

Ruth Stefani Muralles Urizar

PROYECTO PARA LA CONSTRUCCIÓN DE PLANTA DE TRATAMIENTO  
DE AGUAS RESIDUALES EN COLONIAS LOS LAURELES Y EL CARMEN,  
ALDEA LO DE REYES, SAN PEDRO AYAMPUC, GUATEMALA.



Asesor General Metodológico:  
Ingeniero Agrónomo Carlos Alberto Pérez Estrada.

Universidad Rural de Guatemala  
Facultad de Ingeniería.

Guatemala, septiembre de 2023.

Informe final de graduación.

PROYECTO PARA LA CONSTRUCCIÓN DE PLANTA DE TRATAMIENTO  
DE AGUAS RESIDUALES EN COLONIAS LOS LAURELES Y EL CARMEN,  
ALDEA LO DE REYES, SAN PEDRO AYAMPUC, GUATEMALA.



Presentado al honorable tribunal examinador por:

Ruth Stefani Muralles Urizar

En el acto de investidura previo a su graduación como Licenciada en Ingeniería  
Civil con énfasis en Construcciones Rurales.

Universidad Rural de Guatemala  
Facultad de Ingeniería.

Guatemala, septiembre de 2023.

Informe final de graduación.

PROYECTO PARA LA CONSTRUCCIÓN DE PLANTA DE TRATAMIENTO  
DE AGUAS RESIDUALES EN COLONIAS LOS LAURELES Y EL CARMEN,  
ALDEA LO DE REYES, SAN PEDRO AYAMPUC, GUATEMALA.



Rector de la Universidad:

Doctor Fidel Reyes Lee

Secretario de la Universidad:

Licenciado Mario Santiago Linares García

Decano de la Facultad de Ingeniería

Ingeniero Luis Adolfo Martínez Díaz

Universidad Rural de Guatemala

Facultad de Ingeniería.

Guatemala, septiembre de 2023.

Esta tesis fue presentada por la autora,  
previo a obtener el título universitario  
Licenciada en Ingeniería civil con énfasis  
en Construcciones Rurales.

## Índice general

Contenido	No. páginas
Prologo	
Presentación	
I. INTRODUCCION-----	1
1.1 Planteamiento del problema -----	2
1.2 Hipótesis -----	2
1.3 Objetivos-----	3
1.4 Justificación -----	3
1.5 Metodología-----	4
1.5.1 Métodos -----	4
1.5.2 Técnicas -----	7
II. MARCO TEÓRICO -----	90
III. COMPROBACIÓN DE LA HIPÓTESIS -----	91
IV. COCLUSIONES Y RECOMENDACIONES-----	102
IV.1 Conclusiones-----	103
IV.2 Recomendaciones -----	104
BIBLIOGRAFÍA	
ANEXOS	

## Índice de cuadros

Contenido	No. páginas
1. Artículo 21. Límites máximos permisibles para entes generadores nuevos reglamento 236-2006-----	36
2. Límites máximos permisibles de descargas a cuerpos receptores -----	37
3. Límites máximos permisibles de descargas a cuerpos receptores para aguas residuales municipales -----	38
4. Parámetros y límites máximos permisibles para reusó -----	38
5. Parámetros y límites máximos permisibles para lodos -----	39
6. Información típica para el diseño de tanques de sedimentación primaria -----	62
7. Información típica para el diseño de un sedimentador primario -----	62
8. Información usual de diseño para varios tipos de filtros percoladores no sumergidos -----	69
9. Enfermedades gastrointestinales-----	92
10. Incremento de enfermedades gastrointestinales en habitantes -----	93
11. Dificultades por incremento de enfermedades gastrointestinales -----	94
12. Incremento de enfermedades gastrointestinales en personas entre 0 a 10 años -----	95
13. Disminución de enfermedades gastrointestinales-----	96
14. Proyecto para la planta de tratamiento de aguas residuales -----	97
15. Implementación proyecto para la construcción de planta de tratamiento de aguas residuales-----	98
16. Proyecto para la construcción de planta de tratamiento de aguas residuales --	99
17. Implementación de acciones en el proyecto de construcción de planta de tratamiento de aguas residuales -----	100

18. Implementación de mantenimiento a la planta de tratamiento de aguas residuales -----	101
---	-----

### Indice de graficas

Contenido	No. páginas
1. Enfermedades gastrointestinales-----	92
2. Incremento de enfermedades gastrointestinales en habitantes -----	93
3. Dificultades por incremento de enfermedades gastrointestinales -----	94
4. Incremento de enfermedades gastrointestinales en personas entre 0 a 10 años -	95
5. Disminución de enfermedades gastrointestinales -----	96
6. Proyecto para la planta de tratamiento de aguas residuales-----	97
7. Implementación proyecto para la construcción de planta de tratamiento de aguas residuales-----	98
8. Proyecto para la construcción de planta de tratamiento de aguas residuales ----	99
9. Implementación de acciones en el proyecto de construcción de planta de tratamiento de aguas residuales -----	100
10. Implementación de mantenimiento a la planta de tratamiento de aguas residuales -----	101

## Prólogo

El tratamiento de aguas residuales está cobrando gran importancia en nuestro país, en el caso del presente trabajo trata sobre la ejecución del proyecto para la construcción de planta de tratamiento de aguas residuales en colonias Los Laureles y El Carmen, aldea Lo De Reyes, San Pedro Ayampuc, Guatemala.

El tratamiento de aguas residuales está cobrando gran importancia en nuestro país, en el caso del presente trabajo trata sobre la ejecución del proyecto de la Planta de tratamiento en las colonias Los Laureles y El Carmen, aldea Lo De Reyes, San Pedro Ayampuc, Guatemala., así como un conocimiento más profundo de los mecanismos envueltos en el proceso, pero con el paso del tiempo, el crecimiento desordenado de las colonias, así tener una planta de tratamiento amplia y adecuada para las colonias y así conservar las áreas verdes del lugar.

Previo a optar al título universitario de Ingeniería Civil, en el grado académico de Licenciada, fue necesario realizar la investigación con los profesionales del Centro de Salud de Colonias San Pedro Ayampuc y profesionales de la Dirección Municipal de Planificación de la Municipalidad de San Pedro Ayampuc, Guatemala.

La elaboración de la propuesta sirve para aplicar los conocimientos adquiridos durante la carrera de Ingeniería Civil. Además, es una fuente de consulta para otros estudiantes.

El propósito fundamental de la presente propuesta es disminuir las enfermedades gastrointestinales mediante la implementación de la construcción de la planta de tratamiento de aguas residuales, a través del cual, se reducirá la contaminación de áreas verdes.

Por lo que es necesario implementar y dotar de un documento específico que contenga alternativas de solución a los problemas de contaminación de áreas verdes, en las colonias Los Laureles y El Carmen, aldea Lo De Reyes, San Pedro Ayampuc, Guatemala.



## Presentación

En cumplimiento a lo estipulado por la Universidad previo a optar al título universitario de Ingeniería Civil, se elaboró el trabajo denominado proyecto para la construcción de planta de tratamiento de aguas residuales en colonias Los Laureles y El Carmen, aldea Lo De Reyes, San Pedro Ayampuc, Guatemala.

En este trabajo se pretende poder llevar a cabo el proyecto de una planta de tratamiento de aguas residuales en las colonias Los Laureles y El Carmen, aldea Lo De Reyes, San Pedro Ayampuc, Guatemala, para reducir enfermedades gastrointestinales en habitantes de las colonias Los Laureles y El Carmen, aldea Lo De Reyes, San Pedro Ayampuc, Guatemala y también reducir el aporte de contaminantes a los cursos naturales de agua y de áreas verdes, los elementos nutritivos del agua residual se utilizan para riego.

La calidad del agua es un factor que limita la disponibilidad del recurso hídrico y restringe su uso. El aumento en la demanda de agua tiene como consecuencia un crecimiento en el volumen de los residuos líquidos, cuya descarga, sin una apropiada recolección, evacuación y tratamiento, perjudica la calidad de las aguas y contribuye con los problemas de disponibilidad del recurso hídrico.

En el presente trabajo se estudia el comportamiento de los procesos físicos, químicos y biológicos que tienen lugar dentro de un humedal de flujo subsuperficial durante la remoción de materia orgánica y nutrientes. Esta tecnología pasiva de tratamiento fue implementada con la intención de prevenir la degradación de las áreas verdes de las colonias Los Laureles y El Carmen, aldea Lo De Reyes, San Pedro Ayampuc, Guatemala, al evitar las descargas directas del agua residual proveniente de las pequeñas poblaciones aledañas. El humedal de flujo subsuperficial forma parte de un sistema de tratamiento de agua residual, es precedido por un filtro anaerobio de flujo ascendente (FAFA) y se encuentra ubicado en la planta de tratamiento de agua residual de las colonias Los Laureles y El Carmen, aldea Lo De Reyes, San Pedro Ayampuc, Guatemala.

## I. INTRODUCCIÓN

El presente trabajo contiene el informe de los diseños de la planta de tratamiento de aguas residuales, de Colonias Los Laureles y El Carmen, aldea Lo De Reyes, San Pedro Ayampuc, Guatemala.

La asignación y ejecución del mismo, surge de la necesidad de servicios básicos en dicha población. La planta de tratamiento seleccionada, no necesita grandes extensiones de terreno para su funcionamiento.

El agua se constituye en un líquido vital ya que es necesario e indispensable para la supervivencia de los seres humanos y es un factor clave para las actividades cotidianas, domésticas, industriales, ganaderas y agrícolas. El país de producción agrícola se determina que tanto el uso como degradación de este recurso ha ido en aumento y se le ha sumado, el bajo perfil en cuanto al interés por tratar las aguas residuales; que tienen un alto impacto nocivo en los cuerpos de agua del país y que han incidido en la calidad de vida de la población.

Actualmente Guatemala cuenta con Acuerdos Gubernativos, que establecen criterios y requisitos que deben cumplirse para la descarga o reutilización de aguas residuales. Lo anterior se logra por medio de un conjunto de operaciones que se llevan a cabo en una planta de tratamiento, cuyo objetivo principal es mejorar la calidad del agua residual.

En la actualidad existe una variedad de alternativas tecnológicas para el tratamiento de agua residual proveniente de los hogares. Esto se da con el objetivo de reducir los espacios territoriales o la reestructuración del proceso convencional.

Tanto los procesos convencionales, como los tecnológicos modernos utilizan los parámetros fisicoquímicos establecidos, los cuales son: la Demanda Química de Oxígeno (DQO) y la Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO). Con dichos parámetros se determina la cantidad de contaminación orgánica e inorgánica que

contiene el agua residual al entrar a una planta de tratamiento, así como establecen la eficiencia de la misma, debido a que después del tratamiento el agua residual debe cumplir con rangos establecidos por la legislación de Demanda Química de Oxígeno (DQO) y Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO).

Para definir el tipo de tratamiento que debe recibir el agua residual, se debe conocer también: la temperatura, el potencial de hidrógeno (pH), sólidos disueltos, sólidos suspendidos, concentración de nitrógeno, fósforo y carbono.

Se incluyen, en la parte final, los planos de los proyectos mencionados, así como las conclusiones, recomendaciones y bibliografía consultada.

