividad está estrechamente relacionada con la temperatura.

**Procedimiento:** Se introduce la célula de conductividad en la muestra y se espera hasta que la lectura se estabilice (pocos segundos). Si se utiliza un conductímetro de lectura digital, la medida directa de la conductividad de la muestra aparece en la pantalla. Es recomendable utilizar equipos que tengan compensación de temperatura, en el caso contrario habría que efectuar dicha compensación manualmente.

### **b) Sólidos totales en suspensión**

**Principio del proceso:** Se filtra una muestra previamente homogeneizada, mediante un filtro estándar de fibra de vidrio (Whatman 934-AH; tamaño de retención de partículas de 1.5  $\mu$ m), previamente tarado en seco. El residuo retenido en el mismo se seca a peso constante a 103 - 105° C. El aumento de peso de filtro representa los sólidos totales en suspensión.

**Procedimiento:** Se taran individualmente en placas de vidrio los filtros estándar necesarios y se anota el peso inicial seco, determinado a 103-105°C. Se filtra un volumen determinado de muestra homogeneizada a través de un filtro tarado, con una bomba de vacío. Se seca en estufa a 103- 105° C hasta peso constante.

### **c) Sólidos sedimentables**

**Procedimiento:** Se llena un cono de Imhoff con la muestra bien homogeneizada, hasta la marca de 1 litro. Se deja sedimentar durante 45 minutos, remo-viendo a continuación suavemente las paredes del cono con una varilla o mediante rotación. Se mantiene en reposo durante 15 minutos más. Se registra el volumen de sólidos sedimentados en la parte inferior del cono. La determinación se expresa en mililitros de partículas sedimentadas por litro de muestra.

### **d) Demanda Química de Oxígeno en Aguas Residuales (DQO)**

**Fundamento:** La determinación de DQO debe realizarse rápidamente después de la toma de muestras, para evitar la oxidación natural. En caso contrario, la muestra podría conservarse un cierto tiempo si se acidifica con ácido sulfúrico hasta  $\text{pH} = 2-3$ . Sin embargo, esta opción deja de ser fiable en presencia de cloruros.

**Principio del método del dicromato potásico:** En condiciones definidas, ciertas materias contenidas en el agua se oxidan con un exceso de dicromato potásico, en medio ácido y en presencia de sulfato de plata y de sulfato de mercurio. El exceso de dicromato potásico se valora con sulfato de hierro y amonio.

### **e) Demanda Biológica de Oxígeno en Aguas Residuales (DBO<sub>5</sub>)**

**Fundamento:** Esta prueba determina los requerimientos relativos de oxígeno de aguas residuales, efluentes y aguas contaminadas, para su degradación biológica. Expresa el grado de contaminación de un agua residual por materia orgánica degradable por oxidación biológica.

**Principios del proceso:** El agua residual contiene una cierta flora bacteriana, que tras un tiempo de incubación, actúa degradando la materia orgánica contenida en el agua residual. Si cierta cantidad del agua a analizar se introduce en un recipiente, y éste se cierra herméticamente, se crea un sistema que contiene el agua a analizar, con su flora bacteriana y aire, el cual contiene un 21% de oxígeno.

En un tiempo determinado, los microorganismos consumen todo o parte del oxígeno contenido en el sistema al degradar la materia orgánica, liberando una cierta cantidad de anhídrido carbónico gaseoso. Suponiendo que se inhibe la nitrificación y que se retira del sistema el  $\text{CO}_2$  gaseoso producido, la depresión que se registra en el sistema se deberá exclusivamente al descenso de la presión parcial del oxígeno, como consecuencia del consumo de oxígeno en la oxidación biológica de la materia orgánica.

A continuación se describe la determinación de DBO con un periodo de incubación de cinco días ( $\text{DBO}_5$ ) en biómetros diseñados a tal efecto (WTW- Oxitop). Estos biómetros están dotados de tapones con dispositivos de lectura de la presión parcial de los frascos. La captación del  $\text{CO}_2$  gaseoso producido se efectúa por reacción con  $\text{OHNa}$ , que ha de disponerse al comienzo del ensayo en una cápsula diseñada a tal efecto, en el sistema.

#### **f) Nitrógeno total**

**Principio del proceso:** El principio del procedimiento que se describe a continuación (análisis elemental), se basa en una combustión inmediata de la muestra, que final-mente resulta en la liberación de todo el nitrógeno contenido en la

muestra (N orgánico e inorgánico) El principio del procedimiento que se describe a continuación (análisis elemental), se basa en una combustión inmediata de la muestra, que finalmente resulta en la liberación de todo el nitrógeno contenido en la muestra (N orgánico e inorgánico) en forma de nitrógeno gaseoso. El nitrógeno gaseoso se separa de otros compuestos gaseosos por cromatografía de gases, para proceder a su cuantificación.

**Procedimiento:**

- La muestra se acidula previamente a pH 3. La determinación se debe efectuar con varias repeticiones por muestra (se aconsejan cuatro repeticiones).
- Se introduce una alícuota de 0,7 ml en una cápsula de estaño apropiada para análisis elemental.
- Las cápsulas se llevan al dispositivo automático de muestreo del analizador elemental.
- Se procede al ensayo de análisis elemental y determinación automática del contenido en nitrógeno de la muestra, vía electrónica en un ordenador preparado a tal efecto.

**g) Nitrógeno nítrico**

**Principio del proceso:** El procedimiento propuesto es mediante electrodos selectivos acoplados a un potenciómetro. El principio del proceso se basa en la

generación de un potencial eléctrico cuando el electrodo de medida se pone en contacto con la muestra conteniendo nitratos. El rango de trabajo se sitúa entre 0,14 mg/l y 1400 mg/l. Los cloruros y los bicarbonatos pueden interferir en el análisis, así como otros aniones más infrecuentes en aguas. Se requiere electrodo de referencia de doble unión y electrodo selectivo de nitratos. El electrodo selectivo debe ajustarse a las condiciones de temperatura, pH y fuerza iónica de la muestra y de los patrones usados en la calibración para conseguir que las lecturas sean fiables.

**Principio del proceso:** El procedimiento propuesto es mediante electrodos selectivos acoplados a un potenciómetro, cuyo principio ha quedado explicado en el epígrafe anterior (determinación de nitratos); en este caso se utiliza un electrodo selectivo de amonio.

#### **h) Fósforo total**

**Principio del proceso:** El fósforo puede encontrarse en las aguas residuales disuelto o en partículas, ya sea en compuestos orgánicos o inorgánicos. Para liberar el fósforo que está combinado en la materia orgánica, es preciso someter la muestra de agua a un proceso de digestión ácida. Tras la digestión, el fósforo está en forma de ortofosfatos, que se determinan por métodos colorimétricos.

**Análisis microbiológico:** El análisis microbiológico de las aguas residuales comprende, como determinaciones básicas, los microorganismos totales, coliformes totales y coliformes fecales. Existen en el mercado medios de cultivo específicos para cada una de estas determinaciones, como los suministrados por la casa

Millipore. A continuación se describe un método rutinario basado en estos medios de cultivo comerciales.

**Principios de proceso:** Se trata de separar los microorganismos del agua por filtración a través de membranas filtrantes específicas y depositar las membranas con el residuo en cajas de petri, que contienen un medio de cultivo específico para el crecimiento de los microorganismos que se desea determinar en un soporte de papel de filtro. Todo el material que se utiliza debe estar esterilizado con el objeto de que no exista contaminación externa. La esterilización del material se realiza en autoclave a 121°C durante 20 minutos. Los medios de cultivo propuestos son líquidos ya que estos medios tienen más facilidad para penetrar en los poros de las membranas y bañar la superficie de las mismas (Fernández & Dolores Curt, 2010).

### **2.1.7 Paneles Solares**

De forma genérica, se puede definir como “panel solar” al equipo plano que aprovecha la energía de la radiación solar, y que encontramos cada vez más en los tejados de viviendas o naves industriales, o en huertos solares en el campo (Twenergy, 2011).

#### **Tipos de paneles solares:**

- a) **Paneles Solares Fotovoltaicos:** Éstos pueden generar suficiente energía para abastecer las necesidades de los hogares.
- b) **Paneles Solares Térmicos:** Estos paneles se recomienda usarlos en viviendas que tengan recepción directa del Sol con altas temperaturas y que



tengan un espacio suficiente para colocarlos. Actúan de la misma forma que los fotovoltaicos pero aparte contienen un líquido que absorbe el calor. Estos paneles convierten la energía del Sol en energía térmica y transportan esta energía térmica hacia nuestros hogares.

- c) **Paneles Solares Termodinámicos:** Éstos últimos son los que se están utilizando cada vez más debido a que son más eficientes, más baratos y se pueden utilizar aparte para muchas más cosas. Su principal ventaja es que pueden absorber energía a pesar de que llueva o esté nublado o sea de noche, etc. Estos paneles se basan en los principios fundamentales de la termodinámica, es decir, que pueden absorber cualquier tipo de energía de cualquier ambiente siempre y cuando la temperatura exterior no baje de los 0 grados. Están fabricados de aluminio y contienen unos canales por donde circula un líquido refrigerante, es decir, un líquido de bajo punto de ebullición que es capaz de absorber grandes cantidades de calor al producirse en él un cambio de estado (gas, líquido o sólido).

### **Ventajas y desventajas**

#### **a) Ventajas:**

- La principal ventaja de utilizar paneles solares es que producen energía limpia y renovable, sin tener que recurrir a los recursos fósiles y energía nuclear. Afortunadamente la era del petróleo está llegando a su fin. La energía solar no produce apenas contaminación y, sin embargo, el uso

de recursos fósiles libera grandes cantidades de gases tóxicos hacia nuestra atmósfera.

- Los paneles solares también ayudan a ahorrar energía e instalar un sistema renovable en casa es bastante rápido, aparte que el mantenimiento de estos paneles solares es mínimo y su vida es bastante larga. Aunque al principio puedan resultar algo caros, en cuestión de años habremos recuperado la inversión inicial y estaremos recibiendo energía solar en nuestros hogares de forma gratuita, cosa que no pasa con los combustibles fósiles.
- Otra gran ventaja es la de por fin poder liberarnos del monopolio de las empresas que suministran energía. Nosotros mismos podemos ser nuestros propios suministradores de energía gracias a los paneles solares.

#### **b) Desventajas**

- Los paneles solares proporcionan energía limpia, sin embargo, su fabricación aún depende de energías no limpias. (El silicio o arseniuro de galio tienen que extraerse de la Tierra y luego son transformados en diferentes procesos para poder colocarlos en el panel, aparte de otros materiales que componen el panel).
- Como hemos dicho, al principio son caros aunque luego se recupere el dinero a lo largo de su utilización. El precio de una instalación de

paneles solares en una vivienda puede variar desde 13.000 euros a 30.000 euros dependiendo de las necesidades de cada casa.

- Otra desventaja de los paneles solares, sobre todo los Fotovoltaicos es que dependen del clima. Si antes habíamos dicho que cuanto más luz reciban mejor, si vivimos en un clima escaso de Sol los paneles solares fotovoltaicos no nos serían muy útiles. Por eso es más habitual ver paneles solares en zonas de climas secos y cálidos que fríos y húmedos.
- El espacio es otra de las desventajas, ya que para que los paneles solares funcionen con eficiencia necesitan cubrir bastante espacio. Por ejemplo, para una casa pequeña, el espacio que necesitan los paneles solares sería desproporcionado en comparación con la propia casa y sus elementos.

## **2.2 Marco contextual**

### **2.2.1 Generalidades relativas a la Corporación del Acueducto y Alcantarillado de Santo Domingo**

La Corporación de Acueducto y Alcantarillado de Santo Domingo fue creada mediante la ley 498 del 13 de abril de 1973 como una institución de servicio público con carácter autónomo, enmarcada dentro del sector salud cuyo objetivo principal es el de elaborar y ejecutar el plan de abastecimiento de agua potable y recolección, tratamiento y disposición de las aguas residuales, teniendo a su cargo la administración, comercialización, manteniendo, operación y ampliación en los sistemas de acueducto y alcantarillado en su área de influencia.

Es la responsable de dar servicio de abastecimiento de agua potable y saneamiento de calidad a la población del Distrito Nacional y la provincia de Santo Domingo, administrando con eficiencia la operación y el mantenimiento de todas las instalaciones de producción, conducción, almacenamiento y distribución de agua potable, así como la recolección, conducción, tratamiento y disposición final de las aguas residuales (Corporación del Acueducto y Alcantarillado de Santo Domingo (CAASD), 2011).

## **2.2.2 Situación actual del servicio de alcantarillado sanitario**

La CAASD, cuenta con 23 plantas para el Tratamiento de las aguas residuales municipales que se generan en su área de influencia. Con una capacidad de diseño de 64,960 M<sup>3</sup>/Día, para cubrir una población de 408,500 habitantes.

Las plantas de tratamiento existentes se basan en procesos Primarios, de eliminación de Sólidos en Suspensión, y Secundarios, de eliminación de Materia orgánica disuelta, en algunos casos, eliminación de gérmenes patógenos por cloración. Los medios receptores de las plantas de tratamiento son El Rio Haina, El Rio Ozama, El Rio Isabela (afluente del Ozama), el Acuífero Subterráneo y la Costa del Mar Caribe (Corporación del Acueducto y Alcantarillado de Santo Domingo (CAASD), 2011).

El total de aguas residuales que se genera en el Distrito Nacional y la Provincia Santo Domingo es de 1,169,152.02 m<sup>3</sup>/día que representa el 80% del agua producida, siendo La capacidad instalada de la CAASD de 64,960 m<sup>3</sup>/día, que representa una sobrecarga del 6%, de las cuales solo el 2% (Equivalentes a 21,960 m<sup>3</sup>/día) de las aguas residuales son tratadas debido al deterioro de las plantas (Corporación del Acueducto y Alcantarillado de Santo Domingo (CAASD), 2011).

