

**UNIVERSIDAD NACIONAL PEDRO HENRÍQUEZ UREÑA**

**FACULTAD DE CIENCIAS Y TECNOLOGÍA**

**ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL**



**REHABILITACION DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES DEL MUNICIPIO CONSTANZA, PROVINCIA LA VEGA, AÑO 2016.**

**PARA LA OBTENCION DEL TITULO DE:**

**INGENIERO CIVIL**

**SUSTENTANTES:**

**RAMON EDUARDO CEBALLOS HERNANDEZ 2012-1320**

**JOEL ARTURO DURAN CUEVAS 2012-1328**

“Los conceptos emitidos en la presente investigación son responsabilidad de quienes lo sustentan”.

**ASESOR:**

**ING.SANMY CAMPOS**

**SANTO DOMINGO, D.N.  
AGOSTO, 2016**

## **Agradecimiento**

**A Dios**, en primer lugar por proveernos la oportunidad de completar este proceso y encaminarnos hacia nuevos horizontes de preparación profesional.

**A nuestro estimado Director de la Escuela de Ingeniería, Ing. Ramón Tavares**, por inculcarnos desde las aulas valores como la humildad y la honestidad, para ponerlos en práctica como futuros profesionales y estar siempre dispuesto a solucionar cualquier situación académica que se nos presentó.

**A nuestro Asesor Ing. Sanmy Campos**, por ser un excelente asesor, por su entrega y dedicación a nuestro trabajo de grado y por su disposición para realizar aportes de manera inmediata, sin importar el día ni la hora. Muchas Gracias ingeniero sin usted no lo habríamos logrado.

**Al cuerpo docente en general de la Universidad Nacional Pedro Henríquez Ureña (UNPHU)**, A nuestros maestros y maestras, a quienes agradecemos por su apoyo incondicional y sus sabias enseñanzas que nos permitieron alcanzar esta meta de tanta importancia. Gracias por aportar sus conocimientos para poder llegar a la meta final y por eso solo podemos decir: Gracias, esperando que Dios les conceda mucha vida y salud, para que otros estudiantes puedan recibir sus conocimientos.

## **Dedicatoria**

A **Dios**: Las gracias y la gloria de este triunfo porque sin su ayuda incondicional no hubiese podido alcanzar esta meta tan anhelada.

A mi **Comunidad Parroquial**: Por siempre estar presente orando por mí y dándome apoyo en tantos momentos de tribulación y dificultad a lo largo de estos cuatro años.

A mis Padres: **Dra. Marisol Hernández y Dr. Perfecto Ceballos** por todo lo que han hecho por mí.

A mis tíos: **Arq. Daniel Feliciano y Arq. Gloria Hernández** por preocuparse y alegrarse en los momentos buenos y malos y siempre estar ahí dándome sabios consejos.

A mi hermano: **Lic. Ramberto Ceballos** por confiar en mí en todo momento y apoyarme incondicionalmente en mis estudios de manera emocional y económicamente "sin ti no lo hubiese podido lograr".

A mi novia: **Lic. Alejandra Marte**, por estar en este camino de tantas dificultades y sacrificios, siempre brindándome su apoyo y motivando a seguir adelante hacia la meta esperada.

A mis **Amigos y Colegas**: Por siempre estar ahí presentes con sus palabras sabias y alentadoras en los momentos que las necesitaba.

**RAMON EDUARDO CEBALLOS HERNANDEZ**

## **Dedicatoria**

**A DIOS,** Al creador de todas las cosas, porque con su amor nos ilumina el camino y me ha dado la fortaleza para continuar cuando he estado a punto de caer, por ayudarme a tomar buenas decisiones, sin su apoyo no sería posible cumplir mi sueño.

**A mi padre, *Geudy Durán Feliz,*** que con tu inmenso amor me has apoyado siempre en todo lo que me propuse, siendo mi mano derecha, cosechando en mí la fuerza para nunca rendirme, siendo mi espejo, en el cual me quiero reflejar pues con sus virtudes y gran corazón me lleva a admirarlo cada día más. Gracias desde el fondo de mi corazón por tu fe puesta en mí, por inculcarme los valores como respeto y responsabilidad.

**A mi madre, *Ana Berta Cuevas,*** por el apoyo incondicional a lo largo de toda mi vida y en mi carrera universitaria, por tu compañía cada larga y agotadora noche de estudios e incansable esfuerzo en verme bien. Con tu amor, paciencia y bondad has sembrando en mí el valor de la perseverancia y la fuerza de voluntad; porque siempre has querido lo mejor para mí.

**A mi novia, *Carla Micaela Esquea,*** la ayuda que me has brindado ha sido muy significativa e importante, estuviste a mi lado en los momentos más tormentosos, siempre ayudándome hasta donde te era posible, poniendo todo tu empeño, esfuerzo y fe.

**A mi hermana, *Emely Rossiel Esteves,*** quien siempre ha estado conmigo en momentos buenos y malos, gracias por estar ahí cuando te necesito.

**A mis tíos, *Ricardo Javier Durán y Lic. José F. Hernández,*** por ayudarme en todo lo que me he propuesto brindándome un apoyo incondicional.

**A mi primo, *Wandy Joel Araujo Cuevas,*** por ser más que un hermano, ser parte importante en mi vida, siempre con tus buenos consejos y la fe que has depositado en mí.

**A mis demás familiares y amigos,** porque este gran logro en parte es gracias a ustedes; les agradezco por su ayuda desinteresada, gracias por ayudarme en mi proceso académico.

**JOEL ARTURO DURAN CUEVAS**

# ÍNDICE

ÍNDICE.....	I
ÍNDICE DE FIGURAS .....	II
ÍNDICE DE TABLAS.....	III
Resumen .....	IV
Introducción.....	V
<b>Capítulo I. El problema de investigación .....</b>	<b>1</b>
1.1 Planteamiento del problema. ....	1
1.2 Preguntas de Investigación. ....	2
1.2 Justificación .....	3
1.3 Alcances y Limitaciones.....	4
1.4 Objetivos.....	5
1.4.1 Objetivo General.....	5
1.4.2 Objetivos específicos .....	5
1.5 Antecedentes.....	6
<b>Capítulo II. Marco Teórico.....</b>	<b>8</b>
2.1. Aguas Residuales.....	8
2.2. Fuentes de Aguas Residuales. ....	9
2.3. Clasificación de las Aguas Residuales según su origen. ....	10
2.4. Clasificación de las Aguas Residuales según el tipo de contaminante.....	11
2.5 Características de las Aguas Residuales. ....	13
2.5.1 Agentes Físicos.....	13
2.5.2. Aspectos Químicos.....	17
2.5.3. Aspectos Biológicos. ....	32
2.6 Plantas de Tratamiento.....	36
2.6.1 Tratamiento Premiliar o Pre-tratamiento. ....	37
2.6.2 Tratamiento Primario.....	38
2.6.3 Tratamiento Secundario.....	44
2.6.4 Tratamiento Terciario.....	47
2.7 Planta de Tratamiento de Aguas Residuales de Constanza, Provincia La Vega.....	50
<b>2.8 Marco Conceptual. ....</b>	<b>51</b>
<b>2.9 Marco Contextual.....</b>	<b>52</b>

2.9.1 Ubicación de la Planta de Tratamiento.....	52
2.9.2 Población.....	52
2.9.3 Condición Física de la Planta.....	52
2.9.4 Reutilización de las Aguas Residuales. ....	53
2.9.5 Plano de la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales. ....	53
<b>Capítulo III. Marco Metodológico.</b> .....	54
3.1 Enfoque de la investigación.....	54
3.2 Diseño de la Investigación.....	54
3.3 Tipos de Investigación.....	55
3.4 Procedimiento de la investigación.....	56
3.5 Método de investigación.....	57
3.6 Técnicas de Investigación.....	58
3.6.1 Pruebas Realizadas: .....	58
3.6.2 Observación Directa: .....	58
3.6.3 Fuentes Documentales: .....	58
3.7 Análisis de los Datos.....	58
3.8 Presupuesto.....	59
<b>Capítulo IV. Resultado y discusión.</b> .....	60
4.1 Presentación de Resultados.....	60
4.2 Conclusiones.....	74
4.3 Recomendaciones.....	75
Bibliografía.....	76
Anexos.....	81

## ÍNDICE DE FIGURAS

FIGURA 1: CONTAMINANTES EN EL TRATAMIENTO DE LAS AGUAS RESIDUALES .....	11
FIGURA 2: UBICACIÓN DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO. ....	51
FIGURA 3: PLANO VISTA EN PLANTA DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE CONSTANZA .....	52
FIGURA 4: GARGANTA DE LA CANALETA DE PARSHALL.....	68
FIGURA 5: RESULTADOS PARÁMETROS FÍSICOS, QUÍMICOS Y BACTERIOLÓGICOS.....	70
FIGURA 6: TUBO PVC 3/4” DE DIÁMETRO Y 1.20 METROS DE ALTURA PARA AFORAMIENTO .....	86
FIGURA 7: ENVASES UTILIZADOS PARA TOMA DE MUESTRA DE AGUAS RESIDUALES.....	86
FIGURA 8: TOMA DE MUESTRA DE AGUAS RESIDUALES.....	87
FIGURA 9: CONDICIÓN FÍSICA DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE CONSTANZA .....	87
FIGURA 10: CONDICIÓN FÍSICA DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE CONSTANZA .....	88
FIGURA 11: REACTORES Y SEDIMENTADOR DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE CONSTANZA .....	88
FIGURA 12: PLANTA HIDROELÉCTRICA DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO. ....	89
FIGURA 13: VISITA A LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES. ....	89
FIGURA 14: VISITA A LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES. ....	90
FIGURA 15: VISITA A LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES. ....	90

## ÍNDICE DE TABLAS

TABLA 1: PRESUPUESTO GENERAL .....	58
TABLA 2: AFORO DÍA 1- LUNES 11 DE JULIO 2016.....	61
TABLA 3: AFORO DÍA 2- MARTES 12 DE JULIO 2016.....	62
TABLA 4: AFORO DÍA 3- MIÉRCOLES 13 DE JULIO 2016.....	63
TABLA 5: AFORO DÍA 4- JUEVES 14 DE JULIO 2016. ....	64
TABLA 6: AFORO DÍA 5- VIERNES 15 DE JULIO 2016 .....	65
TABLA 7: AFORO DÍA 6- SÁBADO 16 DE JULIO 2016.....	66
TABLA 8: AFORO DÍA 7- DOMINGO 17 DE JULIO 2016 .....	67
TABLA 9: UNIDADES MÉTRICAS .....	68
TABLA 10: COMPARACIÓN DE LOS RESULTADOS DEL EFLUENTE DE LA PTAR CON LA NORMA SOBRE CALIDAD DEL AGUA Y CONTROL DE DESCARGAS .....	71
TABLA 11: VALORES MÁXIMOS ACEPTABLES EN PARÁMETROS FÍSICOS, QUÍMICOS Y BIOLÓGICOS PRESENTES EN CUERPOS HÍDRICOS SUPERFICIALES Y AGUAS COSTERAS.....	81
TABLA 12: PRESUPUESTO GENERAL PROPUESTO.....	84



## **Resumen**

El presente estudio se planteó como objetivo general proponer la rehabilitación de la planta de tratamiento de aguas residuales del Municipio Constanza, Provincia la Vega. Para procesar los datos recolectados en esta investigación se utilizó las tablas de porcentajes con base en la medición numérica y gráficas, debido a que es una manera más rápida, efectiva y sencilla de presentar los mismos. Se realizaron cálculos con fórmulas para medir las variables o conceptos contenidos en las hipótesis. Según los resultados obtenidos se determinó que la propuesta para rehabilitar la planta de tratamiento de aguas residuales de Constanza es necesaria ya que sus condiciones físicas son deplorables y sus parámetros no están cumpliendo de manera eficaz con la Norma Ambiental sobre Calidad del Agua y Control de Descargas. Debido a estos resultados, algunas de nuestras recomendaciones son: Proponer el uso de equipos de muestreo automático para tomar la medición continua del flujo entrante, abastecer la planta de tratamiento con aireadores mecánicos, efectuar procesos de desinfección con cloro, plantear el uso de un desnitrificador, proponer mantenimiento trimestral, la contratación de personal fijo en la planta de tratamiento para dar soporte en el manejo de los componentes manuales de planta y por último la realización de investigaciones más profundas sobre la rehabilitación de plantas de tratamiento de agua residual, logrando obtener mayor información acerca de la problemática y sus soluciones.

## **Introducción**

Las aguas residuales son aguas cuyas que han sido modificadas por actividades humanas y por esta razón su calidad requieren un tratamiento previo, antes de ser reusadas, vertidas a un cuerpo natural de agua, o descargadas al sistema de alcantarillado. Mientras son transportadas por el alcantarillado va impactando los ecosistemas y alterando todas las formas de vida.

El agua residual es la composición variada proveniente de las descargas de usos municipales, industriales, comerciales, de servicios agropecuarios, pecuarios y domésticos, que por su naturaleza no puede utilizarse nuevamente puesto que una vez el agua ha sido utilizada en un proceso, sus características originales se alteran y se convierten en agua inadecuada para otros usos y la misma al ser vertida en cuerpos receptores, puede implicar una alteración a los ecosistemas acuáticos o afectar la salud humana.

Las Plantas de Tratamiento son instalaciones donde a las aguas residuales se les retiran los contaminantes, para hacer de ella un agua sin riesgos a la salud o riesgos para el medio ambiente, al disponerla en un cuerpo receptor natural (mar, ríos o lagos) o por su reuso en otras actividades de nuestra vida cotidiana.

El tratamiento de aguas residuales se realiza con un conjunto de sistemas y operaciones unitarias de tipo físico, químico o biológico cuya finalidad es eliminar o reducir a través de equipamientos la contaminación no deseable de las aguas.

El hecho de que la planta de tratamiento de aguas residuales de una comunidad se mantenga en funcionamiento eficaz es muy productivo para los munícipes y la localidad donde se encuentre, porque la misma reducirá la contaminación del área y permitiría el reuso de las aguas para riego o para otras actividades cotidianas.

## **Capítulo I. El problema de investigación**

### **1.1 Planteamiento del problema.**

Las aguas residuales, también llamadas aguas negras o cloacales, son aquellas que resultan del uso doméstico o industrial del agua, se le llama residuales porque luego de ser usada constituye un residuo, algo que no sirve para ser usada nuevamente de manera directa, considerándose aguas negras por el color que usualmente tienen.

Las aguas residuales están compuestas por todas aquellas aguas que son conducidas por el alcantarillado. Para cuantificar el nivel de contaminación y poder establecer el sistema de tratamiento adecuado, se utilizan los parámetros físicos, químicos y microbiológicos.

El tratamiento de las aguas residuales es uno de los principales problemas que la sociedad dominicana está padeciendo hoy en día, debido a la poca importancia que se está prestando a las plantas de tratamiento, dejando en abandono su funcionamiento y por ende provocando la contaminación de los ríos y arroyos con el manejo inadecuado de las aguas negras.

El desarrollo de los pueblos está íntimamente ligado a su facilidad para tratar las aguas, ya que en un pueblo rodeado de contaminación no puede desarrollarse. Las plantas de tratamiento de aguas negras, son parte fundamental del desarrollo económico y social de cualquier país puesto que conducen a cambios en los patrones de distribución de la población y apoyan directamente a las actividades productivas.

La planta de tratamiento de aguas residuales de Constanza, provincia La Vega, está ubicada en el sector el Tornado, fue puesta en funcionamiento en el año 1997 pero actualmente no se encuentra en funcionamiento.

Esta investigación propone la rehabilitación de esta planta de tratamiento debido a la alta contaminación a la que están expuestos los habitantes a causa de las aguas negras que están siendo vertidas de manera directa en el “Arroyo Constanza”.

## **1.2 Preguntas de Investigación.**

1. ¿Cuál es el caudal entrante actual de la planta de tratamiento de aguas residuales de Constanza?
2. ¿Cuáles son los parámetros físicos, químicos y bacteriológicos de las aguas residuales afluentes y efluentes de la planta de tratamiento de Constanza?
3. ¿Cuál es el estado actual de la planta de tratamiento de aguas residuales de Constanza?
4. ¿Cuáles son los beneficios de llevar a cabo la rehabilitación de la planta de agua residual de Constanza?

## 1.2 Justificación

En la actualidad las aguas negras de la comunidad de Constanza están siendo vertidas de manera directa hacia “Arroyo Constanza” el cual es uno de los principales arroyos de esta localidad y a su vez sus aguas son utilizadas para el riego y consumo doméstico, esta situación representa una amenaza directa para los pobladores de esta localidad y de manera indirecta para la población en general del país que consume los productos cosechados en esta localidad.

Por otro lado el hecho de que estas aguas negras no sean tratadas contribuye al deterioro en materia de salud de la población de este municipio, dando iniciaciones a enfermedades tales como son: Cólera, Tifoidea y Paratifoidea, Diarrea, Hepatitis Infecciosa, Malaria, Conjuntivitis, entre otras enfermedades.

Esta investigación se lleva a cabo con la finalidad de brindar una solución factible y a su vez apropiada para la rehabilitación de la planta de tratamiento, buscando así el incremento de los beneficios tanto en materia de salubridad como en la economía de los munícipes de dicho municipio.

Este estudio pretende lograr que las personas que intervienen de manera directa con el manejo de las plantas de tratamiento, adquieran información que le permita mantenerla operando y en funcionamiento bajo los parámetros establecidos.

Esta investigación se considera trascendental puesto que los resultados obtenidos pueden arrojar conocimientos útiles para motivar a que se rehabiliten todas plantas que no se encuentren operando correctamente, evitando así el incremento de la contaminación.

Finalmente, la investigación contribuirá con una comparación con resultados obtenidos en otras investigaciones realizadas anteriormente tanto en otros países como en República Dominicana.

## **1.3 Alcances y Limitaciones**

### **Alcances**

A través de esta investigación la cual se pretende desarrollar para llevar a cabo única y exclusivamente la rehabilitación de la planta de tratamiento de aguas residuales del municipio Constanza, provincia la vega. A través de esta investigación se podrá identificar cuáles son los factores físicos, químicos y bacteriológicos que impiden el funcionamiento de manera eficaz de la planta de tratamiento de aguas residuales del municipio Constanza, provincia la vega.

A su vez se realizarán las pruebas pertinentes para determinar el estado actual de la planta y también hacer las recomendaciones pertinentes para que esta planta de tratamiento de aguas residuales la cual es el objeto de estudio pueda funcionar de manera óptima y tener una depuración de los aguas servidas con mayor eficiencia.

### **Limitaciones**

En la presente investigación no contará con la realización a profundidad de determinar si el agua del efluente de la planta de tratamiento de aguas residuales de Constanza esta apta para que las aguas vertidas sean reutilizadas para riego agrícola.

La presencia de pruebas que se extralimiten a las recomendadas por el asesor técnico de esta investigación será nula. La presente investigación cuenta con la limitación del tiempo en el que deben ser presentados los resultados el cual es corto, además esta investigación adolece de un patrocinador económico para la realización de estudios que haya que realizar.

## **1.4 Objetivos**

### **1.4.1 Objetivo General**

Proponer la rehabilitación de la planta de tratamiento de aguas residuales del Municipio Constanza, Provincia la Vega.

### **1.4.2 Objetivos específicos**

1. Calcular el caudal entrante actual de la planta de tratamiento de aguas residuales de Constanza.
2. Determinar los parámetros físicos, químicos y bacteriológicos de las aguas residuales del afluente y del efluente de la planta de tratamiento de Constanza.
3. Identificar el estado actual de la planta de tratamiento de aguas residuales de Constanza.
4. Establecer los beneficios de llevar a cabo la rehabilitación de la planta de agua residual de Constanza.

## **1.5 Antecedentes**

### **Nacionales**

Pinedo, A., Almonte J. (2015) Universidad Nacional Pedro Henríquez Ureña (UNPHU) llevando como objetivo diseñar una planta de tratamiento de aguas residuales. Esta investigación desarrollo los pasos necesarios para diseñar y dimensionar una Planta de Tratamiento de Aguas Residuales (PTAR) para el sector de Villa Verde, Santiago. Para hacer el cálculo de la transición de los canales utilizaron el software Hcanales y para determinar el nivel de contaminación realizaron pruebas fisicoquímicas y bacteriológicas que determinan la calidad y potabilidad del agua. Concluye que la construcción de este sistema, pretende disminuir la contaminación ambiental y las enfermedades producidas por dicha contaminación, contribuyendo a mejorar la calidad de vida de los habitantes y la recuperación del río. Por su parte una de sus recomendaciones es implementar un plan de educación para concientizar a la población acerca de la importancia y del cuidado de los recursos naturales.

Guzmán, A., De la Rosa, S. (2015) Universidad Nacional Pedro Henríquez Ureña (UNPHU) teniendo como objetivo proponer el rediseño de la planta de tratamiento de aguas residuales del sector Los Americanos en los Alcarrizos. Realizando un estudio explorativo-descriptivo indican que su proyecto no solo podría solucionar el problema de escasez de agua potable sino que también sería un aporte al medio ambiente que mejoraría las condiciones sociales de los habitantes. Concluyen que la importancia que tiene la planta de tratamiento es incalculable y recomiendan realizar este proyecto ya que así se podría obtener un mayor rendimiento de la planta de tratamiento y se reduciría el costo de producción de agua tratada.



## **Internacionales**

Grefa, L., (2013) Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, con el objetivo de rediseñar la planta de tratamiento de Aguas Residuales provenientes del Centro de Faenamiento Municipal de Ganado de Orellana para su posterior descarga al Rio Chambira. Se concluye la evidencia de que algunas unidades del sistema no están en funcionamiento como: el sistema de oxigenación, las compoteras y el primer humedal; el decantador de sólidos gruesos y el segundo humedal presentan deficiencia en el tratamiento para lo cual fue diseñada. Se recomienda poner en práctica el respectivo manual de procedimiento para un funcionamiento apropiado del sistema de tratamiento, garantizando así el vertimiento del efluente.

## Capítulo II. Marco Teórico

### 2.1. Aguas Residuales.

Según la Organización de Evaluación y Fiscalización Ambiental, (OEFA) Perú, (2014) las aguas residuales son aquellas aguas cuyas características originales han sido modificadas por actividades humanas y que por su calidad requieren un tratamiento previo, antes de ser reusadas, vertidas a un cuerpo natural de agua o descargadas al sistema de alcantarillado.