### 1.1 Planteamiento del problema

En colonias Los Laureles y El Carmen, aldea Lo De Reyes, existe contaminación de áreas verdes y esto causa enfermedades gastrointestinales en habitantes y para poder darle solución a este problema se planteó en este trabajando la realización del proyecto de una planta de tratamiento de aguas residuales en el lugar de estudio, todo esto teniendo en cuenta reglamentos y leyes para no incumplirlas, teniendo como unidad ejecutora a la Dirección Municipal de Planificación de la municipalidad de San Pedro Ayampuc, Guatemala.

Actualmente existe poco o ningún interés en la mayoría de las municipalidades del país en implementar acciones tendientes al tratamiento y manejo de desechos sólidos y líquidos, que en muchos casos son vertidos a suelo abierto o en los cuerpos de agua, ocasionando problemas ambientales que derivan en contaminación de suelos, fuentes de agua, reservorios y ríos. Este manejo inadecuado genera un impacto negativo en el ser humano especialmente en la salud, de igual manera en su actividad económica y social, además de afectar los ecosistemas naturales circundantes.

## 1.2 Hipótesis

### Hipótesis causal:

“Las enfermedades gastrointestinales en habitantes de colonias Los Laureles y El Carmen, aldea Lo De Reyes, San Pedro Ayampuc, Guatemala, durante los últimos 5 años, por contaminación de áreas verdes cercanas al área de estudio, es debido a la inexistencia de proyecto para la construcción de planta de tratamiento de aguas residuales.”

### Hipótesis interrogativa:

¿Será la inexistencia de proyecto para la construcción de planta de tratamiento de aguas residuales, por contaminación de áreas verdes cercanas a las colonias Los Laureles y EL Carmen, aldea Lo De Reyes, San Pedro Ayampuc, Guatemala, en los últimos 5 años por ello incremento de enfermedades gastrointestinales en los habitantes?

## 1.3 Objetivos

### 1.3.1 Objetivo general.

Disminuir enfermedades gastrointestinales en habitantes de colonias Los Laureles y El Carmen, aldea Lo De Reyes, San Pedro Ayampuc, Guatemala.

### 1.3.2 Objetivo específico.

Reducir contaminación de áreas verdes cercanas a colonias a Los Laureles y El Carmen, aldea Lo De Reyes, San Pedro Ayampuc, Guatemala.

## 1.4 Justificación

La preocupación por el ambiente desempeña un papel cada vez más importante en la selección y diseño de los sistemas de tratamiento de agua residual. Actualmente se encuentran solicitudes de proyectos de construcción de plantas de tratamiento de aguas residuales domésticas en base a un diagnóstico ambiental, los cuales son requeridos a las municipalidades, dejando en el abandono aquellas plantas de tratamiento con infraestructura establecida.

Los resultados serán parámetros de diseño, que permitirán establecer con criterios científicos, una alternativa tecnológica apropiada para la conversión de las unidades de tratamiento secundario de agua residual y cumplir o hacer cumplir los parámetros permisibles y rehabilitar la planta en un período tiempo.

La selección de la alternativa tecnológica de tratamiento secundario de aguas residuales busca minimizar costos a largo plazo y beneficiar directamente a la gestión municipal con el cumplimiento de sus obligaciones ambientales y sanitarias; e indirectamente a los habitantes del sector, a quienes se podrá dar un ambiente más sano libre de contaminantes por descargas de aguas residuales sin tratamiento a los ríos aledaños.

## I.5 Metodología

Los métodos y técnicas empleadas para la elaboración del presente trabajo de graduación, se expone a continuación:

### I.5.1 Métodos

Los métodos utilizados variaron en relación a la formulación de la hipótesis y la comprobación de la misma; así: Para la formulación de la hipótesis, el método utilizado fue esencial el método deductivo, el que fue auxiliado por el método del marco lógico para formular la hipótesis y los objetivos de la investigación, diagramados en los árboles de problemas y objetivos, que forman parte del anexo de este documento. Para la comprobación de la hipótesis, el método utilizado fue el inductivo, que contó con el auxilio de los métodos: estadístico, análisis y síntesis.

La forma del empleo de los métodos citados, se expone a continuación:

#### 1.5.1.1 Métodos y técnicas utilizadas para la formulación de la hipótesis

Para la formulación de la hipótesis el método principal fue el deductivo, el cual permitió conocer aspectos generales del centro de Salud de Colonias, San Pedro Ayampuc, Guatemala. A este efecto, se utilizaron las técnicas que se especifican a continuación:

Observación directa. Esta técnica se utilizó directamente en el centro de Salud de Colonias, San Pedro Ayampuc, Guatemala, a cuyo efecto, se observó la forma en que actuaban los empleados y funcionarios de tal dependencia; así como a terceras personas que poseían relación directa e indirecta con la misma, como auditores gubernamentales, proveedores, entre otros.

Investigación documental. Esta técnica se utilizó a efectos de determinar si se poseían documentos similares o relacionados con la problemática a investigar, a fin de no duplicar esfuerzos en cuanto al trabajo académico que se desarrolló; así como, para obtener aportes y otros puntos de vista de otros investigadores sobre la temática citada. Los documentos consultados se especifican en el acápite de bibliografía, que fueron obtenidos a través de las fichas bibliográficas utilizadas en el transcurso de la revisión documental.

Entrevista. Una vez formada una idea general de la problemática, se procedió a entrevistar al personal del centro de Salud de Colonias, San Pedro Ayampuc, Guatemala, a efectos de poseer información más precisa sobre la problemática detectada.

Ya poseyendo una visión más clara sobre la problemática del centro de Salud de Colonias, San Pedro Ayampuc, Guatemala, con la utilización del método deductivo, a través de las técnicas anteriormente descritas, se procedió a la formulación de la hipótesis, a cuyo efecto se utilizó el método del marco lógico, que permitió encontrar la variable dependiente e independiente de la hipótesis, además de definir el área de trabajo y el tiempo que se determinó para desarrollar la investigación. La graficación de la hipótesis se encuentra en el anexo 2.

La hipótesis formulada de la forma indicada reza: “Las enfermedades gastrointestinales en habitantes de colonias Los Laureles y El Carmen, aldea Lo De Reyes, San Pedro Ayampuc, Guatemala, durante los últimos 5 años, por contaminación de áreas verdes cercanas al área de estudio, es debido a la inexistencia de proyecto para la construcción de planta de tratamiento de aguas residuales.”

El método del marco lógico, nos permitió también, entre otros aspectos, encontrar el objetivo general y el específico de la investigación; así como nos facilitó establecer la denominación del trabajo en cuestión.

#### 1.5.1.2 Métodos y técnicas empleadas para la comprobación de la hipótesis.

Para la comprobación de la hipótesis, el método principal utilizado, fue el método inductivo, con el que se pudo obtener resultados específicos o particulares de la problemática identificada; lo cual sirvió para diseñar conclusiones y premisas generales, a partir de tales resultados específicos o particulares.

A este efecto, se utilizaron las técnicas que se especifican a continuación:

Entrevista. Previo a desarrollar la entrevista, se procedió al diseño de boletas de investigación, con el propósito de comprobar las variables dependiente e independiente de la hipótesis previamente formulada. Las boletas, previo a ser aplicadas a población objetivo, sufrieron un proceso de prueba, con la finalidad, de hacer más efectivas las preguntas y propiciar que las respuestas, proporcionaran la información requerida, después de ser aplicada.

Determinación de la población a investigar. En atención a este tema, el grupo de investigación decidió no efectuar un muestreo estadístico que representara a la población a estudiar, pues la misma estaba constituida por 5 personas que laboraban en el centro de Salud de Colonias, San Pedro Ayampuc, Guatemala; por lo que, para obtener una información más confiable, se censó o investigó a la totalidad de la población; con lo que se supone que el nivel de confianza en este caso será del 100%.

Después de recabar la información contenida en las boletas, se procedió a tabularlas; para cuyo efecto se utilizó el método de estadístico y el método de análisis, que consistió en la interpretación de los datos tabulados, en valores absolutos y relativos, obtenidos después de la aplicación de las boletas de investigación, que poseyeron como objeto la comprobación de la hipótesis previamente formulada.

Una vez interpretada la información, se utilizó el método de síntesis, a efecto de obtener las conclusiones y recomendaciones del presente trabajo de investigación; el que sirvió además para hacer congruente la totalidad de la investigación, con los resultados obtenidos producto de la investigación de campo efectuada.

#### I.5.2 Técnicas

Las técnicas empleadas, tanto en la formulación como en la comprobación de la hipótesis, se expusieron anteriormente; pero éstas variaron de acuerdo a la etapa de la formulación de la hipótesis y a la comprobación de la misma; así:

Como se describió en el apartado (1.5.1 Métodos), las técnicas empleadas en la formulación fueron: La observación directa, la investigación documental y las fichas bibliográficas; así como la entrevista a las personas relacionadas directamente con la problemática.

Por otro lado, la comprobación de la hipótesis, se utilizó la entrevista y el censo.

Como se puede advertir fácilmente, la entrevista estuvo presente en la etapa de la formulación de la hipótesis y en la etapa de la comprobación de la misma. La investigación documental, estuvo presente además de las dos etapas indicadas, en toda la investigación documental y especialmente, para conformar el marco teórico.



## II: MARCO TEÓRICO

### II.1 Enfermedades gastrointestinales

“Las infecciones gastrointestinales se describen como las manifestaciones crónicas y recurrentes que no pueden ser explicadas por una causa orgánica. La gastritis, por ejemplo, es una inflamación del revestimiento del estómago que suele provocar dolor abdominal, náuseas y vómitos.” (Michael, 2011)

“Las enfermedades gastrointestinales siempre han afectado a la población debido a varios factores como falta de higiene al realizar las necesidades fisiológicas, contaminación del medio ambiente y otros; lo cual afecta a las personas de manera muy severa, por lo cual es necesario contrarrestar las mismas.” (Castellanos, 2004)

### II.2 Enfermedades gastrointestinales por estrato social.

“Se puede concluir que las enfermedades gastrointestinales de los niños de 0 a 5 años son debido a condiciones ambientales tales como las siguientes: Exposición de excretas: la exposición de excretas actualmente permite no es la más recomendable debido a que permite que se contamine las fuentes de agua.” (Castellanos, 2004)

“Es necesario que la disposición de excretas se realice en letrinas diseñadas y ubicadas en lugares que no estén en lugares cercanos al arroyo. Agua: la mayor parte de los niños consumen agua de pozo, al consumir esta agua hasta un cierto porcentaje de niños la consume sin purificar, lo que conlleva a que ellos obtengan los microbios directamente del agua, por lo cual al hacer el análisis de heces a los niños se determinaron diferentes parásitos gastrointestinales.” (Castellanos, 2004)

“Falta de higiene: la falta de higiene después de realizar las necesidades fisiológicas, así como antes de ingerir alimentos es el factor determinante en la contaminación de diferentes parásitos, por lo cual es necesario implementar medidas para contrarrestar esto.” (Castellanos, 2004)

“Falta de educación ambiental: la ausencia de educación ambiental no hace posible que se tenga la concepción del entorno como unidad que está íntimamente

relacionada, por lo cual no se observa la conexión existente entre la contaminación del nivel freático de los pozos con las letrinas subterráneas, la falta de cloración del agua con los parásitos intestinales, así como la presencia de bacterias ligadas a en el agua de los pozos.” (Castellanos, 2004)

### II.3 Indicadores del incremento de enfermedades gastrointestinales

“Si las aguas residuales no son tratadas o dispuestas adecuadamente, se convierten en un grave peligro para la salud de las personas y para el ambiente, pues a pesar de los drenajes son vertidas a los ríos, lago y demás cuerpos de agua, constituyéndose en una gran fuente de contaminación.” (Cerna, 2001)

