



**SECCIONAL SOCORRO**

**ALTERNATIVA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES PARA  
HOTELES CAMPESTRES EN EL DEPARTAMENTO DE SANTANDER**

**WASTEWATER TREATMENT ALTERNATIVE FOR COUNTRY HOTELS IN  
THE DEPARTMENT OF SANTANDER**

**ESTUDIANTES:**

**IVAN ALEJANDRO PEREZ ALVAREZ – Ingeniero Ambiental  
YERSON FABIAN MEJIA BENITEZ – Ingeniero Ambiental**

**Director:**

**Ing. FABIÁN LEONARDO YORY SANABRIA**

**UNIVERSIDAD LIBRE DE SOCORRO  
Programa de Especialización en GESTIÓN AMBIENTAL  
Socorro, Santander**

## Contenido.

1. Resumen.....	4
2. Introducción .....	5
3. Objeto de estudio.....	8
4. Marco referencial. ....	8
4.1. Que es el agua.....	8
4.2. Normas de vertimientos en Colombia.....	9
4.3. Planta de tratamiento de aguas residuales.....	11
4.3.1. Tipos de plantas de procesamiento.....	12
4.3.2. Fases del proceso de tratamiento de aguas residuales .....	13
4.4. Enfermedades causadas por aguas residuales .....	16
5. Metodología. ....	17
5.1. Información general de la metodología .....	17
5.2. Información necesarias para llevar a cabo el proyecto. ....	17
5.3. Diseño y selección .....	18
5.4. Instrucciones para determinar la calidad del agua .....	20
5.4.1. Metodología para determinar la calidad del agua.....	20
5.4.2. Equipos de laboratorio para la medición de la calidad del agua .....	21
5.4.3. Contaminantes.....	21
5.5. Procesos para tratamiento de aguas residuales. ....	22

5.5.1. Procesos para el tratamiento a plantear .....	24
7. Bibliografía .....	32
Tabla 1. Criterios de calidad de aguas servidas tratadas para Colombia.....	11
Tabla 2. Clasificación de las etapas de tratamiento.....	24
Tabla 3. Rendimiento de eliminación del constituyente, % .....	26
Figura 1. Composición más común de las aguas residuales domésticas.....	9
Figura 2. Etapas del proceso de tratamiento.....	13
Figura 3. Esquema de un tren de tratamiento de aguas residuales. ....	23

## **1. Resumen**

Analizando la problemática por la cual los sistemas naturales y la biodiversidad de algunos municipios del departamento Santander están pasando a causa de las aguas servidas en el ejercicio y desarrollo de las actividades hoteleras rurales que impulsan la economía de estas zonas, se han presentado diferentes afectaciones a las fuentes hídricas donde se vierten los residuos producidos por dichos establecimientos; los principales vertimientos de contaminantes se observa en las quebradas, ya es alerta para las autoridades ambientales quienes tienen la obligación de proceder para mitigar los impactos y daños ambientales, la mayoría de estos establecimientos no cuentan con una infraestructura adecuada para el manejo de dichas aguas servidas, con la consecuencia de convertirse en un potencial foco de contaminación para los cuerpos de aguas y suelos. Traen diversas afectaciones en la salud de las comunidades aledañas, ecosistemas y especies de animales que se abastecen de este recurso, se busca mejorar la calidad del agua y reducir la contaminación del recurso hídrico en diferentes zonas de Colombia buscando una alternativa de tratamiento para las aguas residuales del gremio hotelero rural. Con base a esto se determinará una buena alternativa para mejorar las condiciones de calidad de efluentes con un tratamiento de estas aguas servidas antes de ser vertidas.

### **Palabras clave**

Agua residual, contaminantes, calidad del agua, contaminación, hoteles campestres, medio ambiente, normatividad ambiental tratamiento de aguas.

## **Abstract**

Analyzing the problem by which the natural systems and biodiversity of some municipalities of the Santander department are experiencing sewage in the exercise and development of rural hotel activities that drive the economy of these areas, different effects have been presented to the water sources where the waste produced by said establishments is dumped; The main dumping of pollutants is observed in the streams, it is already an alert for the environmental authorities who have the obligation to proceed to mitigate environmental impacts and damages, most of these establishments do not have adequate infrastructure for the management of said sewage , with the consequence of becoming a potential source of contamination for water bodies and soils. They bring various effects on the health of the surrounding communities, ecosystems and animal species that are supplied with this resource, they seek to improve the quality of the water and reduce the contamination of the water resource in different areas of Colombia, seeking an alternative treatment for the waters residuals of the rural hotel union. Based on this, a good alternative will be determined to improve effluent quality conditions with a treatment of these sewage before being discharged.

## **2. Introducción**

Los recursos naturales son de vital importancia para la vida y son aquellos que nos provee la naturaleza, nos ayudan a contribuir con el bienestar y desarrollo del ser humano en diferentes aspectos “El recurso hídrico, un recurso vital para el desarrollo de la humanidad, del cual se abastecen para su supervivencia y para sus actividades económicas, el incremento de la población ha ocasionado serias problemáticas en cuanto al uso

indiscriminado del recurso, como también en su contaminación, esto ha causado un deterioro importante en este mismo” (WIKI, 2007).

La contaminación que ha provocado el ser humano en Colombia ha tenido como consecuencia afectaciones a los recursos naturales, en especial el agua y debido a los vertimientos que generan diariamente en el desarrollo turístico en los municipios, implica la generación de residuos en los periodos de temporadas altas en donde se incrementa la estadia de la población en hoteles campestres, estos exceden la contaminación en cuerpos de agua ocasionando una problemática grave pues el recurso hídrico en áreas rurales es escaso y la implementación o uso de un sistema de tratamiento para las aguas servidas ha sido un desafío por sus altos costos, esta problemática se da en países que están creciendo o en vía de desarrollo así como “en colombia donde se ha convertido en uno de los problemas ambientales más críticos y crecientes. La descarga de aguas residuales domésticas y los vertimientos agropecuarios están contaminando los ríos, las aguas subterráneas, los humedales y las represas de agua, causando un grave daño al medio ambiente y a la salud humana” (ENDESA, 2015).

Es importante destacar, que para implementar un sistema de tratamiento de aguas negras domesticas se necesita adaptar la metodología apropiada para los distintos problemas que caracterice el establecimiento, definiendo así los criterios, operaciones y procesos óptimos para lograr diseñar un adecuado modelo que sea de fácil acceso y a su vez económico para los hoteles rurales que no poseen un tratamiento de aguas residuales.