## **2.2.3 Plantas de tratamiento de aguas residuales en el área de jurisdicción de CAASD**

En la siguiente matriz, se muestran las principales plantas de tratamiento de aguas residuales que están bajo la responsabilidad de la Corporación del Acueducto

y Alcantarillado de Santo Domingo (CAASD), así como el cuerpo receptor y el tratamiento aplicado:

Tabla 5. Plantas de tratamiento de aguas residuales que están bajo la responsabilidad de la (CAASD)

<b>No.</b>	<b>Sistema</b>	<b>Cuerpo Receptor</b>	<b>Tratamiento</b>
1	Planta Las Caobas	Río Haina, Arroyo Guajimia	Lodo activado, aireación extendida
2	Planta Los Tres Brazos	Río Ozama, Zona Húmeda	Lodo activado, aireación extendida
3	Planta Los Ríos	Río Isabela, Arroyo Hondo	Laguna Aereada
4	Planta Lotes y Servicios	Zona Húmeda del Río Ozama	Laguna Aereada
5	Planta Salomé Ureña	Zona Húmeda del Río Ozama	Laguna Anaeróbica y laguna facultativa
6	Planta Hainamosa, El Tamarindo	Río Ozama, Zona Húmeda	Laguna Anaeróbica y laguna facultativa
7	Planta Barrio INVI, Los Alcarrizos	Arroyo Lebrón	Laguna facultativa
8	Planta Urbanización Villa Satélite, Villa Mella	Arroyo Front Rita	Lodo Activado, Aereación Extendida
9	Planta La Ciénaga	Río Ozama	Reactor Anaeróbico
10	Planta Cabayona	Río Haina, Arroyo Manoguyabo	Reactor Anaeróbico y filtro de arena
11	Planta Boca Chica	Subsuelo	Reactor Anaeróbico y Ampliación a Areación Extendida
12	Planta Los Jardines	Cañada Los Jardines – Río Isabela	Tanque imhoff
13	Planta Los Alcarrizos, Los Americanos	Río Haina, Arroyo San Francisco	Factor Anaeróbico y Laguna Facultativa
14	Puerta de Hierro	Río Isabela	Laguna Areada
15	Urbanización Galaxia, Herrera	Sub-Suelo	Séptico filtrante
16	Altos de Arroyo Hondo	Sub-Suelo	Séptico filtrante

<b>No.</b>	<b>Sistema</b>	<b>Cuerpo Receptor</b>	<b>Tratamiento</b>
17	El Olimpo, Herrera	Sub-Suelo	Séptico con filtro anaeróbico
18	Villa Liberación - El Invi	Zona Húmeda del Río Ozama	Lodo Activado, Aereación Extendida
19	Guaricano-Invi (Ciudad Modelo)	Arroyo Yaguaza - Río Isabela	Lodo Activado, Aereación Extendida
20	Ciudad Satélite	Arroyo Lebrón - Río Isabela	Reactor Anaeróbico
21	Residencial Doña Ana	Arroyo Manogwayabo	Séptico Filtro Anaeróbico
22	Residencial Renata	Sub-Suelo	Séptico campo de infiltración
23	Residencial Villa de Pantoja	Río Isabela	Reactor Anaeróbico
24	Residencial Don Juan	Río Isabela	Séptico Filtro Anaeróbico

Fuente: (Instituto Nacional de Recursos Hidráulicos (INDRHI), abril 2006)

## **CAPÍTULO III. MARCO METODOLÓGICO**

### **3.1 Tipo de investigación**

Se realizará un análisis de tipo Explorativo-Descriptivo. A fin de determinar el estado actual de la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales de la comunidad de Los Americanos, abarcando desde su estado físico hasta la eficiencia de operación de cada unidad que la compone.

### **3.2 Método de investigación**

Para lograr un diagnóstico completo sobre el estado actual de esta Planta de tratamiento se aplicarán los métodos de observación, análisis, síntesis, método inductivo y deductivo. La aplicación de cada uno de estos métodos tiene como finalidad exponer paso a paso cada problemática que esté afectando la planta; para esto se incluirán desde los aspectos que pueden ser captados por los sentidos, estado físico, hasta estudios de campo más profundos, pruebas de laboratorio, que determinarán la eficiencia de operación de la misma.

### **3.3 Técnicas de recolección de información**

Para recolectar la información secundaria se consultarán fuentes bibliográficas relacionadas al tema en cuestión, informaciones suministradas por algunas instituciones gubernamentales tales como: La CAASD y la Oficina Nacional de Estadísticas (ONE). Además, se usará el Manual de Evaluación de Plantas de Tratamiento de Aguas Residuales de la CAASD, y la Internet. También se utilizó La



Norma Ambiental de Calidad de Agua y Control de Descarga de la Secretaría de Estado de Medio Ambiente y Recursos Naturales, Santo Domingo.

Para el trabajo teórico-práctico se procedió a realizar un levantamiento de la información primaria en la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales de Los Americanos y sus alrededores, reconocimiento inicial. Buscando con esto conocer los factores que hayan influido en el estado en que se encuentra esta planta, y qué tanto está la comunidad informada sobre la existencia y funcionamiento de la misma.

### **3.4 Procedimiento**

Para realizar el diagnóstico actual de la planta fue necesario asistir a la CAASD donde el Ing. Luis Báez, proporcionó una serie de datos importantes de la planta, así como la autorización para hacerle una visita y realizar el levantamiento correspondiente como tomar la muestra del agua residual bruta.

Al hacer la toma de muestra para realizar el análisis bacteriológico tuvimos dificultad porque en el lugar no había un flujo de agua entrante, lo único que había era agua estancada e hicimos la prueba en 3 ocasiones buscando resultados más congruentes.

Luego de realizar la toma de muestra los resultados resultaron no ser los típicos de un agua residual bruta en una zona urbana. Esto obligó a trabajar el diseño en base a los valores típicos de la zona en la que se encuentra la planta en cuestión. Fue necesario consultar a los Ing. Johnny Terc Mejía e Ing. Ulises García Batista para una mejor elección del proceso a utilizar en la planta de tratamiento en cuestión.

Después de realizado el diseño y asesoría de diferentes Ingenieros se determinó sustituir el diseño de la CAASD que tenía una Laguna Facultativa por un Reactor biológico.

A raíz de la colocación de este reactor aumento el consumo de energía, por lo que fue necesario proponer un sistema de energía renovable común como es la Energía Fotovoltaica mediante paneles solares.

# CAPÍTULO IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

## 4.1 Resultados

### 4.1.1 Estado actual de la planta de tratamiento

La planta de tratamiento de aguas residuales del Sector Los Americanos, en el Municipio Los Alcarrizos, Provincia Santo Domingo, en su diseño original cuenta con un volumen de tratamiento de 5,000 m<sup>3</sup>/día. (Corporación del Acueducto y Alcantarillado de Santo Domingo (CAASD), 2011)

Está compuesta por un Reactor Anaerobio de Flujo Ascendente, una laguna facultativa y un sistema de cloración, vierte su contenido en el Arroyo San Francisco perteneciente al Río Haina (Pérez & Romero Montás, 2012).



Ilustración 3. Vista aérea de la planta de tratamiento de aguas residuales  
Fuente: Propia

En cuanto a la población beneficiaria circundante a la planta de tratamiento de agua es de 25,000 habitantes (Proyecto rehabilitación planta de tratamiento Los Americanos, Municipio Los Alcarrazos, Provincia Santo Domingo, 2013).

Al momento de intervenir la Planta, la misma no está operando, está en un espacio cerrado y no cuenta con custodia alguna, ni personal técnico.

Es una planta de tratamiento existente pero fuera de operación y consta de rejillas y desarenadores de entrada, reactores anaeróbicos de flujo ascendente y una laguna facultativa, también incluye lechos de secado.

El diseño de la página está compuesto por:

- Rejillas,
- Desarenadores,
- Filtros y una laguna facultativa, también incluía los lechos de secado.
- Caseta de operado
- Verja perimetral

El sistema se construyó a finales de los ochenta y ha estado sin funcionar por más de 15 años, y en su estado de abandono presenta los siguientes signos:

- Las unidades no funcionan y las partes metálicas están corroídas.
- La caseta de control está abandonada.
- Los vecinos rompieron las paredes de la laguna para vaciarla y evitar acumulación de agua y criaderos de mosquitos.

- Las aguas residuales rebosan de los registros y alcanzan arroyo Pedro el cual descarga al Arroyo Manoguyabo y luego al Rio Haina.

A continuación se presenta una breve descripción de las condiciones en que se encuentran los diferentes componentes de la Planta, la misma está acompañada por ilustración:

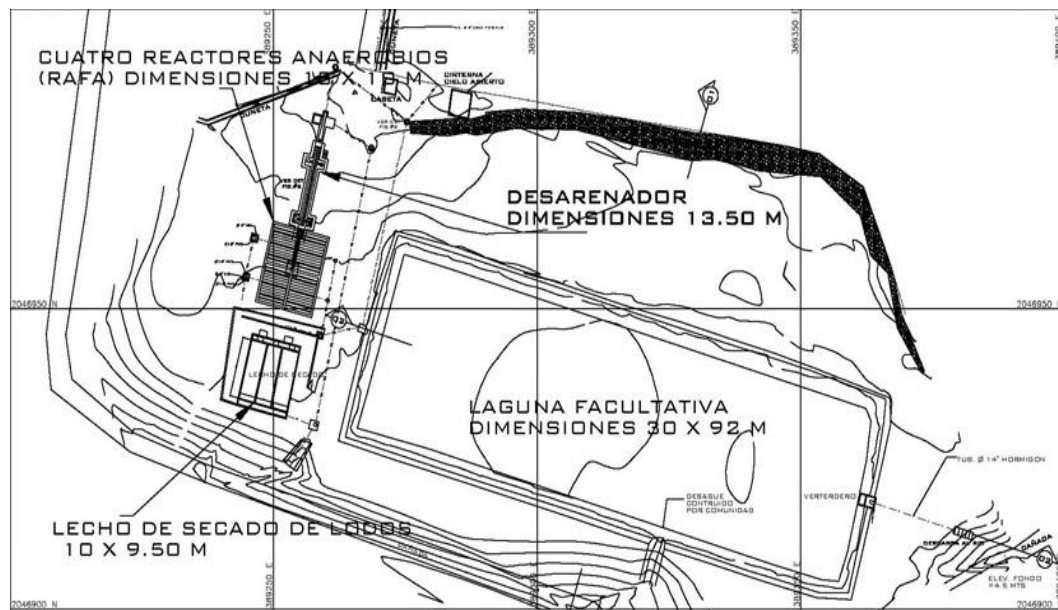


Ilustración 4. Planta de Tratamiento de Aguas Residuales Los Americanos  
Fuente: (Báez, 2014)

#### a) Desarenador

Durante las investigaciones de campo se ha podido observar que la infraestructura civil del desarenador se encuentra en buen estado, pero las instalaciones mecánicas como válvulas, compuertas y tuberías requieren reemplazo debido a su avanzado estado de deterioro. Por ellos se ha determinado que además de limpieza, se requiere el reemplazo de válvulas y compuertas que formen parte del mismo. En la ilustración 4 se presentan las principales dimensiones de esta obra de tratamiento preliminar.

## b) Reactores Anaerobios del Tipo RAFA

Existen dos reactores anaerobios, estos reactores están separados por dos cámaras simétricas cada una conteniendo un reactor. Su estructura está conformada de hormigón armado, incluyendo las campanas separadoras de gas. En esta estructura se encontraron serios daños en las tuberías de ingreso del agua, salida de gases, lodos y agua depurada.

Las tuberías de ingreso y salida de gas se combinaron en una sola función por medio de una tubería de hierro fundido tal y como se puede apreciar en la ilustración 4. Esta situación provoca serios problemas operativos y escape del gas libremente provocando malos olores en las cercanías de la planta.

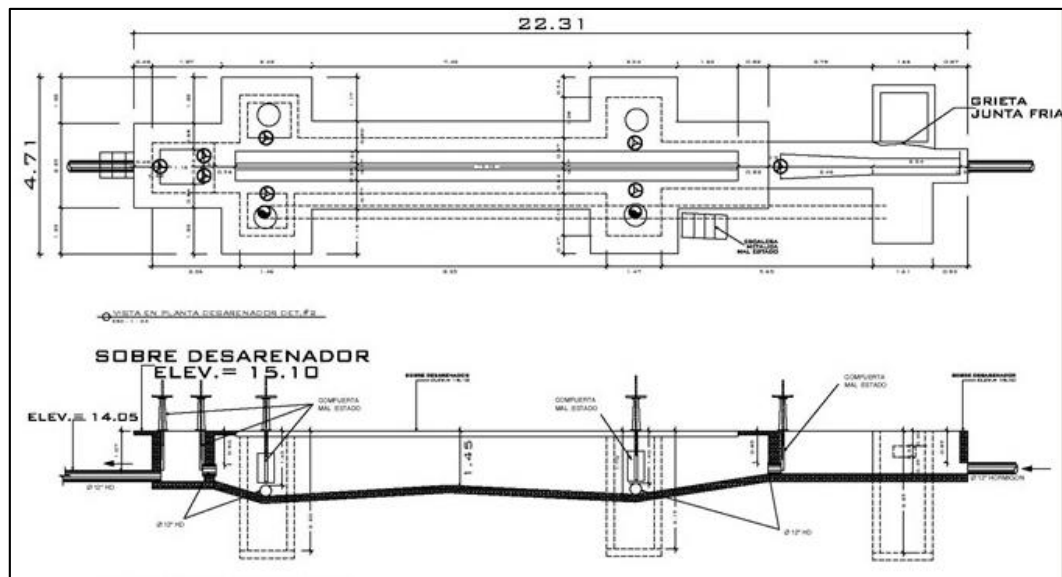


Ilustración 5. Desarenador PTAR – Los Americanos  
Fuente: (Báez, 2014)

Los sistemas hidráulicos; válvulas y tuberías requieren reemplazo y nueva construcción, siendo posible mantener las dos cámaras del RAFA en operación, ya que la infraestructura civil puede ser aprovechada sin problemas.