“Entre los problemas más frecuentes se encuentran:” (Cerna, 2001)

1. “Si las aguas residuales no van entubadas, sino que se encuentran a flor de tierra, forman charcos convirtiéndose en criaderos de zancudos y otros insectos, causante de enfermedades, como el dengue, paludismo, y otras.”
2. “Los jabones, detergentes y otros residuos que llegan por arrastre a las fuentes principales de agua, contaminándola dando como resultado efectos negativos para la salud.”
3. “El riego de cultivos especialmente legumbres con aguas servidas no tratadas, contamina los alimentos y propicia el aparecimiento de enfermedades gastrointestinales, como diarreas, cólera, hepatitis, fiebre tifoidea y otras.”
4. “El volcamiento de aguas no tratadas de ríos, nacimiento, lagos con altas concentraciones de patógenos o materia orgánica se convierten en nutrientes, siendo los responsables de la falta de oxígeno, matando seres vivos. Este fenómeno da al agua una coloración verde matando animales que en ella viven o beben de la misma.”
5. “La contaminación del agua con metales pesados, así como el uso inadecuado de plagas, acelera también el deterioro de este recurso y el aparecimiento de enfermedades, en las personas que la consumen.” (Cerna, 2001)

## II.4 Contaminación

“La contaminación es la inclusión en el medio ambiente o en los animales de microorganismos o sustancias nocivas que alteran el equilibrio ecológico, provocando trastornos en el medio físico y en los organismos vivos.” (Wagner, 1996)

“Alteración directa o indirecta de las propiedades radiactivas, biológicas, térmicas o físicas de una parte cualquiera del medio ambiente, que puede crear un efecto nocivo para la salud y bienestar de cualquier especie viva.” (Rossana, 2009)

“La contaminación es básicamente un cambio indeseable en las características físicas, químicas o biológicas del ambiente natural, producido sobre todo por la actividad humana.” (Wagner, 1996)

## II.5 Contaminación de áreas verdes

“La contaminación de áreas verdes, es la presencia en el ambiente de cualquier agente físico, químico, biológico o bien de una combinación de varios agentes en lugares, formas y concentraciones tales que sean o puedan ser nocivos para la salud, la seguridad o para el bienestar de la población, o bien, que puedan ser perjudiciales para la vida vegetal o animal.” (Aguilar, 2006)

“La contaminación de áreas verdes es también la incorporación a los cuerpos receptores de sustancias sólidas, líquidas o gaseosas, o mezclas de ellas, siempre que alteren desfavorablemente las condiciones naturales del mismo, o que puedan afectar la salud, la higiene o el bienestar del público. Contaminación es un vocablo principalmente negativo, ya que se entiende de su concepto que la acción de contaminar es hacer daño de una u otra manera.” (Aguilar, 2006)

“Se utiliza el término contaminación para hacer referencia a la contaminación de áreas verdes, ya que el ambiente es lo que se ve afectado cuando se contamina. Se puede definir como acción y efecto de contaminar, pero vale la pena mencionar qué se

entiende por contaminar, y es: alterar nocivamente la pureza o las condiciones normales de una cosa o un medio por agentes químicos o físicos.” (Aguilar, 2006)

“La presencia de sustancias extrañas al medio ambiente que ocasionan alteraciones en su estructura y funcionamiento. La alteración de los factores bióticos, que son las sustancias orgánicas y los seres vivos o abióticos, aire, agua, minerales del medio ambiente, debido a la descarga o emisión de desechos sólidos, líquidos o gaseosos.” (Aguilar, 2006)

“La contaminación altera al medio ambiente, ocasionando daños graves y nocivos a los seres vivos que habitan en él y a los elementos naturales que se encuentran establecidos también dentro del ambiente. La descarga de desechos sólidos, como basura, o químicos afectan terriblemente al ambiente, sin mencionar los desechos líquidos y gaseosos que afectan aún más. El medio ambiente no está diseñado para recibir cantidades grandes de contaminantes, por lo que cada vez que hay contaminación ambiental, sea o no en poca cantidad, el daño es irreversible e irreparable.” (Aguilar, 2006)

## II.6 Contaminantes de áreas verdes

“Por contaminantes se puede entender toda materia o sustancia o sus combinaciones o compuesto derivados químicos o biológicos, que al incorporarse o acondicionarse al aire, agua o tierra, puedan alterar o modificar sus características naturales o los del ambiente. Igual sucede toda forma de energía, como el calor, la radioactividad o el ruido que, al operar sobre el agua, el aire, la tierra o cualquier ser vivo, altera su estado normal.” (Rossana, 2009)

“Al hablar de contaminantes o contaminación, se piensa que solamente es por desechos sólidos, líquidos o gaseosos que se liberan en el medio ambiente. Sin embargo, desde ya hace bastante tiempo la contaminación ha pasado a afectar la salud del ser humano, y otros seres vivos, a través de los sentidos, como la vista y el

auditivo. Estos contaminantes producen efectos igualmente dañinos que aquellos a los cuales comúnmente se asocia la contaminación ambiental.” (Rossana, 2009)

“Clasificación de los desechos: la basura se clasifica en orgánica e inorgánica. Desechos o basuras orgánicas: Son las que originan los seres vivos como las personas, las plantas y los animales. Está formada por todo residuo que se puede pudrir o descomponer como las hojas de los árboles, rastrojos, paja, madera, plumas, papel, estiércol, cáscaras y restos de frutas, verduras, residuos de comida y otros.” (Cerna, 2001)

“Desechos inorgánicos: Proviene de procesos industriales y no se descomponen fácilmente: ejemplo vidrios, plásticos, hule, metales, llantas, telas sintéticas entre otras. Algunos de estos desechos pueden ser peligrosos para la salud como ejemplo las baterías, envases de plaguicidas medicamentos vencidos y otros.” (Cerna, 2001)

“Niveles de intervención en el manejo y disposición de la basura. El manejo y disposición de los desechos comprende: la generación, recolección, transporte y disposición final. Una gran proporción se genera en los hogares como resultado del aumento del consumo de una gran variedad de productos por las familias, especialmente la no perecedera, traduciéndose en un aumento considerable de volumen de basura.” (Cerna, 2001)

“Disposición final de la basura: En viviendas rurales donde no exista un sistema de recolección de basura municipal se recomienda separar la basura, y no botarla en cualquier lugar donde de gran problema al ambiente, llegando a las fuentes de agua y sea una contaminación irreversible y pueda causar la muerte en los seres humanos.” (Cerna, 2001)

“Con el desecho orgánico se puede hacer abono para utilizarlo posteriormente en la agricultura.” (Cerna, 2001)

## II.7 Indicadores de la contaminación de áreas verdes

“Los indicadores pueden ser los residuos y para poder tratar los residuos y obtener buenos resultados es importante saber que hay distintos tipos y que se agrupan de diferentes maneras.” (Greenpeace, 1998)

“Según su estado físico se clasifican en: sólidos y líquidos

Según su procedencia se clasifican en:

1. “Industriales: provienen de los procesos de producción, transformación, fabricación, utilización, consumo o limpieza.”
2. “Agrícolas: son los que proceden de la agricultura, la ganadería, la pesca, las explotaciones forestales o la industria alimenticia.”
3. “Sanitarios: son aquellos relacionados con el área de salud, están compuestos por residuos generados como resultado del tratamiento, diagnóstico o inmunización de humanos o animales.”
4. “Residuos sólidos urbanos: son los que están compuestos por basura doméstica.” (Greenpeace, 1998)

“Según su peligrosidad se clasifican en:” (Greenpeace, 1998)

1. “Residuos tóxicos y peligrosos: son los que por su composición química u otras características requieren tratamiento especial.”
2. “Radioactivos: materiales que emiten radiactividad.”
3. “Inertes: son aquellos que no experimentan ningún tipo de transformación; por tanto, su toxicidad representa menor impacto ambiental que la de otro tipo de residuos.”
4. “Son escombros y materiales similares; en general, no peligrosos para el ambiente, aunque algunos procedentes de la minería pueden contener elementos tóxicos.” (Greenpeace, 1998)

“Según su naturaleza se clasifican en:” (Greenpeace, 1998)

1. “Residuos orgánicos: como sobras de comida, hojas, restos del jardín, papel, cartón, madera y materiales biodegradables en general.”

2. “Residuos inorgánicos: como vidrio, plástico, metales, cauchos, material inerte y otros.”

3. “El manejo inadecuado de estos materiales es el principal problema en el ámbito doméstico e industrial porque contaminan el ambiente.”

4. “La incorrecta disposición o manejo de los residuos sólidos contamina tres recursos básicos para la vida.” (Greenpeace, 1998)

a. “Agua: el agua superficial se contamina cuando tiramos basura a los ríos y arroyos; y el agua subterránea se contamina, por ejemplo, cuando el líquido de la basura descompuesta se filtra en el suelo de los botaderos a cielo abierto.”

b. “Suelo: uno de los efectos es lo desagradable que resultan a la vista los lugares donde hay acumulación de basura sin ningún control.” (Greenpeace, 1998)

“Aparte está el envenenamiento del suelo por las descargas de sustancias tóxicas en los botaderos. Aire: el uso irresponsable de calderas en las fábricas o la quema a cielo abierto de los residuos en los botaderos afectan la calidad del aire.” (Greenpeace, 1998)

“Los residuos generan dos tipos de gases:” (Greenpeace, 1998)

1. “Gases de Efecto Invernadero: el metano y el bióxido de carbono, cuyas propiedades retienen el calor generado por la radiación solar y elevan la temperatura de la atmósfera.” (Greenpeace, 1998)

2. “Degradadores de la capa de ozono: hay productos que por los agentes químicos utilizados en su elaboración generan ciertos gases conocidos como clorofluorocarbonos o CFC, estos gases se utilizan como propulsores de aerosoles para el cabello, en algunas pinturas y desodorantes. Cuando los envases de dichos

productos llegan a la basura se convierten en fuentes de emisión de estos gases.” (Greenpeace, 1998)

## II.8 Aguas residuales

“Se consideran molestias y deben eliminarse con el menor costo y de la manera más ofensiva posible. Se produce como emisiones directas, principalmente de habitaciones, instalaciones sanitarias, lavado de electrodomésticos, grifería de baño, lavado confección y otros usos domésticos y procesos industriales.” (Medrano, 2001)

“Las aguas residuales son todas aquellas que se han utilizado para cualquier proceso y se ha alterado su calidad. Pueden incluir todo tipo de aguas que vayan a parar al drenaje público.” (Sans Fonfria, 1989)

“Así que las aguas residuales de tipo ordinario o domésticas son las que provienen de los núcleos de la población, zonas comerciales, de lugares públicos y de lugares recreativos. Sin tomar en cuenta su procedencia, estas aguas normalmente tienen aproximadamente la misma composición. Estas aguas pueden ir acompañadas de aguas residuales industriales, si se tienen industrias que viertan sus aguas al drenaje público, entonces; ya cambia la composición de las mismas y ya no se incluyen dentro de la clasificación de aguas residuales ordinarias” (Sans Fonfria, 1989)

“Las aguas residuales ordinarias incluyen residuos que provienen de por ejemplo baños, cocinas, regaderas, lavanderías, que normalmente van al drenaje público y se envían a algún sitio de disposición final. Son una mezcla compleja con contaminantes orgánicos e inorgánicos tanto en material en suspensión como disueltos. La concentración que presentan es pequeña y se expresan en mg/L. La relación es de peso/volumen para poder indicar concentraciones de componente en aguas residuales, aunque se pueden considerar en relación peso/peso como mg/kg o ppm.” (Heinke, 1999)