Reynolds, K., (2002) considera que las aguas residuales son aquellas que consisten de dos componentes, un efluente líquido y un constituyente sólido, conocido como lodo.

Para García, A. (s.f.) las aguas residuales son las aguas usadas por todas las actividades humanas, son transportadas mediante el sistema de alcantarillado, impactando los ecosistemas y alterando todas las formas de vida.

Arce, A., Calderon, C. y Tomasini, A. (2007) indican que el agua residual es la composición variada proveniente de las descargas de usos municipales, industriales, comerciales, de servicios agropecuarios, pecuarios y domésticos, que por su naturaleza no puede utilizarse nuevamente puesto que una vez el agua ha sido utilizada en un proceso, sus características originales se alteran y se convierten en agua inadecuada para otros usos y la misma al ser vertida en cuerpos receptores, puede implicar una alteración a los ecosistemas acuáticos o afectar la salud humana.

Mara (1976) citada por Salmerón, L. (s.f.) establece que las aguas residuales pueden definirse como las aguas que provienen del sistema de abastecimiento de agua de una población, después de haber sido modificadas por diversos usos en actividades domésticas, industriales y comunitarias.”

Fluidos residuales en un sistema de alcantarillado. El gasto o agua usada por una casa, una comunidad, una granja o una industria, que contiene materia orgánica disuelta o suspendida. (Pérez, F. y Camacho, K., 2011).

## 2.2. Fuentes de Aguas Residuales.

Mendonca (1987) citado por Salmerón, L. (s.f.) indica que según su origen, las aguas residuales resultan de la combinación de líquidos y residuos sólidos transportados por el agua que proviene de residencias, oficinas, edificios comerciales e instituciones, junto con los residuos de las industrias y de actividades agrícolas, así como de las aguas subterráneas, superficiales o de precipitación que también pueden agregarse eventualmente al agua residual.

Ramalho, R., (2003) establece que las cuatro fuentes fundamentales de aguas residuales son: aguas domesticas o urbanas, aguas industriales, escorrentías de usos agrícolas y pluviales, explica que las escorrentías de usos agrícolas arrastran fertilizantes (fosfatos) y pesticidas siendo esto una de las principales causas de eutrofización de lagos y pantanos, mientras que las aguas pluviales en zonas urbanizadas también pueden tener unos efectos contaminantes significativos puesto que las aguas residuales se descargan finalmente a un receptor de aguas superficiales, es decir mar, rio o lago.

Pérez, F. y Camacho, K., (2011) explican que el agua pura es un recurso renovable, sin embargo puede llegar a estar tan contaminada por las actividades humanas, que ya no sea útil, sino más bien nocivo y esto puede darse a través de dos fuentes:

- **Fuentes Puntuales:** descargan contaminantes en localizaciones específicas a través de tuberías y alcantarillas. Ej: Fábricas, plantas de tratamiento de aguas negras, minas, pozos petroleros, etc.
- **Fuentes No Puntuales:** son grandes áreas de terreno que descargan contaminantes al agua sobre una región extensa. Ej: Vertimiento de sustancias químicas, tierras de cultivo, lotes para pastar ganado, construcciones, tanques sépticos.

### **2.3. Clasificación de las Aguas Residuales según su origen.**

Las aguas residuales pueden clasificarse de acuerdo al origen de su procedencia, de la siguiente manera:

#### **1. Aguas Residuales Domesticas.**

Para la OEFA, (2014) son aquellas aguas de origen residencial y comercial que contienen desechos fisiológicos, entre otros, provenientes de la actividad humana, y deben ser dispuestos adecuadamente.

Salmerón, L., (s.f.) establece que son aquellas aguas utilizadas con fines higiénicos (baños, cocinas, lavanderías, etc.) consisten básicamente en residuos humanos que llegan a las redes de alcantarillado por medio de descargas de instalaciones hidráulicas de la edificación también en residuos originados en establecimientos comerciales, públicos y similares.

Son las que provienen de núcleos urbanos. Contienen sustancias procedentes de la actividad humana (alimentos, deyecciones, basuras, productos de limpieza y jabones). (Pérez, F. y Camacho, K., 2011)

García, A., (s.f.) las define como líquidos provenientes de las viviendas o residencias, edificios comerciales e institucionales.

#### **2. Aguas Residuales Industriales.**

Según la OEFA, (2014) son aquellas aguas que resultan del desarrollo de un proceso productivo, incluyéndose a las provenientes de la actividad minera, agrícola, energética, agroindustrial, entre otras.

Salmerón, L., (s.f.) son líquidos generados en los procesos industriales. Poseen características específicas, dependiendo del tipo de industria.

Pérez, F. y Camacho, K., (2011) indican que los procesos industriales generan una gran variedad de aguas residuales, y cada industria debe estudiarse individualmente.

### 3. Aguas Residuales Municipales.

La OEFA, (2014) considera que son aquellas aguas residuales domesticas que pueden estar mezcladas con aguas de drenaje pluvial o con aguas residuales de origen industrial previamente tratadas, para ser admitidas en los sistemas de alcantarillados de tipo combinado.

Para Salmerón, L., (.s.f.) son agua de lluvia, que descargan grandes cantidades de agua sobre el suelo. Parte de esta agua es drenada y otra escurre por la superficie, arrastrando arena, tierra y hojas y otros residuos que pueden estar sobre el suelo.

Pérez, F. y Camacho, K., (2011) establecen que esta agua se origina por arrastre de la suciedad que encuentra a su paso el agua de lluvia.

García, A., (.s.f.) indica que estas son los residuos líquidos transportados por el alcantarillado de una ciudad o población y tratados en una planta de tratamiento municipal.

#### 2.4. Clasificación de las Aguas Residuales según el tipo de contaminante.

Según Pérez, F. y Camacho, K., (2011) los tipos de contaminantes pueden ser:

- **Físicos**: Son aquellos fenómenos que aparecen por episodios de contaminación (Aspecto, color, turbidez, sabor, temperatura, conductividad).
- **Químicos**: Siendo sustancias biodegradables son aquellas transformables por mecanismos biológicos que pueden conducir a la mineralización, siendo sustancias persistentes no sufren biodegradación en medio ambiente particular o bajo un conjunto de condiciones experimentales específicas y mientras que recalcitrantes son intrínsecamente resistentes a la biodegradación.
- **Biológicos**: Los microorganismos son los causantes de la contaminación biológica de las aguas. Estos pueden ser patógenos, inoocuos o de gran utilidad para la autodepuración.

Pérez, F. y Camacho, K., (2011) explican que el agua residual está compuesta de componentes físicos, químicos y biológicos. Es una mezcla de materiales orgánicos e inorgánicos, suspendidos o disueltos en el agua. La mayor parte de la materia orgánica consiste en residuos alimenticios, heces, material vegetal, sales minerales, materiales orgánicos y materiales diversos como jabones y detergentes sintéticos.

De igual manera indican los contaminantes importantes de interés en las aguas residuales, en la siguiente tabla:

<b>Contaminantes</b>	<b>Motivo de su importancia</b>
Sólidos Suspendidos	Los sólidos suspendidos pueden llevar al desarrollo de depósitos de barro y condiciones anaerobias, cuando los residuos no tratados son volcados en el ambiente acuático
Materia orgánica biodegradable	Compuesta principalmente de proteínas, carbohidratos y grasas, por lo general, se mide en términos de DBO y DQO. Si es descargada sin tratamiento al medio ambiente, su estabilización biológica puede llevar al consumo del Oxígeno natural y al desarrollo de condiciones sépticas.
Microorganismos Patógenos	Los organismos patógenos existentes en las aguas residuales pueden transmitir enfermedades.
Nutrientes	Tanto el Nitrógeno como el Fósforo, junto con el Carbono, son nutrientes esenciales para el crecimiento. Cuando son lanzados en el ambiente acuático, pueden llevar al crecimiento de la vida acuática indeseable. Cuando son lanzados en cantidades excesiva en el suelo, pueden contaminar también el agua subterránea.
Contaminantes importantes	Compuesto orgánicos e inorgánicos seleccionados en función de su conocimiento o sospecha de carcinogenicidad, mutanogenicidad, teratogenicidad o elevada toxicidad. Muchos de estos compuestos se encuentran en las aguas residuales.
Materia orgánica refractaria	Esta materia orgánica tiende a resistir los métodos convencionales de tratamiento de aguas residuales. Ejemplos típicos incluyen detergentes, pesticidas agrícolas, etc.
Metales pesados	Los metales pesados son normalmente adicionados a los residuos de actividades comerciales e industriales, debiendo ser removidos si se va a usar nuevamente el agua residual.
Sólidos inorgánicos disueltos	Componentes inorgánicos como el calcio, sodio y sulfato son adicionados a los sistemas domésticos de abastecimiento de agua, debiendo ser removidos si se va a reutilizar el agua residual.

**Figura 1:** Contaminantes en el tratamiento de las aguas residuales.

**Fuente:** Pérez, F. y Camacho, K., (2011)

## **2.5 Características de las Aguas Residuales.**

Arce, A., Calderón, C. y Tomasini, A. (2007) indican que el agua residual se caracteriza en términos de los agentes físicos, químicos y biológicos que contiene.

### **2.5.1 Agentes Físicos.**

- **Sólidos.**

Según Pérez, F. y Camacho, K., (2011) se entiende por sólidos a todos aquellos elementos o compuestos presentes en el agua que no son agua ni gases. Estos elementos pueden clasificarse en dos grupos: disueltos y en suspensión.

- **Sólidos Disueltos.**

Pérez, F. y Camacho, K., (2011) indican que los sólidos disueltos son medidos a través de la prueba (TDS) un índice de la cantidad de sustancias disueltas en el agua que proporciona una indicación general de la calidad química. Los principales aniones inorgánicos disueltos en el agua son carbonatos, bicarbonatos, cloruros, sulfatos, fosfatos y nitratos y los principales cationes son calcio, magnesio, sodio, potasio y amonio.

- **Sólidos Suspendidos.**

Cubillos, A., (s.f.) explica que los sólidos contenidos en aguas residuales se oxidan consumiendo el oxígeno disuelto en el agua y se sedimentan en el fondo.

Pérez, F. y Camacho, K., (2011) indican que la materia orgánica e inorgánica particulada existente en el agua (aceites, grasas, arcillas, arenas, fangos, etc.) es a lo que se llama sólidos en suspensión. La presencia de sólidos en suspensión participa en el desarrollo de la turbidez y el color del agua.

“Comprenden a todas aquellas sustancias que están suspendidas en el seno del agua y no decantan de forma natural.” (Anónimo, 2007)

Arce, A., Calderón, C. y Tomasini, A. (2007) explican que la materia en suspensión está compuesta por diversos tipos de sólidos: flotantes, sedimentables y coloidales, puede retenerse en un filtro estándar de fibra de vidrio.

- **Sólidos Inorgánicos Disueltos.**

Según Salmerón, L., (s.f.) son componentes inorgánicos como el calcio, sodio y sulfato son adicionados a los sistemas domésticos de abastecimiento de agua, debiendo ser removidos si se va a reutilizar el agua residual.

- **Temperatura.**

Cubillos, A., (s.f.) indica que la temperatura puede variar de un lugar a otro, durante las horas del día y las épocas del año. El aumento de la temperatura acelera la descomposición de la materia orgánica, aumenta el consumo de oxígeno para la oxidación y disminuye la solubilidad del oxígeno y otros gases.

La temperatura de las aguas residuales y de masas de agua receptora es importante a causa de sus efectos sobre la solubilidad del oxígeno y, en consecuencia, sobre las velocidades en el metabolismo, difusión y reacciones químicas y bioquímicas. (Anónimo, 2007)

Según un artículo publicado en Enciclopedias Tareas, (2016) la temperatura es una característica muy importante dado su influencia sobre el desarrollo de la vida acuática como sobre reacciones químicas y velocidades de reacción.

La temperatura de las aguas residuales es mayor que la de las aguas no contaminadas, debido a la energía liberada en las reacciones bioquímicas, que se presentan en la degradación de la materia orgánica. Las descargas calientes son otra causa de este aumento de temperatura. (Anónimo, 2006)

- **Calor.**

Pérez, F. y Camacho, K., (2011) explican que los ingresos de agua caliente disminuye el contenido de oxígeno y hace a los organismos acuáticos muy vulnerables.

Arce, A., Calderón, C. y Tomasini, A. (2007) el agua tiene una gran capacidad calorífica, es decir, requiere mucho mayor cantidad de energía calorífica para elevar 1°C su temperatura, que la que requieren otras sustancias.



- **Olor.**

La percepción del olor no constituye una medida, sino una apreciación, y ésta tiene, por lo tanto, un carácter subjetivo. El olor raramente es indicativo de la presencia de sustancias peligrosas en el agua, pero sí puede indicar la existencia de una elevada actividad biológica. (Anónimo, 2007)

Un artículo publicado por Enciclopedia Tareas, (2016) indica que los olores son normalmente debido a la liberación de gases en el proceso de descomposición de la materia orgánica, en las aguas residuales.

- **Turbidez.**

La turbidez es un factor ambiental importante en las aguas naturales, y afecta al ecosistema ya que la actividad fotosintética depende en gran medida de la penetración de la luz. Es una medida de la dispersión de la luz por el agua como consecuencia de la presencia en la misma de materiales suspendidos coloidales y/o particulados. La presencia de materia suspendida en el agua puede indicar un cambio en su calidad y la presencia de sustancias inorgánicas finamente divididas (arena, fango, arcilla). (Anónimo, 2007)

La turbidez, medida de la propiedad de transmisión de la luz del agua, es otro ensayo utilizado para indicar la calidad de los vertidos de aguas residuales con respecto a la materia suspendida. (Anónimo, 2006)

- **Densidad.**

Las medidas de densidad son necesarias en aguas de alta salinidad para convertir medidas de volumen en peso. (Anónimo, 2007)

El portal enciclopedia de tareas publicó un artículo en 2016 que describe la densidad como una característica física importante del agua residual dado que de ella depende la potencial formación de corrientes de fangos.

- **Conductividad.**

El artículo de Enciclopedia de Tareas, (2016) indica que la conductividad no es más que la capacidad de una solución para conducir la corriente eléctrica. Indicador de la concentración de sólidos disueltos totales.

La conductividad eléctrica de una solución es una medida de la capacidad de la misma para transportar la corriente eléctrica y permite conocer la concentración de especies iónicas presentes en el agua. (Anónimo, 2007)

- **Radioactividad.**

Según Arce, A., Calderón, C. y Tomasini, A. (2007) la radioactividad es la capacidad de ciertos elementos de transmutarse espontáneamente en otros elementos y propagar energía electromagnética y calorífica. Los efectos de la radiactividad en la vida acuática y en la salud humana pueden manifestarse como una alteración de la tasa normal de mutación genética y también puede ser una causal de cáncer.

La contaminación radiactiva puede ser originada por los radioelementos naturales, principalmente uranio, torio y actinio, y sus productos de descomposición, procedentes tanto de fuentes naturales, como por las actividades humanas, tales como: pruebas de armamento nuclear, operaciones relacionadas con la obtención de energía atómica, extracción de minerales, generación de energía con fines de uso industriales o en medicina. (Anónimo, 2007)

Hernández, K., (2010) indica que la radiactividad es una propiedad de ciertos elementos cuyos núcleos atómicos son inestables: con el tiempo, para cada núcleo llega un momento en que alcanza su estabilidad al producirse un cambio interno, llamado desintegración radiactiva, que implica un desprendimiento de energía conocido de forma general como "radiación". La energía que interviene es muy grande si se compara con la desprendida en las reacciones químicas en que pueden intervenir las mismas cantidades de materiales, y el mecanismo por el cual se libera esta energía es totalmente diferente.

## 2.5.2. Aspectos Químicos.

- **Potencial de Hidrogeno (pH).**

Según Arce, A., Calderón, C. y Tomasini, A. (2007) el potencial de hidrógeno o pH es el logaritmo negativo de la concentración de iones de hidrogeno en el agua. El pH ácido se presenta en aguas residuales industriales.

El artículo de la Enciclopedia de Tareas, (2016) explica que la intensidad de acidez o alcalinidad de una muestra se mide en la escala de pH, que en realidad mide la concentración de iones de hidrógeno presentes. El pH controla muchas reacciones químicas y la actividad biológica normalmente se reduce a una escala bastante restringida de pH entre 6.2 y 8.5, por lo que hay que controlarlo para evitar problemas de inhibición. Las aguas residuales urbanas tienen un pH próximo a 7, por lo que son adecuadas para los microorganismos neutrófilos.

El pH es un factor muy importante en los sistemas químicos y biológicos de las aguas naturales. El valor del pH compatible con la vida piscícola está comprendido entre 5 y 9. Sin embargo, para la mayoría de las especies acuáticas, la zona de pH favorable se sitúa entre 6.0 y 7.2. Fuera de este rango no es posible la vida como consecuencia de la desnaturalización de las proteínas. Valores extremos de pH pueden originar la muerte de peces, drásticas alteraciones en la flora y fauna, reacciones secundarias dañinas. (Anónimo, 2007)

- **Dureza.**

Según Carrillo, J., (2006) la dureza residual se conoce como dureza no carbónica o permanente. Las aguas que poseen esta dureza pueden ablandarse añadiendo carbonato de sodio y cal, o filtrándolas a través de zeolitas naturales o artificiales que absorben los iones metálicos que producen la dureza, y liberan iones sodio en el agua.

Un artículo de la Enciclopedia de Tareas, (2016) indica que es la propiedad del agua que evita que el jabón haga espuma y produce incrustaciones en los sistemas de agua caliente.

- **Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO<sub>5</sub>).**

Para Arce, A. et al., (2007) es una estimación de la cantidad de oxígeno que requiere una población microbiana heterogénea para oxidar la materia orgánica de una muestra de agua en un periodo de 5 días. Las condiciones en las que se lleva a cabo la prueba son tales que favorecen el desarrollo de los microorganismos, pero inhibe los procesos de fotosíntesis de producción de oxígeno.

Mide la cantidad de oxígeno que requieren los microorganismos mientras descomponen la materia orgánica. (Enciclopedia de Tareas, 2016)

El parámetro de polución orgánica más utilizado y aplicable a las aguas residuales y superficiales es la DBO a los 5 días (DBO<sub>5</sub>). Supone esta determinación la medida del oxígeno disuelto utilizado por los microorganismos en la oxidación bioquímica de materia orgánica biodegradable. La medida de la DBO es importante en el tratamiento de aguas residuales y para la gestión técnica de la calidad de agua porque se utiliza para determinar la cantidad aproximada de oxígeno que se requerirá para estabilizar biológicamente la materia orgánica. (Anónimo, 2006)

Pérez, F. y Camacho, K., (2011) establecen que Mide el oxígeno disuelto utilizado por los microorganismos en la oxidación bioquímica de la materia. El periodo de incubación tras el cual se realiza la medición suele ser de 5 días, comparándose el valor obtenido con el original presente en la muestra. Se determina así la cantidad aproximada de oxígeno utilizado que se requerirá para degradar biológicamente la materia orgánica.

La Demanda Química de Oxígeno, DQO, mide, expresada en oxígeno, la porción de materia orgánica, M.O, biodegradable o no, da una muestra que es susceptible de oxidación por un fuerte oxidante químico. La mayor parte de la materia orgánica resulta oxidada por una mezcla a ebullición de los ácidos crómico y sulfúrico. Se somete a reflujo una muestra en una solución ácida fuerte con un exceso de dicromato potásico. (Anónimo, 2007)

Por su parte Oakley, S., y Salguero, L., (s.f.) definen la demanda bioquímica de oxígeno (DBO) como una medida de la concentración de materia orgánica disuelta y el oxígeno disuelto requerido para estabilizarla.

De igual manera indican que normalmente se remueve la DBO, la que varía entre 200 a 250 mg/L en aguas residuales domésticas, con la adición de oxígeno disuelto en el proceso de tratamiento. La remoción de DBO es otra base fundamental en el tratamiento de aguas residuales.

Mientras que Salmerón, L. (s.f.) la DBO establece es la cantidad de Oxígeno usada en la oxidación bioquímica de la materia orgánica, bajo condiciones determinadas en tiempo y temperatura. Es la principal prueba utilizada para la evaluación de la naturaleza del agua residual. La DBO se determina generalmente a 20 °C después de incubación durante 5 días; se mide el oxígeno consumido por las bacterias durante la oxidación de la materia orgánica presente en el agua residual, por cinco días a 20 °C.

Salmerón explica que la demanda de Oxígeno de las aguas residuales se debe a tres clases de materiales:

- **Materia orgánica Carbonosa:** usada como fuente de alimentación por los organismos aerobios.
  
- **Nitrógeno oxidable:** derivado de nitritos, amoníaco y compuestos de nitrógeno orgánico, que sirven de sustrato para bacterias específicas del género Nitrosomas y Nitrobacter, que oxidan el Nitrógeno amoniacal en nitritos y nitratos.
  
- **Compuestos reductores químicos:** como sulfitos ( $\text{SO}_3^{-2}$ ), sulfuros ( $\text{S}^{-2}$ ) y el ión ferroso ( $\text{Fe}^{+2}$ ) que son oxidados por Oxígeno disuelto.

- **Demanda Química de Oxígeno (DQO).**

Según Arce, A. et al., (2007) es una oxidación en medio de ácido, en presencia de un oxidante fuerte (dicromato de potasio) y con aplicación de calor, en un equipo de reflujo, Bajo tales condiciones se oxida toda la materia oxidable presente la muestra, incluso aquella que los microorganismos no son capaces de degradar. Por ello la DQO es mayor que la DBO.

Salmerón, L. (s.f.) establece que la DQO se obtiene por medio de la oxidación del agua residual en una solución ácida de permanganato o dicromato de Potasio ( $\text{Cr}_2\text{O}_7\text{K}_2$ ). Este proceso oxida casi todos los compuestos orgánicos en gas carbónico ( $\text{CO}_2$ ) y en agua. La reacción es completa en más de 95 % de los casos. La ventaja de las mediciones de DQO es que los resultados se obtienen rápidamente (3 horas), pero tienen la desventaja de que no ofrecen ninguna información de la proporción del agua residual que puede ser oxidada por las bacterias ni de la velocidad del proceso de biooxidación.