Ilustración 6. Reactor Anaerobio con severos daños hidráulicos  
Fuente: Propia

En la siguiente ilustración se presentan las dimensiones obtenidas del levantamiento topográfico, no fue posible determinar el arreglo existente de las tuberías de ingreso, extracción de lodos, extracción de gas y salida del agua depurada.



Ilustración 4. Foto de la Laguna facultativa  
Fuente: Propia

Se puede observar la laguna facultativa que ocupa casi un 60% del lugar, esta se ve afectada por la escorrentía del agua en tiempos de precipitaciones, ya que, la planta está ubicada en la zona más baja del sector. Utilizar este tipo de tratamiento no es recomendable en zonas de este tipo.

### c) Laguna Facultativa

Una vez pasado el proceso de depuración del agua residual en los reactores RAFA, el agua pasa hacia una laguna facultativa con dimensiones de fondo de 70 x 115 metros, esta laguna presenta una profundidad de columna de agua de 1.5 metros y una altura total de 1.8 metros. De acuerdo con las condiciones observadas requiere rehabilitación de las obras de ingreso y salida, así como de los taludes que delimitan la misma. En la siguiente ilustración se presenta una planta y sección de la laguna facultativa existente.

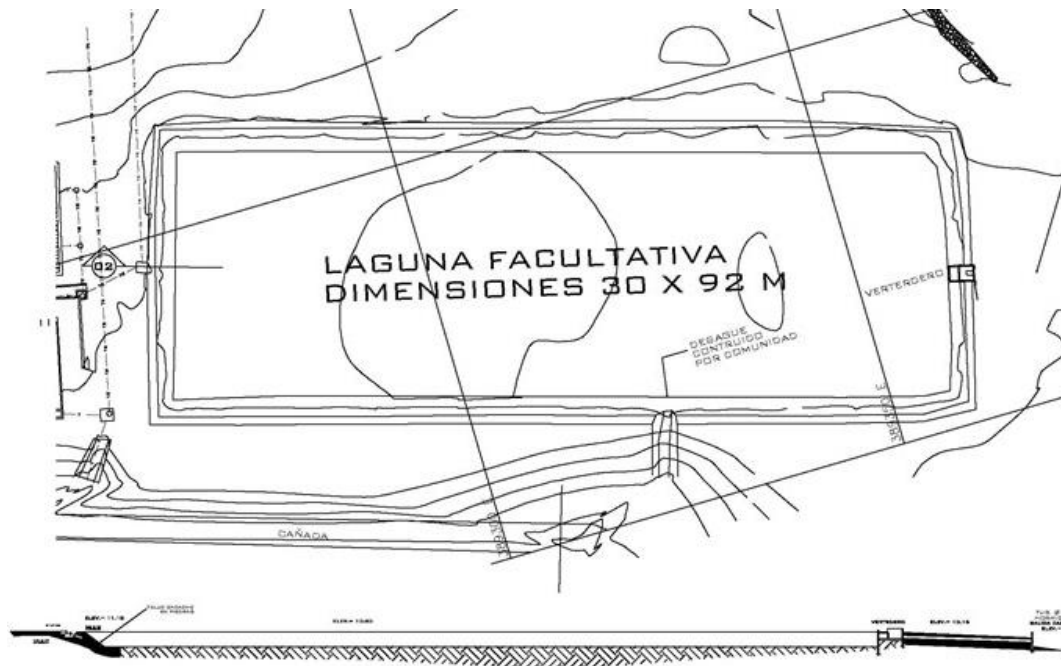


Ilustración 5. Planta y Sección Laguna Facultativa de Los Americanos  
Fuente: (Báez, 2014)



#### d) Lecho de Secado de Lodos

Existe un lecho de secado de lodos que deberá ser rehabilitado; limpieza y reposición de válvulas, además de construcción de piso de ladrillo de arcilla sin sello, para facilitar el retiro del lodo seco. De acuerdo con la siguiente imagen se puede ver el grado de deterioro existente en el mismo:

La geometría obtenida del levantamiento topográfico fue la siguiente:

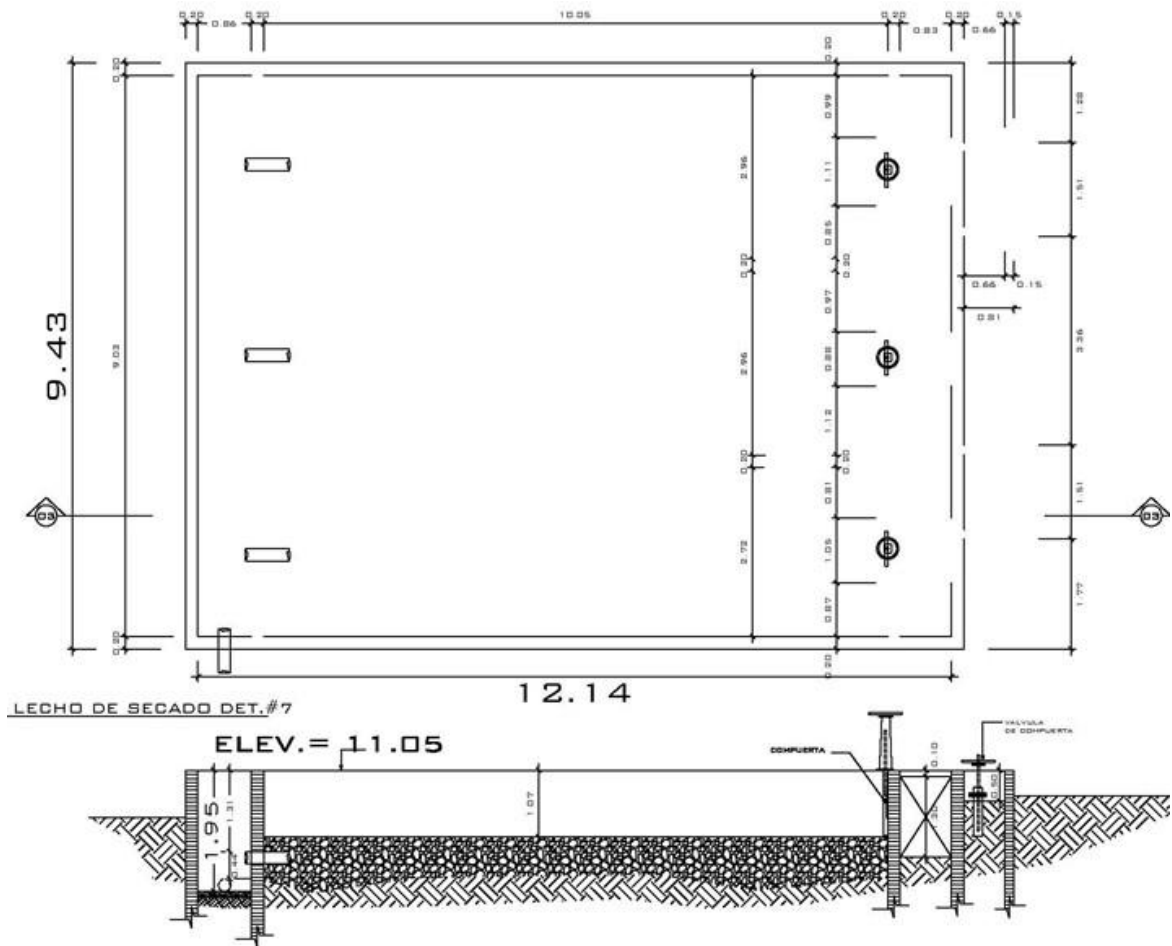


Ilustración 6. Planta y Sección Lecho de Secado de Lodos de Los Americanos  
Fuente: (Báez, 2014)

#### e) **Obras de Interconexión hidráulicas entre componentes**

Se identificó tubería ingreso de 12 pulgadas, pero debido al largo periodo que la planta ha estado fuera de operación, se recomienda su reemplazo total, el nuevo tubo deberá tener diámetro, material y niveles similares a los existentes.

#### **4.1.2 Análisis Bacteriológico**

En este análisis hubo dificultad para tomar la muestra por la razón de que lo que había era agua estancada y por la tubería del afluente no estaba entrando ningún líquido hasta el momento. Para poder realizar dicho análisis se tomaron varias muestras representativas por lo anteriormente mencionado. Según los resultados se puede notar que el DBO y DQO resultaron por debajo de los parámetros típicos del agua residual bruta, pero esto no significa que el agua no necesite un tratamiento.



Ilustración 7. Toma de temperatura de la muestra seleccionada  
Fuente: Propia

En esta ilustración anterior, se muestra la forma en que fue tomada la temperatura in situ. Esta arroja una temperatura de unos 26° C, lo cual es un parámetro normal para un agua residual bruta de un afluente.

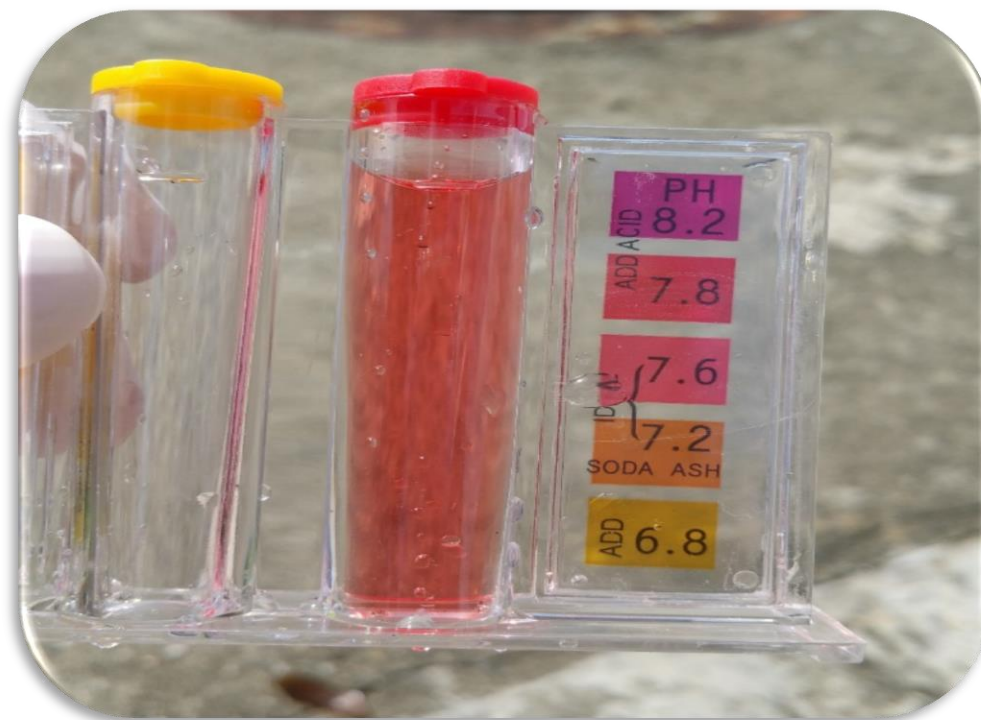


Ilustración 8. Medidor del pH in situ  
Fuente: Propia

En los centros en los que se realizan estos estudios no contaban con los reactores para realizar la prueba de fosforo y nitrógeno, por tanto se diseñó en base a los parámetros típicos de una planta de tratamiento de aguas residuales municipal.



**INSTITUTO NACIONAL DE AGUAS POTABLES Y ALCANTARILLADOS**

**INAPA**

**LABORATORIO NACIONAL DE REFERENCIA CALIDAD DE AGUA**

**ING. MARCO RODRIGUEZ**

**AREA DE RESIDUOS LIQUIDOS**

PROCEDENCIA: PLANTA DE TRATAMIENTO AGUAS RESIDUAL LOS AMERICANOS, SANTO DOMINGO OESTE, LOS ALCARRIZOS, D.N.

FECHA Y HORA MUESTREO: 08/07/2015 10:10 a.m.

FECHA Y HORA INICIO ANÁLISIS: 08/07/2015 11:45 a.m.