Es importante reconocer que “las plantas de tratamiento de aguas residuales se han convertido en una obligación para evitar la carga de contaminantes de una forma directa hacia las cuencas hidrográficas de todo el país. Con esto se logra reducir la contaminación

superficial y los mantos freáticos, creando un desarrollo sustentable para no alterar las necesidades de las generaciones venideras” (PREM, 2017).

El recurso hídrico es primordial para el desarrollo y la vida del ser humano, su calidad tiene que ser protegida y debe dársele un aprovechamiento importante debido a que “el agua es un recurso renovable con una baja capacidad de recuperación frente a los impactos negativos generados por la mano del hombre. Las aguas tienen la capacidad de depurar algunos desechos o residuos naturales, pero los residuos que son originados por el hombre que no son conocidos por la naturaleza son difíciles de depurar por el mismo cuerpo de agua” (Dávila, 2018).

La contaminación a los recursos naturales y el impacto a la salud que causan las malas prácticas de la disposición final de aguas residuales procedentes de los hoteles campestres, es una problemática interminable en muchos municipios del territorio colombiano. En particular, el departamento de Santander que es un departamento que cuenta con gran variedad de ríos, quebradas y lagos, ha sufrido también por el turismo y esto se ve reflejado a largo del tiempo ya que estas empresas carecen de sistemas que realicen un adecuado tratamiento en sus aguas ya que debido a “la problemática que se genera en los hoteles campestres por su alta contaminación a los efluentes hídricos por residuos y vertimientos (agua que ha sido utilizada y contaminada por actividad humana, doméstica) directos sin ningún tipo de tratamiento es necesario implementar un control para que el agua residual sea vertida en condiciones aptas para el medio ambiente y que no genere impactos negativos” (ZANUTTIN, 2018).

El presente documento tiene como propósito dar una guía hacia los distintos pasos a seguir y la factibilidad de una planta de tratamiento para mitigar el impacto ambiental que causan

los hoteles campestres en el medio ambiente, este riesgo motiva a la realización de actividades que minimicen aquellos impactos y puedan garantizar la calidad de vida de las poblaciones aledañas y visitantes, por ello se desarrollara este proyecto teniendo en cuenta aquellos que arrojan residuos en los recursos hídricos al no contar con un sistema del cual se captan las aguas servidas y mediante procesos fisicoquímicos y biológicos se pretende entregar estas aguas en mejor calidad a los efluentes.

### **3. Objeto de estudio.**

Proponer una alternativa de tratamiento para las aguas residuales generadas en hoteles rurales del departamento de Santander para mitigar el impacto causado en afluentes y en el medio ambiente.

### **4. Marco referencial.**

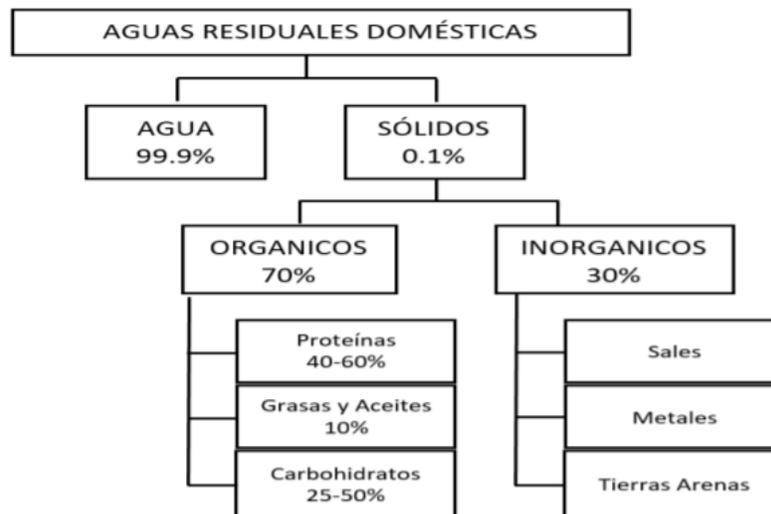
Se recopilaron y analizaron una serie de documentos, que hablan de la importancia de los recursos naturales en Colombia y del cuidado que se debe tener con el medio ambiente, en donde se analizan las ideas relacionadas con tratamiento de aguas negras o servidas que es una solución para cubrir las dificultades presentadas en los diferentes lugares del país con respecto a la contaminación de los recursos naturales. Estos aportes explican porque es importante el agua, el tratamiento que se debe dar a las aguas residuales y cómo se construye, normatividad vigente, composición del agua.

#### **4.1. El agua**

Es el recurso natural más grande con el que cuenta el planeta tierra, cubriendo casi un 71% de la superficie del planeta tierra. Compuesta por hidrogeno y oxígeno, sustancia incolora e

inolora que es indispensable para la supervivencia de los seres vivos. Sin embargo, es limitada, dado que la cantidad de agua dulce solo representa un 3% del total del agua de la superficie. De este 3% a nivel mundial, el 69% de agua se encuentra en polos, el 30% en humedad de suelo y aguas subterráneas y el 1% restante que es el agua a la cual podemos acceder “escurre por las cuencas hidrográficas en forma de arroyos y ríos y se depositan en lagos, lagunas y en otros cuerpos superficiales de agua y en acuíferos” (Jumapam, 2020).

*Figura 1. Composición más común de las aguas residuales domésticas.*



*Fuente: (PREM, 2017)*

#### **4.2. Normativa colombiana para vertimientos.**

En Colombia no se diferencia mucho el tipo de tratamiento que se le da a las aguas residuales de el que se le da en diferentes partes del mundo, el principio que se maneja es reducir el aporte de todas las sustancias que contaminen los efluentes hídricos, esto se evidencia en la resolución 0631 del 17 de marzo de 2015, con la finalidad de que aquellas

empresas que generan vertimientos gestionen adecuadamente estos y mitiguen el impacto ambiental que están ocasionando, también busca que a las autoridades ambientales tengan un mayor control y facilidad sobre los vertimientos generados en los procesos económicos que se llevan a cabo en las diferentes empresas del país, para así mitigar los impactos negativos generados por vertimientos regidos por “la norma de vertimientos, la Resolución 0631 de 2015 reglamenta el artículo 28 del Decreto 3930 de 2010 y actualiza el Decreto 1594 de 1984 (vigente desde hace 30 años) respondiendo a la nueva realidad urbana, industrial y ambiental del país. Esta permite el control de las sustancias contaminantes que llegan a los cuerpos de agua vertidas por 73 actividades productivas presentes en ocho sectores económicos del país. Esta Resolución es de obligatorio cumplimiento para todas aquellas personas que desarrollen actividades industriales, comerciales o de servicios y que en el desarrollo de las mismas generen aguas residuales, que serán vertidas en un cuerpo de agua superficial o al alcantarillado público” (Minambiente, 2015).