La oxidación química por un agente fuertemente oxidante, se usa una mezcla hirviendo de dicromato potásico y ácido sulfúrico concentrado. (Enciclopedia de Tareas, 2016)

Es la cantidad de oxígeno requerida para oxidar químicamente los materiales orgánicos presentes en una muestra de agua. Esta oxidación degrada el material orgánico biodegradable y no biodegradable. (Anónimo, 2006)

Según Salmerón, L. (s.f.) la DQO se obtiene por medio de la oxidación del agua residual en una solución ácida de permanganato o dicromato de Potasio ( $\text{Cr}_2\text{O}_7\text{K}_2$ ). Este proceso oxida casi todos los compuestos orgánicos en gas carbónico ( $\text{CO}_2$ ) y en agua. La reacción es completa en más de 95 % de los casos. La ventaja de las mediciones de DQO es que los resultados se obtienen rápidamente (3 horas), pero tienen la desventaja de que no ofrecen ninguna información de la proporción del agua residual que puede ser oxidada por las bacterias ni de la velocidad del proceso de biooxidación.

- **Oxígeno Disuelto.**

Según Arce, A., Calderón, C. y Tomasini, A. (2007) la materia orgánica en el agua es susceptible de ser oxidada y transformada en compuestos más simples, como bióxido de carbono y agua, por acción de bacterias.

Continúan explicando que si hay oxígeno no molecular disuelto ( $O_2$ ) en el agua, las bacterias aeróbicas lo consumen para llevar a cabo dicha transformación. Es por ello que a la materia orgánica biodegradable se le clasifica en las sustancias consumidoras de oxígeno.

Según Enciclopedia de Tareas, (2016) El oxígeno es un elemento muy importante en el control de la calidad del agua. Su presencia es esencial para mantener las formas superiores de vida biológica y el efecto de un vertido en un río se determina mediante el balance de oxígeno del sistema. Desafortunadamente el oxígeno es poco soluble en el agua y depende de la temperatura y de la presión.

Es necesario para la vida de los peces y otros organismos acuáticos. El oxígeno es moderadamente soluble en agua, dependiendo la solubilidad de la temperatura, la salinidad, la turbulencia del agua y la presión atmosférica: disminuyendo cuando aumenta la temperatura y la salinidad, y cuando disminuye la presión atmosférica. (Anónimo, 2007)

El oxígeno disuelto es el más importante y es un gas que va siendo consumido por la actividad química y biológica. La presencia de oxígeno disuelto en el agua residual evita la formación de olores desagradables. La cantidad de oxígeno disuelto depende de muchos factores, como temperatura, altitud, movimientos del curso receptor, actividad biológica y actividad química. (Anónimo, 2006)

- **Nitrógeno y derivados.**

Las formas inorgánicas del nitrógeno incluyen nitratos ( $NO_3$ ), nitritos ( $NO_2$ ), amoníaco ( $NH_3$ ) y nitrógeno molecular ( $N_2$ ). La presencia de nitratos proviene de la disolución de rocas y minerales, de la descomposición de materias vegetales y animales y de efluentes industriales. En aguas residuales, su presencia es mínima. (Anónimo, 2007)

Según el artículo Enciclopedia de Tareas, (2016) el nitrógeno es un elemento importante ya que las reacciones biológicas sólo pueden efectuarse en presencia de suficiente nitrógeno. Existe en cuatro formas principales:

- a. Nitrógeno orgánico. Nitrógeno en forma de proteínas, aminoácidos y urea.
- b. Nitrógeno amoniacal. Nitrógeno como sales de amoniaco o como amoniaco libre.
- c. Nitrógeno de nitritos. Una etapa intermedia de oxidación que normalmente no se presenta en grandes cantidades.
- d. Nitrógeno de nitratos. Producto final de la oxidación del nitrógeno. Nutriente esencial: Eutrofización.

- **Fósforo y derivados.**

El fósforo elemental no se encuentra habitualmente en el medio natural, pero los ortofosfatos, pirofosfatos, metafosfatos, polifosfatos y fosfatos orgánicamente unidos sí se detectan en aguas naturales y residuales. (Anónimo, 2007)

Por su parte Ronzano, E., y Dapena, J., (2003) consideran que el fósforo favorece la eutrofización. Se ha demostrado que la ausencia de este elemento es más importante que la del nitrógeno para limitar el crecimiento de las algas planctónicas, especialmente en algunos tipos (algas «azules-verdes»), capaces de fijar el nitrógeno atmosférico.

Enciclopedia de Tareas, (2016) indica que es un elemento imprescindible para el desarrollo de los microorganismos de las aguas y en consecuencia para la depuración. El contenido de fósforo de las aguas se debe a los vertidos urbanos (detergentes, fosas sépticas, etc.) y por otra parte a los vertidos de la industria agroalimentaria (abonos, compuestos, etc.). Aguas residuales pueden tener entre 4-15 mg/L como P. Formas comunes: orto fosfatos, poli fosfatos (sufren hidrólisis en soluciones acuosas y se convierten en orto fosfatos) y fósforo orgánico (en aguas industriales).



- **Cloruros.**

Proceden de la disolución de suelos y rocas que los contienen y que están en contacto con el agua, intrusión del agua salada (zonas costeras), agua residual doméstica, agrícola e industrial. Suministra información sobre el grado de concentración del agua residual. (Anónimo, 2007)

Según la Enciclopedia de Tareas (2016) está presente siempre en las aguas residuales urbanas, siendo los valores incorporados por habitante muy constantes debido al contenido de cloruro de la orina, las heces humanas suponen 6 gr de cloruros por persona y día.

- **Sulfatos.**

Es la forma oxidada estable del azufre, siendo muy soluble en agua. Sin embargo, los sulfatos de plomo, bario y estroncio son insolubles. Los sulfatos sirven como fuente de oxígeno a las bacterias, en condiciones anaeróbicas, convirtiéndose en sulfuro de hidrógeno. (Anónimo, 2007)

Según Ríos, N., (s.f.) la mayor parte de los compuestos sulfatados se originan a partir de la oxidación de las menas de sulfato, la presencia de esquistos, y la existencia de residuos industriales. El sulfato es uno de los principales constituyentes disueltos de la lluvia. Las aguas residuales del drenado de minas de hierro pueden aportar grandes cantidades de sulfato debido a la oxidación de la pirita.

- **Hidrocarburos.**

Los hidrocarburos se encuentran agrupados una serie de compuestos cuya característica común es el presentar en su estructura átomos de carbono y de hidrógeno. Entre todas estas sustancias, se pueden diferenciar dos grupos que presentan una mayor importancia, los hidrocarburos derivados del petróleo y los hidrocarburos aromáticos policíclicos (PAHs). Estos últimos son cancerígenos. (Anónimo, 2007)

Según Rodríguez, A., Parrado, S. (s.f.) para procesar aguas que contiene hidrocarburos se deben separar en sus componentes principales: aceite, agua y sólidos.

La Enciclopedia de Tareas (2016) resalta que la existencia de hidrocarburos y grasas en las aguas, genera problemas por su poder tensoactivo que impide la captación de oxígeno, o genera una película envolvente de los flóculos biológicos impidiendo su respiración y aligerándolos llevándolos a flotación, dificultándose así la decantación secundaria. El aumento de este parámetro es indicador de vertidos industriales.

- **Detergentes.**

Como detergentes se designan a las sustancias que poseen unas importantes propiedades limpiadoras. Se trata de productos complejos constituidos por uno o varios agentes surfactantes, compuestos minerales (carbonatos, fosfatos, polifosfatos, perboratos). De todos ellos, los más característicos son los surfactantes, productos químicos orgánicos que reducen la tensión superficial del agua y de otros líquidos. (Anónimo, 2007)

Según Ramos, C., (2009) la presencia de detergentes en las aguas residuales produce la aparición de espuma, sobre todo en las arquetas de riego, cuando las concentraciones de detergente son superiores a 0,5 mg/l. Esta espuma provoca un rechazo del agricultor al empleo de estas aguas para el riego. Es probable que los detergentes biodegradables no supongan ningún problema para los suelos ni los cultivos, pero hay poca información sobre este punto.

- **Fenoles.**

Según Arce, A., Calderón, C. y Tomasini, A. (2007) explican que los fenoles son de los compuestos aromáticos más importantes, son de uso extensivo por sus propiedades desinfectantes, también forman parte de la materia prima en la síntesis de resinas del tipo fenólico y una variante policlorada. Los fenoles se pueden producir en forma sintética y bajo condiciones naturales por el metabolismo de organismos acuáticos y también son un grupo de contaminantes que se descargan en varias industrias.

Para Tavares, R. (2008) los efluentes industriales contienen frecuentemente contaminantes tóxicos y resistentes a los tratamientos convencionales de aguas residuales, por lo que existe la necesidad de desarrollar tecnologías eficaces para la eliminación de contaminantes y el esfuerzo en investigación y desarrollo se ha redoblado. El fenol y los compuestos

fenólicos constituyen materias primas o productos intermedios en numerosas industrias petroquímicas, químicas y farmacéuticas, y son así mismo productos de degradación oxidativa de hidrocarburos aromáticos de mayor peso molecular. Por este motivo el fenol es posiblemente el compuesto modelo más empleado para el desarrollo de nuevos procesos de depuración de aguas.

Los compuestos fenólicos pueden afectar a las especies piscícolas de diversas formas: por toxicidad directa tanto a los peces como a los organismos que les sirven como alimento (son extremadamente tóxicos) y por disminución de la cantidad de oxígeno disponible por la elevada demanda de oxígeno de los compuestos. (Anónimo, 2007)

- **Cianuros.**

Arce, A., Calderón, C. y Tomasini, A. (2007) indican que el cianuro es la combinación del nitrógeno elemental con carbono para formar un anión (CN) que se combina fácilmente con metales o con hidrógeno. El cianuro llega al agua como ion dissociado o formando un complejo con metales y dependiendo de su nueva formación y estabilidad algunas veces llega a ser muy tóxico.

El cianuro es un contaminante que se origina principalmente en los procesos metalúrgicos, galvánicos y otros procesos industriales como la extracción de oro y plata. Puesto que es venenoso para el sistema nervioso humano, es imperativo controlar los niveles de cianuro en el agua. Se refiere a todos los grupos CN<sup>-</sup> en compuestos químicos que pueden ser determinados como ión cianuro. Los cianuros son compuestos potencialmente tóxicos, ya que ante un cambio de pH del medio puede liberar ácido cianhídrico, compuesto de máxima toxicidad para el ser humano. (Anónimo, 2008)

Como cianuros se incluyen una serie de diversos compuestos orgánicos caracterizados por el grupo  $-C\equiv N$ . Los gérmenes aerobios responsables de la depuración y los peces son sensibles a un contenido de 0,1 mg/L de HCN. (Anónimo, 2007)

- **Haloformos.**

Los derivados orgánicos de halógenos (Cl, F, Br, I) presentes en el agua se clasifican con el nombre de haloformos. Los compuestos que se han identificado más a menudo en agua son los trihalometanos, así como también el tetracloruro de carbono y el dicloroetano. (Anónimo, 2007)

La formación de los haloformos tiene lugar cuando el cloro empleado está en forma de cloro libre, formándose en cambio con el cloro combinado en forma de cloraminas. (Anónimo, 2008)

- **Metales Pesados.**

Para Arce, A., Calderón, C. y Tomasini, A. (2007) los metales pesados se encuentran en los cuerpos de agua son producto de la actividad humana. Dentro de estos se encuentran principalmente: Cadmio (Cd), Cromo (Cr), Mercurio (Hg), Níquel (Ni), Plomo (Pb) y Zinc (Zn). La toxicidad de los metales depende del grado y la forma de oxidación de ion metálico dado.

Según Tejada, C., Villabona, A. y Garcés, L., (2014) la remoción de metales pesados en aguas residuales provenientes del sector industrial, usando como sorbente diferentes materiales de origen biológico (vivo o muerto), tales como: algas, hongos, bacterias, cáscaras de frutas, productos agrícolas y algunos tipos de biopolímeros. Estos materiales son de bajo costo y se encuentran en gran abundancia en la naturaleza, además, su transformación a biosorbente no es un proceso costoso.

Los compuestos constituidos por los diferentes elementos metálicos, por lo cual las características de los mismos dependen, entre otros factores, del metal que esté incorporado. Desde la perspectiva de los potenciales efectos que pueden generar, quizás los de mayor importancia son los compuestos de mercurio y de cadmio. (Anónimo, 2007)

- **Mercurio.**

El Mercurio puede formar numerosas especies, algunas con una apreciable solubilidad mientras que otras son bastante insolubles. La concentración de mercurio en medios acuosos es relativamente pequeña, encontrándose normalmente unido a materia particulada y al sedimento. El mercurio presenta una elevada toxicidad potencial, principalmente como consecuencia de los procesos de bioacumulación. (Anónimo, 2007)

El mercurio se encuentra en los efluentes de la producción de cloro, fabricación de plaguicidas, fabricación de antisépticos, fabricación de explosivos, fabricación de papel y cemento. Causa alteraciones neurológicas y afecciones del sistema respiratorio además de desórdenes congénitos. (Arce, A., et al., 2007)

- **Cadmio**

Proviene de fábricas de pinturas, lixiviado de baterías usadas, corrosión de tubos galvanizados y la industria metalúrgica. Provoca fragilidad y dolor intenso en los huesos. En bajas concentraciones causa alta presión arterial, esterilidad en hombres y daño renal. (Arce, A., et al., 2007)

Se encuentra normalmente en la forma divalente, formando compuestos orgánicos e inorgánicos, principalmente como ión libre, cloruros y carbonatos. Los carbonatos, sulfuros, e hidróxidos de cadmio presentan una baja solubilidad en agua, mientras que la solubilidad del ión cadmio disminuye con el incremento de pH porque se favorece la formación del hidróxido. El cadmio presenta una toxicidad elevada con efecto acumulativo. (Anónimo, 2007)

Martinez, J., Mendoza, M., Martinez, R., (s.f.) indican que en la actualidad existen micro y pequeñas industrias dedicadas al ramo de la galvanoplastia que derraman agua residual conteniendo metales pesados como cadmio, los cuales son absorbe el suelo poniendo en riesgo la importancia que tiene la conservación del agua subterránea como fuente de abastecimiento.

- **Cromo.**

López, M., (s.f.) el cromo (Cr) es un elemento que se encuentra de forma natural en rocas, plantas y suelos, en donde existe en combinación con otros elementos para formar diversos compuestos.

Según Arce, A. et al., (2007) es un contaminante que se encuentra en las aguas residuales de curtiduría de pieles, fábricas de acero y papel, el envenenamiento con este metal causa desordenes en la piel, daño hepático severo y causa de pulmón.

Para Tavares, R. (2015) el cromo es uno de los elementos que pueden encontrarse en las aguas residuales procedentes de una gran variedad de procesos industriales. Su toxicidad depende del estado de oxidación y concentración en que se encuentra, siendo de especial importancia la eliminación de cromo hexavalente presente en los sistemas acuosos, por su reconocido carácter cancerígeno.

- **Cobre.**

Otiniano, M., Tuesta, L., Robles, H., Lujan, M. y Chávez, M. (2007) los efluentes industriales que contienen Cr (cromo) son descargados por industrias químicas, de construcción de maquinarias e instrumentos, de radio electrónica, curtiembres, efluentes de torres refrigerantes de estaciones generadoras de energía eléctrica, entre otras. La concentración de Cr varía en los efluentes desde docenas a cientos de gramos o miligramos, la cantidad de aguas contaminadas con cromo que se vierten al ambiente varía de docenas a cientos de metros cúbicos por hora.

Arce, A. et al., (2007) explica que proviene de la corrosión de tuberías, de la aplicación de compuestos de cobre en cuerpos de agua de control de algas. Es muy irritante del sistema gastrointestinal y dependiendo de la susceptibilidad del individuo puede causar la enfermedad de Wilson (enfermedad caracterizada por daño hepático severo).

- **Níquel.**

Para la división de toxicología ToxFaQs (2003) El níquel es un elemento natural muy abundante. El níquel puro es un metal duro, blanco-plateado que puede combinarse con otros metales, tales como el hierro, cobre, cromo y cinc para formar aleaciones. Estas aleaciones se usan para fabricar monedas, joyas, y artículos tales como válvulas e intercambiadores de calor.

Según Del Rio, M. y Luna, J., (2007) el níquel (Ni) es un elemento metálico de color blanco plateado, el tratamiento convencional del agua remueve algo de níquel, de manera que los niveles de agua tratada son generalmente más bajos que los de agua sometida a tratamiento. En algunos estudios globales se han podido identificar los niveles de níquel, especialmente cuando las instalaciones interiores se emplean piezas niqueladas.

Se encuentra en las aguas residuales de la fabricación de acero, catalizador en la fabricación de monedas, lixiviados de baterías usadas, fabricación de vidrio y fabricación de polipropileno. Resulta ser poco toxico para el hombre pero hay evidencias de que los vapores de este elemento son carcinogénicos. (Arce, A., et al., 2007)

- **Plomo.**

Según la Organización Mundial de la Salud, (2015) el plomo es un metal tóxico presente de forma natural en la corteza terrestre. Su uso generalizado ha dado lugar en muchas partes del mundo a una importante contaminación del medio ambiente, un nivel considerable de exposición humana y graves problemas de salud pública. Entre las principales fuentes de contaminación ambiental destacan la explotación minera, la metalurgia, las actividades de fabricación y reciclaje y, en algunos países, el uso persistente de pinturas y gasolinas con plomo.

Arce, A., et al., (2007) indican que forma parte de las aguas residuales a través de las sustancias derivadas de la fabricación de baterías eléctricas, fabricación de aditivos, fabricación de cables con aleaciones, pigmentos, fabricación de municiones, fabricación de soldaduras, es sumamente tóxico.

- **Zinc.**

Según Pérez, J., (2010) el zinc o cinc es el elemento químico de número atómico 30, cuyo símbolo es Zn. Se trata de un metal abundante en la corteza terrestre, de color blanco y brillante, que puede aparecer en forma de silicato, sulfuro o carbonato.

Se utiliza en aleaciones con cobre en la fabricación de partes automotrices y en forma extensiva como sulfato de zinc en fertilizantes. Los efectos de este metal sobre el ser humano son desordenes gastrointestinales y en casos severos la perforación del tracto digestivo. (Arce, A., et al., 2007)

- **Pesticidas.**

Según Arce, A. et al., (2007) son compuestos químicos tóxicos diseñados para controlar insectos, plantas, hongos y animales que se consideran plagas incluyendo los vectores de enfermedades humanas y de animales. Por su campo de acción específico se divide en: insectidas, fungicidas y herbicidas.

Pérez, J. y Marino, M., (2012) pesticida es aquello que permite batallar contra una plaga. El término también se emplea como sustantivo para denominar al compuesto químico que se aplica sobre una superficie con la intención de ahuyentar o eliminar a los organismos dañinos o indeseados.

- **Grasas y Aceites.**

Son compuestos orgánicos constituidos principalmente por ácidos grasos de origen animal y vegetal e hidrocarburos del petróleo, son de baja o nula biodegradabilidad, poseen características especiales: baja densidad y poca solubilidad en agua. Por ello, tienden a separarse de la fase acuosa, ocupan la superficie del líquido que las contiene y forman natas. (Arce, A. et al., 2007)



En este grupo se incluyen los aceites y las grasas que se encuentren en estado libre, ya sean de origen animal, vegetal o mineral, destacando entre estos últimos por su especial importancia los derivados del petróleo. La mayoría de estos productos son insolubles en el agua, pero pueden existir en forma emulsionada o saponificada. Según su mezcla con los hidrocarburos, dan un aspecto irisado al agua, así como un sabor y un olor particulares. (Anónimo, 2007)

Según Mendoza, A., (2004) uno de los contaminantes habituales en las aguas residuales son las grasas y aceites. Estos son todas aquellas sustancias de naturaleza lipídica, altamente estables, proceden de desperdicios alimentarios en su mayoría, que al ser inmiscibles con el agua, van a permanecer en la superficie dando lugar a la aparición de natas y espumas.

De igual manera indica que en la determinación de grasas y aceites no se mide una sustancia específica sino un grupo de sustancias con unas mismas características fisicoquímicas (solubilidad). Entonces la determinación de las grasas y aceites incluye ácidos grasos, jabones, grasas, ceras, hidrocarburos, aceites y cualquier otra sustancia susceptible de ser extraída con hexano.

Para Aznar, A., (2000) los aceites y grasas en los vertidos líquidos generan dos tipos de problemas a la hora de la depuración de las aguas residuales, disminución de la mojabilidad de los sólidos en suspensión impidiendo, con ello su sedimentación, y formación de una película que recubre los microorganismos encargados de la biodegradación, impidiendo con ello la captación de oxígeno por los mismos y disminuyendo su poder depurador. El contenido de grasas y aceites es generalmente pequeño en vertidos urbanos, siendo su presencia un indicio de vertido industrial, y causando graves problemas a los sistemas de depuración.

### 2.5.3. Aspectos Biológicos.

- **Microorganismos.**

Según Arce, A. et al., (2007) los microorganismos de interés en la contaminación del agua son los virus, las bacterias y los protozoarios.

Para Porto, A., (s.f.) los microorganismos constituyen un grupo de seres vivos sumamente heterogéneo cuya única característica común es su reducido tamaño: todos son lo suficientemente pequeños como para pasar inadvertidos al ojo humano, siendo preciso el uso de dispositivos de aumento como el microscopio óptico o, en algunos casos, el microscopio electrónico para poder observarlos. La gran mayoría de los microorganismos son unicelulares, aunque una parte significativa de ellos tienen organización subcelular y unos pocos forman agrupaciones de células de tipo colonial sin llegar a constituir verdaderos organismos pluricelulares.

Según la Enciclopedia de Tareas (2016) en el agua residual nos vamos a encontrar gran cantidad de microorganismos, lo que le va a dar al agua residual una de sus características más acusadas, su biodegradabilidad. Estos microorganismos tienen su origen, en su mayoría, en las manipulaciones que el hombre realiza con ese agua residual, como es el caso de los microorganismos fecales procedentes de las sustancias de desecho del organismo humano, microorganismos del suelo arrastrados en los procesos de riego, en los episodios de lluvias y en los procesos de baldeo de calles, microorganismos procedentes de procesos industriales y pudiendo también encontrar otros tipos de organismos como los artrópodos.