RECOLECTADA POR: AQUIEL GUZMAN / STERLING DE LA ROSA

CLAVE	Parámetros In Situ		T °C	pH	COND Mmhos/cm	ST mg/L	SST mg/L	DQO mg/L	DBO mg/L	COL. TOTALES NMP/100mL	COL. FECALES NMP/100mL
	T °C	pH									
FQRL-3279-07-15	26.0	7.8	25.0	7.38	231.0	843.0	578.0	81.0	25.0	1,400,000	400,000

**LEYENDA**

- T = Temperatura
- COND = Conductividad
- ST = Sólidos Totales
- DQO = Demanda Química de Oxígeno
- DBO<sub>5</sub> = Demanda Bioquímica de Oxígeno
- SST = Sólidos Suspendidos Totales
  
- FQRL-3279-07-15 = Entrada a la PTAR Los Alcarrazos

*L. Albaladejo*  
Preparado Por:

*Marco Rodríguez*  
Conforme A:  
NIVEL

Ilustración 9. Analítica de agua residual tomada.  
Fuente: Propia

Tabla 6. Resultado de la analítica de agua residual tomada

Propiedad	Unidad de Medida	Característica
Temperatura	26°C	Temperatura Ideal
pH	7.8	Normal en Agua Bruta
Conductividad	231	Normal
ST – Solidos Totales	843	Fuerte
SST- Solidos suspendidos totales	578	Fuerte
DQO- Demanda Química de Oxígeno	81	Muy por debajo del valor típico debido a que el agua está estancada
DBO – Demanda Biológica de Oxígeno	25	Muy por debajo del valor típico debido a que el agua está estancada
Coliformes Totales	1,400,000	Bajo Nivel
Coliformes Fecales	400,000	Bajo Nivel

Fuente: Propia

### 4.1.3 Diseño

#### Esquema de Diseño

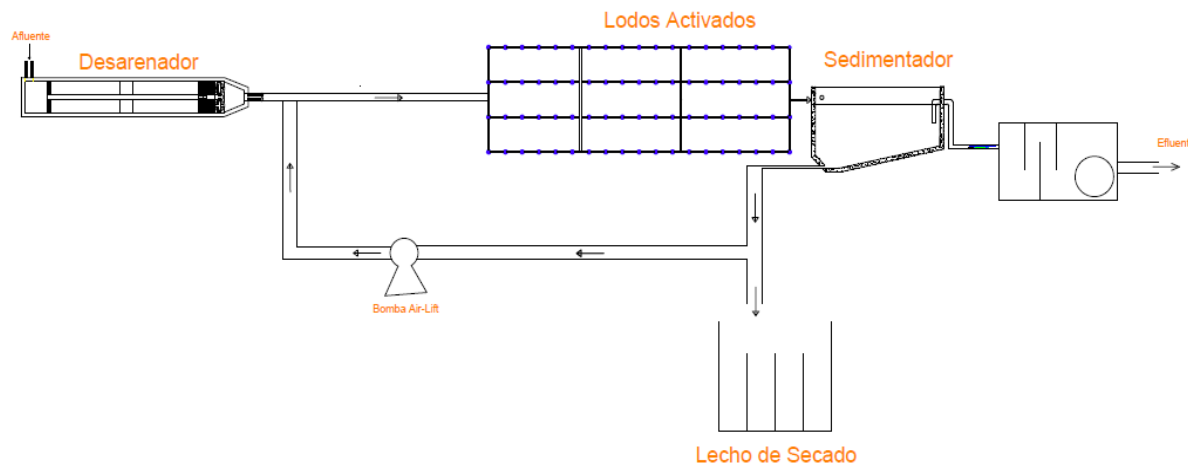


Ilustración 10. Esquema de Diseño  
Fuente: Propia

## **Descripción del Proceso de Tratamiento**

Tras hacer las investigaciones de lugar, se utilizara rejillas antes de entrar al desarenador para así evitar que objetos de gran tamaño y no biodegradables penetren al sistema de tratamiento, algo que entorpecería el proceso de tratamiento del agua residual. Que estos objetos penetren al sistema puede provocar hasta daños a los equipos.

Luego de pasar por las rejillas y el desarenador, esta agua va directo al reactor biológico (Lodos Activados), donde se aplicará aire, mediante unidades de aireación o sopladores. Luego de que el agua cumpla con el tiempo de retención determinado esta pasara al sedimentador secundario. En esta etapa los lodos se van a sedimentar en el fondo de una especie de embudo y estos a su vez serán bombeados nuevamente al reactor biológico a través de una bomba neumo eyectora Air-Lift y el agua que queda clarificada pasa hacia la cámara de cloración, donde se va a aplicar cierta cantidad de cloro para con esto desinfectar el 95% de las bacterias y así cumplir con las normativas medioambientales y de vertido de agua residual tratada.

En el reactor biológico se encuentra la materia orgánica (lodos) estos una vez ya sean inútiles para tratar el agua serán purgados hacia el lecho de secado donde luego se dispondrá para utilizarlo como residuo sólido o abono.

### **Sistema de desarenador**

Este sistema consta de unas rejillas paralelas para retener todo aquel material solido de un tamaño “x”, que se desplazan a través de las tuberías de aguas residuales que podrían ocasionar un problema en el sistema de tratamiento.

Los objetos que pueden perjudicar el sistema de tratamiento que son retenidos por el desarenador son: plásticos, maderas, pedazos de objetos rotos, desechos domésticos, entre otros.

El diseño de la rejilla debe tener una inclinación correcta con respecto al fondo para su fácil limpieza ya sea manual o mecánica. Los residuos que se retiran se dejan por un tiempo determinado por su condición de secado y luego llevados a un lugar de disposición final.

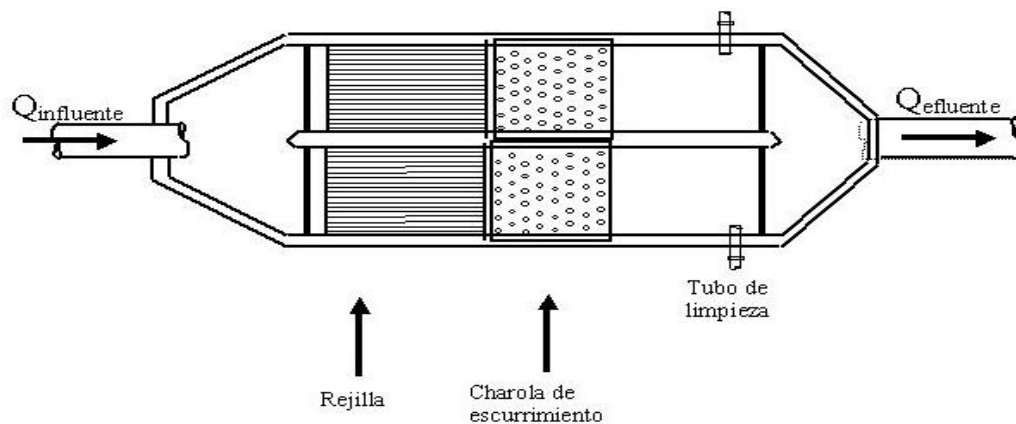


Ilustración 11. Figura 2. Vista en planta de un sistema manual de rejillas con dos cámaras  
Fuente: (Allende, 2001)

### **Reactor Biológico (Lodos Activados)**

Esta etapa consiste en inyectar aire por la parte inferior de los tanques mediante sopladores, esto se da para asegurar la mezcla entre el líquido y los lodos activos ya formados por el proceso y que inicie la oxidación. En el reactor biológico se requiere una concentración de 2.0 mg/l.

Esta fase garantiza una reducción de un 95% aproximadamente de la carga orgánica del agua y niveles de DBO inferiores a los límites máximos establecidos por la norma de ambiental y de vertido de aguas tratadas.

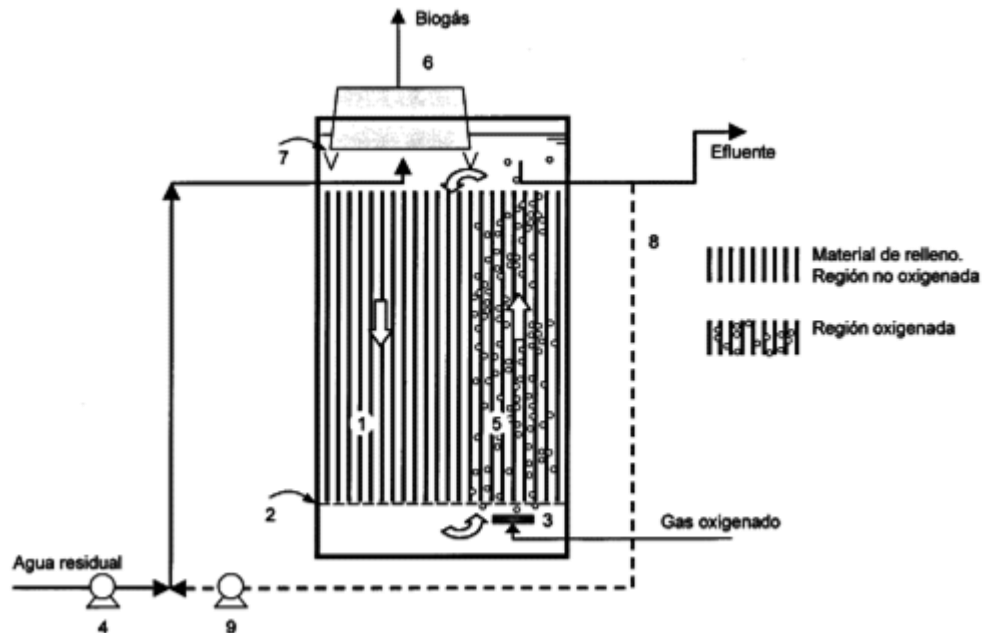


Ilustración 12. Reactor Biológico (Lodos Activados)  
Fuente: (Rodrigo, 2005)

### Sedimentador Secundario

La base del proceso de depuración de aguas residuales, tratamiento secundario, consiste en que una comunidad de microorganismos en el reactor biológico, asentados en flósculos, partículas que constituyen los lodos activos, asimilan aerobiamente la materia orgánica del influente, produciendo nuevos microorganismos, compuestos inorgánicos y agotando la materia orgánica de las aguas. Los lodos activos separan por sedimentación, retornando al reactor biológico su mayor parte, a fin de mantener alta la concentración de lodos en el reactor biológico (Cita: Manuel Gil Rodríguez, 2006, depuración de aguas residuales: modelización de lodos activos).

Como se menciona anteriormente, se da una mezcla entre el agua y los lodos generados en el reactor biológico y se realizara la separación física entre los lodos y el agua clarificada. Luego el siguiente proceso es la "Desinfección" que se lleva a



cabo mediante la cámara de desinfección, los lodos serán recirculados al reactor biológico o si hay un exceso de lodos dependiendo de la edad pasaran al lecho de secado de lodos.

La recirculación de los lodos activos se da mediante bombeo utilizando la bomba neumo-eyectora del tipo air-lift.

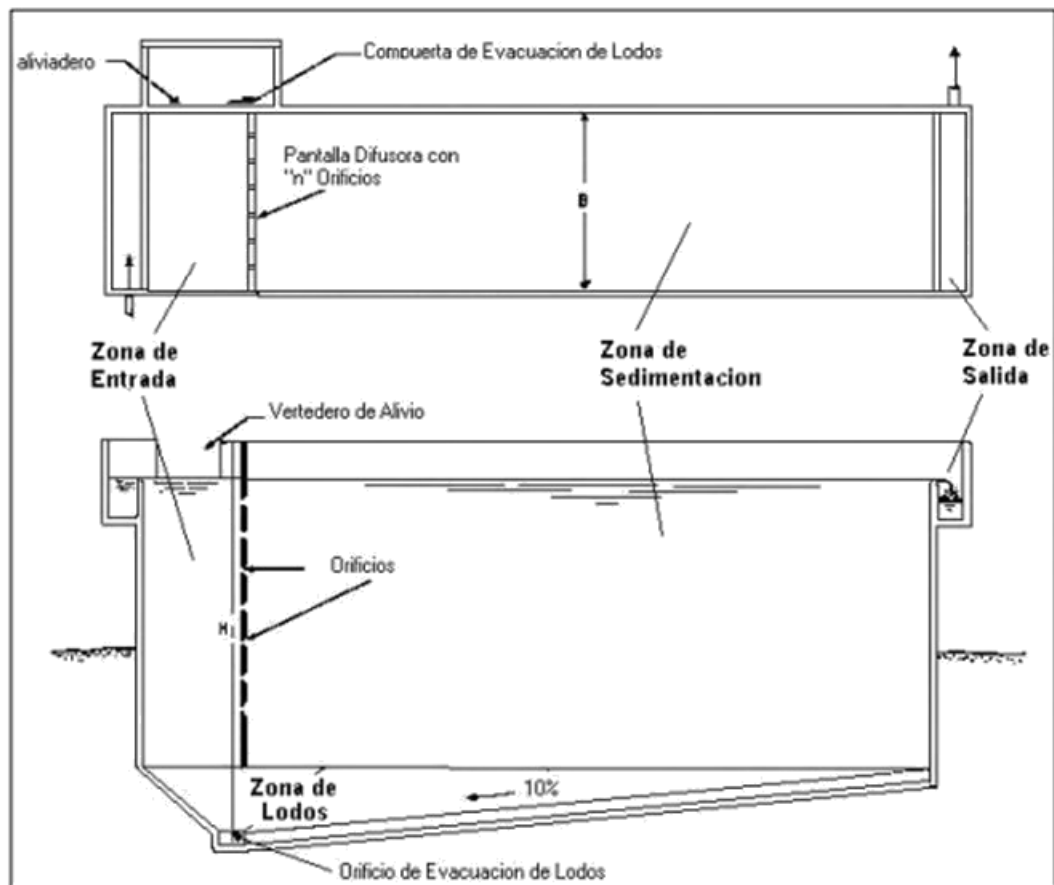


Ilustración 13. Sedimentador (Planta y Corte Longitudinal)  
Fuente: (Organización Panamericana de la Salud, 2005)

### **Cámara de desinfección o de cloración**

Luego de que el agua residual haya pasado por los diferentes procesos de la planta para su limpieza, llega a la cámara de desinfección donde se le aplicara desinfectante (Pastillas de cloro) para obtener agua limpia y exenta de bacterias y

gérmenes patógenos, a fin de que su afluente cumpla con las normas ambientales y de vertido de aguas residuales tratadas.

“Un tiempo de contacto de 20 a 30mins(es deseable que sea de 1 a 2horas), con una dosis de cloro o de bióxido de cloro residual de 0.05 a 0.2 mg/l compactado en las pastillas de baja peligrosidad. El tiempo de contacto y el cloro residual deben adjuntarse según el contenido de nitrógeno del agua, la naturaleza del esterilizante utilizado y la aplicación eventual de una pre cloración” (Degremont, 1973).

Las características de las pastillas de baja peligrosidad se describen como producto químico desinfectante basado en el cloro orgánico de lenta disolución, siendo efectivo para el control de algas, bacterias y hongos, contiene un agente estabilizante permitiendo que la luz solar no lo descomponga fácilmente. Su uso está recomendado para mantener un nivel estable de cloro, aprovechando la lenta solubilidad que tiene el producto.