“El agua residual es aquella que contiene materiales derivados de residuos domésticos o procesos industriales, los cuales por razones de salud pública y por consideraciones



de recreación económica y estética, no pueden desecharse vertiéndolas sin tratamiento en lagos o corrientes convencionales.” (Weber, 2003)

“El término de aguas residuales municipales comprende numerosos tipos de desechos líquidos, desde las aguas de drenaje doméstico y de servicios, hasta los subproductos industriales y las aguas pluviales colectadas en la red municipal. Los contaminantes de las aguas residuales municipales regularmente están constituidos de materia orgánica e inorgánica en manera de sólidos disueltos y suspendidos, nutrientes, grasas o aceites, sustancias tóxicas y microorganismos patógenos.” (Weber, 2003)

“Normalmente las aguas residuales municipales se recogen en un sistema de alcantarillado público y estas son enviadas a centros de tratamiento para su eliminación sin peligro. La cantidad de aguas residuales municipales por lo común se determinan a partir del uso del agua. Puesto que el agua es consumida por lo seres humanos, se utiliza en productos industriales, se emplea como medio de enfriamiento, y es necesaria para actividades de riego y el lavado de las calles; solo del 70% al 90% del agua suministrada llega a las alcantarillas.” (Heinke, 1999)

“No obstante, suele, suponerse que la pérdida de agua se compensa por infiltración o con aguas pluviales, que entran al sistema de alcantarillas por conexión ilícita o por las aberturas de los registros.” (Heinke, 1999)

“Cuando se descarga agua contaminada a un cuerpo de agua, esta debe volver a su estado similar antes de la contaminación, como resultado de la descomposición de la materia orgánica contaminante y a este proceso se le llama auto purificación. Este se lleva a cabo por medios físicos químicos y biológicos. Las reacciones físicas son esencialmente: la de sedimentación de los sólidos suspendidos, formándose depósitos que se conocen como bancos de lodos; la de clarificación y efectos producidos por la luz del sol.” (Hillbeboe, 2005)

“Mientras que las reacciones químicas y biológicas son más complejas, ya que los organismos se alimentan de los sólidos orgánicos y al mismo tiempo sirven para

alimento a los tipos de organismos que los suceden, los cuales continúan el proceso de descomposición, hasta que los sólidos quedan reducidos a sales inorgánicas estables como son los nitratos, fosfatos y sulfatos.” (Hillbeboe, 2005)

“La realización del estudio se ha ido imponiendo debido al uso del agua para recoger y arrastrar los productos de desecho de la vida humana. Y por ello se inició el desarrollo de los métodos de tratamiento, antes de la disposición final del agua residual.” (Hillbeboe, 2005)

“Los objetivos para tomar en cuenta el tratamiento de agua son los siguientes: la conservación de fuentes de abastecimiento de agua para uso doméstico, la prevención de enfermedades, conservación del agua para usos industriales y agrícolas, la prevención del azolve de los canales navegables entre otros aspectos importantes.” (Hillbeboe, 2005)

“Una planta de tratamiento de agua residual se diseña para retirar de las aguas cantidades suficientes de desechos sólidos orgánicos e inorgánicos que permiten su disposición sin infringir con los objetivos propuestos. Los diversos procesos que se usan para el tratamiento de aguas residuales siguen estrechamente los lineamientos de una auto purificación de una corriente contaminada.” (Hillbeboe, 2005)

“Los dispositivos para el tratamiento solo localizan y limitan estos procesos a un área adecuada, restringida y controlada, y proporcionan las condiciones favorables para la aceleración de las reacciones físicas y bioquímicas.” (Hillbeboe, 2005)

“El grado hasta el cual es necesario llevar un tratamiento determinado varía mucho dependiendo del lugar en el cual se encuentre la planta de tratamiento de aguas.” (Republica, 2006)

“Pero existen tres factores importantes.”

1. “Las características y la cantidad de los sólidos acarreados por el afluente.”
2. “Los objetivos que se propongan en el tratamiento.”

3. “La capacidad o aptitud que tenga el terreno, o el agua receptora (en la disposición por dilución), para verificar la auto purificación o dilución necesaria de los sólidos que se encuentran en el agua, sin violar los objetivos propuestos.” (Republica, 2006)

“El reglamento de aguas de descarga y reusó de aguas residuales y de la disposición de lodos, publicado el 5 de mayo del 2006, obliga a monitorear el buen desempeño de las plantas de tratamiento en funcionamiento, sin correr con accidentes que pongan en riesgo los sistemas ambientales como la alteración de suelos, los recursos hídricos, los bióticos y abióticos.” (Republica, 2006)

“Es necesario tener conciencia de la realidad nacional, en donde la mayoría de los sistemas sufren el abandono total debido a una mala práctica en la planificación de los proyectos.” (Morales, 2007)

“La realidad de nuestra cultura de mantenimiento y seguimiento de los proyectos, estos tienen atención y prioridad hasta su inauguración, después de esto se olvidan los sistemas por largos periodos de tiempo y se vuelven a retomar hasta que técnicamente provocan algún daño ambiental en donde los impactos son muy significativos.” (Morales, 2007)

“Según el Reglamento 236 – 06 de la Ley sobre Aguas Residuales establece en el artículo número 16 los parámetros de medición para determinar las características de las aguas residuales siendo las siguientes: temperatura, potencial de hidrógeno, grasas y aceites, materia flotante, sólidos suspendidos totales, demanda bioquímica de oxígeno a los cinco días a veinte grados Celsius, demanda química de oxígeno, nitrógeno total, fósforo total, arsénico, cadmio, cianuro total, cobre, cromo hexavalente, mercurio, níquel, plomo, cinc y coliformes fecales.” (Republica, 2006)

#### Tipos de Aguas Residuales

##### Domésticas

“Son aquellos que contienen desechos humanos, animales y domésticos. También incluye la penetración de aguas subterráneas. Estas aguas residuales son

representantes típicos de áreas residenciales que no realizan operaciones industriales o son de pequeña escala.” (Medrano, 2001)

#### Sanitarias

“Son los mismos que los residuos domésticos, pero incluyen no solo las aguas residuales domésticas, sino también los residuos industriales generados por los residentes.” (Medrano, 2001)

#### Pluviales

“Formado por toda la escorrentía del agua de lluvia, el agua de lluvia fluye desde techos, aceras y otras superficies naturales de la tierra.” (Medrano, 2001)

#### Combinadas

“Cuando se recolectan en la misma alcantarilla, son una mezcla de aguas residuales domésticas y domésticas y agua de lluvia.” (Medrano, 2001).

#### Industriales

“Son aguas residuales de procesos industriales. Pueden recolectarse y eliminarse por separado, o agregarse a aguas residuales sanitarias o aguas residuales mixtas y formar una parte.” (Medrano, 2001)

#### Aguas residuales y sus características

##### Temperatura

“La determinación exacta de la temperatura es importante por diferentes procesos de tratamiento y análisis de laboratorio, puesto que, por ejemplo, el grado de saturación de oxígeno disuelto (OD), la actividad biológica y el valor de saturación con carbonato de calcio se relacionan con la temperatura. El estudio de la polución de ríos, estudios limnológicos y en la identificación de la fuente de suministro en pozos, la temperatura es un dato necesario.” (Rojas, 1999)

“Para obtener buenos resultados, la temperatura debe tomarse en el sitio de muestreo. Normalmente, la determinación de la temperatura puede hacerse con termómetro de mercurio de buena calidad.” (Rojas, 1999)

### Potencial de hidrógeno

“La concentración de iones de hidrógeno es un parámetro importante tanto para aguas naturales como residuales. El rango adecuado de concentración para la existencia de la mayor parte de la vida biológica es muy estrecho y crítico.” (MARN, 2005)

“Las aguas residuales con una concentración adversa de iones de hidrogeno son dificultosas de ser tratadas por medios biológicos, y si la concentración no es alterada antes de la descarga, el afluyente de las aguas residuales puede alterar la concentración en las aguas naturales.” (MARN., 2005)

“El pH no es una medida lineal o directa de la acidez o alcalinidad de un cuerpo de agua, pero está relacionado con estas y puede usarse como controlador de acidez o alcalinidad excesiva. El pH describe como el logaritmo negativo de la concentración.” (Mendoza, 2004)

“Los valores extremos de pH pueden causar la muerte rápida de peces, alteración drástica en la flora y la fauna, y reacciones peligrosas secundarias.” (Mendoza, 2004)

“El pH de los sistemas acuosos puede ser medido convenientemente con un potenciómetro. Los papeles indicadores de pH cambian de color en presencia de una base o un ácido. El pH se determina por medio de comparar el color del papel a una serie de colores estándar.” (MARN., 2005)

### Grasas y aceites

“En el lenguaje común, se entiende por grasas y aceites al conjunto de sustancias pobremente solubles que se separan de la porción acuosa y flotan formando natas, películas y capas iridiscentes sobre el agua, muy ofensivas estéticamente.” (Rojas, 1999)

“En aguas residuales, los aceites, las grasas y las ceras son los principales lípidos de importancia. El parámetro de gases y aceites incluyen los esterres de ácidos grasos de cadena larga, compuestos con cadenas largas de hidrocarburos, comúnmente con un grupo de ácido carboxilo en un extremo; materiales solubles en solventes orgánicos,

pero muy insolubles en agua debido a la estructura larga hidrofóbica del hidrocarburo.” (Rojas, 1999)

“Estos compuestos sirven como alimento para las bacterias, puesto que pueden ser hidrolizados en los ácidos grasos y alcoholes correspondientes. Las grasas y los aceites son muy difíciles de transportar en las tuberías de alcantarillado, reducen la capacidad de flujo de los conductos, son difíciles de atacar bacteriológicamente y, generalmente, se requiere su remoción en plantas de pre-tratamiento.” (Rojas, 1999)

“Las grasas y los aceites pueden constituir un problema serio de contaminación en rastros, frigoríficos, industrias empacadoras de carnes, fábricas de aceite de cocina y margarina, restaurantes, estaciones de servicio automotor e industrias de distinta índole. Su cuantificación es necesaria para determinar la necesidad del pre tratamiento, la eficiencia del proceso de remoción y el grado de contaminación por estos compuestos.” (Rojas, 1999)

#### Metales pesados

“Los metales pesados pueden ejercer alguna influencia, en los procesos de tratamiento biológico de las aguas residuales, se ha determinado los umbrales de toxicidad para el plomo, zinc, cadmio, hierro y otros elementos, su valor es cercano a un miligramo por litro. Sin embargo, en la literatura científica se reporta que no se han presentado efectos nocivos para los sistemas biológicos de tratamiento, aún en concentraciones mayores.” (Contreras, 2009)

#### Sustancias tensoactivas

“Los detergentes son llamados en la industria de limpieza para el hogar como agentes tensoactivos o agentes superficiales activos, son compuestos constituidos por moléculas orgánicas grandes, polares, solubles en agua y aceites, se componen de un grupo fuertemente hidrofóbico.” (Contreras, 2009)

“Su presencia disminuye la tensión superficial del agua y favorece la formación de espuma. El aumento en la concentración de tensoactivos en la descarga, es un

indicativo de que el agua residual está saturada de éstos, tanto los detergentes como los jabones son biodegradables pero la biodegradabilidad se ve limitada si estos compuestos se encuentran en exceso en el agua residual.” (Contreras, 2009)