- **Virus.**

Los virus se presentan en bajas cantidades en muestras de agua, por lo que se necesita la concentración de la muestras para la detección de estos microorganismos. Los más comúnmente encontrados son los llamados enterovirus, que se desarrollan en el aparato gastrointestinal y son liberados en la materia fecal del huésped. (Arce, A. et al., 2007)

Porto, A., (s.f.) considera que los virus son entidades sub-celulares, es decir, su grado de organización es inferior al celular. Están constituidos casi a partes iguales por proteínas y un ácido nucleico, que puede ser DNA o RNA pero nunca los dos a la vez. Son capaces de penetrar en las células vivas y de reproducirse en su interior y sólo allí, por lo que puede considerárseles parásitos intracelulares obligados. Sin embargo, el tipo de parasitismo que desarrollan los virus presenta características que lo hacen diferente de cualquier otro conocido, pues tiene lugar a nivel genético.

- **Bacterias.**

Las bacterias juegan un papel fundamental en la descomposición y estabilización de la materia orgánica. Pueden clasificarse, en base a su metabolismo, en heterótrofas y autótrofas. Las bacterias autótrofas son aquellas que se nutren de compuestos inorgánicos, tomando la energía necesaria para sus biosíntesis a partir de la luz (bacterias fotosintéticas: familia Thiorhodaceae, Chlorobiaceae) o a partir de ciertas reacciones químicas (bacterias quimiosintéticas: Nitrobacter, Nitrosomonas, Hydrogenomonas, Thiotrix). En el tratamiento biológico de las aguas residuales, las bacterias heterótrofas constituyen el grupo más importante, por su necesidad de compuestos orgánicos para el carbono celular. (Anónimo, 2007)

Según la Enciclopedia de Tareas (2016) Las bacterias desempeñan un amplio papel en los procesos de descomposición de la materia orgánica, tanto en el marco natural como el de las plantas de tratamiento.

Las bacterias son coliformes fecales, los indicadores de contaminación por heces fecales. Su presencia es indicativa del ingreso de materia fecal en el agua y alerta sobre la presencia potencial de otros organismos. (Arce, A. et al., 2007)

- **Bacterias Anaeróbicas:** son las que consumen oxígeno procedente de los sólidos orgánicos e inorgánicos y la presencia de oxígeno disuelto no les permite subsistir.
- **Bacterias Aerobias:** son aquellas que necesitan oxígeno procedente del agua para su alimento y respiración. El oxígeno disuelto que les sirve de sustento es el oxígeno libre (molecular) del agua, y las descomposiciones y degradaciones que provocan sobre la materia orgánica son procesos aerobios, caracterizados por la ausencia de malos olores.
- **Bacterias Facultativas:** Estas bacterias son producto de la adaptación al medio opuesto, es decir, las aerobias a medio sin oxígeno disuelto y las anaerobias a aguas con oxígeno disuelto.
- **Bacterias Coliformes:** Bacterias que sirven como indicadores de contaminantes y patógenos. Son usualmente encontradas en el tracto intestinal de los seres humanos y otros animales de sangre caliente. Las bacterias coliformes incluyen los géneros *Escherichia* y *Aerobacter*.
- **Protozoarios.**

Álvarez, A., (2015) define los protozoos son células eucariotas simples (organismos cuyas células tienen membrana nuclear) con características del reino animal, ya que son móviles y heterótrofos.

Porto, J., y Merino, M., (2013) explica que los protozoos son organismos unicelulares o compuestos por un grupo de células que son idénticas entre sí. Cuando el concepto es escrito con mayúscula inicial (Protozoo), se refiere al taxón que forman estos seres vivos. Lo habitual es que los protozoos, puedan nombrarse también como protozoarios, como organismos unicelulares de tipo eucariota que se desarrollan en el agua, aunque también hay muchos que subsisten en un entorno húmedo. Los protozoos se reproducen de manera sexual, asexual o incluso a través de un intercambio de material genético.

Según Romany, Y., (2014) indica que son organismos unicelulares de tamaño microscópico, que están formados por una sola célula, poseen organelos que cumplen todas las funciones vitales. Estos pueden vivir en ambientes acuáticos o terrestres. Algunos protozoarios son de vida libre pudiendo nadar libremente o estar fijos a un substrato, pueden vivir en el interior de las plantas o animales, como parásitos o simbióticos. La reproducción es asexual se realiza por la escisión binaria o múltiple o por gemación; otros se reproducen sexualmente por gameto o por conjugación.

- **Algas.**

En los estanques de estabilización, son un valioso elemento porque producen oxígeno a través del mecanismo de la fotosíntesis. Las algas, al igual que sucede con otros microorganismos, requieren compuestos inorgánicos para reproducirse. Los tipos más importantes de algas de agua dulce son: verdes (Chlorophyta), verdes móviles (Volvocales euglenophyta), verdiamarillas o marrón dorado (Chrysophyta) y verdiazules (Cyanophyta). (Anónimo, 2007)

Las algas son organismos pertenecientes al Reino Protoctistas. Están formadas por células eucariotas y podemos encontrar individuos unicelulares o pluricelulares. Todas son autótrofas, esto es, forman materia orgánica a partir de materia inorgánica, utilizando la luz como fuente de energía. Este proceso se llama fotosíntesis. (Anónimo, 2006)

- **Hongos.**

Para Pérez, J., y Gardey, A., (2010) el hongo es un organismo eucariota que pertenece al reino Fungi. Los hongos forman un grupo polifilético y son parásitos o viven sobre materias orgánicas en descomposición.

En ingeniería de tratamiento de aguas los hongos son considerados protistas multicelulares, heterotróficos, no fotosintéticos. Los hongos son estrictamente aeróbicos. Tienen la capacidad de crecer en condiciones de poca humedad y pueden tolerar un medio ambiente con bajos valores de pH, aunque su rango óptimo de pH es 5.6. (Anónimo, 2006)

## **2.6 Plantas de Tratamiento.**

Según el artículo publicado en Cuido el Agua, (s.f.) es una instalación donde a las Aguas Residuales se les retiran los contaminantes, para hacer de ella un agua sin riesgos a la salud y/o medio ambiente al disponerla en un cuerpo receptor natural (mar, ríos o lagos) o por su reuso en otras actividades de nuestra vida cotidiana con excepción del consumo humano (no para ingerir o aseo personal).

Para Agua Sistec, (s.f.) el tratamiento de aguas y las plantas de tratamiento de agua son un conjunto de sistemas y operaciones unitarias de tipo físico, químico o biológico cuya finalidad es que a través de los equipamientos elimina o reduce la contaminación o las características no deseables de las aguas, bien sean naturales, de abastecimiento, de proceso o residuales.

Continúan explicando que la finalidad de estas operaciones es obtener unas aguas con las características adecuadas al uso que se les vaya a dar, por lo que la combinación y naturaleza exacta de los procesos varía en función tanto de las propiedades de las aguas de partida como de su destino final.

De igual manera indican que debido a que las mayores exigencias en lo referente a la calidad del agua se centran en su aplicación para el consumo humano y animal estos se organizan con frecuencia en tratamientos de potabilización y tratamientos de depuración de aguas residuales, aunque ambos comparten muchas operaciones.

Agua Market, (s.f.) indica en un artículo las plantas de tratamiento compacta de aguas residuales funcionan bajo el principio conocido como aereación extendida, tratando las aguas residuales mediante el proceso biológico denominado digestión aeróbica, en este proceso los microorganismos utilizan oxígeno para digerir las aguas residuales y transformarlas en un líquido claro e inodoro.

## 2.6.1 Tratamiento Premiliar o Pre-tratamiento.

Oakley, S., y Salguero, L., (s.f.) afirman que es la remoción de sólidos gruesos y sólidos arenosos. Típicamente, los sólidos gruesos se remueven cribándolos con rejillas y los sólidos arenosos con sedimentación en un desarenador horizontal.

Ramalho, R. (2003) indica que los pre-tratamientos de aguas residuales implican la reducción de sólidos en suspensión o el acondicionamiento de las aguas residuales para su descarga bien en los receptores o para pasar a un tratamiento secundario a través de una neutralización u homogeneización.

Reynolds, K., (2002) indican que el pre-tratamiento es la remoción física de objetos grandes.

Según un autor Anónimo, (2006) el tratamiento preliminar o pre-tratamiento, es un proceso que se sitúa en cabecera y tiene como objetivo eliminar, de las aguas residuales, todos aquellos elementos de tamaño considerable que por su acción mecánica pueden afectar al funcionamiento del sistema depurador, así como las arenas y elementos minerales que puedan originar sedimentación a lo largo de las conducciones.

De igual manera indica que los pre-tratamientos pueden ser:

- **Desbaste.**

El desbaste mediante rejas es una operación sencilla pero llamativa, ya que en ella, se retienen los sólidos de gran tamaño.

- **Desarenado.**

El proceso de desarenado se utiliza para separar la arena arrastrada en suspensión por el afluente. Según el procedimiento el tipo de desarenador más común es el de flujo horizontal, que se realiza una separación natural por decantación.

## 2.6.2 Tratamiento Primario.

Valencia, G. (2007) explica que los tratamientos primarios que reciben las aguas residuales consisten principalmente en la remoción de sólidos suspendidos flocculantes bien mediante la sedimentación o floculación, en la neutralización de la acidez o alcalinidad excesivas y en la remoción de compuestos inorgánicos mediante la precipitación química.

El tratamiento primario tiene como objetivo principal remover aquellos contaminantes que pueden sedimentarse, como los sólidos sedimentables y algunos sólidos suspendidos o aquellos que pueden flotar como las grasas. (Anónimo, 2006)

Reynolds, K., (2002) establece que la deposición primaria se da por la sedimentación por gravedad de las partículas sólidas y contaminantes adheridos.

Según Salmerón, L. (s.f.) el tratamiento primario se utiliza para reducir aceites, grasas, arenas y sólidos gruesos. Este paso está enteramente hecho con maquinaria, de ahí conocido también como tratamiento mecánico. Las etapas que conforman este tratamiento pueden ser:

- **Remoción de Sólidos:** En este proceso el afluente es filtrado en cámaras de rejillas para eliminar todos los objetos grandes que son depositados en el sistema de alcantarillado, tales como trapos, barras, condones, compresas, tampones, latas, frutas, papel higiénico, etc. Éste es el usado más comúnmente mediante una pantalla rastrillada automatizada mecánicamente. Este tipo de basura se elimina porque esto puede dañar equipos sensibles en la planta de tratamiento de aguas residuales.
- **Remoción de Arena:** Esta etapa es también conocida como escaneo o maceración, realizado mediante un colector de arena, que incluye un canal de arena donde la velocidad de las aguas residuales es cuidadosamente controlada para permitir que la arena y las piedras de ésta tomen partículas, pero todavía se mantiene la mayoría del material orgánico con el flujo. Las piedras necesitan ser quitadas a tiempo en el proceso para prevenir daño en las bombas y otros equipos en las etapas restantes del tratamiento.



- **Tipos de Tratamiento Primario.**

### **A. Cribado.**

Según Ramalho, R. (2003) el cribado, también llamado desbrozo, se emplea en la reducción de los sólidos en suspensión de tamaño distintos. La distancia o las aberturas de las rejillas dependen del objeto de las mismas, y su limpieza se hace bien manualmente o mecánicamente. Los productos recogidos se destruyen bien por incineración, o se tratan por procesos de digestión anaerobia, o se dirigen directamente al vertedero.

De igual manera indica que las materias sólidas recogidas se suelen clasificar en finos y gruesos:

- **Finos:** Las rejillas de finos tienen una abertura de 5mm o menos, fabricadas de malla metálica o acero. El uso de esta rejilla no es muy común debido a los atascamientos y porque la mayoría de sólidos se eliminan por sedimentación.
- **Gruesos:** Las rejillas o cribas de grueso tienen aberturas que pueden oscilar entre los 4, 8 y 9 cm. Se usan como elementos de protección para evitar que sólidos grandes dimensiones dañen las bombas y otros equipos mecánicos.

Para De Vargas, L., (2005) explica que este proceso consiste en hacer pasar el agua a través de rejas o tamices, los cuales retienen los sólidos de tamaño mayor a la separación de las barras, como ramas, palos y toda clase de residuos sólidos. También está considerado en esta clasificación el microcernido, que consiste básicamente en triturar las algas reduciendo su tamaño para que puedan ser removidas mediante sedimentación.

Calderón, C., (2010) el cribado es un método que remueve, del agua residual, los contaminantes más voluminosos, ya sean flotantes o suspendidos. Las cribas se clasifican en función del tamaño de la partícula removida, como finas o gruesas. Una variante es la reducción de tamaño de la basura (desmenuzado). El cribado sirve como instrumento de protección del equipo electromecánico.

## **B. Sedimentación.**

Según Ramalho, R. (2003) se utiliza en los tratamientos de aguas residuales para separar sólidos en suspensión. La eliminación de las materias por sedimentación se basa en la diferencia de peso específico entre las partículas sólidas y líquido donde se encuentran, que acaba en el depósito de las materias en suspensión.

Se recurre a la sedimentación (también llamada decantación) porque la mayor parte de las sustancias en suspensión y disolución en las aguas residuales no pueden retenerse, por razón de su finura o densidad, en las rejillas y desarenadores. Por ello que es la separación de un sólido del seno de un líquido por efecto de la gravedad. La decantación se produce reduciendo la velocidad de circulación de las aguas residuales, con lo que el régimen de circulación se vuelve, cada vez, menos turbulento y las partículas en suspensión se van depositando en el fondo del sedimentador. (Anónimo, 2006)

La sedimentación consiste en la separación de los sólidos por gravedad se basa en la diferencia que existe entre los pesos específicos del líquido que es la fase continua y el de las partículas, las cuales constituyen la fase discreta. Para que se produzca la separación entre líquidos y sólidos pueden seguirse dos caminos:

- 1) Que aquellas partículas que tienen un peso específico mayor que el agua sedimenten.
- 2) Que aquellas otras con un peso específico menor que el del agua floten.

Para Calderón, C., (2010) los sedimentadores primarios generalmente se diseñan para tener un tiempo de retención hidráulico de 1 ½ a 2 ½ horas y una carga hidráulica de 32 a 50 m<sup>3</sup>/m<sup>2</sup>·d (0.37 y 0.58 mm/s). La carga hidráulica es el volumen de agua que pasará sobre la superficie horizontal del tanque en un día y este parámetro se equipará con la velocidad terminal de las partículas.

Existen dos tipos básicos de sedimentadores: los circulares y los rectangulares. El principio de funcionamiento es el mismo en ambas estructuras, pero se crearán las condiciones de movimiento suave y lento para que las partículas puedan depositarse en el fondo.

- **Tipos de Sedimentación.**

- 1) Sedimentación Discreta:**

Ramalho, R. (2003) indica que se trata de partículas que se depositan mantienen su individualidad, o sea no se somete aún proceso de coalescencia con otras partículas. Las propiedades físicas de las partículas (tamaño, forma, peso específico) no cambian durante el proceso. La deposición de partículas de arena en los desarenadores es un ejemplo de sedimentación discreta.

Valencia, G. (2007) se refiere a partículas discretas como aquellas que no alteran su tamaño, forma o peso específico durante el proceso de sedimentación, a partir de estas características se puede encontrar la velocidad de sedimentación de un partícula discreta.

- 2) Sedimentación con Floculación:**

Ramalho, R. (2003) establece que esta sedimentación se refiere a que la aglomeración de las partículas va acompañada de cambios de densidad y en la velocidad de sedimentación o precipitación. La sedimentación que se lleva a cabo en los clarificadores o sedimentadores primarios es un ejemplo de este proceso.

Se refiere a la sedimentación de partículas floculentas o aglomerables, que como su nombre lo indica, si alteran su tamaño, forma y peso específico durante la sedimentación. (Valencia, G., 2007)

- 3) Sedimentación por Zonas:**

Las partículas forman una especie de manta que sedimenta como una masa total presentando una interfase distinta con la fase líquida. (Ramalho, R., 2003)

Según Eizago, M., y Sánchez, G., (2012) indican que este tipo de sedimentación consta de las siguientes zonas: De entrada donde las partículas se encuentran en turbulencia, de decantación se mantienen inmóviles, de salida se mantienen tranquilas y de depósito de lodo, donde finalmente se acumula el lodo.

## C. Flotación.

Para Ramalho, R. (2003) la flotación es un proceso para separar sólidos de baja densidad o partículas líquidas de una fase líquida. La separación se lleva a cabo introduciendo un gas (normalmente aire) en la fase líquida, en forma de burbujas.

Continúa explicando que en el tratamiento de aguas residuales, la flotación se usa para lograr los siguientes objetivos:

- 1) Separación de grasas, aceites, fibras y otros sólidos de baja densidad de las aguas residuales.
- 2) Espesado de los lodos procedentes de los procesos de lodos activos.
- 3) El espesamiento de los lodos floculados químicamente resultantes de los tratamientos de coagulación química.

Según Calderón, C., (2010) los sólidos cuando tienen una densidad relativamente baja y son finos, pueden también ser separados como espuma o materia flotante. Para ello, se agrega aire al agua con materia en suspensión para provocar que burbujas de aire se adhieran al sólido y se eleven a la superficie.

De igual manera indica que la flotación por aire disuelto es una operación unitaria en la cual un gran número de micro-burbujas de aire se adhiere a las partículas y las elevan hasta la superficie del agua. Para crear las burbujas microscópicas (diámetros menores a 100  $\mu\text{m}$ ) se utilizan dos procedimientos:

**Agua de dispersión:** El agua se satura de aire en un tanque de alta presión (de 4 a 7  $\text{kg/cm}^2$ ), posteriormente la mezcla se inyecta en el tanque de flotación, que está a presión atmosférica. El aire se desprende de la mezcla formando burbujas diminutas que se adhieren a la materia en suspensión.

**Inyección de aire a presión:** En la succión de la bomba centrífuga que se usa para elevar el agua en la flotación por aire disuelto. Con este método, toda el agua que se tratará con la flotación por aire disuelto se presuriza a razón de 3 a 4 kilogramos por centímetro cuadrado.

## C. Neutralización.

Según Ramalho, R. (2003) el tratamiento de neutralización se utiliza normalmente en los siguientes casos que se presentan en la depuración de aguas residuales:

1. Antes de la descarga de aguas residuales en un medio receptor. La justificación para la neutralización es que la vida acuática es muy sensible a variaciones de pH fuera de un intervalo cercano a  $\text{pH} = 7$ .
2. Antes de la descarga de aguas residuales industriales al alcantarillado municipal. La especificación del pH de las descargas industriales en las alcantarillas se hace de forma frecuente. Es más económico hacer una neutralización de las corrientes de aguas residuales industriales antes de descargar en el alcantarillado municipal, que intentar hacer una neutralización de los mayores volúmenes de las aguas residuales mixtas combinadas domésticas e industriales.
3. Antes del tratamiento químico o biológico. Para los tratamientos biológicos, el pH del sistema se mantiene en un intervalo comprendido entre 6.5 y 8.5 para asegurar una actividad biológica óptima. El proceso biológico en sí mismo puede conseguir una neutralización y en cualquier caso tiene una capacidad tampón como resultado de la producción de  $\text{CO}_2$ , que da lugar a la formación de carbonatos y bicarbonatos en la solución.

Continúa explicando que los métodos para neutralización de aguas residuales incluyen:

- 1) **Homogeneización.** Consiste en mezclar las corrientes algunas de las cuales son ácidas y otras alcalinas, disponibles en la planta.
- 2) **Métodos de control directo de pH.** Que consisten en la adición de ácidos (o bases) para neutralizar las corrientes alcalinas o ácidas.

### **2.6.3 Tratamiento Secundario.**

Según Reynolds, K., (2002) este tratamiento es la digestión biológica usando lodos activados o filtros de goteo que fomentan el crecimiento de microorganismos.

El tratamiento secundario tiene como objetivo la eliminación de la materia orgánica biodegradable no sedimentable (materia orgánica finamente dividida y disuelta en el agua residual), junto a otros varios contaminantes. Básicamente, consiste en provocar el crecimiento de microorganismos que asimilan la materia orgánica, los cuales se reproducen y originan nuevos microorganismos insolubles que después son separados del flujo tratado como un fango destinado a una digestión definitiva o a la reutilización como enmienda del terreno. De hecho, se trata de una aplicación controlada de los sistemas naturales de autodepuración de las aguas, por lo que a este tipo de tratamiento se le llama tratamiento biológico. (Anónimo, 2006)

Oakley, S., y Salguero, L., (s.f.) definen el tratamiento secundario como la remoción de DBO soluble (disuelto), normalmente después del tratamiento primario. El tratamiento secundario puede ocurrir a través de procesos aeróbicos con la adición de oxígeno disuelto para satisfacer la DBO (por ejemplo, lodos activados), o de procesos anaeróbicos como en un reactor anaeróbico de flujo ascendente.

Metcalf y Eddy, 2004 citado por Olea, R., (2013) considera que este tratamiento consiste en los procesos biológicos que se encargan de eliminar la mayoría de materia orgánica biodegradable y sólidos suspendidos. Los sistemas más usados en el tratamiento secundario son los lodos activados, los filtros percoladores, las lagunas de estabilización, los bio-discos y los humedales.

Pérez, C., (2012) indica que el tratamiento secundario o tratamiento biológico se emplea para eliminar la contaminación orgánica disuelta. Se define como “tratamiento biológico con sedimentación secundaria u otro proceso”. El tratamiento biológico se realiza mediante microorganismos, que en condiciones aerobias atacan la materia orgánica presente en las aguas residuales transformándola en gases y materia celular, que posteriormente se separan por decantación.

Pérez, F. y Camacho, K., (2011) consideran que es el tratamiento biológico de la materia orgánica disuelta presente en el agua residual, transformándola en sólidos suspendidos que se eliminan fácilmente. El tratamiento secundario es designado para substancialmente degradar el contenido biológico de las aguas residuales que se derivan de la basura humana, basura de comida, jabones y detergentes.

De igual manera estos autores explican que este tratamiento requiere de las siguientes de las siguientes partes para llevarse a cabo:

- **Filtros de Desbaste:**

Los filtros de desbaste son utilizados para tratar particularmente cargas orgánicas fuertes o variables, típicamente industriales, para permitirles ser tratados por procesos de tratamiento secundario. Son filtros típicamente altos, filtros circulares llenados con un filtro abierto sintético en el cual las aguas residuales son aplicadas en una cantidad relativamente alta. El diseño de los filtros permite una alta descarga hidráulica y un alto flujo de aire.