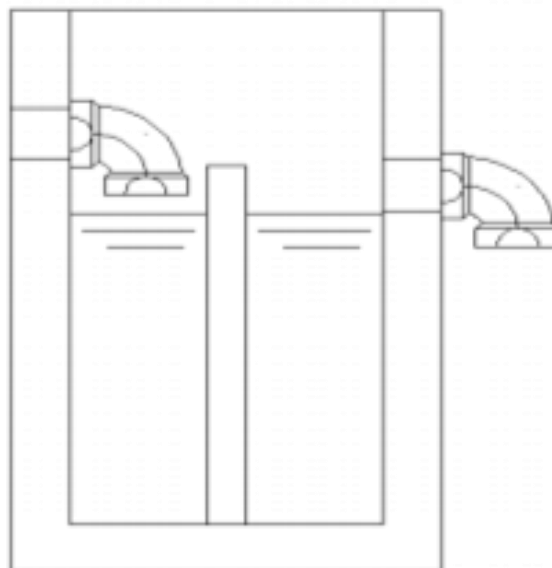
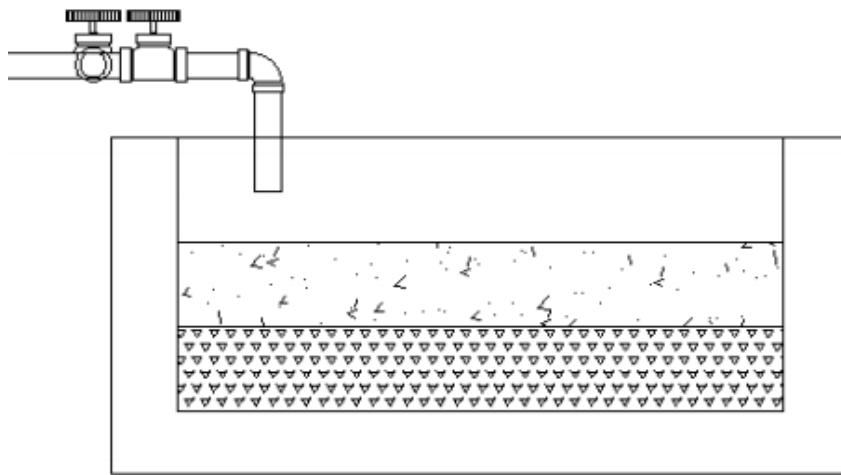


Ilustración 14. Lecho de secado  
Fuente: Propia a partir de AutoCad

Los lodos deben tener un tiempo de reposo donde estos se deshidratan para su disposición final, es por eso que se diseña una cámara de secado. En esta fase los lodos son extraídos del sedimentador de la planta de tratamiento, estos se llevan para que configuren una masa seca de lodo con una concentración aproximada de un 30% solido. Con esto se tornaría manejable y así disponer de ellos como residuos o como fertilizantes.



Fuente propia AutoCAD

### Datos de la Población

- Población censo 2010 : 22,360 habitantes
- Periodo de diseño: 30 Años
- Tasa de crecimiento: 1.3%
- Población actual año 2015
- $P_f = 22,360 * (1 + 0.013)^5 = 23,852 \text{ hab}$
- Población futura año 2045
- $P_f = 23,852 * (1 + 0.013)^{30} = 35,140 \text{ hab.}$

## Calculo de diseño

### Qmed/d de Agua Potable

- **Dotación:** 300L/hab./día
- Qmed/d A.P.= $\frac{300 \text{ l/hab./día} * 35,140 \text{ hab.}}{86400 \text{ segs}}$  =122.014 l/s

86400 segs

**Caudal medio diario de Agua Residual:** Qmed/d A.R.=122.014ls

(0.80)=97.6115l/s.

**Caudal Mínimo Horario:** Qmin/hr=97.611ls(0.5)=48.805 l/s

**Caudal Máximo Horario**

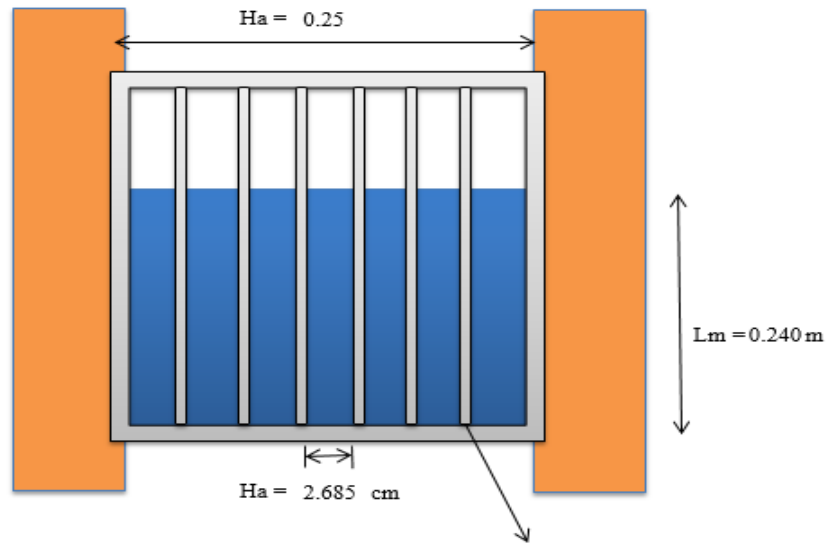
**Coefficiente de Harmon**

$$M=1+\frac{14}{4+\sqrt{39.886}}=1.0731$$

$$Q_{\max h}=1.0731 (97.611 \text{ l/s})=104.7486 \text{ l/s}$$

## Pre- Tratamiento Memoria de Cálculo de Diseño

Esta tendrá una separación media de 3 cm, con barras de ½ pulgada la rejilla tendrá un ancho de 0.25m y un grado de colmatación de un 40%.



Fuente: Propia a partir de AutoCad

Datos	Valor	Unidad
<b>Caudal Punta ( Máximo )</b>	0.105	m <sup>3</sup> /seg
<b>Ancho de las barras ( Rejillas ) ( b ) =</b>	1/2	Pulgadas
<b>Inclinación de las rejillas ( <math>\Theta</math> ) =</b>	45	grados
<b>Espaciamiento entre barras ( <math>\alpha</math> ) =</b>	3	cm
<b>Adoptando un ancho ( B ) =</b>	0.25	M
<b>Velocidad de Canal Aprox. ( <math>V_a</math> ) =</b>	0.45	m/seg
<b>Grado de colmatación ( G ) =</b>	40	%
<b>No. De Barrotes ( N )</b>		
<b>Datos</b>		
<b>Números de barrotes ( n ) =</b>	$\alpha + B$	=
	$\alpha + b$	
<b>Números de barrotes ( n ) =</b>	3.00 cm + 25.00 cm	
	3.00 cm + 1.27 cm	
<b>Números de barrotes ( n ) =</b>	7	

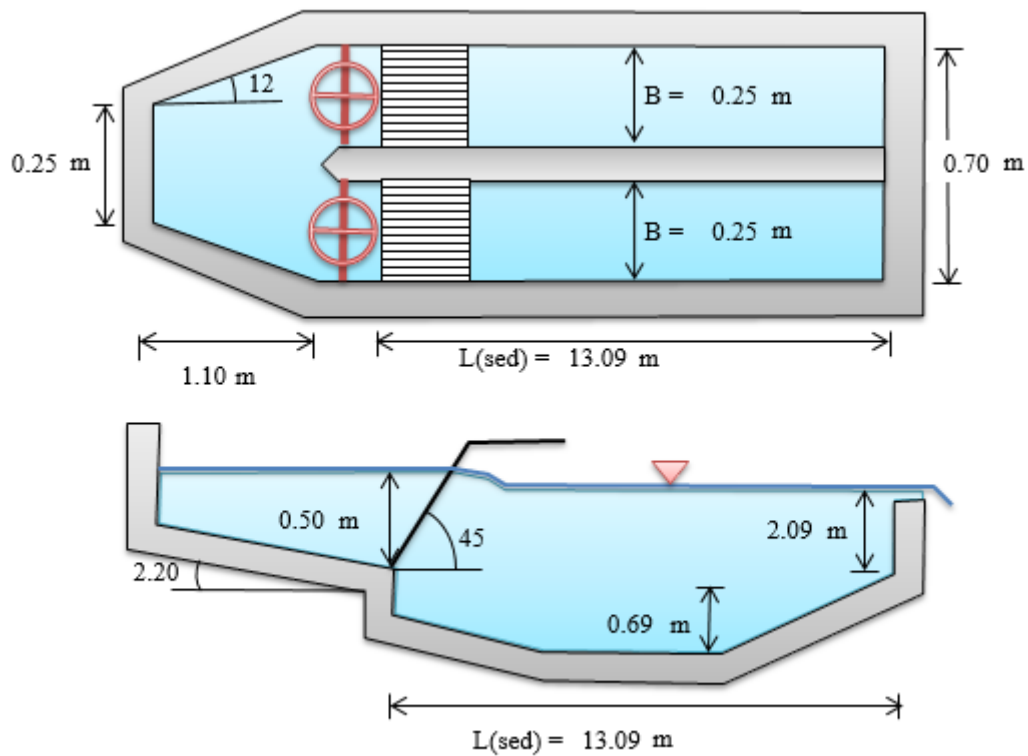
Números de espaciamento ( N ) =	n	-	1			
Números de espaciamento ( N ) =	7	-	1	=	6	
Ajuste del espaciamento ( α ) =	B	-	( n x B )			
			n - 1			
Ajuste del espaciamento ( α ) =	25.00	-	( 7 x 1.27 )		cm	
			7 - 1			
Ajuste del espaciamento ( α ) =	2.685	cm				
<b>Longitud mojada de rejás ( Lm )</b>						
Ancho paso del agua ( B´ ) = ( α ) x ( N ) =						
Ancho total entre rejás ( B´ ) = ( 2.685 cm ) x ( 6 ) =						
Ancho total entre rejás ( B´ ) =	16.11	cm	=	0.1611	m	
V inclinada aprox ( Vi ) = ( Va ) x ( sen θ ) =						
V inclinación aprox ( Vi ) = ( 0.45 m / seg ) x ( sen 45 ) =						
V inclinada Aprox ( Vi ) =	0.318	m / seg				
Longitud mojada ( Lm ) =	h aprox (agua)			=		
	Sen θ					
Longitud mojada ( Lm ) =	0.240	m				

Velocidad a través de la rejas limpias ( V <sub>R</sub> )							
<b>Vel. Rejas ( V<sub>R</sub> )</b>	=	Q <sub>máx</sub>					=
		Lm	x	N	x	α	
<b>Vel. Rejas ( V<sub>R</sub> )</b>	=	0.105					m <sup>3</sup> / seg
		0.24	x	6	x	0.0269	m <sup>2</sup>
<b>Vel. Rejas ( V<sub>R</sub> )</b>	=	2.708	m / seg				

Factor de colmatación ( C )				
<b>Factor de colmatación ( C )</b>	= (	1 -	$\frac{G}{100}$	) =
<b>Factor de colmatación ( C )</b>	= (	1 -	$\frac{40}{100}$	) = 0.60

Calculo de la perdida en las rejillas ( h <sub>R</sub> )				
Datos	Formulas	Valor	Unidades	
	2	2		
<b>Perdidas ( H )</b>	=	$\frac{VR}{2g}$	- $\frac{Vi}{C}$	=
		2	2	
<b>Perdidas ( H )</b>	=	2.708	- 0.318	=
		2 (9.81)	x 0.60	
<b>Perdidas ( h<sub>R</sub> )</b>	=	0.61432	m	¡ Cumple !

## Desarenador



Fuente: Propia

Desarenador			
Datos		Valor	Unidades
Caudal medio ( $Q_m$ )	=	0.09612	$m^3 / \text{seg.}$
Velocidad Aproximada ( $V_a$ )	=	0.30	$m / \text{seg.}$
Qpunta o $Q_{\max/h}$ ( $Q_d$ )	=	0.10470	$m^3 / \text{seg.}$
Inclinación de las rejillas ( $\Theta$ )	=	45	grados



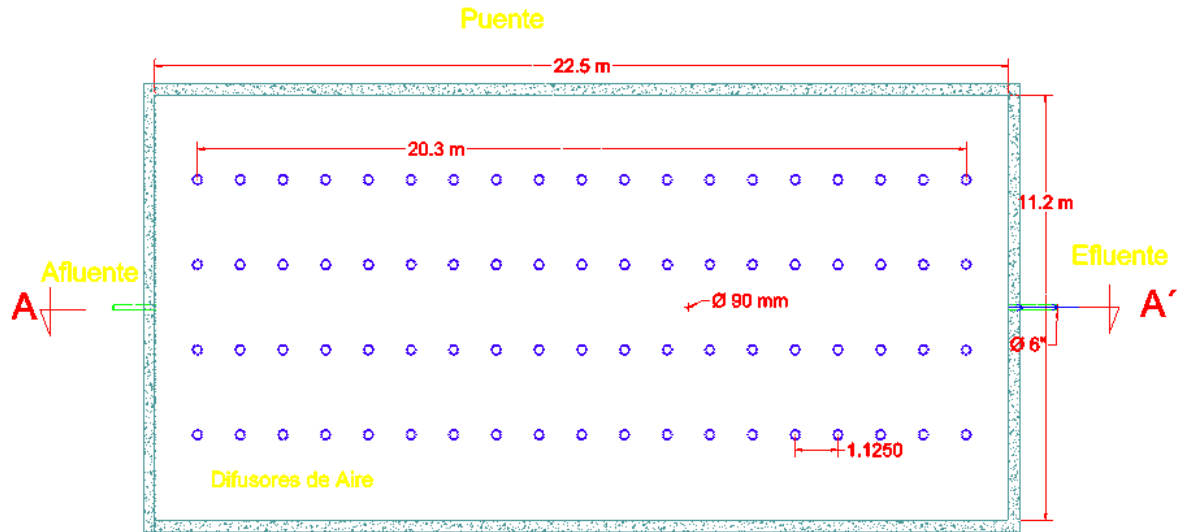
Dimensiones del canal de aproximación				
Datos		Formulas	Valor	Unidades
1- Área transversal ( A aprox. )	=	Qd	=	0.349
		Va ( aprox )		
2- Ancho del canal ( B aprox. )	=			0.70
3- Altura de agua ( H aprox. )	=	A ( aprox. )	=	0.50
		B aprox		
Ancho del muro separador canales ( m )	=			0.20
Ancho canales separadores de Q ( b )	=	B (aprox.) - m	=	0.25
		2		
Relación B aprox. y b entrada ( $\varphi$ )				12
4- Longitud del canal aprox. ( L aprox )	=	( B - b )/2	=	1.10
		tag $\varphi$		
Inclinación fondo canal de aprox. ( $\Theta$ )	=			2.20
5- Pendiente fondo cana de aprox. ( s )	=	Tag ( $\Theta$ )		3.84
h (fondo colector a final canal aprox)	=	L(aprox.).(S)/100	=	0.0423
L mojada ( rejillas )	=	H aprox.	=	0.71
		Sen ( $\theta$ )		