En la siguiente tabla se observa los valores límites permisibles para la calidad de aguas servidas tratadas para Colombia.

Tabla 1. Criterios de calidad de aguas servidas tratadas para Colombia

PARAMETRO		UNIDADES	VALORES LIMITES DE DESCARGA PARA LAS ARD Y PRESTADORES DEL SERVICIO PUBLICO		VALORES LIMITES PARA VERTIMIENTOS A CUERPOS DE AGUA SUPERFICIAL *		VALORES LIMITES PARA VERTIMIENTOS DE ARnD A ALCANTARILLADO PUBLICO**	
			SOLUCIONES INDIVIDUALES ARD	SERVICIO PUBLICO	LIGERO	SEVERO	LIGERO	SEVERO
<b>GENERALES</b>								
pH	Unidades de pH		6,00 a 9,00				5,00 a 9,00	
Demanda Química de Oxígeno (DQO)	mg/L O2	200	180	3000	100	4500	150	
Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO)	mg/L O2		90	800	50	1200	75	
Sólidos Suspendidos Totales (SST)	mg/L	100	90	800	50	1200	75	
Sólidos Sedimentables (SSED)	mg/L	5	5	10	1	15	1.5	
Grasas y Aceites	mg/L	20	20	60	10	90	15	
Fenoles	mg/L	-	Análisis y reporte	0.2	0.2	0.3	0.3	
<b>ESPECIFICOS</b>								
Hidrocarburos Totales (HTP)	mg/L	-	Análisis y reporte	10	10	15	15	
Fósforo Total (P)	mg/L	-	Análisis y reporte	25	2	37.5	3	
Nitrogeno Total (N)	mg/L	-	Análisis y reporte	12	12	18	18	
Cianuro total (CN-)	mg/L	-	-	1	0.2	1.5	0.3	
Cloruro (Cl-)	mg/L	-	-	1200	250	1800	375	
Sulfatos (SO4 2-)	mg/L	-	-	10000	250	15000	375	
*El valor límite depende del sector en el que se encuentre clasificada la industria generadora del vertimiento.								
** El valor límite depende del sector en el que se encuentre clasificada la industria generadora del vertimiento y será multiplicado por un factor								

Fuente: (Technology, 2017)

### 4.3. Planta de tratamiento de aguas residuales

Dado a estos motivos cabe la necesidad de buscar una solución que pueda ayudar a mitigar o evitar impactos generados por dichos vertimientos dándoles un tratamiento antes de introducirlos al medio ambiente. El tratamiento que se le dé a estas aguas servidas debe cumplir con los parámetros específicos en la normatividad colombiana.

Es necesario conocer que “las plantas de tratamiento de aguas residuales son instalaciones que por medio de procedimientos mecánicos, físicos, químicos y biológicos mejoran la calidad del agua contaminada reduciendo los contaminantes físicos, químicos y microbiológicos. El objeto de la construcción de las plantas de tratamiento de aguas residuales es mejorar la calidad del agua, para que a la hora de la descarga a un cuerpo

receptor, no perjudique al medio ambiente ni la salud de las personas que tengan contacto con la misma” (PREM, 2017).

El recurso hídrico es de vital importancia para la conservación de la vida en el planeta tierra, su existencia limitada, resulta ser un aspecto de gran preocupación para muchos. Por esta razón se decide tratarla para reducir la contaminación del recurso y poderla devolver a su ciclo natural sin causar mayor impacto, dado que “las aguas residuales son el resultado de las actividades domésticas humanas, especialmente las relacionadas con procesos sanitarios (fosas sépticas) y actividades industriales o comerciales; lo que termina por alterar su composición y las convierte en poseedoras de bacterias, toxinas y componentes nocivos” (Blook fibras & Normas de Colombia, 2020).

Existen diferentes tipos de vertimientos y de contaminación en los cuerpos de agua, están los puntuales que son aguas negras municipales, que son aguas negras municipales y desechos industriales que se vierten en un alcantarillado y existen los no puntuales o difusos que son escorrentías superficiales agrícolas y urbanas que se unen y llegan a contaminar los cuerpos de agua más cercanos (Cuenca, 2017).

#### **4.3.1. Plantas de tratamiento de aguas residuales.**

##### **Físico o químico:**

Son tratamientos donde se hacen procesos físicos y químicos para separar los contaminantes, estas plantas se usan principalmente para el tratamiento de algunas aguas que provienen de empresas pequeñas y grandes pero la mayoría son de industrias.

### **Algunos procesos físicos pueden ser:**

La eliminación de los gases, arenas, la precipitación con la intervención de coagulantes, el proceso de filtrado para la eliminación de los sólidos que se encuentran presentes.

### **Las reacciones químicas son:**

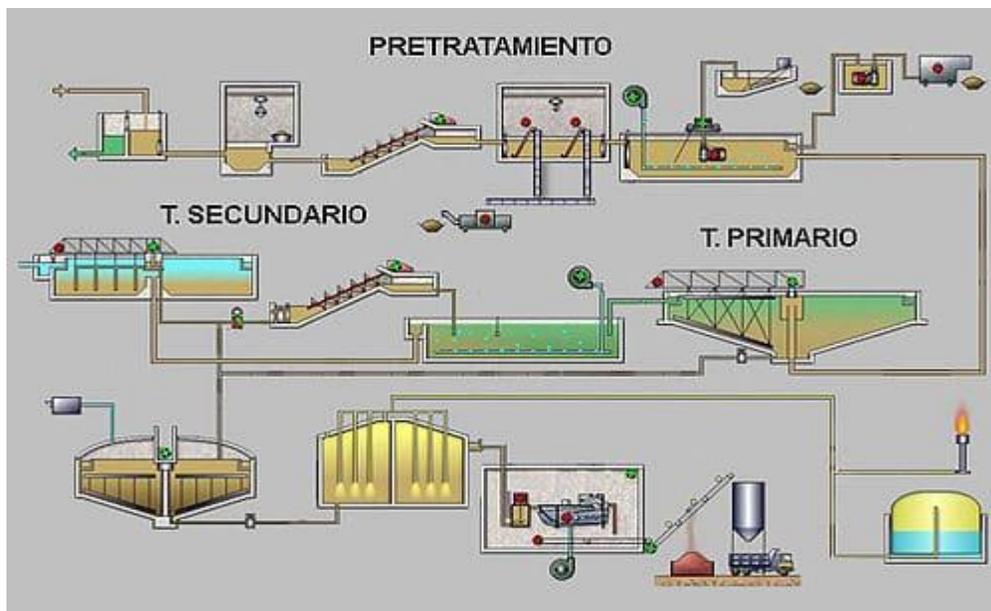
La precipitación, la desinfección, la adsorción, el cambio de los contaminantes existentes, un tratamiento biológico.