- **Fangos Activos:**

Las plantas de fangos activos usan una variedad de mecanismos y procesos para usar oxígeno disuelto y promover el crecimiento de organismos biológicos que remueven substancialmente materia orgánica. También puede atrapar partículas de material y puede, bajo condiciones ideales, convertir amoniaco en nitrito y nitrato, y en última instancia a gas nitrógeno.

- **Camas filtrantes (camas de oxidación):**

Se utiliza la capa filtrante de goteo utilizando plantas más viejas y plantas receptoras de cargas más variables, las camas filtrantes son utilizadas donde el licor de las aguas residuales es rociado en la superficie de una profunda cama compuesta de coke (carbón, piedra caliza o fabricada especialmente de medios plásticos).

- **Placas rotativas y espirales:**

En algunas plantas pequeñas son usadas placas o espirales de revolvimiento lento que son parcialmente sumergidas en un licor. Se crea un flóculo biótico que proporciona el substrato requerido.

- **Reactor biológico de cama móvil:**

El reactor biológico de cama móvil (MBBR, por sus siglas en inglés) asume la adición de medios inertes en vasijas de fangos activos existentes para proveer sitios activos para que se adjunte la biomasa. Esta conversión hace como resultante un sistema de crecimiento. Las ventajas de los sistemas de crecimiento adjunto son:

- Mantener una alta densidad de población de biomasa.
- Incrementar la eficiencia del sistema sin la necesidad de incrementar la concentración del licor mezclado de sólidos.
- Eliminar el costo de operación de la línea de retorno de fangos activos.

- **Filtros aireados biológicos:**

Filtros aireados (o anóxicos) biológicos (BAF) combinan la filtración con reducción biológica de carbono, nitrificación o desnitrificación. El propósito doble de este medio es soportar altamente la biomasa activa que se une a él y a los sólidos suspendidos del filtro.

- **Reactores biológicos de la membrana:**

MBR es un sistema con una barrera de membrana semipermeable o en conjunto con un proceso de fangos. Esta tecnología garantiza la remoción de todos los contaminantes suspendidos y algunos disueltos.

- **Sedimentación Secundaria:**

El paso final de la etapa secundaria del tratamiento es retirar los flóculos biológicos del material de filtro y producir agua tratada con bajos niveles de materia orgánica y materia suspendida



## 2.6.4 Tratamiento Terciario.

Reynolds, K., (2002) define el tratamiento terciario como tratamiento químico (por ejemplo, precipitación, desinfección). También puede utilizarse para realizar los pasos del tratamiento primario.

Cuando los efluentes de una planta de tratamiento de aguas residuales de tipo secundario no cumplen con ciertos niveles de calidad se hace entonces necesario un tratamiento terciario o avanzado. Los objetivos del tratamiento terciario son eliminar la carga orgánica remanente de un tratamiento secundario, desinfectarla para eliminar microorganismos patógenos, eliminar color y olor indeseables, remover detergentes, fosfatos y nitratos residuales, que ocasionan espuma y eutrofización respectivamente. (Anónimo, 2006)

Según Metcalf y Eddy, 2004 citado por Olea, R., (2013) en el tratamiento avanzado o terciario se utilizan combinaciones adicionales de los procesos y operaciones unitarias para eliminar sólidos suspendidos y otros contaminantes tales como el nitrógeno y el fósforo que no se pueden remover con el tratamiento secundario. Sin el tratamiento terciario adecuado, la descarga de la planta podría seguir siendo un riesgo ambiental, por ejemplo, la falta de eliminación de nutrientes en una descarga a un cuerpo de agua puede promover o acelerar la eutrofización de dicho cuerpo receptor. Ejemplos del tratamiento terciario serían: el carbón activado, el intercambio iónico y la transferencia de gases.

Pérez, F. y Camacho, K., (2011) el tratamiento terciario proporciona una etapa final para aumentar la calidad del efluente al estándar requerido antes de que éste sea descargado al ambiente receptor (mar, río, lago, campo, etc.) Más de un proceso terciario del tratamiento puede ser usado en una planta de tratamiento. Si la desinfección se practica siempre en el proceso final, es siempre llamada pulir el efluente.

De igual manera Pérez, F. y Camacho, K., (2011) explican que el tratamiento terciario consta de los siguientes procesos:

### **Filtración.**

La filtración de arena remueve gran parte de los residuos de materia suspendida. El carbón activado sobrante de la filtración remueve las toxinas residuales.

### **Lagunaje.**

El tratamiento de lagunas proporciona el establecimiento necesario y fomenta la mejora biológica de almacenaje en charcos o lagunas artificiales. Se trata de una imitación de los procesos de autodepuración que somete un río o un lago al agua residual de forma natural. Estas lagunas son altamente aerobias y la colonización por los macrophytes nativos, especialmente cañas, se dan a menudo. Los invertebrados de alimentación del filtro pequeño tales como Daphnia y especies de Rotifera asisten grandemente al tratamiento removiendo partículas finas.

### **Tierras húmedas construidas.**

Las tierras húmedas construidas incluyen camas de caña y un rango similar de metodologías similares que proporcionan un alto grado de mejora biológica aerobia y pueden ser utilizados a menudo en lugar del tratamiento secundario para las comunidades pequeñas, también para la fitorremediación.

### **Remoción de nutrientes.**

Las aguas residuales poseen nutrientes pueden también contener altos niveles de nutrientes (nitrógeno y fósforo) que eso en ciertas formas puede ser tóxico para peces e invertebrados en concentraciones muy bajas (por ejemplo amoníaco) o eso puede crear condiciones insanas en el ambiente de recepción (por ejemplo: mala hierba o crecimiento de algas). Las malas hierbas y las algas pueden parecer ser una edición estética, pero las algas pueden producir las toxinas, y su muerte y consumo por las bacterias (decaimiento) pueden agotar el oxígeno en el agua y asfixiar los pescados y a otra vida acuática.

## **Desinfección.**

El propósito de la desinfección en el tratamiento de las aguas residuales es reducir substancialmente el número de organismos vivos en el agua que se descargará nuevamente dentro del ambiente. La efectividad de la desinfección depende de la calidad del agua que es tratada (por ejemplo: turbiedad, pH, etc.), del tipo de desinfección que es utilizada, de la dosis de desinfectante (concentración y tiempo), y de otras variables ambientales. El agua turbia será tratada con menor éxito puesto que la materia sólida puede blindar organismos, especialmente de la luz ultravioleta o si los tiempos del contacto son bajos. Generalmente, tiempos de contacto cortos, dosis bajas y altos flujos influyen en contra de una desinfección eficaz. Los métodos comunes de desinfección incluyen cloro, ozono, clorina y luz UV.

La desinfección con cloro sigue siendo la forma más común de desinfección de las aguas residuales, debido a su bajo historial de costo y del largo plazo de la eficacia. Una desventaja es que la desinfección con cloro del material orgánico residual puede generar compuestos orgánicamente clorados que pueden ser carcinógenos o dañinos al ambiente.

La luz ultravioleta (UV) se utiliza para dañar la estructura genética de las bacterias, virus, y otros patógenos, haciéndolos incapaces de la reproducción. Las desventajas dominantes de la desinfección UV son la necesidad del mantenimiento y del reemplazo frecuentes de la lámpara y la necesidad de un efluente altamente tratado para asegurarse de que los microorganismos objetivo no están blindados de la radiación UV (es decir, cualquier sólido presente en el efluente tratado puede proteger microorganismos contra la luz UV).

El ozono O<sub>3</sub> es generado pasando el O<sub>2</sub> del oxígeno con un potencial de alto voltaje resultando un tercer átomo de oxígeno y que forma O<sub>3</sub>. El ozono es muy inestable y reactivo y oxida la mayoría del material orgánico con que entra en contacto, de tal manera que destruye muchos microorganismos causantes de enfermedades. Una desventaja de la desinfección del ozono es el alto costo del equipo de la generación del ozono.

## **2.7 Planta de Tratamiento de Aguas Residuales de Constanza, Provincia La Vega.**

La planta de tratamiento inicio su construcción en el año 1989 y fue puesta en marcha en 1997. Fue construida como un sistema de recolección de las aguas residuales del alcantarillado sanitario de la comunidad de Constanza, por periodo de diseño de 30 años, trabajando por gravedad y con 1,549 conexiones.

Un informe realizado en 1993 por la división de estudio y diseño de plantas de tratamiento, indica que la planta se encontraba en un nivel de construcción de un 95% de su totalidad y que todo lo que se refiere a hormigones (simple y armado) estaba construido, restando solamente por colocar las compuertas y rejillas del aireador, así como las tuberías de distribución y el recolector de reactor anaeróbico.

En 1996 fue realizado otro informe donde se informaba que la planta no se encontraba interconectada al sistema debido a la falta de algunas piezas, faltando colectores secundarios por interconectar al colector principal. En el momento la zona más baja de la red se encontraba con registros tapados o semitapados por los cuales brotaba constantemente aguas residuales.

A raíz de este informe se realizó un operativo de limpieza, se interconecto la planta a la red de recolección, se colocaron los tramos de tuberías de la línea colectora secundaria, iniciándose así la terminación de la planta de tratamiento.

En 1997 la planta fue puesta en marcha, diseñada para tratar un caudal de 60.00 LPS, de tipo anaeróbica y compuestas por los siguientes elementos:

- Una Canaleta Parshall.
- Un Desarenador con Rejillas.
- Un reactor de 4 módulos (RAFA).
- Un sedimentador de alta tasa (2 módulos).
- Un lecho de secado de lodos o cieno (2 módulos).
- Dos espesadores de lodos.

## 2.8 Marco Conceptual.

- **Aguas Residuales:** Son las aguas que provienen del sistema de abastecimiento de agua de una población, después de haber sido modificadas por diversos usos en actividades domésticas, industriales y comunitarias. (Salmerón, L., s.f.)
- **Aguas Residuales Domésticas:** Son las que provienen de núcleos urbanos. Contienen sustancias procedentes de la actividad humana: alimentos, deyecciones, basuras, productos de limpieza y jabones. (Pérez, F. y Camacho, K., 2011)
- **Aguas Residuales Industriales:** Son las aguas residuales provenientes de las descargas de industrias de manufactura. (García, A., s.f.)
- **Aguas Residuales Municipales:** Son aquellas aguas residuales domesticas que pueden estar mezcladas con aguas de drenaje pluvial o con aguas residuales de origen industrial previamente tratadas, para ser admitidas en los sistemas de alcantarillados de tipo combinado. (OEFA, 2014)
- **Plantas de Tratamiento:** Es una instalación donde a las Aguas Residuales se les retiran los contaminantes, para hacer de ella un agua sin riesgos a la salud y/o medio ambiente al disponerla en un cuerpo receptor natural (mar, ríos o lagos).
- **Tratamiento Primario:** El tratamiento primario tiene como objetivo principal remover aquellos contaminantes que pueden sedimentarse, como los sólidos sedimentables y algunos solidos suspendidos o aquellos que pueden flotar como las grasas. (Anónimo, 2006)
- **Tratamiento Secundario:** El tratamiento secundario tiene como objetivo la eliminación de la materia orgánica biodegradable no sedimentable (materia orgánica finamente dividida y disuelta en el agua residual), junto a otros varios contaminantes. (Anónimo, 2006)
- **Tratamiento Terciario:** Es un tratamiento químico que consiste en desinfectar el agua residual, para eliminar microorganismos patógenos, eliminar color y olor indeseables, remover detergentes, fosfatos y nitratos residuales (Reynolds, K., 2002)

## 2.9 Marco Contextual.

### 2.9.1 Ubicación de la Planta de Tratamiento.

La investigación se llevó a cabo en la planta de tratamiento de aguas residuales ubicada en la calle Amado Peguero, Sector El Tornado, Constanza, la Vega.



**Figura 2:** Ubicación de la planta de tratamiento.

**Fuente:** Google Earth, (2016)

### 2.9.2 Población.

La población de la comunidad de Constanza según el último censo realizado en República Dominicana en el año 2010 es de 59,052 habitantes de los cuales 31,493 son hombres y 27,559 son mujeres.

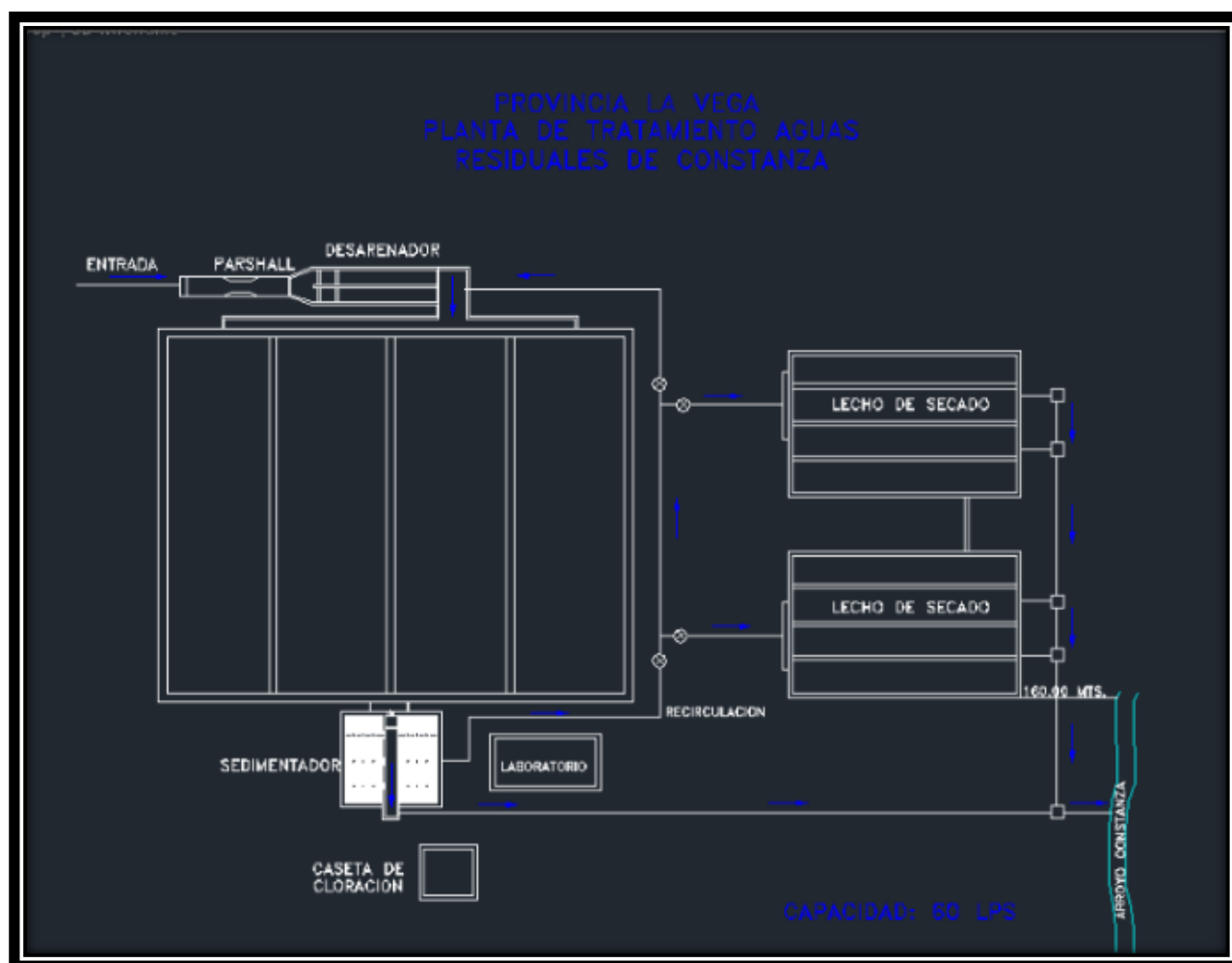
### 2.9.3 Condición Física de la Planta.

En la actualidad la planta de tratamiento de aguas residuales de Constanza, está en un estado total de abandono, no consta con un personal fijo de mantenimiento, ni de vigilancia, la condición es deplorable, la maleza ha crecido desproporcionalmente, el olor dentro de la planta es desagradable, la infraestructura por completo luce muy descuidada.

## 2.9.4 Reutilización de las Aguas Residuales.

En la actualidad los habitantes de la comunidad de Constanza improvisan conexiones en el canal de aguas efluentes de la planta de tratamiento, para reutilizar el agua residual en actividades domésticas y riego agrícola, lo cual constituye una cadena de contaminación, ya que el agua no está en condiciones óptimas para ser reutilizada. Los habitantes de la comunidad de Constanza no están conscientes de que las aguas no están siendo tratadas con un tratamiento terciario para ser reutilizadas.

## 2.9.5 Plano de la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales.



**Figura 3:** Plano Vista en Planta de la Planta de Tratamiento de Constanza.

**Fuente:** INAPA, 2016.

## **Capítulo III. Marco Metodológico.**

### **3.1 Enfoque de la investigación.**

El método cuantitativa de acuerdo con Hernández, Fernández y Baptista (2010) utiliza la recolección de datos para probar hipótesis, con base en la medición numérica y el análisis estadístico, para establecer patrones de comportamiento y probar teorías. Es secuencial y probatorio. Cada etapa precede a la siguiente y no podemos “brincar o eludir” pasos, el orden es riguroso, aunque es posible redefinir alguna fase. Parte de una idea, que va acotándose y, una vez delimitada, se derivan objetivos y preguntas de investigación, se revisa la literatura y se construye un marco o una perspectiva teórica. De las preguntas se establecen hipótesis y determinan variables; se desarrolla un plan para probarlas; se miden las variables en un determinado contexto; se analizan las mediciones obtenidas (con frecuencia utilizando métodos estadísticos), y se establece una serie de conclusiones respecto a las hipótesis.

De igual manera indican que en el enfoque cuantitativo los planteamientos a investigar son específicos y delimitados desde el inicio de un estudio. Además, las hipótesis se establecen previamente, esto es, antes de recolectar y analizar los datos.

Esta investigación se considera cuantitativa porque utiliza la recolección de datos para desarrollar la hipótesis con base en la medición numérica, fundamentándose en la medición, midiendo las variables o conceptos contenidos en las hipótesis, mediante procedimientos estandarizados.

### **3.2 Diseño de la Investigación.**

Según Hernández, Fernández y Baptista (2010) el diseño de estudio es un plan o estrategia que se desarrolla para obtener la información que se requiere para la investigación, en el enfoque cuantitativo, el investigador utiliza un diseño para analizar la certeza de la hipótesis formuladas en un contexto en particular o para aportar evidencia respecto a los lineamientos de la investigación.



El diseño de esta investigación es Experimental porque requiere la manipulación intencional de una acción para analizar sus posibles resultados, porque se mide el efecto de la variable independiente sobre la dependiente y se pretende establecer el posible efecto de una causa que se manipula, cumpliendo con el control o la validez interna de

### **3.3 Tipos de Investigación.**

#### **Según el análisis global.**

- **Investigación Aplicada.**

Una investigación aplicada es aquella que se fundamente en la resolución del problema. (Hernández, Fernández y Baptista, 2010)

Esta investigación se considera aplicada porque su objetivo estudiar una situación para diagnosticar necesidades y problemas a efectos de aplicar los conocimientos con fines prácticos.

#### **Según el objetivo.**

- **Descriptivo.**

De acuerdo a Danhke, 1989 (citado por Hernández, Fernández y Baptista, 2010), los estudios descriptivos “miden, evalúan o recolectan datos sobre diversos aspectos, dimensiones o componentes del fenómeno a investigar”. Esto con el fin de recolectar toda la información que obtengamos para poder llegar al resultado de la investigación.

Se considera como investigación descriptiva según Salkind, 1998 (citado por Bernal, C., 2010) aquella en que se reseñan las características o rasgos de la situación o fenómeno objeto de estudio.

Esta es una investigación descriptiva porque parte del objetivo de describir la situación del objeto de estudio, dígase, la planta de tratamiento de aguas residuales de Constanza, condiciones y características. Además se pone de manifiesto la estructura y el comportamiento de este fenómeno en estudio.

### **Según la recogida de datos.**

- **De Campo.**

De acuerdo con Vásquez, (2005) una investigación es de campo por el nivel de conocimiento científico (observación, descripción, explicación) al que espera llegar el investigador, se debe formular el tipo de estudio, es decir de acuerdo al tipo de información que espera obtener, así como el nivel de análisis que deberá realizar.

Esta investigación se considera de campo porque se efectúa en el lugar y tiempo en que ocurren los fenómenos objeto de estudio.

### **3.4 Procedimiento de la investigación.**

Según Hernández, Fernández y Baptista, (2010) en el procedimiento cuantitativo la recolección de los datos implica elaborar un plan detallado de procedimientos que nos conduzcan a reunir datos con un propósito específico.

Partiendo de la información proveída por estos autores evidenciamos que la recolección de información plasmada en esta investigación se realizó de la siguiente manera:

En primer lugar nos dirigimos a buscar información al Instituto Nacional De Agua Potable y Alcantarillado (INAPA), allí dentro de las oficinas, nos dirigimos al área de libre acceso a la información, luego pasamos a hablar con el Ingeniero Elvin Flamberg Peña a cargo del área de aguas residuales del INAPA, nos suministraron toda la información correspondiente sobre la planta de tratamiento desde su construcción hasta la actualidad.

Posteriormente acudimos a la Corporación del Acueducto y Alcantarillado de la Vega (CORAAVEGA) en la localidad de Constanza, allí nos asistió el Ing. Vicente Cabrera, donde se nos proporcionó una llave para poder tener acceso a la planta de tratamiento de aguas residuales para realizar el aforo y tomar las muestras de agua para realizar las pruebas de control de calidad correspondientes.

Luego de visitar estas instituciones, acudimos al Laboratorio de Control de Calidad del agua de INAPA, allí nos proporcionaron los envases para recolectar las muestras de agua residual, al siguiente día nos dirigimos hacia la planta de tratamiento de aguas residuales de Constanza para tomar las muestras ya antes mencionadas.

Recolectamos las muestras de agua requeridas para realizar las pruebas, nos dirigimos nuevamente al laboratorio de control de calidad de INAPA para depositar las muestras, las cuales fueron recibidas por la Sra. Inmaculada y luego de dos semanas nos entregaron los resultados arrojados por las muestras de agua.

Finalmente nos dirigimos a varios lugares como son: Aquatech, Isotec, Hidrotec, Ferretería Americana, entre otros, para proceder a realizar el presupuesto para rehabilitar la planta de tratamiento de Constanza.