Zona de sedimentación				
Sección desarenador				
Datos		Valor		Unidades
Velocidad superficial de sedimentación (Vs) =		0.016		m / seg
Velocidad horizontal (Vh)	=	0.20		m / seg
Tiempo de retención hidráulico (Trh)	=	60		seg
Área de la sección ( A )	=	Qd	=	0.52
		Vh		
H (Sedimentador) ( Hs )	=	A	=	2.09
		( b )		
Dimensionamiento del desarenador				

Datos		Valor		Unidades	
Ø min	=	0.15		mm	
Factor de turbidez ( Ft )	=	0.5			
<b>Datos</b>					
		Formulas		Valor	Unidades
Área superficial del sedimentador	=	Qd	=	6.54	m <sup>2</sup>
		Vs			
<b>Datos</b>					
Longitud sedimentador L	=	Ft ( Área )	=	13.09	m
		B			
<b>Datos</b>					
Volumen del sedimentador ( Vols )	=	L . A	=	6.851	m <sup>3</sup>
<b>Datos</b>					
Tiempo de retención hidráulico ( Thr )	=	Vols	=	65.44	Seg.
		Qd			

<b>Periodo de extracción de la arena</b>					
Datos		Valor		Unidades	
Vol. Promedio de arena	=	50		ml m <sup>3</sup> /día	
<b>Datos</b>					
Volumen de arena diario ( Vd )	=	0.452304		m <sup>3</sup>	
<b>Datos</b>					
Volumen semanal ( Vs )	=	3.166128		m <sup>3</sup>	
<b>Datos</b>					
Volumen de almacenamiento	=	6.54	h		
<b>Datos</b>					
Altura lodos semana / cámara ( hl )	≥	Vol. semanal	=	0.48	m
		2. B . L			
<b>Datos</b>					
				¡ Cumple !	
<b>Datos</b>					
Altura de la tolvas mínima	=			0.69	m

## Proceso de Lodos Activados



Fuente: Propia

Diseño proceso de Lodos activados				
Datos		Valor	Unidades	Rango
Caudal (Q)	=	9072.00	m <sup>3</sup> / d	
Números de reactores ( n )	=	1	unidades	
Caudal / Reactor (Qd)	=	9072.00	m <sup>3</sup> / d	
Datos de las condiciones de operación del reactor				
Datos		Valor	Unidades	Rango
Tiempo de retención celular ( $\Theta_c$ )	=	10.00	días	
Coefic. de crecimiento bacteriano ( Y )	=	0.65		( 0.40 - 0.80)
Coefic. de eliminación de bacterias (Kd)	=	0.05		(0.040 – 0.075)
SS del licor mezclado en el reactor ( X )	=	2500.00	mg/L	
DBO5 - Entrada al reactor (So)	=	220	mg/L	
Eficiencia en la DBO5 total ( E )	=	90.00	%	
DBO5 - Salida del reactor (S)	=	22.00	mg/L	
SST esperados en el efluente ( SSTE )	=	20	mg/L	
DBO5 - soluble (Se)	=	9.4	mg/L	
Eficiencia en la DBO5 soluble ( Es )	=	95.73	%	

Dimensionamiento						
Datos		Formulas		Unidades		
Volumen del reactor (V)	=	3311.64	m <sup>3</sup>			
Tiempo de retención hidráulica (Thr)	=	$\frac{V}{Qd}$	=	3311.64	m <sup>3</sup>	=
				378	m <sup>3</sup> /h	
Tiempo de retención hidráulica (Thr)	=	8.76	h			
Profundidad del reactor ( h )	=	4.50	m			
Área superficial ( As )	=	735.92	m <sup>2</sup>			

Comprobación de la carga orgánica (F/M) y Carga volumétrica						
Carga orgánica o másica (F/M)	=	$\frac{So}{Thr \cdot X}$	=	0.24	d <sup>-1</sup>	OK
Carga orgánica volumétrica	=	$\frac{So \cdot Q}{V}$	=	0.60	Kg . DBO m <sup>3</sup> . d	OK
Chequeo condiciones de recirculación						
SS del licor mezclado los lodos (Xr)	=	15000.00		mg/L		
Yobs	=	$\frac{Y}{1 + Kd \cdot \Theta c}$	=	0.4333		
Masa fango activado volátil purgado (Px)	=	827.91072	kg/d			
Porción volátil de los sólidos totales (Pv)	=	80	%			
Producido de solidos totales de desechos=		1034.8884	kg/d			
Caudal de lodos de desecho (Qw)	=	68.99256	m <sup>3</sup> / d			
Caudal de recirculación (Qr)	=	$\frac{2387.36842}{1}$	m <sup>3</sup> / d			

Tasa de recirculación (Qr/Q)	=	Qr	=	26.32	%	OK
		Q				
<b>Demanda de O2 necesario</b>						
Demanda de oxígeno requerido (DO)	=	1690.21	kg. O2/d			
Caudal aire en condiciones normales (Qa)=		DO	=	6071.16	m³/d	
		0.232 (1.20)				
Efic. de transf. equipo de aireación ( Ee )	=	8.00	%			
Cantidad de aire real (Qar)	=	Qa	=	75889.5	m³/d	
		Ee		3		
Vol. de aire requerido / DBO aplicada	=	Qar	=	19.96	m³/kg	
		DBO				
Vol. de aire requerido / DBO removida	=	Qar	=	20.85	m³/kg	
		DBOr				

Tabla 7. .Métodos de operación de los reactores de lodos activados

PARÁMETRO	ALTA CARGA	CONVENCIONAL (CARGA MEDIA)	AIREACIÓN EXTENDIDA O PROLONGADA (CARGA BAJA)
Color de Fango	Gris marrón	Marrón	Chocolate
Carga másica (C <sub>m</sub> ) (kg DBO <sub>5</sub> /kg SSLM*d)	0,4 – 1,5	0,1 – 1,0	0,03 – 0,12
Carga volumétrica (C <sub>v</sub> ) (kg DBO <sub>5</sub> /m <sup>3</sup> *d)	1,6 - 16	0,3 – 3,0	0,16 – 0,4
Tiempo de Retención Celular (TRC) (días)	5 - 10	5,0 – 15	20 – 30
TRH (horas)	0,5 - 4	4,0 – 10	18 – 36
SSLM (ppm)	1000 - 2000	2000 - 3000	3000 – 6000
Tasa de Recirculación (%)	100 - 500	25 - 50	75 – 150
Relación F/M	0,4 – 1,5	0,2 – 0,4	0,05 – 0,15
Exceso de Lodos (kg SSLM/kg DBO <sub>5</sub> *d)	1,2	0,9 - 1	< 0,6
Respiración Endógena (mg O <sub>2</sub> /g*h)	10	3 - 10	< 3
IVL (mL/g)	120 - 250	90 - 160	50 – 100
N Total en Lodo (mg/g)	80	70	50
Consumo de Oxígeno (mg O <sub>2</sub> /L*h)	<100	30	<10
Equipos de aireación (m <sup>3</sup> aire / kg DBO)	25 – 95	>95	>125
Eficiencia media (%)	80	90	90

Fuente: (Lozano-Rivas, 2012)

Tabla 8. parámetros de diseño para los procesos de fangos activados

Modificación de proceso	$\theta_c$ , d	$F/M$ kg DOB <sub>5</sub> aplicada/ kg SSVLM · d	Carga volumica, kg de DOB <sub>5</sub> aplicada/ m <sup>3</sup> · d	SSLM, mg/l	V/Q, h	Q <sub>r</sub> /Q
Convencional	5-15	0,2-0,4	0,32-0,64	1.500-3.000	4-8	0,25-0,75
Mezcla completa	5-15	0,2-0,6	0,80-1,92	2.500-4.000	3-5	0,25-1,0
Alimentación escalonada	5-15	0,2-0,4	0,64-0,96	2.000-3.500	3-5	0,25-0,75
Aireación modificada	0,2-0,5	1,5-5,0	1,20-2,40	200-1.000	1,5-3	0,05-0,25
Contacto y estabilización	5-15	0,2-0,6	0,96-1,20	(1.000-3.000) <sup>a</sup> (4.000-10.000) <sup>b</sup>	(0,5-1,0) <sup>a</sup> (3-6) <sup>b</sup>	0,5-1,50
Aireación prolongada	20-30	0,05-0,15	0,16-0,40	3.000-6.000	18-36	0,5-1,50
Aireación de alta carga	5-10	0,4-1,5	1,60-1,60	4.000-10.000	2-4	1,0-5,0
Proceso Kraus	5-15	0,3-0,8	0,64-1,60	2.000-3.000	4-8	0,5-1,0
Oxígeno puro	3-10	0,25-1,0	1,60-3,20	2.000-5.000	1-3	0,25-0,5
Canal de oxidación	10-30	0,05-0,30	0,08-0,48	3.000-6.000	8-36	0,75-1,50
Reactor de flujo discontinuo secuencial	NA	0,05-0,30	0,08-0,24	1.500-5.000 <sup>d</sup>	12-50	NA
Reactor Deep Shaft	SI	0,5-5,0	SI	SI	0,5-5	SI
Nitrificación de etapa única	8-20	0,10-0,25 (0,02-0,15) <sup>c</sup>	0,08-0,32	2.000-3.500	6-15	0,50-1,50
Nitrificación en etapas separadas	15-100	0,05-0,20 (0,04-0,15) <sup>c</sup>	0,05-0,14	2.000-3.500	3-6	0,50-2,00

<sup>a</sup> Unidad de contacto.

<sup>b</sup> Unidad de estabilización de sólidos.

<sup>c</sup> NKT/SSVLM.

<sup>d</sup> Los SSLM varían en función de la fase del ciclo operativo.

NA = No aplicable.

SI = Sin información.

## Sedimentador Secundario

Sedimentador Secundario - Rectangular					
Datos		Valor	Unidades	Rango	
Tipo de tratamiento previo		Lodos Activos			
Caudal medio (Qm)	=	8433.63	m <sup>3</sup> / d		
Caudal punta (Qp)	=	9072.00	m <sup>3</sup> / h		
Carga superficial para Qm (Vsm)	=	20	m / d	(16 - 32)	
Carga superficial para Qp (Vsp)	=	32	m / d	(41 - 49)	
Profundidad (h)	=	3.00	m	(3.7 - 4.6)	
Numeros de sedimentadores a usar ( n ) =		1	unidades		

Dimensionamiento						
Datos		Formulas		Unidades		
Caudal / sedimentador (Qmd)	=	$\frac{Qp}{n}$	=	8433.63	m <sup>3</sup> / d	=
		n		1		
Caudal / sedimentador (Qmd)	=	8433.63	m <sup>3</sup> / d	=	351.40	m <sup>3</sup> / h
Área superficial (A)	=	$\frac{Qmd}{Vsm}$	=	8433.63	m <sup>3</sup> / d	=
		Vsm		20	m / d	
Área superficial (A)	=	421.68	m <sup>2</sup>			
Ancho adoptado ( b )	=	10.00	m			
Longitud del sedimentador ( L )	=	$\frac{As}{b}$	=	421.68	m <sup>2</sup>	=
		b		10	m	
Longitud del sedimentador ( L )	=	42.17	m		43.00	m
Volumen de la unidad ( V )	=	L x b x h	=	1290	m <sup>3</sup>	
Tiempo de retención caudal a medio ( T1 ) =		$\frac{V}{Qmd}$	=	1290.00	m <sup>3</sup>	=
				351.40	m <sup>3</sup> / h	
Tiempo de retención caudal a medio ( T1 ) =		3.67	h		Cumple (3 - 4.90) m	
Tiempo de retención a caudal punta ( T1 ) =		$\frac{V}{Qpd}$	=	1290.00	m <sup>3</sup>	=
				378.00	m <sup>3</sup> / h	
Tiempo de retención a caudal punta ( T1 ) =		3.41	h		Cumple (3 - 4.90) m	

Coloración				
<b>Caudal</b>	0.12152778	m <sup>3</sup> /s	437.5	m <sup>3</sup> /H
<b>Eficiencia</b>	99.8	%		
<b>Tiempo de retención</b>	1800	seg		
<b>Volumen</b>	218.75	m <sup>3</sup>		
<b>Proponiendo altura</b>	2	m		
<b>Área superficial</b>	109.375	m <sup>2</sup>		
<b>Dimensiones</b>				
<b>Ancho</b>	6.03807364	m		
<b>Largo</b>	18.1142209	m		

Ilustración 15. Coloración  
Diseño propio

### 4.3 Análisis Comparativo del Diseño propuesto

Los efectos Negativos Con EL RAFA son que emiten gases de co2, el lodo que se deshidrata en el lecho de secado no podría ser reutilizado sino que sería incinerado, emite olores fuertes lo que podría perjudicar la salud de los moradores, su infraestructura está siendo construida 5 años después de haberse diseñado lo que en el manual de diseño de plantas de tratamiento se considera como obsoleto. Esta planta está ubicada en la zona más baja de la comunidad por lo que una laguna facultativa no sería la mejor opción, ya que, cuando haya precipitaciones el agua por esorrentía caerá directamente a la laguna entorpeciendo así el proceso.