Donde se utilizan distintas bacterias y microorganismos biológicos los cuales se encargan de deshacer la mayoría de los contaminantes que se encuentran presentes, este es uno de los tipos de tratamientos que es más conveniente para los procesos de aguas residuales que provienen de empresas y de algunas viviendas.

### **4.3.2 Fases del proceso de tratamiento.**

En la siguiente figura se evidencian las etapas para el procesamiento de aguas residuales.

*Figura 2. Etapas del proceso de tratamiento*



*Fuente: (Blook fibras & Normas de Colombia, 2020)*

En el tratamiento de las aguas residuales se deben realizar diferentes etapas que cuentan con cuatro fases principales a tratar son las siguientes:

Pretratamiento, tratamiento primario, tratamiento secundario, tratamiento terciario.

### **Pretratamiento:**

Se procede a la captación de las aguas servidas a tratar por medio de un sistema de drenaje y de canalización hasta un sistema central que tenga las condiciones aptas para comenzar el proceso, en donde se controlaran los olores y facilitará el trabajo del personal que se encuentra en esa área, armonizando el entorno de trabajo, se procede a retirar de material grande que se encuentra en el agua residual, estos desechos tienen que ser retirados para cuidar las máquinas y equipos que más adelante realizaran cierto proceso.

Este proceso se lleva a cabo por medio de cribas o rejillas, un desarenador, y un desengrasado, para que este tratamiento funcione correctamente de debe “empezar con el caudal de ingreso del agua a tratar a través de un parshall y posteriormente pasa por un sistema de rejillas (cribas), el cual retiene sólidos de gran tamaño” (Ingenieriaambiental.net, 2020).

### **Tratamiento primario**

Se tiene un proceso, que es el tratamiento primario o mecánico que impide el paso de sólidos, las grasas o arenas que se encuentran presentes en las aguas, para este tratamiento se tiene en cuenta la gravedad donde se decantan los sólidos más grandes y pesados, un desarenador, tanques de clarificación o de sedimentación, “aquí el agua residual pasa a través de grandes tanques, facilitando que los sólidos pueden depositarse y el material

flotante como la grasa y plásticos pueden elevarse hacia la superficie para ser retirados”  
(Blook fibras & Normas de Colombia, 2020).

Realmente es una etapa en donde actúa “la filtración es un proceso que separa las partículas sólidas del fluido, mediante un gradiente de presión a través de un medio poroso que tiene como función retener las partículas formando o en un coque sólido del material retenido. Este método de separación líquido- sólido es ampliamente utilizado en empresas de rubros como, la minería, alimentación, cerámica, química, farmacéutica, desechos orgánicos, etc”  
(Ferrer, 2019).

### **Tratamiento secundario**

En este ciclo del tratamiento se hace la degradación del material biológico contenido en los vertimientos, estos sólidos que se encuentran allí se retienen en una reja, mitigando el exceso de contaminantes en el agua y así prevenir daños en los equipos de los siguientes procesos y se procede al uso de lodos activados. Se realiza un tratamiento de manera aeróbico, donde se hace el uso de microorganismos para elevar la cantidad de oxígeno, poder eliminar los contaminantes que tienen nitrógeno y también puede ser anaeróbico donde a través de la degradación de sólidos, se transforma en compuestos de metano y dióxido de carbono.

### **Tratamiento terciario**

Después de los ciclos de tratamiento anteriores, “es necesario un proceso de desinfección, para poder lograr la completa eliminación de microorganismos que causan enfermedades. Se limpia el agua para propósitos de consumo, removiendo un gran porcentaje de impurezas que se encuentran allí y se realiza por filtración o remoción de macropartículas aun presentes en el agua” (GUZMAN, 2018). Seguidamente llevan hacia un humedal o

laguna el cual se mejora el proceso biológico, luego la desinfección que disminuye la cantidad de organismos vivos en la mayoría de los casos se utilizan compuestos de cloro, los lodos activados, “mediante el cual se busca oxidar la materia orgánica acompañado de un consumo de cantidades significativas de energía durante el proceso de oxigenación y una generación posterior de lodos que deben tratarse, y aunque son sistemas sencillos y económicos presentan ciertos condicionamientos por la capacidad de retención de la biomasa que depende del tiempo de retención celular y concentración de microorganismos en el sistema siendo muy sencillos a los choques de carga hidráulica y características de sedimentabilidad del fango” (GUZMAN, 2018). Este se vierte a aguas de este tipo para intensificar su desintegración en las fases posteriores, y la sedimentación secundaria, es el paso final del tratamiento secundario. Durante esta etapa, se produce agua tratada con niveles de materia suspendida y materia orgánica demasiado bajos.

#### **4.4. Enfermedades causadas por aguas residuales**

La ingesta de agua con mala calidad o proveniente de fuentes contaminadas por desechos residenciales agrícolas e industriales traen consigo muchos contaminantes que son perjudiciales para la salud, según la OMS ingerir este tipo de aguas podría generar enfermedades entre ellas: “las debidas a la ingestión de agua contaminada por microorganismos y productos químicos, como la diarrea, la arsenicosis y la fluorosis. las enfermedades que, como la esquistosomiasis, tienen un organismo causante que está presente en el agua como parte de su ciclo vital. las enfermedades como las helmintiasis transmitidas por el suelo que se deben a la deficiencia de saneamiento e higiene. las enfermedades que, como el paludismo y el dengue, transmiten vectores que se reproducen

en el agua. Otras enfermedades, como la legionelosis, que son causadas por aerosoles que contienen determinados microorganismos” (OMS, 2017). Los buenos servicios de agua, saneamiento básico e higiene pueden evitar una gran cantidad de enfermedades.