### **3.5 Método de investigación.**

Según Bernal, C. (2010) el método hipotético-deductivo consiste en un procedimiento que parte de unas aseveraciones en calidad de hipótesis y busca refutar o falsear tales hipótesis, deduciendo de ellas conclusiones que deben confrontarse con los hechos.

Según Pascual, J., Frías D. y García, F. (1996) el método hipotético-deductivo es un proceso iterativo, es decir, que se repite constantemente, durante el cual se examinan hipótesis a la luz de los datos que van arrojando los experimentos. Si la teoría no se ajusta a los datos, se ha de cambiar la hipótesis, o modificarla, a partir de inducciones. Se actúa entonces en ciclos deductivos-inductivos para explicar el fenómeno que queremos conocer.

Esta investigación sigue el método hipotético- deductivo porque parte de hipótesis para luego ser comprobadas o refutadas a través de las conclusiones de la investigación.

## **3.6 Técnicas de Investigación.**

### **3.6.1 Pruebas Realizadas:**

Análisis físico-químico y bacteriológico de las aguas residuales de la planta de tratamiento objeto de estudio.

### **3.6.2 Observación Directa:**

Consiste en visitar el lugar objeto de estudio en este caso la planta de tratamiento de aguas residuales de Constanza, para a través de esta técnica tener la capacidad de describir y explicar la condición y funcionamiento actual de la misma, obteniendo datos adecuados y fiables.

### **3.6.3 Fuentes Documentales:**

Casares Hernández, et al., 1995 (citado por Bernal, C., 2010) expone que la técnica principal para desarrollar esta investigación son las fuentes documentales, tales como: documentos escritos (libros, periódicos, revistas, actas notariales, tratados y conferencias escritas), anotaciones y bitácora de campo, entre otras.

## **3.7 Análisis de los Datos.**

Para procesar los datos recolectados en esta investigación utilizarán tablas de porcentajes con base en la medición numérica, gráficas, debido a que es una manera más rápida, efectiva y sencilla de presentar los mismos. Se realizarán cálculos con fórmulas para medir las variables o conceptos contenidos en las hipótesis.

### 3.8 Presupuesto.

El presupuesto que fue necesario para llevar a cabo la investigación ascendió a RD\$16,440.00.

<b>Presupuesto de la Investigación</b>		
<b>Actividad</b>	<b>Moneda</b>	<b>Costo total</b>
Gastos de Transporte	RD\$	5,875
Pruebas Realizadas INAPA	RD\$	5,000
Impresiones y material Gastable	RD\$	3,787
Otros	RD\$	1,687
	Total RD\$	16,440

**Tabla 1:** Presupuesto para llevar a cabo la investigación.

**Fuente:** Propia, 2016.

## **Capítulo IV. Resultado y discusión.**

### **4.1 Presentación de Resultados.**

#### **Toma de Muestra.**

Nos dirigimos hacia la PTAR de Constanza con los recipientes dados por INAPA para recolectar las muestras de agua, primero a la entrada de la planta y luego a la salida de la misma, al tomar dichas pruebas seguimos una serie de recomendaciones, evitando alterar los resultados de las muestras, tales como: no rebosar los recipientes de agua, no agitarlos y colocar el recipiente en un ángulo de 45 grados, al momento de verter el agua para impedir que se produzcan burbujas.

Después de haber recolectado las muestras tanto en la entrada como a la salida de la planta de tratamiento, colocamos todos los envases en una nevera térmica llena de hielo, con el fin de que las muestras llegaran al laboratorio de INAPA con la temperatura adecuada de 5 grados Celsius, al entregarlas en el laboratorio cada muestra fue puesta por separado.

#### **Aforamiento.**

Para el aforamiento preparamos un cantillon con un tubo pvc 3/4" de diámetro y 1.20 metros de altura, este a su vez envuelto en una cinta marcada con medidas desde 0 hasta 70 cm, con la finalidad de poder leer la altura del tirante hidráulico.

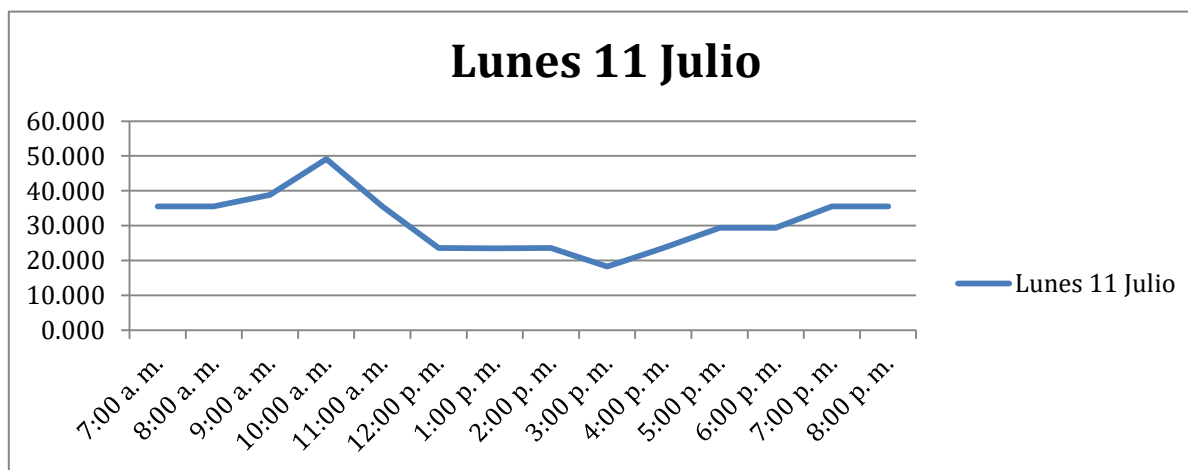
Después de esto procedimos a realizar nuestro aforamiento de 13 horas diarias, durante un periodo de 7 días, las lecturas del flujo de agua se realizaban cada una hora desde las 7:00 am hasta las 8:00 pm.

Al culminar el séptimo día procedimos a elaborar una tabla con toda la información recolectada del flujo de agua entrante a la PTAR, luego de esto calculamos los caudales: máximo horario, medio diario y mínimo horario, al igual que el caudal máximo entrante a la planta.

## Aforo día 1- Lunes 11 de Julio 2016.

Ha	Horas	Caudal (Q) lts/seg
0.17	7:00 a.m.	35.558
0.17	8:00 a.m.	35.558
0.18	9:00 a.m.	38.808
0.21	10:00 a.m.	49.130
0.17	11:00 a.m.	35.558
0.13	12:00 p.m.	23.588
0.13	1:00 p.m.	23.588
0.11	2:00 p.m.	18.268
0.11	3:00 p.m.	18.268
0.13	4:00 p.m.	23.588
0.15	5:00 p.m.	29.361
0.15	6:00 p.m.	29.361
0.17	7:00 p.m.	35.558
0.17	8:00 p.m.	35.558

**Tabla 2:** Aforo día 1. **Fuente:** Propia, 2016.



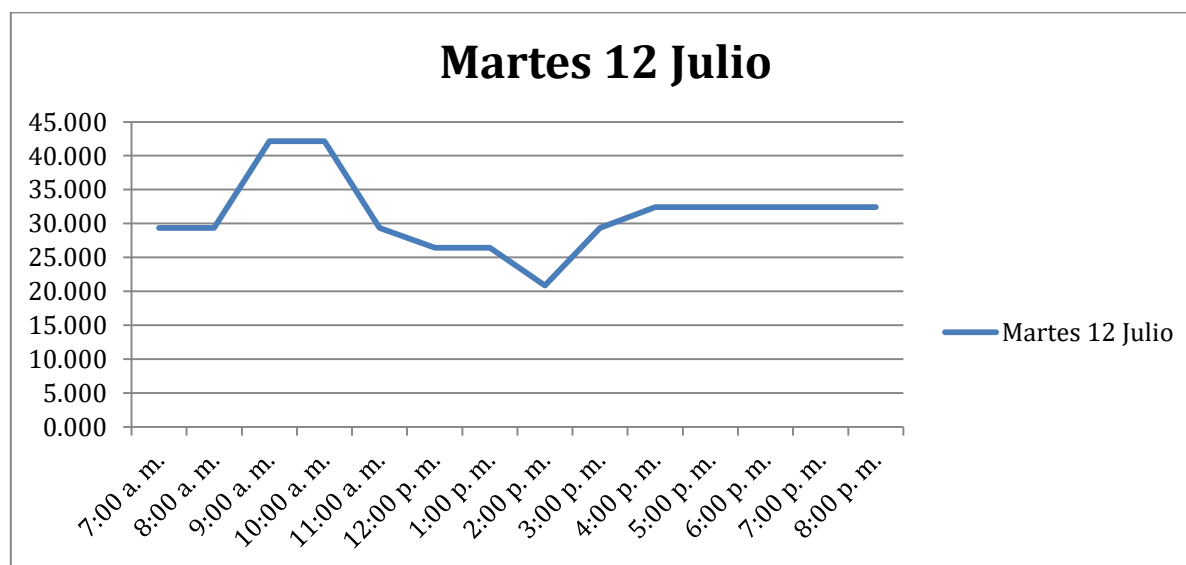
**Gráfico 1.** **Fuente:** Propia, Aforo, 2016

Según los datos obtenidos en la tabla 1 se evidenció que el mayor flujo de agua residual se generó a las 10:00a.m. con un caudal de 49.13 lts/seg y posteriormente disminuyó generándose un caudal mínimo de 18.268 lts/seg, aumentando nuevamente a partir de las 4:00p.m.

## Aforo día 2- Martes 12 de Julio 2016.

Ha	Horas	Caudal (Q) lts/seg
0.15	8:00 a. m.	29.361
0.19	9:00 a. m.	42.155
0.19	10:00 a. m.	42.155
0.15	11:00 a. m.	29.361
0.14	12:00 p. m.	26.420
0.14	1:00 p. m.	26.420
0.12	2:00 p. m.	20.869
0.15	3:00 p. m.	29.361
0.15	4:00 p. m.	29.361
0.16	5:00 p. m.	32.408
0.16	6:00 p. m.	32.408
0.16	7:00 p. m.	32.408
0.16	8:00 p. m.	32.408

**Tabla 3:** Aforo día 2. **Fuente:** Propia, 2016.



**Gráfico 2.** **Fuente:** Propia, Aforo, 2016.

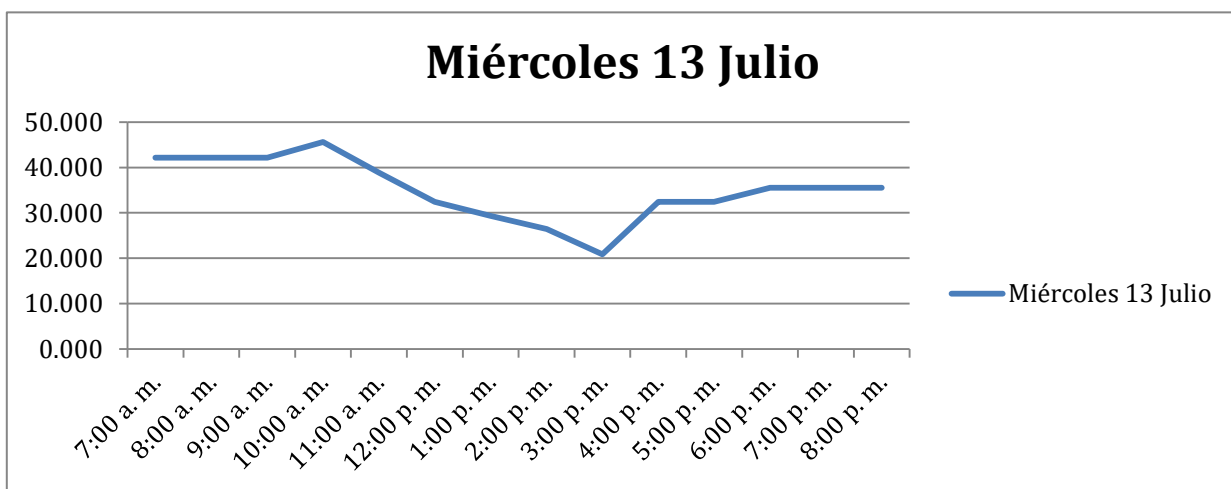
Según los datos obtenidos en la tabla 2 se obtuvo el mayor flujo de agua residual a las 09:00a.m. con un caudal de 42.155 lts/seg y a las 02:00p.m. se registró el caudal mínimo de 20.869 lts/seg.



### Aforo día 3- Miércoles 13 de Julio 2016.

Ha	Horas	Caudal (Q) lts/seg
0.19	7:00 a. m.	42.155
0.19	8:00 a. m.	42.155
0.19	9:00 a. m.	42.155
0.20	10:00 a. m.	45.596
0.18	11:00 a. m.	38.808
0.16	12:00 p. m.	32.408
0.15	1:00 p. m.	29.361
0.14	2:00 p. m.	26.420
0.12	3:00 p. m.	20.869
0.14	4:00 p. m.	26.420
0.16	5:00 p. m.	32.408
0.16	6:00 p. m.	32.408
0.17	7:00 p. m.	35.558
0.17	8:00 p. m.	35.558

**Tabla 4:** Aforo día 3. **Fuente:** Propia, 2016.



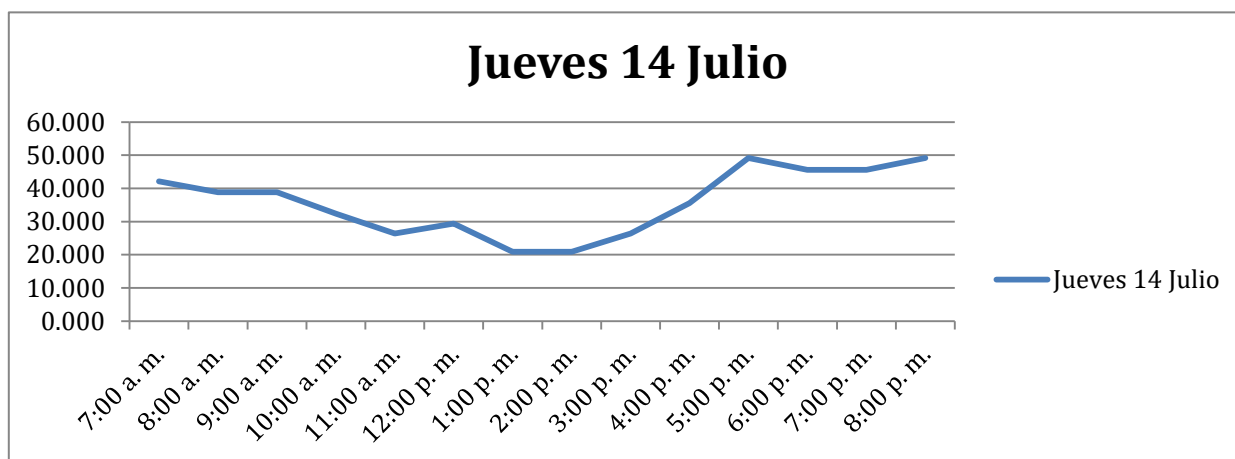
**Gráfico 3.** **Fuente:** Propia, Aforo, 2016.

Los resultados arrojados en la tabla 3 mostraron un caudal punta de agua residual de 45.59 lts/seg a las 10:00a.m., mientras que se obtuvo un caudal de base de 20.86 lts/seg a las 03:00p.m.

## Aforo día 4- Jueves 14 de Julio 2016.

Ha	Horas	Caudal (Q) Its/seg
0.19	7:00 a. m.	42.155
0.18	8:00 a. m.	38.808
0.18	9:00 a. m.	38.808
0.16	10:00 a. m.	32.408
0.14	11:00 a. m.	26.420
0.15	12:00 p. m.	29.361
0.12	1:00 p. m.	20.869
0.12	2:00 p. m.	20.869
0.14	3:00 p. m.	26.420
0.17	4:00 p. m.	35.558
0.21	5:00 p. m.	49.130
0.20	6:00 p. m.	45.596
0.20	7:00 p. m.	45.596
0.20	8:00 p. m.	45.596

**Tabla 5:** Aforo día 4. **Fuente:** Propia, 2016.



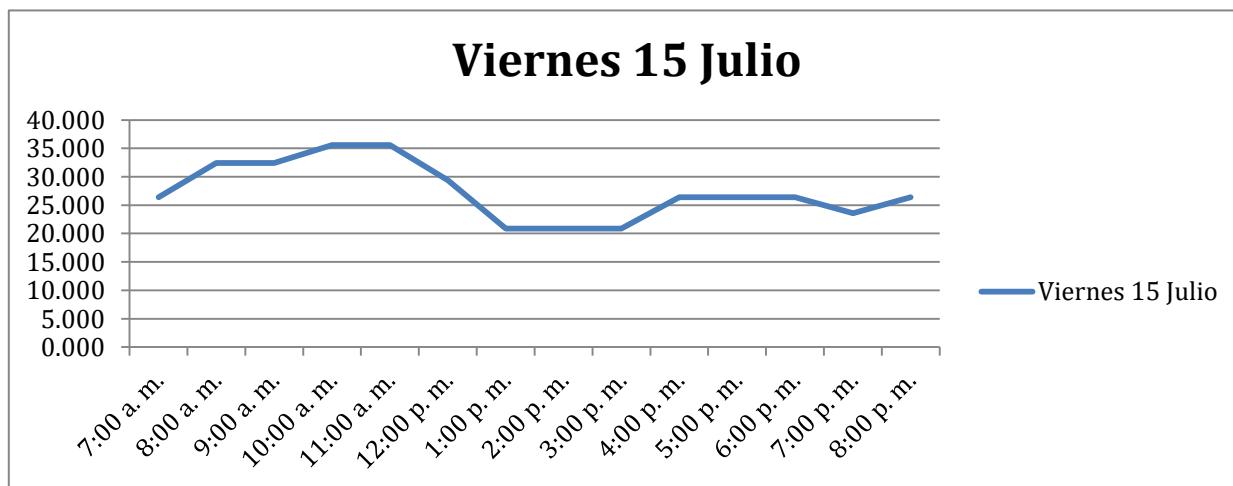
**Gráfico 4.** **Fuente:** Propia, Aforo, 2016.

Los resultados obtenidos en la tabla 4 muestran un caudal punta de agua residual de 45.596 Its/seg a las 6:00p.m. y se mantuvo constante hasta las 8:00p.m., mientras que se obtuvo un caudal de base de 20.86 Its/seg a las 01:00p.m.

**Aforo día 5- Viernes 15 de Julio 2016.**

Ha	Horas	Caudal (Q) Its/seg
0.14	7:00 a. m.	26.420
0.16	8:00 a. m.	32.408
0.16	9:00 a. m.	32.408
0.17	10:00 a. m.	35.558
0.17	11:00 a. m.	35.558
0.15	12:00 p. m.	29.361
0.12	1:00 p. m.	20.869
0.12	2:00 p. m.	20.869
0.12	3:00 p. m.	20.869
0.14	4:00 p. m.	26.420
0.14	5:00 p. m.	26.420
0.14	6:00 p. m.	26.420
0.13	7:00 p. m.	23.588
0.14	8:00 p. m.	26.420

**Tabla 6:** Aforo día 5. **Fuente:** Propia, 2016.



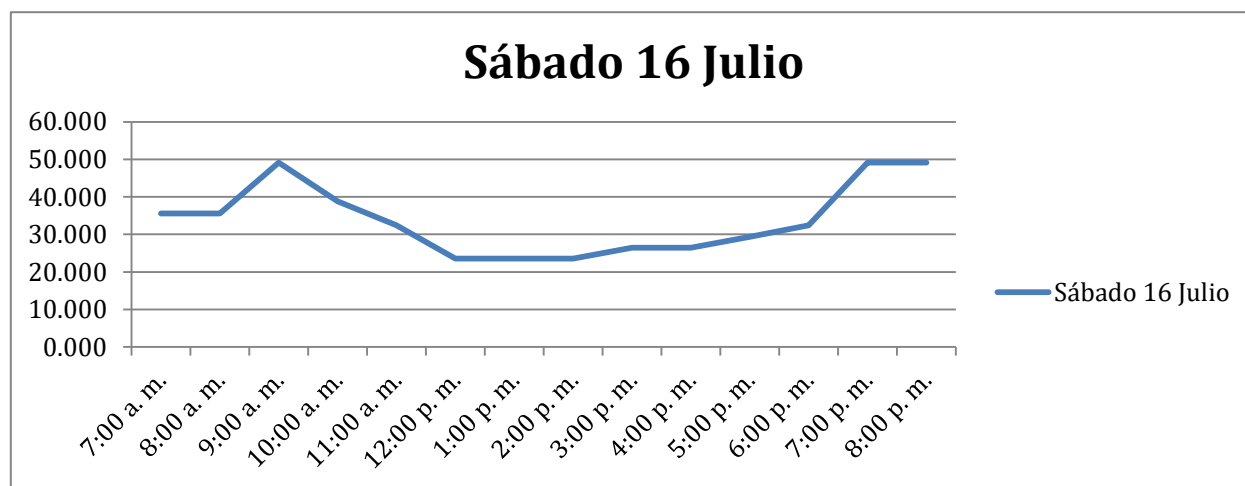
**Gráfico 5.** **Fuente:** Propia, Aforo, 2016.

En la tabla 5 podemos observar que el mayor flujo de agua residual se generó de 49.13lts/seg a las 5:00p.m., mientras que se obtuvo un flujo mínimo de aguas residuales de 20.86 lts/seg a las 01:00p.m.