En cambio la de lodos activados no tendríamos emisión de ningún gas, los lodos del lecho de secado se pueden verter en el suelo inerte sin perjudicar el mismo en cambio al diseño propuesto por la CAASD. Este proceso contiene una mayor eficiencia de remoción de sólidos, carga orgánica, esto por no ser una proceso convencional o cultivo fijo. También se evitaría los olores desagradables para la comunidad la propagación de insectos. Los lodos una vez estabilizados pueden ser



utilizados como fertilizantes, mejoradores del suelo y obtención de biogás, entre otras.

<b>Tipo de Tratamiento</b>	<b>Ventajas</b>	<b>Desventajas</b>
Laguna Facultativa	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Bajo costo por obra civil</li> <li>• Bajo costo de operación y mantenimiento.</li> <li>• Capacitación nula de operadores.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Requiere grandes extensiones de terreno.</li> <li>• Puede despedir olores indeseables</li> <li>• Puede propagar enfermedades e insectos como el mosquito.</li> <li>• Necesitan del sol y temperaturas constantes para tener un mejor desempeño.</li> </ul>
Lodos Activados	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Altas eficiencias de remoción (85%-95%) de sólidos en suspensión y microorganismos (98%-99.5%).</li> <li>• Lodos Parcialmente estabilizados.</li> <li>• Efluente parcialmente nitrificado.</li> <li>• Fácil de estabilizar durante su arranque.</li> <li>• Menor Requerimiento de terreno.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Alto costo por obra civil y equipamiento.</li> <li>• Alto costo de operación y mantenimiento.</li> <li>• Mayor capacitación para operadores.</li> <li>• Requiere un área de depósito para los lodos residuales.</li> </ul>

<b>Diseño de la CAASD</b>	<b>Diseño Propuesto</b>
Caudal: 86.80 l/s	Caudal: 97.22 l/s
DBO <sub>5</sub> afluente: 120 mg/l	DBO <sub>5</sub> afluente: 220 mg/l
DBO <sub>5</sub> Efluente RAFA: 68 mg/l	DBO <sub>5</sub> Efluente Lodos Activados: 22 mg/l
DBO <sub>5</sub> Efluente Laguna: <10 mg/l	DBO <sub>5</sub> Efluente Laguna: <10 mg/l
Coliformes fecales afluente: 1.0E+07 NMP/100 ml	Coliformes fecales afluente: 1.0E+07 NMP/100 ml

Coliformes fecales Efluente RAFA: 1.0E+07 NMP/100 ml	Coliformes fecales Efluente Lodos Activados: 5714285.71 NMP/100 ml
Coliformes Fecales Efluente Laguna: 5.23E+06 NMP/100 ml	Coliformes Fecales Efluente Lodos Activados: 3076470.58NMP/100 ml
Coliformes Fecales Efluente Cloración: 21.0E+02 NMP/100 ml	Coliformes Fecales Efluente Cloración: 10.0E+02 NMP/100 ml
SST afluente: 120 mg/l	SST afluente: 578 mg/l
SST Efluente Laguna: 30 mg/l	SST Efluente Lodos Activados: 50 mg/l
N afluente: 12 mg/l	N afluente: 12 mg/l
N Efluente RAFA: 11.22 mg/l	N Efluente Lodos Activados: 9.23 mg/l
N Efluente Laguna: 11.07 mg/l	N Efluente Lodos Activados: 9.23 mg/l
P afluente: 2.4 mg/l	P afluente: 2.4 mg/l
P Efluente RAFA: 2.24 mg/l	P Efluente Lodos Activados: 2.24 mg/l
P Efluente Laguna: 2.21 mg/l	P Efluente Lodos Activados: 2.21 mg/l

#### 4.4 Paneles Solares

Para contrarrestar el consumo que se le esta adicionando a la planta se colocara una cantidad de paneles con un contador bidireccional el cual calculara la energía brindada por los paneles y la energía consumida por la planta y daría como resultado el costo a pagar a la generadora de electricidad.

Estos paneles por proyecciones antes realizadas en la Superintendencia de Electricidad e instaladores de paneles solares se calcula que un periodo promedio de producción energética de esto son 5 horas, por lo que si instalamos Mil Quinientos (1,500) Paneles de 360Kw obtendremos lo siguiente:

- $360\text{kw} \times 5\text{hrs} = 1800 \text{ Kw/día}$

- 1800 Kw/día x 30días= 54,000kw/mes

Estos paneles ocupan un espacio de 1.64m x 0.99m lo que equivaldría a 1.64 m<sup>2</sup> si se colocan 1500 paneles de ocuparía un espacio de 2,460 M<sup>2</sup>.

Tabla 9. Componentes paneles solares (Tabla 1)

<b>Componente</b>	<b>Potencia Kw</b>
Bombas Sumergibles	153
Bombas Mono	16.2
Bombas Dosificadoras	1.89
Bombas Horizontales	264.6
Soplantes	226.5
Reja Automática	1.02
Tamices dinámicos	1.5
Puente Circular	1.14
Cuchara Bivalva	6.6
Agitadores Electromecánicos	2.04
Total de Cargas	683.49
10%	68.35
<b>Total Instalada</b>	<b>751.83</b>

Diseño propio

La planta tendría un consumo total de energía de 751.83 Kw/h, lo que multiplicado por las horas laborables (8) serian 6,014.64 Kw/día y un total de 180,439.2 Kw/mes.

Con los paneles solares nos ahorraríamos 54,000 Kw/mes por lo que solo pagaríamos 126,439.20 Kw/mensual.

### **Ahorro de Energía**

El uso de estos paneles solares que tendrían un costo de 98,611.54 dólares nos ahorraría unos 562,204.80, por lo que recuperaríamos la inversión en 7 años.

## Análisis de venta

Cantidad	DESCRIPCIÓN					Costo en US\$		Costo en RD\$		Costo x KW		Generación KW		Precio	Ahorro RD\$
						Unidad	Total	Unidad	Total	Costo en US\$	Costo en RD\$	Prome dio	al mes	KW	
1	Inversor <b>GW4200-DS</b>	40000	Watts	40.00	KW	1,700.00	1,700.00	76,245.00	76,245.00	46.88	2,102.34	30	Días		
1	Integrated Wifi					175.00	175.00	7,848.75	7,848.75	4.38	196.22	200	Kw/D		
1	EZ logger					-	-	-	-	-	-	40	Kw/H		Mensual
500	AM250P-6-60 (1.64 x 0.992 = 1.64 m <sup>2</sup> )	360	Watts	180.00	KW	185.00	92,500.00	8,297.25	4,148,625.00	2,312.50	103,715.63	6000	KW	RD\$ 11.10	66,600.00
1	Estructura paneles <b>schletter</b>	180000	Watts	USD 0.200		36,000.00	36,000.00	1,614,600.00	1,614,600.00	900.00	40,365.00	5.00	Horas		
1	MidNite solar surge protection device MNSPD-300 AC					120.00	120.00	5,382.00	5,382.00	3.00	134.55				
2	MidNite solar surge protection device MNSPD-600 DC					120.00	240.00	5,382.00	10,764.00	6.00	269.10				
1	Materiales y otros					369.06	369.06	16,552.31	16,552.31	9.23	413.81				
	Área a utilizar (1.64 X 0.992 = 1.627)	1.00	m <sup>2</sup>	500.00	m <sup>2</sup>		131,104.06		5,880,017.06		147,000.43				
1	Mano de obra			15.00%			19,665.61	882,002.56	45,000.00	491.64	1,125.00				Anual
<b>Subtotal.....</b>							150,769.67		5,925,017.06		148,125.43				799,200.00
1	Contador bidireccional					178.37	178.37	8,000.00	8,000.00	4.46	200.00				
<b>Total.....</b>							150,948.04		5,933,017.06	3,773.70	148,325.43		7.42		Años recuperación
	VMP	30.70	V	15,350.00	Volt DC	11.73		Amp DC							
	MPPT VOLTAGE RANGE			125-550	Volt DC					KW Residencial	11.10				
	MPPT 1 - STRING 1	1		7,675.00	Volt DC	11.73		Amp DC Per St.		KW Comercial	7.81				

Cantidad	DESCRIPCIÓN					Costo en US\$		Costo en RD\$		Costo x KW		Generación KW		Precio	Ahorro RD\$
						Unidad	Total	Unidad	Total	Costo en US\$	Costo en RD\$	Prome dio	al mes	KW	
	MPPT 1 - STRING 2			-		Volt DC		Amp DC Per St.							
	MPPT 2 - STRING 1	1		7,675.00		Volt DC	11.73	Amp DC Per St.							
	MPPT 2 - STRING 2			-		Volt DC		Amp DC Per St.							
				240		Volt AC	166.67	Amp AC							
		2													

Fuente: Propia

# CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

## Conclusiones

Se puede decir que la importancia que tiene una planta de tratamiento económicamente es incalculable. Este proyecto no solo podría solucionar el problema de escasez de agua potable, sino que también sería un aporte al medio ambiente y de las condiciones sociales.

La inclusión de esta planta aportaría significativamente al arroyo San Francisco y este al Rio Haina que es donde realmente esta planta vierte el agua tratada. Para llevar esto a cabo se necesita concientizar a la población de la importancia que tiene conectar sus aguas residuales al sistema que abastece la planta de tratamiento.

En base al análisis realizado al agua se pudo notar un bajo nivel de DBO y DQO, de ese mismo modo un alto nivel de Solidos suspendidos y solidos totales. Esto sucedió porque la planta no está funcionando y por el afluente no estaba entrando nada.

La planta de tratamiento se encuentra en reconstrucción y su diseño fue realizado hace más de 5 años. Esta cuenta con un desarenador, Lecho de Secado, una laguna facultativa y finalmente una caseta de cloración. Esta planta esta diseñada para una población de 25,000 habitantes.

En base a los resultados obtenidos de las pruebas realizadas a las aguas residuales, el tipo de tratamiento que se debe aplicar a estas aguas residuales es un tratamiento biológico, el cual es idóneo para su operación y su efectividad en remoción de DBO (Afluente 220mg/l – Efluente 22mg/l, DQO 90% de remoción, Solidos suspendidos(Afluente 578mg/l – Efluente 57.8 mg/l y solidos totales 90% de remoción, por lo cual es recomendable este tipo de tratamiento; ya se cuenta con la red de alcantarillado sanitario el cual nos sirvió para este diseño y es un proyecto ejecutado por la CAASD.

En vista de que incluir un reactor biológico aumentaría la demanda de energía, se recomienda colocar energía fotovoltaica a la planta de tratamiento para compensar el consumo. Es una inversión que sería recuperada en 7 años y tendría una vida útil de 25 años.

Finalmente, optimizar el funcionamiento de las plantas de tratamiento nos favorece en la protección del medio ambiente y el ahorro del preciado líquido. Es importante realizar este proyecto ya que así podríamos obtener un mayor rendimiento de la planta de tratamiento y reducir el costo de producción de agua tratada.



## Recomendaciones

Luego de ponderar las informaciones presentadas en la presente investigación, así como el análisis de las políticas que respecto al tema han elaborado organismos nacionales e internacionales especializados en la problemática, se presenta a continuación una serie de recomendaciones, destinadas estas a mejorar el tratamiento de las aguas residuales en sentido general:

- Apoyar la implementación de comité de vigilancia del agua, apoyando su constitución y participación en todas las actividades de saneamiento ambiental de su comunidad.
- Aplicar una encuesta sobre los hábitos de higiene en la población.
- Suministrar a la población información a través de charlas sobre vigilancia sanitaria del agua.
- Construir una caseta de cloración al final del proceso de tratamiento del agua
- Construir un Reactor Biológico en sustitución de la Laguna Facultativa.
- Participación de las autoridades competentes en el diagnóstico ambiental de la comunidad.
- Distribuir material educativo para multiplicar el conocimiento en la comunidad en coordinación de la Corporación del Acueducto y Alcantarillado de Santo Domingo (CAASD), el Instituto de Aguas Potables y Alcantarillados (INAPA) y del Ministerio de Salud Pública, entre otras.

- Recopilar y reportar los resultados a un sistema de información diseñado para tal finalidad.
- Desarrollar procesos de formación y asesoría para mejorar las capacidades institucionales, tanto a nivel central como local, para la vigilancia, el monitoreo y gestión de proyectos y sistemas.