#### Materia flotante

“Incluye toda la materia, excepto el agua contenida en los materiales líquidos. En ingeniería sanitaria es necesario medir la cantidad del material sólido contenido en una gran variedad de sustancias líquidas y semilíquidas que van desde aguas potables hasta aguas contaminadas, aguas residuales, residuos industriales y lodos producidos en los procesos de tratamiento.” (Rojas, 1999)

#### Sólidos totales

“Se definen como sólidos la materia que permanece como residuo después de evaporación y secar grados centígrados. El valor de los sólidos totales incluye material disuelto y no disuelto.” (Rojas, 1999)

“Para su determinación, la muestra se evapora en una capsula previamente pesada, preferiblemente de platino o porcelana, sobre un baño de María, y luego se seca grados centígrados. El incremento del peso, sobre el peso inicial, representa el contenido de sólidos totales o residuo total.” (Rojas, 1999)

#### Sólidos disueltos

“Son determinados directamente o por diferencia entre los sólidos totales y los sólidos suspendidos. Si la determinación es directa, se filtra la muestra a través de un filtro de asbesto o de fibra de vidrio, en un crisol Gooch; el filtrado se evapora en una cápsula de peso conocido sobre un baño de María y el residuo de la evaporación se seca a grados centígrados. El incremento de peso sobre el de la capsula vacía representa el contenido de sólidos disueltos o residuo filtrable.” (Rojas, 1999)

#### Sólidos suspendidos

“Son determinados por filtración a través de un filtro de asbesto o de fibra de vidrio, en un crisol Gooch previamente pesado. El crisol con su contenido se seca a grados

centígrados; el incremento de peso, sobre el peso inicial, representa el contenido de sólidos suspendidos o residuo no filtrable.” (Rojas, 1999)

#### Sólidos sedimentables

“La denominación se aplica a los sólidos en suspensión que se sedimentaran, bajo condiciones tranquilas, por acción de la gravedad. La determinación se hace llenando un cono Imhoff de 1 litro de volumen y registrando el volumen de material sedimentado en el cono, al cabo de una hora.” (Rojas, 1999)

“La determinación de sólidos sedimentables es básica para establecer la necesidad del diseño de tanques de sedimentación como unidades de tratamiento y para controlar su eficiencia.” (Rojas, 1999)

#### Turbiedad

“Se toma como una medida de las propiedades de la dispersión de la luz en el agua, usualmente se utiliza para indicar la calidad de las aguas naturales y las aguas residuales tratadas haciendo relación al material en suspensión.” (Tchobanoglous, 2000)

“La medición se realiza por comparación entre la intensidad de luz dispersa en una muestra y la luz dispersa por suspensión de contraste en las mismas condiciones. El material suspendido impide el paso de luz, ya que esta la absorbe o dispersa, un factor clave es el tamaño de la partícula sobre la turbiedad, donde la mayor turbiedad está relacionada a partículas de tamaño inferior a 3 micrómetros y con partículas de tamaño entre 0.1 y 1.0 micrómetros” (Tchobanoglous, 2000)

#### Color

“El color en las aguas residuales es causado por los sólidos suspendidos, material coloidal y sustancias en solución. El color causado por los sólidos suspendidos es llamado color aparente y el que es causado sustancias disueltas y coloidales se denomina color verdadero, este último se obtiene al filtrar la muestra.” (Tchobanoglous, 2000)



“El color se determina comparando el color de la muestra y el color que se produce por soluciones de diferentes concentraciones de cloroplatinato de potasio. De forma cualitativa el color es usado para estimar la condición general en la que se encuentra el agua residual. Por ejemplo, si se tiene un color café claro aproximadamente son 6 horas después de haber una descarga, caso contrario de un color gris claro es cuando el agua residual ya ha sufrido un grado de descomposición o que tienen un tiempo corto en los sistemas de recolección.” (Tchobanoglous, 2000)

#### Olor

“El olor del agua residual se genera por una gran variedad de compuestos malolientes que son liberados cuando se produce degradación biológica bajo condiciones anaerobias de las aguas. El principal compuesto es el sulfuro de hidrógeno, aunque se generan otros compuestos que producen olores más fuertes como indol, eskatol y mercaptanos.” (Tchobanoglous, 2000)

#### Conductividad

“Es la medida de la capacidad de una solución para transmitir la corriente eléctrica. Actualmente la importancia de este parámetro es para determinar la posibilidad de uso de una para riego.” (Tchobanoglous, 2000)

#### Helmitos

“Los parásitos de esta categoría que pueden encontrarse en las aguas residuales son las lombrices intestinales, por ejemplo, *Ascaris lumbricoides*, la tenía solitaria *Taenia saginata* y *Taenia solium*. La etapa infecciosa de estos varía, en algunos se presentan en el estado mayor adulto o de larva y en otros su etapa infecciosa se presenta en el estado de huevo, muchas especies resisten condiciones ambientales adversas y llegan a sobrevivir a distintos tipos de tratamientos convencionales.” (Tchobanoglous, 2000)

#### Virus

“En las aguas residuales se pueden presentar las condiciones adecuadas para la proliferación de estos, se han detectado más de 100 clases diferentes de virus entéricos

que pueden ser capaces de transmitir algún tipo de infección o enfermedad que provienen de las excretas.” (Tchobanoglous, 2000)

“La mayoría de estos se reproducen en el tracto intestinal de individuos infectados y luego de ser expulsado en las heces se produce su desarrollo masivo” (Tchobanoglous, 2000)

#### Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO)

“Es el parámetro de mayor uso en la medición de la contaminación orgánica en agua residual y agua superficial.” (Mendoza, 2004)

“Constituye un índice general cualitativo del contenido de materia orgánica presente en la muestra, que es susceptible de sufrir oxidación biológica en corto periodo de tiempo. Este parámetro es la cantidad de oxígeno requerido para la oxidación química y biológica de las sustancias existentes en el agua en condiciones ambientales o sustancias existentes en el agua en condiciones ambientales o normalizadas.” (Mendoza, 2004)

“Pueden contribuir: la materia orgánica carbónica utilizada como alimento o degradable por organismos aeróbicos, nitrógeno de nitritos, amoníaco o compuestos orgánicos, nutrientes para bacterias específicas y algunos compuestos químicamente oxidables como iones ferrosos, sulfuros, sulfito, que reaccionan con oxígeno disuelto o son metabolizados por bacterias.” (Mendoza, 2004)

“En la mayoría de procesos industriales y aguas residuales, la cantidad de oxígeno que las bacterias y otros seres vivos minúsculos consumen durante 5 días a una temperatura de 20 grados centígrados mide la materia orgánica y amoníaco, derivado de materia vegetal o animal.” (Mendoza, 2004)

“Su normalización como cantidad de oxígeno que las bacterias y otros seres vivos minúsculos consumen durante 5 días a una temperatura de 20, se debe a que el oxígeno requerido en cinco días en condiciones determinadas para su oxidación. Se utiliza como determinación de la capacidad contaminante de un agua residual y como

elemento control para conocer el grado de depuración o contaminación de los receptores hídricos.” (Mendoza, 2004)

#### Demanda Química de Oxígeno (DQO)

“La demanda química de oxígeno es una medida aproximada del contenido de materia orgánica y todo el material oxidable presente en una muestra de agua, y se expresa como “el oxígeno equivalente al contenido de materia orgánica”, en miligramos por litro.” (Mendoza, 2004)

“En condiciones naturales, dicha materia orgánica puede ser biodegradable lentamente, oxidada, a dióxido de carbono y agua, mediante un proceso lento que puede tardar, des unas pocas semanas hasta unas cuantas décadas, dependiendo del tipo de materia orgánica presente.” (Mendoza, 2004)

“La demanda química de oxígeno es un ensayo de oxidación química que se utiliza para estimar la demanda total de oxígeno para oxidar los compuestos presentes y se basa en la oxidación de componentes orgánicos, por agentes oxidantes fuertes, en medio ácido y con algunos catalizadores inorgánicos. Es más preciso y exacto que la DBO5.” (Mendoza, 2004)

#### Arsénico (AS) No. Atómico 33

“Elemento presente en la naturaleza y que puede ser tóxico para el hombre en forma aguda o crónica. Se encuentra en forma trivalente o pentavalente tanto en compuestos inorgánicos como orgánicos.” (Esparza, 1988)

“Los métodos para remover arsénico se basan principalmente en la oxidación a la forma pentavalente para luego sedimentar con coagulación con sulfato férrico a pH de 6-8, con alumbre a pH de 6-7, o ablandamiento con cal a pH 11. Con ellos la remoción de arsénico puede llegar a más del 90%, a escala experimental de laboratorio y plantas piloto.” (Esparza, 1988)

#### Cadmio (Cd) No. Atómico 48

Se emplea en aleaciones con aluminio, cobre, níquel, oro, plata y zinc para facilitar su fundición, en la fabricación de electrodos en baterías alcalinas, en los reactores nucleares para atrapar neutrones, en amalgamas dentales, en la manufactura de lámparas fluorescentes, semiconductores, plásticos, foto celdas y joyería, así como en la industria automovilística.” (Jimenez, 2002)

“El Cd se introduce en cultivos por el riego con agua contaminada y por el empleo de tubería y tanques de almacenamiento galvanizados con zinc. También, se encuentra en los desechos líquidos del electro platinado o de la industria galvanoplástica.” (Jimenez, 2002)

“Hay una presencia difusa del elemento debido a los fertilizantes y a la contaminación local del aire. Los alimentos son la principal fuente de exposición cotidiana al cadmio. Concentración de Cadmio a partir de 37 microgramos/litros es tóxica para ciertos peces. Es peligroso para el ser humano a partir de 1 miligramos/litros, por lo que se ha establecido un valor guía para el agua de consumo humano de 0.003 miligramos/litros.” (Jimenez, 2002)

Cobre (Cu) No. Atómico 29

“El cobre se encuentra normalmente en el agua potable. En bajos niveles, puede derivar del desgaste de las rocas y alguna contaminación industrial que se produzca, pero las principales fuentes en los suministros de agua son la corrosión de las tuberías de cobre y bronce, de los accesorios y de la adición de sales de cobre durante el tratamiento para el control de algas.” (Perry, 2002)

“El cobre es un requisito nutricional. La falta de cobre suficiente conduce a la anemia defecto del esqueleto, degeneración del sistema nervioso y anormalidades reproductivas. La ingesta segura y adecuada de cobre es de 1.5 a 3 miligramos/día. La dosis excesiva de cobre es excretada; sin embargo, en dosis elevadas el cobre puede causar efectos agudos, como perturbaciones gastrointestinales, daños en el hígado y sistema renal y anemia. Las pruebas de mutagenidad han sido negativas.” (Perry, 2002)

“El cobre está regulado bajo las provisiones especiales de la reglamentación del cobre y plomo. Bajo esta norma, si más del 10 por 100 de muestras de agua del grifo residual tienen cobre por encima del nivel de 1.3 miligramo/litro, los abastecedores de agua deben minimizar la corrosión. Una norma secundaria de 1.0 miligramos/litros se aplica al agua que sale de la planta.” (Perry, 2002)

Cromo (Cr) No. Atómico 24

“El cromo aparece en el agua potable en sus estados de valencia más tres y más seis, siendo el más común el más tres. La valencia está influenciada por el nivel de desinfección, el pH, el oxígeno disuelto y la presencia de materia orgánica reducible.” (Perry, 2002)