## Aforo día 6- Sábado 16 de Julio 2016.

Ha	Horas	Caudal (Q) lts/seg
0.17	7:00 a. m.	35.558
0.17	8:00 a. m.	35.558
0.21	9:00 a. m.	49.130
0.18	10:00 a. m.	38.808
0.16	11:00 a. m.	32.408
0.13	12:00 p. m.	23.588
0.13	1:00 p. m.	23.588
0.13	2:00 p. m.	23.588
0.14	3:00 p. m.	26.420
0.14	4:00 p. m.	26.420
0.15	5:00 p. m.	29.361
0.16	6:00 p. m.	32.408
0.21	7:00 p. m.	49.130
0.21	8:00 p. m.	49.130

**Tabla 7:** Aforo día 6. **Fuente:** Propia, 2016.



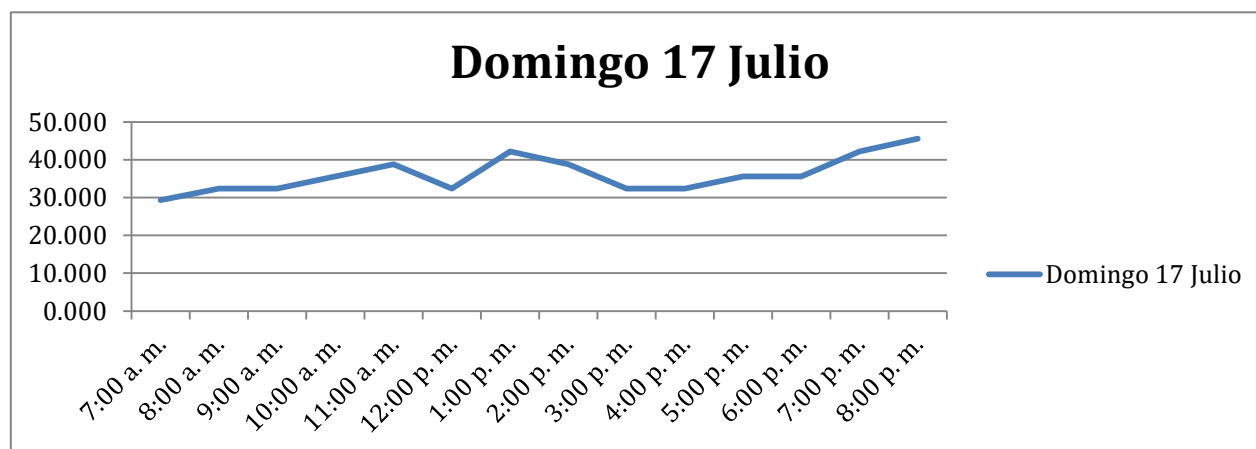
**Gráfico 6.** **Fuente:** Propia, Aforo, 2016.

En la tabla 6 se registró un caudal máximo de agua residual de 49.13lts/seg a las 9:00a.m., y disminuyo a las 12:00p.m. con un caudal mínimo de aguas residuales de 23.58 lts/seg, incrementando nuevamente a las 7:00p.m. con un nivel de 49.13 lts/seg.

## Aforo día 7- Domingo 17 de Julio 2016.

Ha	Horas	Caudal (Q) lts/seg
0.15	7:00 a. m.	29.361
0.16	8:00 a. m.	32.408
0.16	9:00 a. m.	32.408
0.17	10:00 a. m.	35.558
0.17	11:00 a. m.	35.558
0.16	12:00 p. m.	32.408
0.19	1:00 p. m.	42.155
0.18	2:00 p. m.	38.808
0.16	3:00 p. m.	32.408
0.16	4:00 p. m.	32.408
0.16	5:00 p. m.	32.408
0.16	6:00 p. m.	32.408
0.19	7:00 p. m.	42.155
0.20	8:00 p. m.	45.596

**Tabla 8:** Aforo día 7. Fuente: Propia, 2016.

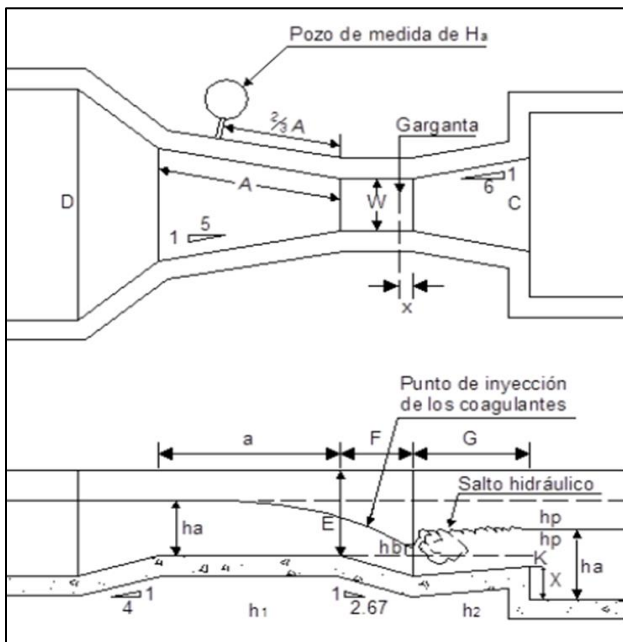


**Gráfico 7.** Fuente: Propia, Aforo, 2016.

En la tabla 7 se obtuvo un caudal mínimo de aguas residuales de 29.36 lts/seg a las 7:00a.m, mientras se registró un caudal máximo de agua residual de 45.596 lts/seg a las 8:00p.m. Se destaca que según los resultados arrojados en esta tabla, este fue el día en que se generó más agua residual.

Posterior al aforamiento realizado a la planta de tratamiento de agua residual de Constanza, a través del cual se obtuvo la altura del tirante hidráulico en una posición dada aguas arriba de la garganta de la canaleta parshall ( $h_a$ ), se realiza el cálculo del caudal entrante para establecer las condiciones hidráulicas de entrada actual de la planta, con la siguiente fórmula, en donde  $W$  corresponde al ancho de la garganta de la canaleta parshall,  $K$  y  $n$  corresponden a constantes que dependen de las dimensiones del canal y que se determinan con la tabla de Unidades Métricas:

$$Q = K h a^n$$



**Figura 4:** Garganta de la Canaleta de Parshall.  
**Fuente:** UNAD, s.f.

Unidades Métricas		
W	K	n
3"	0.176	1.547
6"	0.381	1.580
9"	0.535	1.530
1'	0.690	1.522
1 1/2'	1.054	1.538
2'	1.426	1.550
3'	2.182	1.566
4'	2.935	1.578
5'	3.728	1.587
6'	4.515	1.595
7'	5.306	1.601
8'	6.101	1.606

**Tabla 9:** Unidades Métricas.

**Fuente:** Hidráulica de Canales Abiertos, Ven te Chow, 1994.

### 1) Caudal Máximo Horario:

$$Q_{\text{máx/h}} = K h a^n$$

$$Q_{\text{máx/h}} = 0.535(0.21)^{1.530}$$

$$Q_{\text{máx/h}} = 0.049 \text{ m}^3/\text{s}$$

Conversión:

$$1 \text{ m}^3 \rightarrow 1000 \text{ litros}$$

$$0.049 \text{ m}^3/\text{s} \rightarrow 49 \text{ litros/s}$$

$$Q_{\text{máx/h}} = 49 \text{ litros/s}$$

Se calculó el caudal máximo horario con el fin de determinar si sobrepasa la capacidad de diseño de la planta el cual corresponde a 60 lts/seg.

## 2) Caudal Mínimo Horario:

$$Q_{\text{mín/h}} = K_h a^n$$

$$Q_{\text{mín/h}} = 0.535(0.11)^{1.530}$$

$$Q_{\text{mín/h}} = 0.018 \text{ m}^3/\text{s}$$

$$1 \text{ m}^3 \rightarrow 1000 \text{ litros}$$

$$0.018 \text{ m}^3/\text{s} \rightarrow 18.26 \text{ litros/s}$$

$$Q_{\text{mín/h}} = 18.26 \text{ litros/s}$$

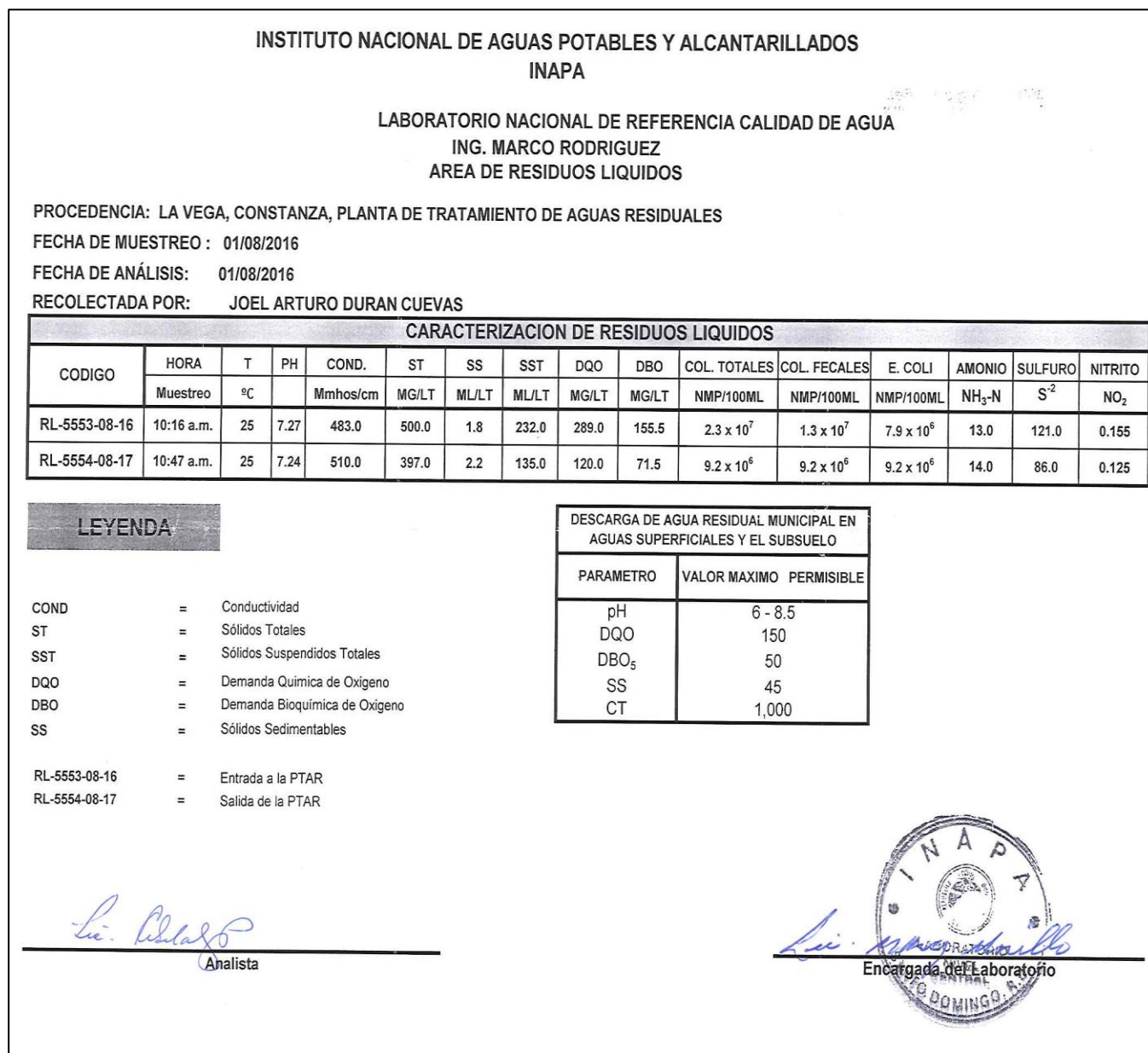
Se calculó el caudal mínimo horario con el fin de determinar de evaluar cuál es el caudal mínimo que recibe la planta de tratamiento residual en una semana.

## 3) Caudal Medio Diario:

$$Q_{\text{md}} = 32.795 \text{ lts/seg}$$

Se calculó el caudal medio diario con el fin de determinar cuál es el caudal diario que maneja la planta de tratamiento de aguas residuales.

Para determinar los parámetros físicos, químicos y bacteriológicos de las aguas residuales del afluente y del efluente de la planta de tratamiento de aguas residuales de Constanza, se realizaron pruebas en el laboratorio del Instituto Nacional de Aguas Potables y Alcantarillados (INAPA), las cuales son establecidas por la Secretaria de Medio Ambiente y Recursos Naturales de la República Dominicana según la Norma Ambiental sobre Calidad del Agua y Control de Descargas, (2003) como una exigencia para evitar la contaminación ambiental y los brotes de enfermedades.



**Figura 5:** Resultados parámetros físicos, químicos y bacteriológicos.  
**Fuente:** INAPA, 2016.



Con el fin de identificar el estado actual de la planta de tratamiento de aguas residuales de Constanza, en primer lugar se compararon los resultados obtenidos en los parámetros que corresponden al efluente de la planta de tratamiento con los valores permisibles Norma Ambiental sobre Calidad del Agua y Control de Descargas de la República Dominicana.

PARÁMETROS	UNIDAD	RESULTADO	VALORES PERMISIBLES
PH	-	7.24	6 – 9
SS	ML/LT	2.2 ML/LT	40
SST	ML/LT	135 ML/LT	150
DQO	MG/LT	120 MG/LT	130
DBO	MG/LT	71.5 MG/LT	35
COL. TOTALES	NMP/100ML	9.2 X10 <sup>6</sup> NMP/100ML	1000
COL. FECALES	NMP/100ML	9.2 X10 <sup>6</sup> NMP/100ML	1000
AMONIO	-	14	10
NITRITO	-	0.125	10
E. COLI	NMP/100ML	9.2 X10 <sup>6</sup> NMP/100ML	1000

**Tabla 10:** Comparación de los resultados del efluente de la PTAR con la Norma sobre Calidad del Agua y Control de Descargas.

**Fuente:** Secretaria de Estado de Medio Ambiente y Recursos Naturales, 2003.

Según los resultados comparativos arrojados por la tabla 9 los siguientes parámetros son los que cumplen con Norma Ambiental sobre Calidad del Agua y Control de Descargas de la República Dominicana: PH, Sólidos Sedimentables (SS), Solidos Suspendidos Totales (SST), Demanda Química de Oxígeno (DQO) y Nitrito, mientras que los que no cumplen con las normas establecidas son: Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO), Coliformes Totales, Coliformes Fecales, Amonio y E. Coli.

En segundo lugar buscando determinar el estado actual de la planta de tratamiento de aguas residuales de Constanza, se calculó la eficiencia de depuración con la que trabaja, tomando el grado de eficiencia, lo cual permite evaluar la capacidad de rendimiento de los procesos o parte de ellos, midiendo su confiabilidad, su rentabilidad y la eficiencia de operaciones específicas para determinar el resultado de la capacidad real del tratamiento.

**Fórmula:**

$$\% \text{ Ef} = \frac{(\text{Ve}-\text{Vs})}{\text{Ve}} \times 100\%$$

$$\begin{aligned} \text{Ve} &= \text{Valor de entrada} \\ \text{Vs} &= \text{Valor de salida} \end{aligned}$$

- 1)  $\text{PH} = \frac{(7.27 - 7.24)}{7.27} \times 100 = 0.4126\%$
- 2)  $\text{Cond} = \frac{(483.0 - 510)}{483} \times 100 = -5.5900\%$
- 3)  $\text{ST} = \frac{(500 - 397)}{500} \times 100 = 20.6\%$
- 4)  $\text{SS} = \frac{(1.8 - 2.2)}{1.8} \times 100 = -22.222\%$
- 5)  $\text{SST} = \frac{(232 - 135)}{232} \times 100 = 41.81\%$
- 6)  $\text{DQO} = \frac{(289 - 190)}{289} \times 100 = 58.4775\%$
- 7)  $\text{DBO} = \frac{(155.5 - 71.5)}{155.5} \times 100 = 54.0193\%$
- 8)  $\text{COL.TOTALES} = \frac{(2.3 \times 10^7 - 9.2 \times 10^6)}{2.3 \times 10^7} \times 100 = 60\%$
- 9)  $\text{COL.FECALES} = \frac{(1.3 \times 10^7 - 9.2 \times 10^6)}{1.3 \times 10^7} \times 100 = 29.23\%$
- 10)  $\text{E.COLI} = \frac{(7.9 \times 10^6 - 9.2 \times 10^6)}{7.9 \times 10^6} \times 100 = -16.155\%$

$$11) \text{ AMONIO} = \frac{(13.0 - 14)}{13.0} \times 100 = -7.629\%$$

$$12) \text{ SULFURO} = \frac{(121 - 86)}{121} \times 100 = 28.925\%$$

$$13) \text{ NITRITO} = \frac{(0.155 - 0.125)}{0.155} \times 100 = 19.354\%$$

Según los datos obtenidos anteriormente el cálculo de la eficiencia en sentido general arroja valores muy por debajo de lo requerido, lo cual indica que hay parámetros del agua residual tratada por la planta de Constanza que a pesar de estar siendo depurados y cumpliendo con la Norma Ambiental sobre Calidad del Agua y Control de Descargas de la República Dominicana, no están siendo depurados de manera eficiente, puesto que según lo establecido la eficiencia en cada parámetro debe estar sobre un 80%.

Por otro lado se obtuvieron cuatro parámetros que arrojan resultados negativos, indicando que se produjo un aumento en los valores del efluente de los siguientes parámetros: conductividad, sólidos sedimentables, E. Coli y amonio, ya que al entrar a la planta muestran resultados más favorables que a su salida, por lo que se establece que no cumplen con la eficiencia requerida.

## 4.2 Conclusiones

- Se calculó el caudal máximo horario en el afluente el cual corresponde a 49lts/seg, lo cual indica que no sobrepasa la capacidad de diseño de la planta de tratamiento de aguas residuales de Constanza que corresponde a 60lts/seg, según su ficha técnica.
- Se determinó que los parámetros: PH, Sólidos Sedimentables (SS), Solidos Suspendidos Totales (SST), Demanda Química de Oxígeno (DQO) y Nitrito son los que cumplen con la Norma Ambiental sobre Calidad del Agua y Control de Descargas.
- Se comprobó que la Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO), los Coliformes Totales, los Coliformes Fecales, el Amonio y la E. Coli, no cumple con la Norma Ambiental sobre Calidad del Agua y Control de Descargas.
- Se identificó que debido a que la planta no está generando procesos de aireación en los procesos biológicos, se observó un aumento en los valores de los parámetros: Conductividad, Sólidos Sedimentables, E. Coli y Amonio, indicando que no cumple con la eficiencia requerida.
- Se evidenció que a pesar de que la planta de tratamiento cumple con la mayoría de los parámetros establecidos, no está depurando el agua residual con la eficiencia requerida, lo que indica que no está funcionando correctamente.
- Se determinó que la planta de tratamiento de aguas residuales de Constanza necesita rehabilitación de la parte física, ya que se encuentra en un estado deplorable de total abandono.
- Se identificó que los habitantes de la comunidad El Chorro de Constanza, reutilizan el agua residual efluente de la planta de tratamiento, las cuales no están aptas para estos usos porque no tienen el tratamiento requerido.
- Se demostró que con la rehabilitación de la planta de tratamiento de Constanza se disminuiría el nivel de contaminación de las aguas vertidas y las mismas podrían ser reutilizadas.

### 4.3 Recomendaciones.

- Proponer el uso de equipos de muestreo automático para tomar la medición continua del flujo entrante, registrando toda la información pertinente del muestreo en un sistema computarizado.
- Sugerir a Corporación de Acueductos y Alcantarillados de la Vega (Coravega) llevar un control de rutina de las pruebas, tomando las muestras en un lapso corto de tiempo, para determinar si los parámetros que se encuentra bien continúan cumpliendo con la normas.
- Abastecer la planta de tratamiento con aireadores mecánicos con el objetivo de aumentar la capacidad de oxidación en los reactores y reducir la DBO.
- Efectuar procesos de desinfección con cloro para reducir las colonias de coliformes totales y fecales en el efluente de la planta de tratamiento.
- Plantear el uso de un desnitrificador para reducir los niveles de amonio (sub-producto del nitrógeno).
- Elaborar una propuesta de mantenimiento trimestral para que la planta de tratamiento de aguas residuales de Constanza, para conservar un funcionamiento óptimo y eficaz.
- Proponer la contratación de personal fijo en la planta de tratamiento, para dar soporte en el manejo de los componentes manuales de planta, tales como: las rejillas, las bombas y la limpieza en general, componentes que influyen directamente en la eficiencia de la planta.
- Sugerir sea incorporado a la planta un tratamiento terciario donde se trate la parte de desinfección de las aguas residuales, obteniendo así la calidad adecuada para el reuso.
- Proponer investigaciones más profundas sobre la rehabilitación de Plantas de Tratamiento de agua residual, logrando obtener mayor información acerca de la problemática y sus soluciones.

## Bibliografía

Álvarez, A., (2015) *Los protozoos. Características generales y su rol como agentes patógenos.* Recuperado el 3 de Noviembre de 2015 de <http://www.biblioteca.unlpam.edu.ar/pubpdf/revet/n08a06alvarez.pdf>

Anónimo, (2006) *Naturaleza de las Aguas Residuales Domesticas y su tratamiento.* Recuperado el 7 de Agosto de 2006 de [http://www.biblioteca.udep.edu.pe/bibvirudep/tesis/pdf/1\\_135\\_183\\_88\\_1242.pdf](http://www.biblioteca.udep.edu.pe/bibvirudep/tesis/pdf/1_135_183_88_1242.pdf)

Anónimo, (2007) *Análisis de las Aguas.* Recuperado el 16 de Octubre de 2007 de [http://www.upct.es/~minaees/analisis\\_aguas.pdf](http://www.upct.es/~minaees/analisis_aguas.pdf)

Anónimo, (2008) *Determinación automática de cianuro libre y total en agua y efluentes.* Recuperado en Diciembre 2008 de <https://www.notijenck.com.ar/aplicaciones/determinacion-automatica-de-cianuro-libre-y-total-en-agua-y-efluentes/>

Anónimo, (2008) *Subproductos de la desinfección.* Recuperado el 17 de Junio de 2008 de [http://www.elaguapotable.com/subproductos\\_de\\_la\\_desinfeccion.htm](http://www.elaguapotable.com/subproductos_de_la_desinfeccion.htm)

Arce, A., Calderon, C. y Tomasini, A. (2007) *Serie Autodidáctica de Medición de la Calidad del Agua.* Instituto Mexicano de la Tecnología del Agua, (IMTA). Recuperado el 21 de Septiembre de 2007 de [http://www.bvsde.paho.org/bvsacd/cd67/fundamentos\\_tecnicos.pdf](http://www.bvsde.paho.org/bvsacd/cd67/fundamentos_tecnicos.pdf)

Aznar, A., (2000) *Determinación de los parámetros físico-químicos de calidad de las aguas.* Recuperado el 10 de agosto de 2016 de <http://ocw.uc3m.es/ingenieria-quimica/ingenieria-ambiental/otros-recursos-1/OR-F-001.pdf>

Bernal, C. (2010) *Metodología de la Investigación.* Administración, economía, humanidades y ciencias sociales (3ra Ed.). Colombia. PEARSON

Calderón, C., (2010) *Identificación y descripción de sistemas primarios para el tratamiento de aguas residuales.* Recuperado el 20 de Agosto 2010 de [http://www.conagua.gob.mx/conagua07/noticias/sistemas\\_primarios.pdf](http://www.conagua.gob.mx/conagua07/noticias/sistemas_primarios.pdf)

Carrillo, J., (2006) *La dureza del agua*. Recuperado el 01 de Julio de 2006 de <http://www.monografias.com/trabajos37/dureza-agua/dureza-agua.shtml>

Cubillos, A., (s.f.) *Parámetros y Características de las Aguas Residuales*. Centro Panamericano de Ingeniería Sanitaria y Ciencias del Ambiente. Lima, Perú.