## BIBLIOGRAFÍA

- Aguilar Rojas, G., & Iza, A. (2005). *Manual de Derecho Ambiental en Centroamérica*. San José, Costa Rica: Unión Mundial para la Naturaleza.
- Allende, A. I. (2001). *Diseño hidráulico de plantas de tratamiento para aguas residuales*. Cuba: ENPSES.
- Areatecnologia.com. (s.f.). *Paneles solares*. Recuperado el 9 de julio de 2015, de <http://www.areatecnologia.com/electricidad/paneles-solares.html>
- Arreghini, S. (s.f.). *Plantas acuáticas (macrófitas)*. Recuperado el 10 de junio de 2015, de <http://www.cricyt.edu.ar/enciclopedia/terminos/PlantAcuat.htm>
- Autores, F. P. (s.f.).
- Báez, L. (2014). *Estudio para proyecto para la Rehabilitación Planta de Tratamiento de Agua Residual Los Americanos*. Santo Domingo: Departamento de Ejecución de Proyectos de la CAASD.
- Carbonnel Torralbo, A. (2011). *Alternativas de Sostenibilidad para Asentamientos Humanos*. España: Universitat Politècnica de Catalunya.
- Castells, X. E. (2012). *Generalidades, conceptos y origen de los residuos: Reciclaje de residuos industriales*. Madrid: Ediciones Díaz de Santos.
- Catalán Lorca, F. E. (2002). *Modelación del proceso de digesto anaerobia en un reactor UASB para aguas residuales*. Chile: Universidad de Santiago De Chile .
- Cattafesta, C. (2003). *Proyecto para la Creación de Capacidades y el Perfeccionamiento en la Formulación de Políticas y de la Capacidad de Negociación en Medio Ambiente (Proyecto UNCTAD-FIELD): Diagnóstico Preliminar*. Santo Domingo, Distrito Nacional, República Dominicana: Viceministerio del Gestión Ambiental de Ministerio de Medio Ambiente y Recursos Naturales. Recuperado el 27 de mayo de 2015, de [http://r0.unctad.org/trade\\_env/test1/meetings/cuba/Diagnostico%20Preliminar%20Rep.pdf](http://r0.unctad.org/trade_env/test1/meetings/cuba/Diagnostico%20Preliminar%20Rep.pdf)
- Corporación del Acueducto y Alcantarillado de Santo Domingo (CAASD). (6 de marzo de 2011). *Plan Estratégico Institucional 2010-2015*. Recuperado el 2 de junio de 2015, de <http://www.caasd.gov.do/media/SyncCMSMedia/37009/plan-estrategico-2010-2015.pdf>

- Corporación del Acueducto y Alcantarillado de Santo Domingo (CAASD). (2012). *Informe de memoria*. Santo Domingo.
- Cubillos, A. (2007). *Parámetros y características de las aguas residuales*. Lima, Perú: Centro Panamericano de Ingeniería Sanitaria y Ciencias del Ambiente.
- Degremont, G. (1973). *Manual técnico del agua*. París: Societé Générale d'Épuration et d'Assainissement.
- Delgadillo Zurita, M., & Condori Carrasco, L. J. (octubre de 2010). Planta de tratamiento de aguas residuales con macrófitas para comunidades cercanas al lago Titicaca. *Journal Boliviano de Ciencias, Volumen 7(21)*.
- Fernández, J. (2015). *Manual de Fitodepuración*.
- Fernández, J., & Dolores Curt, M. (2 de diciembre de 2010). *Métodos Analíticos para aguas residuales*. Recuperado el 9 de julio de 2015, de [http://www.ciencias-marinas.uvigo.es/bibliografia\\_ambiental/outros/Manual%20de%20fitodepuracion/Capitulos%20Anexos1.pdf](http://www.ciencias-marinas.uvigo.es/bibliografia_ambiental/outros/Manual%20de%20fitodepuracion/Capitulos%20Anexos1.pdf)
- Foro Centroamericano y República Dominicana de Agua Potable y Saneamiento (FOCARD-APS). (2013). *Gestión de las Excretas y Aguas Residuales en Centroamérica y República Dominicana (Diagnóstico Regional)*. El Salvador: Cooperación Suiza en América Central (COSUDE). Recuperado el 30 de mayo de 2015, de [http://www.incap.org.gt/index.php/es/publicaciones/publicaciones-externas/doc\\_view/423-focard-diagnostico-regional-2013](http://www.incap.org.gt/index.php/es/publicaciones/publicaciones-externas/doc_view/423-focard-diagnostico-regional-2013)
- Fuente Propia de los Autores. (s.f.).
- II Cumbre de la Comunidad de Estados Latinoamericanos y Caribeños (CELAC). (28 y 29 de enero de 2014). *Declaración Especial sobre el Derecho Humano al Agua Potable y el Saneamiento*. La Habana, Cuba.
- Instituto Nacional de Recursos Hidráulicos (INDRHI). (abril 2006). *Las estadísticas del agua en la República Dominicana*. Santo Domingo, Distrito Nacional, República Dominicana.
- Jiménez Cisneros, B., & Galizia Tundisi, J. (2012). *Diagnóstico del agua en Las Américas*. México, D.F.: Red Interamericana de Academias de Ciencias - Foro Consultivo Científico y Tecnológico, AC.
- Ley 498 que crea la Corporación del Acueducto y Alcantarillado de Santo Domingo (CAASD)*. (13 de abril de 1973). Santo Domingo, Distrito Nacional, República Dominicana: Gaceta Oficial No.9298.

- Lozano-Rivas, W. A. (2012). *Diseño de plantas de tratamiento de aguas residuales*. Bogotá, D.C., Colombia: Universidad Nacional Abierta y a Distancia - UNAD.
- Metcalf & Eddy Incorporated. (1998). *Ingeniería de aguas residuales: tratamiento, vertido y reutilización*. España: McGraw-Hill.
- Moreno Merino, L., Fernández Jurado, M. Á., Rubio Campos, J. C., Calaforra Chordi, J. M., López Geta, J. A., Beas Torroba, J., . . . Gómez López, J. A. (2002). *La depuración de aguas residuales urbanas de pequeñas poblaciones mediante infiltración directa en el terreno*. Madrid: Instituto Geológico y Minero de España.
- Obón de Castro, J. M. (10 de septiembre de 2007). *Dpto. Ingeniería Química y Ambiental Universidad Politécnica de Cartagena*. Recuperado el 9 de julio de 2015, de Análisis microbiológico del agua:  
[http://www.upct.es/~minaeees/analisis\\_microbiologico\\_aguas.pdf](http://www.upct.es/~minaeees/analisis_microbiologico_aguas.pdf)
- Organización Panamericana de la Salud (OPS). (2005). Control de la calidad del agua potable en sistemas de abastecimiento para pequerías comunidades. *Guías para la calidad del agua potable, Volumen 3*(Publicación Científica No. 508).
- Organización Panamericana de la Salud. (2005). *Guía para el diseño de desarenadores y sedimentadores*. Lima.
- Orozco S., C., Cantarero P., V. R., & Rodríguez M., J. F. (2005). *Seminario Taller El Tratamiento Anaerobio de los Residuos del Cafe: Una alternativa energética para la disminución del impacto ambiental en el sector: Manual didáctico de tratamiento de residuos de café*. Nicaragua: Promecafe-IICA.
- Osorio Robles, F., Torres Rojo, J. C., & Sánchez Bas, M. (2010). *Tratamiento de aguas para la eliminación de microorganismos y agentes contaminantes: Aplicación de procesos industriales a la reutilización de aguas residuales*. Madrid: Ediciones Díaz de Santos.
- Peralta, L. (1ero de Mayo de 2013). Solo el 5 por ciento de hogares en SD tiene alcantarillado sanitario, según la CAASD. *ZDigital*. Recuperado el 28 de mayo de 2015, de <http://zdigital.do/app/article.aspx?id=94417>
- Pérez, A. L., & Romero Montás, L. A. (2012). *Producción de Aguas Servidas, Tratamiento y Uso en la República Dominicana*. República Dominicana: Proyecto de Desarrollo de Capacidades para el Uso Seguro de Aguas Servidas en Agricultura (FAO, WHO, UNEP, UNU-INWEH, UNW-DPC, IWMI e ICID).
- Proyecto rehabilitación planta de tratamiento Los Americanos, Municipio Los Alcarrizos, Provincia Santo Domingo*. (2013). Santo Domingo, República

Dominicana: Dirección General de Inversión Pública - Sistema Nacional de Inversión Pública ( DGIP-SNIP).

Ramalho, R. S., Jiménez Beltrán, D., & De Lora, F. (2003). *Tratamiento de aguas residuales* (Segunda ed.). Barcelona: Editorial Reverté, S.A.

*Reglamento N° 3402 para la aplicación de la Ley 498 que crea la CAASD.* (25 de abril de 1973). Santo Domingo, Distrito Nacional, República Dominicana: Gaceta Oficial 9302.

Rodrigo. (2005).

Saahuquillo, R. (2008). *La reutilización, la regulación y la desalación en la gestión integrada del agua.* España: Universidad Politécnica de Cataluña.

Sans Fonfría, R., & Ribas, J. d. (1989). *Ingeniería ambiental: contaminación y tratamientos.* Barcelona, España: Macombo, S.A.

Soldevilla, C. (2011). *Aplicaciones microbianas en el medio natural.* España: Universidad Politécnica de Madrid.

Twenergy. (1 de diciembre de 2011). *Qué son los Paneles Solares y Cuántos Tipos Hay.* Recuperado el 9 de julio de 2015, de <http://twenergy.com/a/que-son-los-paneles-solares-y-cuantos-tipos-hay-421>

Water Treatment Solutions. (1998-2015). *Glosario del agua.* Recuperado el 30 de mayo de 2015, de <http://www.lenntech.es/glosario-agua.htm>

# ANEXOS

## Anexo I. Glosario de términos relativo a las aguas residuales

**Agua contaminada:** La presencia en el agua de suficiente material perjudicial o desagradable para causar un daño en la calidad del agua.

**Aguas brutas:** Entrada antes de cualquier tratamiento o uso.

**Aguas grises:** Aguas domésticas residuales compuestas por agua de lavar procedente de la cocina, cuarto de baño, aguas de los fregaderos, y lavaderos.

**Aguas negras:** Aguas que contienen los residuos de seres humanos, de animales o de alimentos.

**Aguas receptoras** Un río, un lago, un océano, una corriente de agua u otro curso de agua, dentro del cual se descargan aguas residuales o efluentes tratados.

**Aguas residuales brutas:** Aguas residuales sin tratar y sus contenidos.

**Aguas residuales municipales:** Residuos líquidos, originados por una comunidad. Posiblemente han sido formadas por aguas residuales domésticas o descargas industriales.

**Aguas residuales:** Fluidos residuales en un sistema de alcantarillado. El gasto o agua usada por una casa, una comunidad, una granja, o industria que contiene materia orgánica disuelta o suspendida.

**Anaerobio:** Un proceso que ocurre en ausencia de oxígeno, tal como la digestión de la materia orgánica por las bacterias en un UASB-reactor.

**Bacteria coliforme:** Bacteria que sirve como indicador de contaminantes y patógenos cuando son encontradas en las aguas. Estas son usualmente encontradas en el tracto intestinal de los seres humanos y otros animales de sangre caliente.

**Cal:** Tratamiento químico del agua común. La cal puede ser depositada sobre paredes de duchas y baños, después de que la cal reaccione con el calcio para formar caliza.

**Caudal:** Flujo de agua superficial en un río o en un canal.

**DBO (Demanda Biológica de Oxígeno):** La cantidad de oxígeno (medido en el mg/l) que es requerido para la descomposición de la materia orgánica por los organismos unicelulares, bajo condiciones de prueba. Se utiliza para medir la cantidad de contaminación orgánica en aguas residuales.

**DBO<sub>5</sub>:** La cantidad de oxígeno disuelto consumido en cinco días por las bacterias que realizan la degradación biológica de la materia orgánica.

**DQO (Demanda Química de Oxígeno):** Cantidad de oxígeno (medido en mg/L) que es consumido en la oxidación de materia orgánica y materia inorgánica oxidable, bajo condiciones de prueba. Es usado para medir la cantidad total de contaminantes orgánicos presentes en aguas residuales. En contraposición al BOD, con el DQO prácticamente todos los compuestos son oxidados.

**Escherichia coli (E. coli):** Bacteria coliforme que está a menudo asociada con el hombre y desechos a animales y es encontrada en el intestino. Es usada por departamentos de salud y laboratorios privados para medir la calidad de las aguas.

**Floculación:** Acumulación de partículas desestabilizadas y micro partículas, y posteriormente la formación de copos de tamaño deseado. Uno debe añadir otra sustancia química llamada floculante en orden de facilitar la formación de copos llamados flóculos.



**Flotación de aire disuelto (FAD):** Un proceso donde se induce la flotación con muchas burbujas de aire o 'micro burbujas', de 40 a 70 micras.

**Infiltración:** Penetración del agua en un medio, por ejemplo el suelo.

**Infraestructura para las aguas residuales:** El plan o la red para la colección tratamiento y traspaso del agua de cloaca de una comunidad.

**Lodo activado:** Proceso biológico dependiente del oxígeno que sirve para convertir la materia orgánica soluble en biomasa sólida, que es eliminada por gravedad o filtración.

**Lodos municipales:** Residuos semilíquidos que sobran del tratamiento de las aguas municipales y aguas residuales.

**Lodos residuales:** Lodos producidos por un sistema de alcantarillado público.

**Lodos:** Residuo semisólido, que contiene microorganismos y sus productos, de cualquier sistema de tratamiento de aguas.

**PDU (tratamiento PDU):** Tratamiento de punto de uso. Agua tratada en un número limitado de salidas del edificio, pero menos que todo el edificio.

**pH:** El valor que determina si una sustancia es ácida, neutra o básica, calculado por el número de iones de hidrógeno presente. Es medido en una escala desde 0 a 14, en la cual 7 significa que la sustancia es neutra. Valores de pH por debajo de 7 indica que la sustancia es ácida y valores por encima de 7 indican que la sustancia es básica.

**Planta de tratamiento:** Una estructura construida para tratar el agua residual antes de ser descargada al medio ambiente.

**Pre-tratamiento:** Proceso utilizado para reducir o eliminar los contaminantes de las aguas residuales antes de que sean descargadas.

**Tratamiento secundario:** La eliminación o reducción de contaminantes y DBO del efluente procedente del tratamiento primario de las aguas residuales.

**Tratamiento terciario:** Limpieza avanzada de aguas residuales que va más allá del secundario o el estado biológico, eliminando nutrientes como el fósforo, nitrógeno y la mayoría de la DBO y sólidos suspendidos.

**UV - Ultra Violeta:** Radiación que contiene una longitud de onda menor que la luz visible. Es a menudo usada para matar bacterias y romper el ozono.

**Valoración:** Técnica analítica para determinar cuál es la cantidad de sustancia presente en una muestra de agua por adición de otra sustancia y midiendo que cantidad de esa sustancia debe ser añadida para producir la reacción.

**Válvula de chequeo:** Válvula que permite al agua circular en una dirección y previene que se desarrollen flujo de agua en la dirección contraria

**Vapor:** La fase gaseosa de una sustancia como el agua.

**Vaporización:** Conversión de un líquido a vapor.

**Virus:** La más pequeña forma de vida conocida, que no es una célula de forma natural. Viven dentro de células de animales, plantas y bacterias y usualmente causan enfermedades. Están formado por cromosoma rodeado por una capa de proteínas.

## Anexo II. Imágenes ilustrativas de la planta de tratamiento



Ilustración 16. Imágenes ilustrativas de la planta de tratamiento  
Diseño propio de los autores