“Las fuentes principales para el agua son la minería, los residuos de las operaciones de electro disposición, la combustión de basuras y los combustibles fósiles. El cromo III es esencial para la nutrición, tiene baja toxicidad, y se absorbe poco. Su falta de lugar a intolerancia a la glucosa, incapacidad de asimilar la glucosa, incapacidad de asimilar la glucosa y otros desordenes metabólicos.” (Perry, 2002)

“Se estima un ingesta segura y adecuada de 50 a 200 microgramos/día, que es aproximadamente un rango de dieta de ingesta diaria. El cromo VI es toxico, produciendo daños al hígado y riñón, hemorragia interna y desordenes respiratorios, así como cáncer en el hombre y los animales a través de la exposición por ingestión.” (Perry, 2002)

“El cromo VI se reduce notablemente a III por reacción con los jugos gástricos y salivar. Para el agua potable la considera el cromo carcinogénico humano inclasificable.” (Perry, 2002)

Mercurio (Hg) No. Atómico 80

“El mercurio aparece en el agua principalmente como sal inorgánica y como compuesto orgánico (metil mercurio) en los sedimentos y en el pescado.” (Perry, 2002)

“Los orígenes de este mercurio incluyen la combustión de combustibles fósiles, incineración de productos que contienen mercurio, la pasada utilización de pesticidas contenido mercurio, y el lixiviado de mercurio orgánico de pinturas anti hongos, así como de los orígenes naturales. Los límites de mercurio orgánico son de 2 microgramo/litro, basados en la inducción de enfermedades autoinmunes del riñón.” (Perry, 2002)

Níquel (Ni) No. Atómico 28

“El níquel es común en el agua potable. La mayoría del níquel es excretado; sin embargo, tiene lugar algo de absorción a través del tracto gastrointestinal.” (Perry, 2002)

“El cuerpo necesita cantidades muy pequeñas, trazas aproximadas de 200 a 500 microgramo/día son proporcionales a la dieta diaria. Hay escasos datos útiles sobre los efectos crónicos de la sobreexposición, excepto que los compuestos de níquel son carcinogénicos vía inhalación e inyección en animales de laboratorio.” (Perry, 2002)

“En el hombre la incidencia de los canceres del tracto respiratorio en trabajadores de refineries de níquel es significativamente mayor. Sin embargo, no se ha demostrado que el níquel sea carcinogénico vía exposición oral. Varios estudios sugieren que no es carcinogénico a 5miligramo/litro, en el agua potable dada a ratas y ratones.” (Perry, 2002)

“El cloruro de níquel dio negativo en pruebas de cribado de mutagenidad bacteriana; sin embargo, ambos cloruros de níquel y sulfato de níquel dieron positivos en el test de metagenicidad y aberración cromosómica en células mamarias. Por su ingestión, la agencia de protección ambiental considera al níquel clasificable respecto a la carcinogenicidad humana. Los límites de 100 miligramos/litros está bajo revisión.” (Perry, 2002)

Plomo (Pb) No. Atómico 82

“El plomo aparece principalmente en el agua potable a partir de la corrosión de tubo de plomo y de las soldaduras de los grifos construidos con bronce o cobre emplomado, especialmente en zonas de agua blanda o acida.” (Perry, 2002)

Zinc (Zn) No. Atómico 30

“El zinc comúnmente aparece en las fuentes de agua y puede llegar a las aguas tratadas a través de la corrosión de tubos metálicos galvanizados.” (Perry, 2002)

Azufre (S) No. Atómico 16

“Este se puede encontrar de forma natural tanto en las aguas naturales como en las aguas residuales. Es un elemento indispensable para la síntesis de proteínas en los organismos, por este motivo se libera cuando existe degradación de las mismas, los sulfatos reducen biológicamente a sulfuros en condiciones anaerobias y forman sulfuro de hidrógeno al combinarse con el hidrógeno.” (Tchobanoglous, 2000)

Fósforo (P) No. Atómico 15

“El fósforo como un nutriente de gran importancia para el crecimiento y reproducción de los microorganismos que participan en la estabilización de la materia orgánica presente en las aguas residuales. El fósforo aparece en dos formas: en compuestos orgánicos (proteínas) y en compuestos minerales polifosfatos y ortofosfatos. Los polifosfatos se encuentran principalmente en los residuos que contienen detergentes sintéticos no biodegradables.” (Arriaza, 1999)

“En el caso de las aguas residuales domésticas, el contenido de fósforo es preocupante no por insuficiencia, sino por exceso, ya que efluentes de la planta de tratamiento ricos en fósforo, provocan proliferación excesiva de algas y plantas acuáticas en el curso del cuerpo receptor.” (Arriaza, 1999)

“Este elemento tiene relevancia en el crecimiento y desarrollo de distintos organismos en un cuerpo de agua, pero ya en cantidades excesivas provoca una proliferación de algas y otros organismos biológicos perjudiciales. Las formas más comunes en las que

se puede encontrar el fósforo son los ortofosfatos, polifosfatos y fósforo orgánico.” (Tchobanoglous, 2000)

“Los ortofosfatos más comunes de las aguas residuales están disponibles para el metabolismo biológico sin necesidad de que los organismos tengan que realizar una ruptura posterior del mismo.” (Tchobanoglous, 2000)

## II.9 Tratamiento de aguas residuales

“Se entiende que la naturaleza de las aguas residuales es esencial para el manejo de la calidad ambiental, así como para el diseño y operación de plantas de tratamiento e instalaciones de desecho.” (MARN, 2005)

“En relación a los procesos de contaminación, el hombre contamina el suelo con sus excretas y con mala disposición de desecho líquidos y sólidos domésticos, comerciales e industriales. Esta contaminación se infiltra al suelo o es llevada por la lluvia hacia cuerpo de agua. El hombre también contamina directamente a cuerpos de agua con efluentes de alcantarillado sin tratamiento.” (MARN, 2005)

“Las excretas humanas al aire libre y las aguas residuales domesticas crudas (sin tratamiento) tienen mal olor y son un riesgo para la salud y el ambiente. El Reglamento de Descargas y Reuso de Aguas Residuales y de la Disposición de Lodos, Decreto 236 – 2006 requiere 20 parámetros de calidad de agua para determinar las características del efluente.” (MARN, 2005)

“Estos incluyen un rango de parámetros físicos, químicos y microbiológicos para proveer información sobre el cual poder basarse para la evaluación de la calidad de agua. El máximo límite permisible se determina para cada parámetro, pero varía dependiendo del lugar de la descarga de aguas.” (MARN., 2005)

“Se consideran los siguientes tres casos:” (MARN., 2005)

1. “Hacia cuerpo de agua receptores incluyendo estero.”
2. “Cuerpo de agua receptores para aguas residuales municipales.”



3. Hacia el sistema de alcantarillado público.” (MARN., 2005)

“Los estándares de calidad para cada uno de los anteriores casos se proporcionan en el Cuadro 1.” (MARN., 2005)

“El enfoque conceptual básico para el mejoramiento del ambiente acuático se base en la reducción progresiva de los contaminantes en las aguas, por lo que el periodo del plan de reducción se clasifica en cuatro etapas hasta final del año meta.” (MARN., 2005)

Tipos de tratamiento del agua residual

“Las aguas residuales pueden ser utilizadas para riego y fertilización ya que poseen una gran cantidad de nutrientes orgánicos (nitrógeno y fosforó principalmente). Un ejemplo del reusó del agua residual es en el departamento de Sololá donde a través de sus plantas de tratamiento el agua residual es utilizada para riego y fertilización de cultivos.” (Sanchez de Leon, 2001)

“Los tratamientos para las aguas de desecho, pueden reconocerse en base a su ubicación en el proceso de limpieza, como primario, secundario y avanzado.” (Rodie, 1987)

“El tratamiento primario es el más sencillo y en la limpieza del agua y tienen la función de preparar el agua, limpiándola de todas aquellas partículas cuyas dimensiones puedan obstruir o dificultar los procesos consecuentes. Esto tratamientos son, el cribado o rejillas de barrera, la flotación o eliminación de grasas y sedimentación.” (Massieu, 2008)

“Algunos sistemas como es el caso de la flotación y la sedimentación, pueden ser utilizados dentro del proceso de tratamientos secundarios y no forzosamente como un método primario aislado.” (Massieu, 2008)

“Las mallas o barreras son importantes en el tratamiento primario porque buscan remover la materia flotante que trae consigo el agua, y sobre todo si proviene de mantos superficiales, que fácilmente pueden ser contaminados por papel, plásticos

grandes, troncos de madera entre otros, ya que si estos no se eliminan pueden causar daños a los mecanismos o bloquear tuberías.” (Rodie, 1987)

“Estas rejas, también llamadas cribas, tienen que ser diseñadas de un material anticorrosivo para evitar el desgaste con la fricción del paso de agua. Las cribas se fabrican dejando una abertura entre sus barras dependiendo del propósito que se busque.” (Rodie, 1987)

“La localización de las cribas debe ser en un depósito que tenga una base a mayor profundidad de la parte inferior de la tubería, con una pequeña inclinación, con el objetivo de que disminuya la presión del agua se tenga mayor superficie de contacto con la rejilla.” (Rodie, 1987)

“La eliminación de los aceites y grasas es importante ya que estos son provenientes de la basura producida por el hombre, estas grasas pueden causar daños en los procesos de limpieza por su viscosidad, obstruyendo las rejillas, ductos o impidiendo la correcta aireación en los sistemas.” (Rodie, 1987)

“Para solucionar estos problemas se colocan, trampas de aceite, que pueden ser tan sencillos como tubos horizontales abiertos en la parte superior dispuestos en la superficie de los tanques, con el fin de captar la película de aceite que flota en el agua.” (Rodie, 1987)

“El proceso de sedimentación está planteado como complementario en el desarrollo total del agua. La función básica de la sedimentación es separar las partículas suspendidas del agua. Los sistemas de decantación pueden ser simples, es decir trabajar únicamente con la gravedad, eliminando las partículas más grandes y pesadas, o bien, se pueden utilizar sistemas coagulantes, para atraer a las partículas más finas y retirarlas del agua.” (Rodie, 1987)

“El tratamiento secundario tiene como objetivo el limpiar el agua de aquellas impurezas cuyo tamaño es mucho menor a la que pueden captar por la decantación y las rejillas, para ello, los sistemas se basan en métodos mecánicos y biológicos

combinados. Estos sistemas al manejar aspectos biológicos son afectados por factores externos, como son los climáticos, por lo que se tienen que estudiar sus características y adaptación al sitio del proyecto, para poder hacer una elección adecuada.” (Heinke, 1999)

“Los sistemas secundarios son diversos y cada uno tiene sus variaciones existen sistemas de percolación, tratamiento anaeróbico.” (Heinke, 1999)

“Los sistemas de percolación pueden variar en diseño pero trabajan de la misma manera. Los filtros de escurrimiento son un modelo de percolador que se puede usar como referencia para estudiar este sistema. Estos filtros biológicos son tanques circulares con diferentes profundidades dependiendo del porcentaje de agua a tratar, con un contenido de piedras o escoria granular de 2 1/2 a 4 pulgadas.” (Rodie, 1987)

“A este tanque se le aplica un roció continuo de las aguas residuales por medio de aspersores que rotan en la superficie, el agua se filtra poco a poco por la gravilla dejando con el tiempo una película de materia orgánica que contiene bacterias trabajan estabilizando el agua, una vez que el líquido llega al fondo es recolectada por bloques de desagüe con las dimensiones necesarias para evitar el paso de gravilla. Un segundo tanque de filtración puede ser utilizado, este se compone de arena y trabaja con películas más delgadas de contaminantes.” (Rodie, 1987)