Del Rio, M. y Luna, J., (2007) *Determinación de metales pesados en agua residuales proceso de Galvanoplastia*. Recuperado el 22 de Julio de 2007 de <http://www.estrucplan.com.ar/articulos/verarticulo.asp?IDArticulo=1533>

De Vargas, L., (2005) *Procesos Unitarios y Plantas de Tratamiento*. Recuperado el 7 de Marzo de 2005 de <http://www.bvsde.paho.org/bvsatr/fulltext/tratamiento/manualI/tomoI/tres.pdf>

División de Toxicología ToxFaQs (2003) *Níquel*. Recuperado en Septiembre 2003 de [http://www.cvs.saude.sp.gov.br/up/140\)N%C3%8DQUEL.pdf](http://www.cvs.saude.sp.gov.br/up/140)N%C3%8DQUEL.pdf)

Eisaga, M., y Sánchez, G., (2012) *Sedimentación*. Recuperado el 1 de marzo de 2012 de <http://es.slideshare.net/gjra1982/sedimentacin-11825352>

Enciclopedia Tareas, (2016) *Características de las Aguas Residuales*. Recuperado el 27 de Julio de 2016 de <http://www.encyclopediadetareas.net/2015/04/caracteristicas-de-las-aguas-residuales.html#sthash.CCoUnk66.dpbs>

García, A. (s.f.) *TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES*. UNAD. Recuperado el 31 de Julio de 2016 de <https://scholar.google.com.do/scholar?hl=es&q=aguas+residuales&btnG=&lr>

Grefa, L., (2013) *Rediseño de la planta de tratamiento de aguas residuales - Centro de faenamiento municipal de ganado de Orellana*. Escuela Superior Politécnica de Chimborazo. Riomana, Ecuador.

Guzmán, A., De la Rosa, S. (2015) *Rediseño de la Planta de tratamiento de aguas residuales del Sector Los Americanos, Los Alcarrizos*. Universidad Nacional Pedro Henríquez Ureña (UNPHU).

Hernández Sampieri, R., Fernández, C., Baptista, P. (2010) *Metodología de la Investigación*. (5ta Ed.). México, D.F., México: McGraw Hill Interamericana

Hernández, K., (2010) *Radiactividad*. Teoría y estructura atómica. Sus usos y aplicaciones. Recuperado el 28 de Julio de 2010 de <http://www.monografias.com/trabajos16/radiactividad/radiactividad.shtml>

López, M., (s.f.) *La contaminación del agua con cromo*. Recuperado el 11 de agosto de 2016 de <http://www.aguasresiduales.info/revista/blog/contaminacion-del-agua-con-cromo>

Martinez, J., Mendoza, M., Martinez, R., (s.f.) *Adsorción de cadmio de agua residual en suelo*. Evaluación experimental. Recuperado el 11 de agosto de 2016 de <https://www.google.com.do/webhp?sourceid=chromeinstant&ion=1&espv=2&ie=UTF-8#q=cadmio+en+el+agua+residual>

Mendoza, A., (2004) *Validación de Aceites y Grasas en aguas residuales*. Recuperado en Diciembre 2004 de [http://biblioteca.itson.mx/dac\\_new/tesis/131\\_ana\\_mendoza.pdf](http://biblioteca.itson.mx/dac_new/tesis/131_ana_mendoza.pdf)

Oakley, S., y Salguero, L., (s.f.) *Tratamiento de Aguas Residuales Domésticas en Centroamérica Un Manual de Experiencias, Diseño, Operación y Sostenibilidad*. Recuperado el 14 de Agosto de 2016 de [http://tratamiento%20aguas%20residuales%20\(RESUMIDO\).pdf](http://tratamiento%20aguas%20residuales%20(RESUMIDO).pdf)

Olea, R., (2013) *Evaluación de la planta de tratamiento de aguas residuales del municipio de Coatepec, Veracruz*. Recuperado el 14 de Junio de 2013 de <https://core.ac.uk/download/files/605/18317654.pdf>

Organización Mundial de la Salud (ONG) (2004) *El uso de aguas residuales*. Recuperado en 2004 de [http://www.who.int/water\\_sanitation\\_health/wastewater/es/](http://www.who.int/water_sanitation_health/wastewater/es/)

Organización Mundial de la Salud, (2015) *Intoxicación por plomo y salud*. Recuperado el 01 de Agosto de 2015 de <http://www.who.int/mediacentre/factsheets/fs379/es/>



Otiniano, M., Tuesta, L., Robles, H., Lujan, M. y Chávez, M. (2007) *Biorremediación de cromo VI de aguas residuales de curtiembres por Pseudomonas sp y su efecto sobre el ciclo celular de Allium cepa*. Recuperado el 30 de Abril de 2007 de <http://sisbib.unmsm.edu.pe/BVRevistas/rmv/v04n1/pdf/a04v4n1.pdf>

Pascual, J., Frías D. y García, F. (1996) *¿Qué es el Método Hipotético-Deductivo?* Recuperado el 14 de Agosto 2016 de <http://menteypsicologia.blogspot.com/2010/10/el-metodo-hipotetico-deductivo.html>

Pérez, C., (2012) *Diseño y cálculo del tratamiento secundario mediante aireación prolongada de una EDARU*. Recuperado en Julio de 2012 de [http://orff.uc3m.es/bitstream/handle/10016/16081/PFC\\_Carlos\\_Perez\\_Pardo.pdf?sequence=1](http://orff.uc3m.es/bitstream/handle/10016/16081/PFC_Carlos_Perez_Pardo.pdf?sequence=1)

Pérez, F. y Camacho, K., (2011) *Tecnologías para el tratamiento de aguas servidas*. Recuperado el 23 de Febrero de 2012 de <http://cdigital.uv.mx/bitstream/123456789/29490/1/PerezAlarconyCamachoAlcala.pdf>

Perez, J., y Gardey, A., (2010) *Hongos*. Recuperado el 10 de Agosto de 2016 de <http://definicion.de/hongos/>

Pinedo, A., Almonte J. (2015) *Tratamiento de Aguas Residuales en el Sector Villa Verde*. Universidad Nacional Pedro Henríquez Ureña (UNPHU).

Porto, A., (s.f.) *Microorganismos*. Recuperado el 10 de agosto de 2016 de <http://www.bionova.org.es/biocast/tema20.htm>

Porto, J., y Merino, M., (2013) *Protozoos*. Recuperado el 10 de agosto de 2016 de <http://definicion.de/protozoos/>

Ramallo, R. (2003) *Tratamiento de Aguas Residuales*. Barcelona: Editorial Reverté, S.A.

Ramos, C., (2009) *El uso de aguas residuales en riegos localizados y en cultivos*. Instituto Valenciano de Investigaciones Agrarias. Recuperado el 29 de Diciembre de 2009 de <http://www.eco-sitio.com.ar/node/484>

Reynolds, K., (2002) *Tratamiento de Aguas Residuales en Latinoamérica. Identificación del Problema*. Recuperado el 11 de Septiembre 2002 de <http://w.agualatinoamerica.com/docs/pdf/DeLaLaveSepOct02.pdf>

Ríos, N., (s.f.) *Análisis Sulfatos*. Recuperado el 2 de Agosto de 2016 de [http://www.academia.edu/8384983/ANALISIS\\_Sulfatos](http://www.academia.edu/8384983/ANALISIS_Sulfatos)

Romany, Y., (2014) *Los Protozoarios*. Recuperado el 10 de abril de 2014 de <http://biologiayuliana.blogspot.com/2014/04/los-protozoarios.html>

Ronzano, E., y Dapena, J., (2003) Eliminación de Fósforo en las aguas residuales. Recuperado el 26 de Septiembre de 2003 de <http://cidta.usal.es/cursos/ETAP/modulos/libros/fosforo.pdf>

Salmerón, L. (s.f.) *Tratamiento de Efluentes- Caracterización*. Recuperado el 2 de agosto 2016 de <https://es.scribd.com/doc/140654698/aguas-servidas-pdf>

Secretaria de Estado de Medio Ambiente y Recursos Naturales, (2003) *Norma Ambiental sobre Calidad del Agua y Control de Descargas*.

Tavares, R. (2015) *Contaminación del agua con cromo*. Recuperado el 9 de diciembre de 2015 de <http://www.madrimasd.org/blogs/remtavares/2015/12/09/132418>

Tavares, R., (2008) *Tratamiento de aguas contaminadas por fenol mediante el proceso Fenton heterogéneo*. Recuperado el 13 de mayo de 2008 de <http://www.madrimasd.org/blogs/remtavares/2008/05/13/91674>

Tejada, C., Villabona, A. y Garcés, L., (2014) *Adsorción de metales pesados en aguas residuales usando materiales de origen biológico*. Recuperado el 26 de Octubre de 2014 <http://www.DialnetAdsorcionDeMetalesPesadosEnAguasResidualesUsandoMa-5062883.pdf>

Valencia, G. (2007) *Tratamientos Primarios*. Recuperado el 19 de Agosto de 2007 de <http://www.bvsde.paho.org/bvsacd/scan2/010439/010439-05.pdf>

Vásquez, I. (2005). *Tipos de estudio y métodos de investigación*. Recuperado el 18 de diciembre del 2005 de, <http://www.gestiopolis.com/tipos-estudio-metodos-investigacion/>

## Anexos

PARÁMETRO	UNIDAD	AGUAS SUPERFICIALES			AGUAS COSTERAS		
		Clase A	Clase B	Clase C	Clase E	Clase F	Clase G
<b>PARÁMETROS GENERALES</b>							
Agentes tensioactivos	mg/L	0.15	0.5	2	-	-	-
Cloruros	mg/L	250	250	1000	-	-	-
Coliformes fecales	NMP/100 ml	400	1000	4,000	400	2000	2000
Coliformes totales	NMP/100 ml	1,000	1,000	10,000	1,000	10,000	10,000
Color	Unidades Pt-Co	15	50	200	CN	CN	-
DBO5	mg/L	2	5	100	-	-	-
Fluoruros	mg/L	0.7	1	3	1.5	1.5	-
Fósforo PO4-P	mg/L	-	-	-	0.4	0.4	-
Fósforo total	mg/L	0.025	0.025	0.1	-	-	-
Grasas y aceites	mg/L	ausente	1	20	1	1	1
NH <sub>3</sub> -N	mg/L	0.5	0.5	-	0.5	0.5	-
NO <sub>3</sub> -N + NO <sub>2</sub> -N	mg/L	10	10	-	15	20	-
Oxígeno Disuelto (OD)	% sat.	> 80	> 70	> 50	> 60	> 50	> 45
PH	-	6.5-8.5	6.5-9.0	5.0-10.0	7.5-8.5	7.5-8.5	-
Sólidos disueltos	mg/L	1,000	1,000	5,000	-	-	-
Sólidos flotantes	-	ausente	ausente	ausente	ausente	ausente	ausente
Sulfatos	mg/L	400	400	5000	-	-	-
Sulfuros	mg/L	0.002	0.002	-	0.01	0.01	-
ΔT	°C	± 3	± 3	± 3	± 3	± 3	± 3
<b>METALES</b>							
Arsénico	mg/L	0.05	0.05	1	0.15	0.15	-
Aluminio	mg/L	5	5	-	-	-	-
Bario	mg/L	1	2	10	1	1	-
Berilio	mg/L	0.1	0.1	-	-	-	-
Boro	mg/L	0.5	0.5	5	5	5	-
Cadmio	mg/L	0.005	0.005	0.05	0.005	0.005	0.005
Cianuro	mg/L	0.1	0.1	0.5	0.02	0.02	-
Cobalto	mg/L	0.2	0.2	0.5	-	-	-

PARÁMETRO	UNIDAD	AGUAS SUPERFICIALES			AGUAS COSTERAS		
		Clase A	Clase B	Clase C	Clase E	Clase F	Clase G
Cobre	mg/L	0.2	0.2	2	0.05	0.05	-
Cromo hexavalente, Cr <sup>6+</sup>	mg/L	0.01	0.01	0.1	0.05	0.1	0.1
Cromo total	mg/L	0.05	0.05	1	0.1	0.3	0.3
Hierro	mg/L	0.3	0.3	3	0.3	0.3	-
Litio	mg/L	2.5	2.5				
Manganeso	mg/L	0.5	1	5	0.1	0.1	-
Mercurio	mg/L	0.001	0.001	0.005	0.001	0.001	0.005
Molibdeno		0.01	0.01				
Níquel	mg/L	0.1	0.1	-	0.008	0.008	-
Plata	mg/L	0.01	0.01	0.1	0.01	0.01	-
Plomo	mg/L	0.05	0.05	0.5	0.05	0.05	-
Selenio	mg/L	0.01	0.01	0.5	0.01	0.01	-
Vanadio	mg/L	0.1	0.1				
Zinc	mg/L	0.05	0.05	0.1	0.05	0.05	-
<b>RADIOACTIVIDAD</b>							
Actividad α	Bq/L	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	-
Actividad β	Bq/L	1	1	1	1	1	-
<b>BIOCIDAS</b>							
<b>(ÓRGANO-CLORADOS Y OTROS PERSISTENTES)</b>							
Aldrin-Dieldrin	μg/L	0.0008	0.0008	-	0.0008	0.0008	-
Clordano	μg/L	0.005	0.004	-	0.005	0.005	-
DDT y metabolitos	μg/L	0.0003	0.0003	-	0.0003	0.0003	-
Endosulfano	μg/L	0.009	0.009	-	0.009	0.009	-
Endrin	μg/L	0.002	0.002	-	0.002	0.002	-
Heptacloro	μg/L	0.001	0.001	-	0.001	0.001	-
Lindano	μg/L	0.075	0.075	-	0.075	0.075	-
Metoxicloro	μg/L	0.02	0.02	-	0.02	0.02	-
Mirex	μg/L	0.001	0.001	-	0.001	0.001	-
Pentaclorofenol	μg/L	7.9	7.9	-	7.9	7.9	-
Pertano	μg/L	0.07	0.07	-	0.07	0.07	-
Toxafeno	μg/L	0.0002	0.0002	-	0.0002	0.0002	-
<b>BIOCIDAS</b>							
<b>(ÓRGANO-FOSFORADOS, SULFUROSOS Y OTROS NO-PERSISTENTES)</b>							
Azinfos-Metil	μg/L	0.01	0.01	-	0.01	0.01	-
Clorpirifos	μg/L	0.04	0.04	-	0.006	0.006	-
Coumafos	μg/L	0.01	0.01	-	0.01	0.01	-
Diazinon	μg/L	0.00002	0.00002	-			
2,4 D	μg/L	4	4	-	ausente	ausente	-
Paraquat	μg/L	0.00001	0.00001	-	-	-	-
Diquat	μg/L	0.00007	0.00007	-	-	-	-

PARÁMETRO	UNIDAD	AGUAS SUPERFICIALES			AGUAS COSTERAS		
		Clase A	Clase B	Clase C	Clase E	Clase F	Clase G
Demeton	µg/L	0.1	0.1	-	0.1	0.1	-
Fentión	µg/L	0.4	0.4	-	0.4	0.4	-
Malatión	µg/L	0.1	0.1	-	0.1	0.1	-
Naled	µg/L	0.4	0.4	-	0.4	0.4	-
Paratión	µg/L	0.01	0.01	-	ausente	ausente	-
2,4,5 –TP	µg/L	10	10	-	ausente	ausente	-
<b>SUSTANCIAS ORGÁNICAS</b>							
Benceno	µg/L	5	7	-	400	400	-
Bifenilos policlorados (PCB)	ng/L	1	1	5	-	-	-
Cloruro de vinilo	µg/L	2	2	-	5,300	5,300	-
Diclorobencenos	µg/L	75	75	-	2,600	2,600	-
1,2 Dicloroetano	µg/L	5	10	-	2,500	2,500	-
1,1 Dicloroetileno	µg/L	7	7	-	20	20	-
Diclorometano	µg/L	5	10	-	-	-	-
Etilbenceno	µg/L	50	100	-	-	-	-
Hidrocarburos aromáticos polinucleares (PAH)	µg/L	0.7	1	1	-	-	-
Sustancias fenólicas	µg/L	1	1	-	10	10	-
Tetracloroetileno	µg/L	5	10	-	90	90	-
Tetracloruro de carbono	µg/L	2	5	-	70	70	-
1,1,1 Tricloroetano	µg/L	200	200	-	1,100	1,100	-
Tricloroetileno	µg/L	5	5	-	850	850	-
Triclorobenceno	µg/L	5	10	-	-	-	-
Tolueno	µg/L	50	100	-	-	-	-

**Tabla 11:** Valores Máximos Aceptables en parámetros físicos, químicos y biológicos presentes en cuerpos hídricos superficiales y aguas costeras.

**Fuente:** Secretaria de Estado de Medio Ambiente y Recursos Naturales, 2003.

## Presupuesto General Propuesto.

El presupuesto establecido para la propuesta de rehabilitar la planta de tratamiento de aguas residuales del municipio Constanza, provincia La Vega, asciende a RD\$1, 937,202.75 total general de lo presupuestado.

Actividad	Cantidad	Unidad	Costo unitario	Costo total
<b>Preliminares</b>				
a) Limpieza	855	m2	10	8,550.00
b) Bote (incluyendo lechos de secado) camion 3 mts	35	m3	750	26,250.00
			<b>Sub-Total</b>	<b>34,800.00</b>
<b>Materiales y Suministros</b>				
a) TUBO PVC 8X19'	32	ud	7,240.00	231,680.00
b) TUBO PVC 3X19'	65	ud	1,300.00	84,500.00
c) TEE PVC SCH-40 8"	96	ud	3,350.00	321,600.00
d) REDUCTOR 8"-3"	96	ud	3,350.00	321,600.00
e) TEE PVC SCH-40 3"	336		195.00	65,520.00
f) Adquisición de herramientas (Picos, Palas, Carretillas, Colines, Otros)	1	Juego	5,135.00	5,135.00
g) Cemento PVC Tangit	10	ud	1,110.00	11,100.00
h) Equipo( Caudalometro, Aireadores, Entre otros	1	ud	178,545.00	178,545.00
i)Bomba Dosificadora	1	ud	44,756.22	44,756.22
j) Tanque de almacenamiento de cloro	1	ud	36,693.28	36,693.28
k) Desnitrificador	1	ud	72,677.32	72,677.32
			<b>Sub-Total</b>	<b>1,295,694.00</b>
<b>Caseta de Equipos</b>				
a) Excavación a mano hasta 0.80 mt. Profundidad	16	M3	450.00	7,200.00
b)Relleno Compactado Interior	8	M3	750.00	600.00
c) Zapata de columna 1x1x0.30mt10Ø. 3/8"/ 210Kg	1	M3	8,600.00	8,600.00
d) Zapata de muros 6"	2	M3	7,100.00	14,200.00
e) Columnas de amarre	0.22	M3	43,800.00	9,636.00
f) Vigas de amarre	0.72	M3	27,000.00	19,440.00

g) Colocación de bloques de 6"	60	M2	1,165.00	69,900.00
h) Losas Planas / h=0.12m.	3	M3	12,850.00	38,550.00
i)Empañete Liso Interior y Exterior	108	M3	300.00	32,400.00
			<b>Sub-Total</b>	<b>200,526.00</b>
<b>HORMIGÓN ( 1:3:5 ) EN LIGADORA</b>				
a) Arena gruesa lavada	0.5229	m3	1,300.00	679.77
b) Grava combinada	0.8544	m3	1,500.00	1,281.60
c) Agua	60.00	gl	0.50	30.00
d) Cemento gris	6.40	fds.	240.00	1,536.00
e) Mezclado en ligadora	1.38	m3	750.00	1,035.00
			<b>Sub-Total</b>	<b>\$4,562.37</b>
<b>ACEROS</b>				
a) Malla electrosoldada 1 mm de 50 m2	2	rollo	13,310.00	26,620.00
			<b>Sub-Total</b>	<b>26,620.00</b>
<b>Mano de Obra (Precio Ajustado)</b>				\$375,000.00
<b>Total General</b>				<b>\$1,937,202.75</b>

**Tabla 12:** Presupuesto General Propuesto.

**Fuente:** Propia, 2016.



**Figura 6:** Tubo pvc 3/4" de diámetro y 1.20 metros de altura para aforamiento.  
**Fuente:** Planta de Tratamiento de Aguas Residuales, Constanza, Propia, 2016.



**Figura 7:** Envases utilizados para toma de muestra de Aguas Residuales.  
**Fuente:** Planta de Tratamiento de Aguas Residuales, Constanza, Propia, 2016.





**Figura 8:** Toma de Muestra de Aguas Residuales.

**Fuente:** Planta de Tratamiento de Aguas Residuales, Constanza, Propia, 2016.



**Figura 9:** Condición Física de la Planta de Tratamiento de Constanza.

**Fuente:** Planta de Tratamiento de Aguas Residuales, Constanza, Propia, 2016.



**Figura 10:** Condición Física de la Planta de Tratamiento de Constanza.  
**Fuente:** Planta de Tratamiento de Aguas Residuales, Constanza, Propia, 2016.



**Figura 11:** Reactores y Sedimentador de la Planta de Tratamiento de Constanza.  
**Fuente:** Planta de Tratamiento de Aguas Residuales, Constanza, Propia, 2016.



**Figura 12:** Planta Hidroeléctrica de la Planta de Tratamiento.  
**Fuente:** Planta de Tratamiento de Aguas Residuales, Constanza, Propia, 2016.



**Figura 13:** Visita a la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales.  
**Fuente:** Planta de Tratamiento de Aguas Residuales, Constanza, Propia, 2016.



**Figura 14:** Visita a la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales.

**Fuente:** Planta de Tratamiento de Aguas Residuales, Constanza, Propia, 2016.



**Figura 15:** Visita a la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales.

**Fuente:** Planta de Tratamiento de Aguas Residuales, Constanza, Propia, 2016.