## **5. Metodología.**

### **5.1. Información general de la metodología**

El estudio que se ajusta en este tipo de investigación es de corte cualitativo desde un enfoque descriptivo exploratorio, en cual se va un poco más allá de la recolección y análisis de información, en donde al terminar esta búsqueda se recopilaron 18 documentos que aportan distintos datos para el proceso de investigación, esta información bibliográfica se encargara del análisis e interpretación de estos con el propósito de dar solución al problema de aguas residuales que se manejan en un hotel campestre. El enfoque resulta información para el análisis del modo de operación de alternativas para el diseño de una PTAR, apoyado en la documentación de hoteles campestres y/o entidades que intervienen en el debido proceso. Posteriormente se hace un análisis cualitativo del tipo de residuos que se van a tratar, para así poder determinar qué tipo de tratamiento es el adecuado para darles a estos vertimientos.

### **5.2. Información necesaria para llevar a cabo el proyecto.**

Se requiere conocer los siguientes aspectos para poder llevar a cabo el proyecto:

**Localización:** Se determina y se hace revisión al Plan básico de ordenamiento con el fin de conocer el sitio para proceder con el proyecto, verificando las características de la zona como su accesibilidad y condiciones del lugar.

**Documentación del hotel:** Se requiere conocer los documentos del hotel campestre para conocer su infraestructura.

**Área y topografía del lugar:** Se requiere estudiar los principios y procedimientos a realizar en el hotel campestre la representación gráfica y visual de la superficie terrestre, mostrando detalles y formas que pueden ser artificiales y naturales, la estabilidad del terreno y sus pendientes.

**Suelo:** Es necesario tener información de la zona donde se desplegará la planta de tratamiento con el fin de conocer su permeabilidad, contenido de humedad, análisis granulométrico, resistencia a la deformación.

**Hidrología:** se recopilan todas las posibles afecciones y repercusiones hidráulicas que la construcción de la obra o terreno puede padecer, e incluso beneficiarse, que es la idea mitigando el impacto ambiental.

**Meteorología:** Es necesario conocer Los parámetros meteorológicos como la temperatura actual, máxima y mínima, precipitación diaria y humedad relativa.

**Caudal:** Se determinará el caudal máximo y mínimo para el diseño de la PTAR, teniendo en cuenta que se trabajará con el caudal en altas temporadas.

**Calidad fisicoquímica del efluente:** Análisis de parámetros físico químicos del agua para determinar qué tipo de contaminantes existen.

### **5.3. Diseño y selección**

Cómo saber qué tipo de PTAR aplica para este caso y problemática que tenga el hotel campestre.

El diseño y la selección de una PTAR es uno de los aspectos más desafiantes, por los conocimientos técnicos y las experiencias prácticas que son necesarias. Existen diferentes

aspectos en los cuales tenemos en cuenta para la selección de los procesos de tratamiento y para tomar la decisión sobre qué tipo de PTAR se debe construir es necesario conocer la complejidad de los factores que intervienen teniendo en cuenta los siguientes aspectos:

1. Calidad, cantidad y periodicidad del caudal del vertimiento.
2. Normatividad del vertimiento o disposición final.
3. Área para la construcción
4. Posibilidad de aprovechamiento del efluente tratado
5. Condiciones climáticas del hotel campestre.
6. Caracterización de vecindario para el manejo de los residuos rurales.
7. Posibilidad de valorización energética y agronómica de los efluentes.
8. Costos de la construcción, oferta tecnológica que sea eficiente y económica para el lugar, es decir la selección y análisis de las operaciones y procesos unitarios con reducción de los costos de construcción, operación y mantenimiento.
9. Necesidad que tenga el cliente.
10. Cumplimiento de las leyes, políticas ambientales y reglamentos locales.
11. Facilidad de transporte para material y maquinaria.
12. Daños ambientales como pérdida del terreno, vista panorámica, ruidos, olores, entre otros.
13. Requerimientos de personal para la operación de la planta.
14. Energía para el funcionamiento de la infraestructura.

Esta investigación se plantea para el tratamiento de aguas servidas en hoteles campestres, los cuales hoy día son los que generan vertimientos contaminados a los cuerpos de agua sin realizar ningún proceso de descontaminación.

#### **5.4. Instrucciones para determinar la calidad del agua**

Gracias a la tecnología hoy en día podemos revelar muchos componentes químicos en el agua, incluso en cantidades muy bajas, la mayoría de este tipo de métodos necesitan laboratorios. Aunque no se tiene que analizar todo dado a que con una parte pequeña y más práctico de pruebas puede proporcionar buenas ideas acerca de la calidad química del agua para los efectos del monitoreo, también hay análisis de baja tecnología que se pueden realizar cuando el presupuesto es bajo o limitado.

##### **5.4.1. Metodología para determinar la calidad del agua.**

Para poder caracterizar los líquidos efluentes, se deben realizar muestreos del mismo durante quince días, en temporada alta, para obtener valores más representativos ya que la capacidad del hotel está al máximo. El muestreo se debe realizar utilizando un equipo instalado donde se reciben las aguas residuales del hotel. El equipo realizará tomas de muestra cada hora, acondicionándolas en un bidón en una cámara refrigerada. Una vez al día y a la misma hora, se procede al vaciamiento de dicho bidón y se deben realizar controles detallados. Se destacarán aquellos parámetros que no cumplen con la reglamentación para vertimientos de aguas residuales los cuales pueden ser los sólidos sedimentables, demanda bioquímica y química de oxígeno, coliformes fecales, pH, turbidez entre otros.

#### **5.4.2. Equipos de laboratorio para la medición de la calidad del agua**

Medidor multiparámetro de pH/ORP/CE/OD/Turbidez, sistema de titulación potenciométrica automática, fotómetros portátiles, medidor colorimétrico de sobremesa de DOQ, controladores digitales de proceso, fotómetro de escritorio y medidor de DQO, entre otros.