“Al proyectar un filtro de escurrimiento hay que tener presente que se está dejando una película de materia orgánica ventilada, esto puede ocasionar la aparición de plagas como mosquitos, por lo cual conviene evaluar todas las posibilidades y mecanismos de control.” (Rodie, 1987)

“Los tratamientos anaeróbicos son un poco más complejos que los antes mencionados, la digestión anaeróbica, es el proceso mediante el cual organismos catabolizan y asimilan sus alimentos en ausencia de oxígeno, e implícitamente de aire.” (Rodie, 1987)

“Los reactores de 1era Generación anaerobios pueden ser considerados las fosas sépticas y lagunas anaerobias, pero estos son únicamente el inicio de estos sistemas. Los sistemas anaerobios de la primera generación se desarrollaron con la introducción del digester convencional, que se aplica para la estabilización de los desechos. Consiste en un tanque cerrado sin agitación, ni calentamiento, donde la actividad de microorganismos representa un pequeño porcentaje de la totalidad del tanque.” (Rodie, 1987)

“El sistema de digestión anaerobio evoluciono con la incorporación de un agitador mecánico que puede funcionar por medio del biogás producido por este u otro sistema de limpieza implementado en el tratamiento de aguas residuales.” (Rodie, 1987)

“El agitador tiene el propósito de remover la materia orgánica hacia un reactor, también incorporado, que por medio de calor brinda mejores resultados. A causa de estos dos nuevos elementos añadidos, las aguas mantienen grandes cantidades de materia suspendida, por lo que posteriormente se le incorporo un sistema de decantación al afluente para la retención de los sólidos antes de salir del proceso.” (Rodie, 1987)

“Los reactores de 2da generación fueron desarrollados en la década de los ochenta y posee ventajas sobre sus antecesores, que los hacen más eficientes en la limpieza del agua destacando la disminución de la retención de agua, siendo de 5 a 3 días, lo que implica una reducción en el volumen del reactor. Otras ventajas son la adaptación rápida a cambios de alimentación, que varía según los contaminantes que se estén limpiando, y por último también es importante la resistencia a productos tóxicos.” (Rodie, 1987)

“Los tratamientos de sistema natural se basan en las diferentes composiciones de suelos y fauna tiene la capacidad de responder a contaminantes naturales que aprovechan para su desarrollo, por lo que en los últimos años se ha incorporado a la naturaleza en los procesos de limpieza de las aguas residuales. Los sistemas se aplican una vez que el agua ha recibido un tratamiento previo, para que la carga contaminante

se aproxime a la capacidad de purificación que tiene tanto plantas como suelos. Estos sistemas a diferencia de los reactores, son sistemas aeróbicos, es decir, necesitan del oxígeno para su correcto funcionamiento” (Rodie, 1987)

#### Límites máximos permisibles

Acuerdo Gubernativo 236-2006, Artículo 24. Límites máximos permisibles de descargas a cuerpos receptores para aguas residuales municipales y de urbanizaciones no conectadas al alcantarillado público. Las municipalidades o empresas encargadas del tratamiento de aguas residuales del alcantarillado público y las urbanizaciones existentes no conectadas al alcantarillado público, cumplirán con los límites máximos permisibles para descargar a cuerpos receptores de cualquiera de las siguientes formas:

Cuadro 1. Artículo 21. Límites máximos permisibles para entes generadores nuevos reglamento 236-2006.

Parámetros	Dimensionales	Límites Máximos Permisibles
Temperatura	Grados Celcius	TCR+/-7
Grasas y aceites	Miligramos por litro	10
Material flotante	Ausencia/Presencia	Ausente
Solidos suspendidos	Miligramos por litro	100
Nitrógeno total	Miligramos por litro	20
Fosforo total	Miligramos por litro	10
Potencial de hidrogeno	Unidades de potencial de hidrogeno	6 a 9
Coliformes fecales	Miligramos por litro	<1 * 10
Arsénico (As)	Miligramos por litro	0.1
Cadmio (Cd)	Miligramos por litro	0.1
Cianuro total	Miligramos por litro	1

Cobre (Cu)	Miligramos por litro	3
Cromo (Cr)	Miligramos por litro	0.1
Mercurio (Hg)	Miligramos por litro	0.01
Níquel (Ni)	Miligramos por litro	2
Plomo (Pb)	Miligramos por litro	0.4
Zinc (Zn)	Miligramos por litro	10
Color	Unidades platino cobalto	500

Fuente: reglamento 236-2006.

Cuadro 2. Límites máximos permisibles de descargas a cuerpos receptores.

Parámetros	Dimensionales	Valores iniciales	Fecha máxima de cumplimiento			
			Dos de mayo de dos mil once	Dos de mayo de dos mil quince	Dos de mayo de dos mil veinte	Dos de mayo de dos mil veinticuatro
			Etapa			
			Uno	Dos	Tres	Cuatro
Temperatura	Grados Celsius	TCR +/- 7	TCR +/- 7	TCR +/- 7	TCR +/- 7	TCR +/- 7
Grasas y aceites	Miligramos por litro	1500	100	50	25	10
Materia flotante	Ausencia/presencia	Presente	Ausente	Ausente	Ausente	Ausente
Sólidos suspendidos	Miligramos por litro	3500	600	400	150	100
Nitrógeno total	Miligramos por litro	1400	100	50	25	20
Fósforo total	Miligramos por litro	700	75	30	15	10
Potencial de hidrógeno	Unidades de potencial de hidrógeno	6 a 9	6 a 9	6 a 9	6 a 9	6 a 9
Coliformes fecales	Número más probable en cien mililitros	$< 1 \times 10^6$	$< 1 \times 10^6$	$< 1 \times 10^5$	$< 1 \times 10^4$	$< 1 \times 10^4$
Arsénico	Miligramos por litro	1	0.5	0.1	0.1	0.1
Cadmio	Miligramos por litro	1	0.4	0.1	0.1	0.1
Cianuro total	Miligramos por litro	6	3	1	1	1
Cobre	Miligramos por litro	4	4	3	3	3
Cromo hexavalente	Miligramos por litro	1	0.5	0.1	0.1	0.1
Mercurio	Miligramos por litro	0.1	0.1	0.02	0.02	0.01
Níquel	Miligramos por litro	6	4	2	2	2
Plomo	Miligramos por litro	4	1	0.4	0.4	0.4
Zinc	Miligramos por litro	10	10	10	10	10
Color	Unidades platino cobalto	1500	1300	1000	750	500

TCR = temperatura del cuerpo receptor, en grados Celsius.

Fuente: reglamento 236-2006.

Cuadro 3. Límites máximos permisibles de descarga a cuerpos receptores para aguas residuales municipales

Parámetros	Dimensionales	Valores iniciales	Fecha máxima de cumplimiento			
			Dos de mayo de dos mil quince	Dos de mayo de dos mil veinte	Dos de mayo de dos mil veinticuatro	Dos de mayo de dos mil veintinueve
			Etapa			
			Uno	Dos	Tres	Cuatro
Temperatura	Grados Celsius	TCR +/- 7	TCR +/- 7	TCR +/- 7	TCR +/- 7	TCR +/- 7
Grasas y aceites	Miligramos por litro	100	50	10	10	10
Materia flotante	Ausencia/presencia	Presente	Ausente	Ausente	Ausente	Ausente
Demanda bioquímica de oxígeno	Miligramos por litro	700	250	100	100	100
Sólidos suspendidos	Miligramos por litro	300	275	200	100	100
Nitrógeno total	Miligramos por litro	150	150	70	20	20
Fósforo total	Miligramos por litro	50	40	20	10	10
Potencial de hidrógeno	Unidades de potencial de hidrógeno	6 a 9	6 a 9	6 a 9	6 a 9	6 a 9
Coliformes fecales	Número más probable en cien mililitros	$< 1 \times 10^8$	$< 1 \times 10^7$	$< 1 \times 10^4$	$< 1 \times 10^4$	$< 1 \times 10^4$
Arsénico	Miligramos por litro	1	0.1	0.1	0.1	0.1
Cadmio	Miligramos por litro	1	0.1	0.1	0.1	0.1
Cianuro total	Miligramos por litro	6	1	1	1	1
Cobre	Miligramos por litro	4	3	3	3	3
Cromo hexavalente	Miligramos por litro	1	0.1	0.1	0.1	0.1
Mercurio	Miligramos por litro	0.1	0.02	0.02	0.01	0.01
Níquel	Miligramos por litro	6	2	2	2	2
Plomo	Miligramos por litro	4	0.4	0.4	0.4	0.4
Zinc	Miligramos por litro	10	10	10	10	10
Color	Unidades platino cobalto	1500	1000	750	500	500

Fuente: reglamento 236-2006.

Cuadro 4. Parámetros y límites máximos permisibles para reuso

Tipo de reuso	Demanda bioquímica de oxígeno, miligramos por litro	Coliformes fecales, número más probable por cien mililitros
Tipo I	No aplica	No aplica
Tipo II	No aplica	$< 2 \times 10^2$
Tipo III	200	No aplica
Tipo IV	No aplica	$< 1 \times 10^7$

Tipo V	200	$<1 \times 10^7$
--------	-----	------------------

Fuente: reglamento 236-2006.

Cuadro 5. Parámetros y límites máximos permisibles para lodos.

Disposición Final	Dimensionales	Aplicación al suelo	Disposición en rellenos sanitarios	Confinamiento o aislamiento
Arsénico	Miligramos por kilogramo de materia seca a ciento cuatro grados Celsius	50	100	> 100
Cadmio	Miligramos por kilogramo de materia seca a ciento cuatro grados Celsius	50	100	> 100
Cromo	Miligramos por kilogramo de materia seca a ciento cuatro grados Celsius	1500	3000	> 3000
Mercurio	Miligramos por kilogramo de materia seca a ciento cuatro grados Celsius	25	50	> 50
Plomo	Miligramos por kilogramo de materia seca a ciento cuatro grados Celsius	500	1000	> 1000

Fuente: reglamento 236-2006.