#### **5.4.3. Contaminantes**

En un hotel, el compuesto que más contamina son los detergentes los cuales tienen un alto contenido de fósforo y nitrógeno, las grasas y aceites que provienen de los baños, cocinas, y distintas áreas y zonas de limpieza. Es importante que en los hoteles campestres grandes cuenten con un buen sistema de trampas de grasa como un proceso de tratamiento previo para que el aceite y grasa que sale de allí no vayan directo a la PTAR y afecte el funcionamiento de esta.

Los detergentes hacen parte de una de las fuentes más grandes y de más difícil tratamiento, es por esto la importancia de elegir opciones de detergente que sean amigables con el medio ambiente,

Según (Araya, 2014) "los principales residuos que se pueden encontrar en las aguas negras de un hotel campestre son los siguientes:

Material grueso (trozos de madera, trapos, plásticos, etc., que son arrojados a la red de alcantarillado), arenas (incluye las arenas propiamente dichas, gravas y partículas más o menos grandes de origen mineral u orgánico), grasas y aceites (sustancias que al no mezclarse con las aguas permanecen en su superficie su procedencia puede ser tanto doméstica como industrial), sólidos en suspensión (partículas de pequeño tamaño y de naturaleza y procedencia muy variadas), sustancias con requerimientos de oxígeno y

nutrientes (compuestos orgánicos e inorgánicos fácilmente biodegradables y que pueden provocar eutrofización en los cuerpos de aguas receptores), agentes patógenos (organismos (bacterias, protozoos, helmintos y virus), presentes en mayor o menor cantidad en las aguas servidas y que pueden producir o transmitir enfermedades), contaminantes emergentes (estas sustancias provienen principalmente de productos de cuidado personal, productos de limpieza doméstica, productos farmacéuticos, etc)”

Al obtener los resultados con los valores que no son permisibles se observa la necesidad de realizar un tratamiento que mejore la calidad del agua residual que es vertida en el recurso hídrico.

#### **5.5. Procesos para tratamiento de aguas residuales.**

Es necesario llevar un orden con diferentes procesos los cuales son necesarios para mejorar la calidad del agua ya que “el objetivo básico del tratamiento de aguas, es proteger la salud, promover el bienestar de seres vivos y proteger el medio ambiente. El retorno de las aguas residuales a nuestros ríos, quebradas o lagos nos convierte en usuarios directos o indirectos de estas, y a medida que crece la población, aumenta la necesidad de proveer sistemas de tratamiento o renovación que permitan eliminar los riesgos para la salud y minimizar los daños a los recursos naturales que nos rodean.

Por lo tanto, el tratamiento necesario para la eliminación de los contaminantes en el agua residual, se puede determinar teniendo en cuenta las características del efluente crudo con respecto a las exigencias del efluente tratado, siendo los procesos empleados químicos, físicos y/o biológicos que, a su vez, individualmente, suelen clasificarse como operaciones físicas unitarias, procesos químicos unitarios y procesos biológicos unitarios. Los procesos biológicos, a su vez pueden ser aeróbicos o anaeróbicos” (ZANUTTIN, 2018).

En un proceso de tratamientos de agua para un hotel campestre, una vez se determinan los tipos de contaminantes que se pueden encontrar se procede a seleccionar las alternativas adecuadas en donde la figura 3 muestra de forma general un esquema de tratamiento de estas aguas donde se incorporan el tratamiento de lodos y la desinfección

Figura 3. Esquema de un tren de tratamiento de aguas residuales.



Fuente: (Ocampo, 2013)

En la tabla 2. se observa la etapa y el objetivo de tratamiento

Tabla 2. Clasificación de las etapas de tratamiento.

ETAPA	OBJETIVOS DE TRATAMIENTO
Tratamiento preliminar (pretratamiento)	<ul style="list-style-type: none"><li>• Remoción de basura</li><li>• Remoción de arenas</li><li>• Regulación de caudal</li></ul>
Tratamiento primario	Remoción de material suspendido
Tratamiento secundario	Remoción de materia orgánica biodegradable
Tratamiento terciario	Mejorar el efluente de un tratamiento secundario: <ul style="list-style-type: none"><li>• Remoción de material suspendido</li><li>• Remoción de nutrientes (N y/o P)</li><li>• Remoción de otros contaminantes</li></ul>
Desinfección	Eliminación de microorganismos patógenos
Tratamiento de lodos	Producir lodo apto para su disposición final: <ul style="list-style-type: none"><li>• Remoción de contenido de agua</li><li>• Producción de lodo que no se descomponga (lodo estabilizado)</li></ul>

Fuente: (Ocampo, 2013)

### 5.5.1. Procesos para el tratamiento

#### Rejillas

La instalación de estas es de vital importancia en todos los tratamientos de agua residual ya que retiene los sólidos voluminosos que se encuentran contenidos en el vertimiento. Este artefacto es el inicio del tratamiento que se compone “por barrotes rectos que están soldados a unas barras de separación situadas en la cara posterior y su longitud no debe exceder aquella que permita rastrillar fácilmente. Van inclinadas sobre la horizontal con ángulos entre 60° -80°” (Ocampo, 2013).

## **Filtro percolador anaerobio**

Esta fase del tratamiento se compone de una biopartícula que va insertada en un medio filtrante, remueve los residuos orgánicos de las aguas servidas de manera anaerobia siendo así filtros biorreactores, según (PREM, 2017) los filtros percoladores se han usado hace mucho tiempo para tratar este tipo de aguas. Para su funcionamiento, estos deben ser llenados a una altura determinada con un material permeable, como el plástico que es el más usado comúnmente y que facilite la formación de una capa biológica en la parte superior donde quedaran atrapadas las grasas, aceites y también se removerán gran parte arena y lodos que se decantaran al fondo (PREM, 2017). El agua residual o las aguas servidas se por la superficie del filtro, esparciéndose en la capa filtrante, seguido de la recolección en la parte inferior para continuar al siguiente proceso.

Para la utilización de este tipo de filtro se debe tener en cuenta la distancia de instalación que no se encuentre cerca de zonas residenciales y en este caso que no esté cerca de los hoteles ya que según (PREM, 2017) “los sistemas de filtros percoladores presentan altas eficiencias en remoción de materia orgánica, medida como la demanda bioquímica de oxígeno DBO5, pero suelen tener problemas como la propagación de moscas y producción de olores sépticos”.

En la siguiente tabla se muestra la eficiencia obtenida en el tratamiento de aguas servidas por los filtros percoladores.

Tabla 3. Rendimiento de eliminación del constituyente, %

Unidad	DBO	DQO	SS	P	N-org	N-NH <sub>3</sub>
Filtro Percolador	65-85	60-80	60-85	8-12	15-50	8-15

Fuente: (PREM, 2017)

Se quiere llegar a obtener resultados en este tratamiento mejor o similar para el tratamiento de las aguas servidas en los hoteles.

### **Cámara de lodos activados con lecho fluidizado (aerobia)**

En este proceso el agua se oxigena para elevar el contacto de bacterias, lo cual hace que se eliminen olores y contaminantes ayudando a la degradación por oxidación con oxígeno disuelto donde “esta cámara aerobia trabaja con un sistema llamado burbuja fina donde este tipo de burbuja puede ser producida por diferentes métodos o tecnologías, en este caso se utiliza un lecho fluidizado (rosetas) las que hacen que el agua se oxigene. Este tipo de burbuja tiene la ventaja de brindar mayor eficiencia al proceso, aunque necesita ser limpiados periódicamente” (GUZMAN, 2018).

### **Cámara de decantación Lamelar**

Este proceso básicamente es un proceso de depuración, donde se eliminan solidos sedimentables presentes en el agua, este método es comúnmente utilizado ya que tiene la capacidad de retener residuos de este tipo que otros métodos no pueden. Su función es separar los elementos pesados más densos que el agua y así poder continuar con los demás procesos sin ningún tipo de problema y “la ventaja de esta cámara de decantación lamelar es que la distancia que deben recorrer las partículas hasta ser decantada

totalmente es menor y se aumenta la capacidad de clarificación del agua permitiendo una mayor eficiencia que los decantadores tradicionales. Ya estando el agua limpia y situada en la parte superior se va vertiendo y dirigiendo por la tubería hacia el siguiente proceso” (AGUASRESIDUALES.INFO, 2018). Ya estando el agua limpia y situada en la parte superior se va vertiendo y dirigiendo por la tubería hacia el siguiente proceso.

### **Filtro vertical descendente**

Durante el paso del anterior proceso a este se inyecta cloro y floculante, el cloro es para que el agua dure, tenga buena calidad y no se dañe con facilidad. El floculante es para homogenizar los sólidos en suspensión para ser evacuados. El agua es vertida en el filtro vertical y pasa por las capas de material filtrante (arena, antracita y grava) donde se retiene los sólidos en suspensión obtenidos después de la floculación del agua dando como producto agua tratada libre de contaminantes cumpliendo con las normativas actuales para su vertimiento o reuso, “la eliminación de los sólidos suspendidos se lleva a cabo, por el arrastre mecánico generado por el choque aleatorio y la sedimentación. Esto es debido a que las bacterias forman colonias en el medio granular, la auto filtración provocada por el crecimiento bacteriano favorece aún más la eliminación de sólidos y nutrientes” (López, 2012).

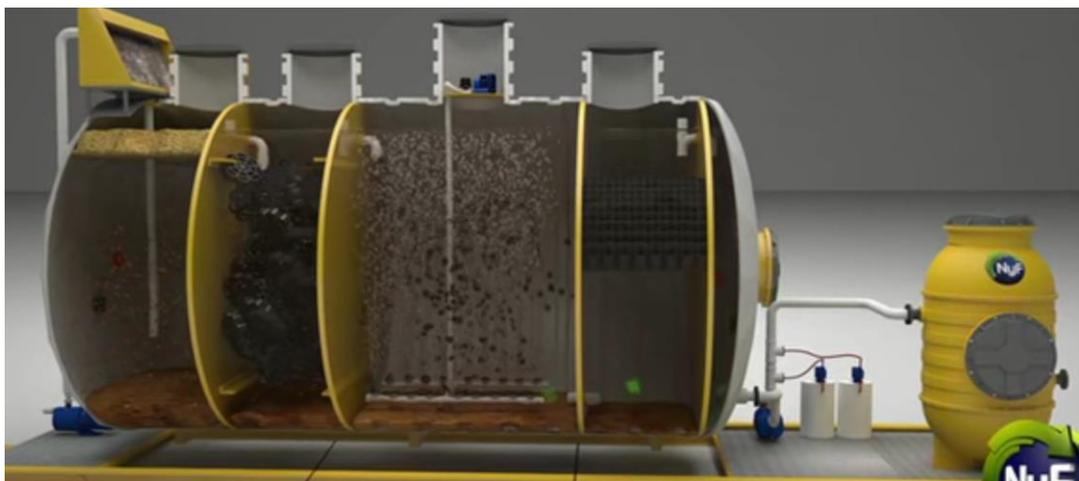
A continuación, se observará gráficamente el diseño del tratamiento planteado para el manejo de las aguas negras provenientes de los hoteles campestres en Santander.

*Figura 4. Descripción grafica del sistema de tratamiento*



*Fuente: (nyfdecolombia, 2016)*

*Figura 5. Vista interna del tratamiento.*



*Fuente: (nyfdecolombia, 2016)*

*Figura 6. Vista externa del tratamiento.*



*Fuente: (nyfdecolombia, 2016)*

## **6. Conclusiones**

Debido a la gran importancia y el aporte significativo que se produce en el medio ambiente, el tratamiento de aguas residuales debería darse en todos los hoteles campestres, pues la conservación de fuentes hídricas resulta de vital importancia para la vida del ser humano. Esto va de la mano con las autoridades ambientales negando permisos para vertidos de estas aguas en quebradas, ríos, entre otros. Estas prácticas siguen utilizándose por parte de muchos hoteles en el departamento de Santander, los cuales prefieren arrojar clandestinamente y sin control alguno este residuo y no asumir la inversión en un tratamiento. Las tecnologías van en avance a través del tiempo hacia la optimización de los recursos que se encuentran escasos, en este caso el agua.

Los tratamientos mejoran su eficiencia por que “están fabricadas en fibra de vidrio y poseen una alta eficiencia en el proceso logrando una reducción de 65% a 93.9% de contaminantes” (nyfdecolombia, 2016) motivando a las empresas hoteleras a asumir su compromiso social y ambiental, ya que la salud depende del estado en que se encuentre este recurso como lo es el agua, contaminar las fuentes con vertimientos residuales que no han sido tratadas pone la vida de todos los seres vivos en riesgo, en especial a las comunidades más desfavorecidas que no tienen acceso ni una buena economía para acceder a agua potable.

Se espera que la mayoría de hoteles campestres en Santander que no cuentan con un tratamiento para sus aguas servidas se guíen de este documento para que tengan una guía y opción del proceso para mejorar la calidad de agua que entregan al ambiente, teniendo en cuenta la normatividad vigente, y así poder evitar la proliferación de enfermedades en las comunidades o habitantes que se encuentren aguas abajo de los efluentes donde son vertidas estas aguas, teniendo en cuenta que para que una PTAR sea sostenible tiene que

tener poca disponibilidad de recursos, como el espacio, la cantidad de residuos generados, su costo y principalmente que sea beneficioso para la zona de influencia que se está viendo afectada.

El tratamiento planteado anteriormente es de fácil operación como se observa en la figura número 4 y su costo no es tan elevado, así que los hoteles podrán considerar implementarlo en sus instalaciones, ya que así cumplirían con las condiciones medio ambientales adecuadas y mejorarían las condiciones de saneamiento básico en los sectores que son afectados por estos residuos.

La importancia del tratamiento de las aguas servidas consiste básicamente en la desinfección y depuración de contaminantes de las aguas que se encuentran llenas de contaminantes, las aguas servidas después de ser tratadas y descontaminadas deben ser devueltas a los efluentes hídricos para que sigan su cauce natural, siempre y cuando estas cuenten con unas condiciones adecuadas, de esta forma no evita la alteración de los ecosistemas, disminuye enfermedades y la contaminación a la biodiversidad preservando la biodiversidad y propiciando una mayor disposición de este recurso para las futuras generaciones.

## 7. Bibliografía

AGUASRESIDUALES.INFO. (24 de enero de 2018). *La actualidad del sector del agua*. Obtenido de <https://www.aguasresiduales.info/revista/noticias/que-es-un-decantador-lamelar-y-para-que-sirve-RDPTt>

Araya, G. V. (2014). *LAS AGUAS SERVIDAS Y SU DEPURACION EN ZONAS RURALES: Situación actual y desafíos*. Chile: Okey diseño & publicidad Ltda.

*Blook fibras & Normas de Colombia*. (2020). Obtenido de <https://blog.fibrasynormasdecolombia.com/procesos-de-aguas-residuales-ptar-definicion-tipos-etapas-del-proceso-conclusiones/#Tipos-de-plantas-de-procesamiento>

Cuenca, E. N. (2017). *Calidad de aguas: Uso y aprovechamiento*. Malaga, España: ICB, Editoriales.

Dávila, T. L. (2018). DIAGNOSTICO DEL SISTEMA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES DEL HOTEL OLGA LUCIA EN EL MUNICIPIO DE BARRANCABERMEJA. *Teinnova*, 1-2.

ENDESA. (2015). *Gestión integral del agua*. Obtenido de <https://www.endesa.com/es/nuestro-compromiso/medioambiente/gestion-integral-agua>

Ferrer, I. I. (Mayo de 2019). *repositorio.usm.cl*. Obtenido de <https://repositorio.usm.cl/bitstream/handle/11673/46583/3560900260859UTFSM.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

GUZMAN, F. N. (8 de junio de 2018). *DISEÑO Y OPERACIÓN DE UN REACTOR DE LECHO MOVIL AEROBIO PARA TRATAMIENTO DE AGUA RESIDUAL DOMESTICA*. Obtenido de <https://repository.unimilitar.edu.co/bitstream/handle/10654/18000/GarciaNathalia%2CGuti%C3%A9rezDaniela%2C2018.pdf?sequence=2&isAllowed=y>

*Ingenieriaambiental.net*. (2020). Obtenido de <https://ingenieriaambiental.net/etapas-del-tratamiento-de-aguas-residuales/>

- Jumapam. (2020). *Distribucion de agua en el planeta*. Jumapan.
- López, J. R. (Noviembre de 2012). *Escuela Regional de Ingeniería Sanitaria y Recursos Hidráulicos*. Obtenido de [http://biblioteca.usac.edu.gt/tesis/08/08\\_0419\\_MT.pdf](http://biblioteca.usac.edu.gt/tesis/08/08_0419_MT.pdf)
- Minambiente. (2015). *Ministerio de medio ambiente y desarrollo sostenible*. Obtenido de <https://www.minambiente.gov.co/>
- nyfdecolombia. (2016). Obtenido de <https://www.nyfdecolombia.com/plantas/tratamiento-de-aguas-residuales>
- Ocampo, A. M. (2013). *Operacion y mantenimiento d eplantas de tratamiento de agua residual con el proceso de lodos activados*. Jalisco: Arturo Nelson Villareal.
- OMS. (2017). Obtenido de [https://www.who.int/water\\_sanitation\\_health/diseases-risks/diseases/es/](https://www.who.int/water_sanitation_health/diseases-risks/diseases/es/)
- PREM, R. A. (2017). *EVALUACIÓN TÉCNICA Y PROPUESTA DE MEJORA DE LOS FILTROS PERCOLADORES DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES DE LA UNIVERSIDAD RAFAEL LANDÍVAR*. Obtenido de <http://recursosbiblio.url.edu.gt/tesiseortiz/2017/02/09/De-Leon-Ricardo.pdf>
- Rojas, J. A. (2013). *TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES; TEORIA Y PRINCIPIOS DE DISEÑO*. Bogota: Reimp.
- Technology, C. W. (10 de Marzo de 2017). Obtenido de [http://www.alapre.org/Downloads/Congresos/Quinto\\_Congreso/CWT\\_Como\\_hacer\\_una\\_planta\\_de\\_tratamiento\\_de\\_aguas\\_PTAR\\_eficiente.pdf](http://www.alapre.org/Downloads/Congresos/Quinto_Congreso/CWT_Como_hacer_una_planta_de_tratamiento_de_aguas_PTAR_eficiente.pdf)
- WIKI. (2007). *INGENIERIA DE AGUAS RESIDUAES*. WIKI.
- ZANUTTIN, G. (2018). *COMPARACIÓN DE SISTEMAS DE TRATAMIENTO DE EFLUENTES PARA UN HOTEL EN AMBIENTE URBANO*. Obtenido de <https://rid.unrn.edu.ar/bitstream/20.500.12049/1392/1/Trabajo%20Integrador%20Final%20Zanutt%C3%ADn%20Gisela.pdf>