## II.10 Parámetros fisicoquímicos de aguas residuales

“La cantidad o la concentración de compuestos orgánicos presentes en las aguas, generalmente se cuantifican o se mide en términos de la demanda de oxígeno que es necesario para su estabilización o bien en términos de su contenido de carbono.” (Mackenzie, 2005)

“Los compuestos inorgánicos deben incluir aquellos ensayos y pruebas de laboratorio que proporcionen información sobre el contenido de las sustancias que requieren un tratamiento preliminar especial, tales como: sólidos en suspensión, sólidos volátiles, sólidos sedimentables, acidez, alcalinidad, etcétera.” (Mackenzie, 2005)

“También se debe evaluar la concentración de compuestos nutrientes como fósforo y nitrógeno en sus diferentes estados de oxidación y, por último, se debe evaluar la presencia y concentración de compuestos tóxicos tales como metales pesados. Así como también compuestos inhibidores o que interfieren con el tratamiento, tales como cobre, cloruros y sulfatos.” (Mackenzie, 2005)



### Parámetros químicos

“Los análisis químicos, constituyen uno de los principales requisitos para caracterizar el agua; por lo que a continuación se presenta la descripción de cada uno de ellos.” (Mackenzie, 2005)

### Oxígeno disuelto

“La presencia del oxígeno disuelto en el agua, es una condicionante fundamentalmente para el desarrollo de la vida acuática, vegetal y animal, evitando la descomposición anaerobia de la materia orgánica. Las fuentes de oxígeno en el agua son la aireación y la fotosíntesis de las algas. Su remoción se debe a la respiración de los vegetales, demanda química de oxígeno de materiales orgánicos y sedimentos, de aireación, sobresaturación y reducción de orgánicos.” (Arriaza, 1999)

“La baja solubilidad del oxígeno, es el principal factor que limita la capacidad de purificación de las aguas naturales y obliga a efectuar tratamiento de las aguas residuales para remover la materia contaminante, antes de descargar en los cuerpos receptores.” (Arriaza, 1999)

### Nitrógeno (N) No. Atómico 7

“El nitrógeno en las aguas residuales se presenta en cuatro tipos de compuestos: amoníaco, nitrógeno orgánico, nitratos y nitritos. El nitrógeno de la biomasa de las aguas residuales, que se encuentra en forma de proteínas, es hidrolizado formando los aminoácidos que, por acción de las bacterias, pasa a transformarse en amoníaco, luego en nitrito y por último en nitrato. Las bacterias nitrificantes autotróficas, específicamente los nitrosomonas, son sensibles a los valores de potencial de hidrógeno altos o bajos, los cuales inhiben su crecimiento.” (Arriaza, 1999)

“Es posible que la presencia de amoníaco libre y los ácidos nitrosos también inhiban el desarrollo de los organismos nitrificantes, debido a la diferencia del potencial de hidrógeno que pueden causar entre el interior y exterior de la célula. Al igual que las bacterias autotróficas, las algas metabolizan el amoníaco y el nitrato, pero prefieren

el amoníaco, el cual debe haberse consumido antes que se comience a utilizar el nitrato para la síntesis celular.” (Arriaza, 1999)

“El nitrógeno es perjudicial para el cuerpo receptor por cuatro razones:” (Arriaza, 1999)

1. “En altas concentraciones, el amoníaco en su forma no ionizada es tóxico para los peces. El amoníaco en bajas concentraciones, así como el nitrato sirven como nutrientes y se produce un crecimiento excesivo de algas.”

2. “La conversión del ion amonio a nitrato consume grandes cantidades de oxígeno disuelto. En la práctica difundida de desinfectar el agua de desecho mediante cloración, el cloro gaseoso (molecular) y el ácido hipocloroso-hipoclorito pueden reaccionar con todo el amoníaco presente en el agua y formar cloraminas, las cuales son más tóxicas.” (Arriaza, 1999)

#### Parámetros físicos

“A continuación, se presenta la definición de los parámetros físicos que determinan, de igual forma que los parámetros químicos, la calidad del agua residual.” (Arriaza, 1999)

#### Temperatura

“Es un parámetro importante en el agua residual, por su efecto sobre las características del agua, en las operaciones y procesos de tratamiento, así como sobre el método de disposición final.” (Arriaza, 1999)

“La temperatura del agua residual generalmente es mayor que la temperatura del receptor, por lo que tiene un efecto directo en la vida acuática y reacciones químicas. El equipo de medición son termistores electrónicos o bien termómetros convencionales.” (Arriaza, 1999)

#### Fósforo total

“El fósforo también es esencial para el crecimiento de algas y otros organismos biológicos. Debido a brotes nocivos de algas que surgen en la superficie de las aguas, hay mucho interés en la actualidad por el control de la cantidad de compuestos de

fósforo en las aguas superficiales de las descargas domésticas e industriales y los escurrimientos agrícolas y naturales.” (MARN., 2005)

“Por ejemplo, las aguas residuales municipales pueden contener de 4 a 15 miligramos/litros de fósforo.” (MARN., 2005)

“Las formas usuales del fósforo encontradas en soluciones acuosas incluyen ortofosfatos, poli fosfatos y fosfato orgánico. Los ortofosfatos están disponibles para el metabolismo biológico sin mayores desgloses. Los polis fosfatos incluyen aquellas moléculas con dos o más átomos de fósforo, átomos de oxígeno y en algunos casos, átomos de hidrogeno combinados en moléculas complejas.” (MARN., 2005)

“Los polis fosfatos sufren de hidrólisis en soluciones acuosas y revierten a la forma de ortofosfatos; sin embargo, esta hidrólisis es usualmente lenta. El fósforo limitado orgánicamente, normalmente reviste una menor importancia en la mayoría de los residuos domésticos, pero pueden ser un componente importante de residuos industriales y lodos de las aguas residuales.” (MARN., 2005)

#### Sólidos sedimentados

“Por su peso y tamaño pueden sedimentar, generalmente tienen un alto contenido de materia orgánica, se pueden remover por un proceso de sedimentación. Equipo de análisis: cono Imhoff.” (Arriaza, 1999)

#### Sólidos totales

“Representan el total de sólidos presentes en una muestra, su importancia radica en la comparación con los sólidos sedimentados y sólidos en suspensión.” (Arriaza, 1999)

#### Sólidos en suspensión

“Son los sólidos que pueden ser retenidos por un litro de agua. Son importantes para la decisión de diseño de planta. Análisis: filtración al vacío con filtros de fibra de vidrio y secado al horno.” (Arriaza, 1999)

#### Parámetro biológico

“Los parámetros biológicos en las aguas residuales, son de mucho interés.

Los parámetros biológicos se usan como índices de calidad de aguas.” (Arriaza, 1999)

“Hay muchos seres vivos que se emplean como indicadores de la calidad de aguas residuales. Así, según predominen unos organismos u otros, se podrá saber el estado del agua.” (Arriaza, 1999)

Clasificación de los microorganismos

“Los principales grupos de organismos presentes, tanto en aguas residuales como superficiales, se clasifican en organismos eucariotas, eubacterias y arqueobacterias.” (Arriaza, 1999)

“Bacterias: se pueden clasificar como eubacterias procariotas unicelulares.

En función de su forma, las bacterias pueden clasificarse en cuatro grandes grupos: esferoides, bastón, bastón curvado y filamentoso. Los organismos patógenos que se encuentran en las aguas residuales, proceden de desechos humanos infectados o que sean portadores de una determinada enfermedad.” (Arriaza, 1999)

“Las principales clases de microorganismos patógenos presentes en las aguas residuales son: las bacterias, los virus, los protozoarios y el grupo de helmintos. Los organismos bacterianos patógenos que pueden ser excretados por el hombre causan enfermedades del aparato intestinal como fiebre tifoidea y paratifoidea, disentería, diarrea, cólera y hepatitis.” (Arriaza, 1999)

“Los organismos se presentan en las aguas residuales y contaminadas en pequeñas cantidades y demás, resulta difícil de aislar e identificar. Por ello se emplea el organismo coliforme como indicador, puesto que su presencia es más numerosa y fácil de comprobar.” (Arriaza, 1999)

## II.11 Planta de tratamiento

“Una planta de tratamiento puede estar conformada por varios elementos y pueden funcionar por principios diferentes. Con esto nos referimos a que dependiendo de las necesidades y de los recursos que se tengan disponibles para llevar a cabo la

construcción de una planta de tratamiento, así será la elección de la planta más adecuada.” (Mynor, 1997)

“El sistema de planta de tratamiento tradicional es un proceso por el cual los sólidos que el líquido contiene, en este caso el afluente, son separados parcialmente, haciendo que el resto de los sólidos orgánicos complejos muy putrescibles queden convertidos en sólidos minerales o en sólidos orgánicos relativamente estables.” (Mynor, 1997)

“Para este tipo de proceso se tienen diversas obras de construcción, las cuales inician en un sedimentador primario para luego pasar directamente a un filtro percolador; posteriormente este proceso pasa con los lodos resultantes al sedimentador secundario y finalmente se traslada al digestor para su posterior tratamiento en el patio de secado.” (Mynor, 1997)

#### Características de la planta de tratamiento

“La planta de tratamiento posee un sistema de tratamiento primario. Los dispositivos que se usan en el tratamiento primario, están diseñados para retirar de las aguas residuales los sólidos orgánicos e inorgánicos sedimentables, mediante un proceso físico de sedimentación.” (Hillbeboe, 2005)

“Esto se lleva a cabo reduciendo la velocidad del flujo. Las alcantarillas se construyen para mantener una velocidad de unos 60 centímetro/segundo, la cual es apropiada para arrastrar con las aguas residuales todos los sólidos y prevenir que se depositen en las líneas de alcantarillado. En el tratamiento preliminar se disminuye la velocidad hasta unos 30 centímetros/segundo, durante un corto lapso de tiempo, durante el cual se depositan como arenas los sólidos inorgánicos más pesados.” (Hillbeboe, 2005)

“En el tratamiento primario la velocidad del flujo se reduce hasta unos 2 centímetros/segundos en un tanque de asentamiento o sedimentación, durante el tipo suficiente, para dejar que se depositen la mayor parte de los sólidos sedimentables, que son principalmente orgánicos, separándose de la corriente del agua residual.” (Hillbeboe, 2005)

“Los principales dispositivos para el tratamiento primario son los tanques de sedimentación, algunos de los cuales también tiene la función adicional de servir para la descomposición de los sólidos orgánicos sedimentados, lo cual se conoce como digestión de los lodos.” (Hillbeboe, 2005)

#### Pre-tratamiento

Rejillas o cribas de barras:

“Tienen como objetivo la remoción de los materiales gruesos o en suspensión, los cuales pueden ser retirados mecánicamente o manualmente. Están formadas por barras separadas en claros libres entre 1.0 y 5.0 centímetros, comúnmente se usan con un claro libre de 2.5 centímetros y colocadas en un ángulo de 30 y 60 grados respecto a la horizontal.” (Mynor David, 1997)

“Los sólidos por este sistema se eliminan enterrándolos o incinerándolos. Este elemento es necesario para la remoción de basura, por ejemplo, papeles, plásticos, los cuales de alguna manera llegan al sistema de drenajes y no deberían de estar allí.” (Mynor David, 1997)

Fórmulas para el diseño de la rejilla.

Ancho de la rejilla.

$$B = a \times \frac{b+e}{e} \text{ (m)}$$

B= ancho de la rejilla (m)

a= ancho del canal (m)

e= abertura (m)

b= ancho de barras (m)

Altura de la rejilla.

$$h = B \sin \theta \text{ (m)}$$

h= altura de la rejilla (m)

B= ancho de la rejilla (m)

Ø= inclinación (°)

Eficiencia

$$E = \frac{a}{a+t} (\%)$$

E=

eficiencia

(%)

a=

abertura

(m)

t = ancho

de

barras(m)

Ancho útil libre

$$B_u = B \times E (m)$$

B<sub>u</sub>= ancho útil libre (m)

B= ancho el canal (m)

E=

eficiencia

(%)

Ancho total ocupado por las barras

$$B_p = B - B_u (m)$$

B<sub>p</sub>= ancho total ocupado por las barras (m)

B= ancho del canal (m)

B<sub>u</sub>= ancho útil libre (m)

Número de barras

$$\# \text{ de barras} = \frac{B_p}{t} \text{ (\# de barras)}$$

# de barras= total de barras a utilizar

Bp= ancho total ocupado por las barras (m)

t= ancho de la barra (m)

Pérdida de carga

$$H_f = 1.43 \times \frac{V_1^2 - V_2^2}{2g} \text{ (cm)}$$

Hf= perdida de carga (cm)

V= velocidad a través de las barras (m/s)

G= aceleración gravitacional (m/s)

Pérdida de carga a un 50% de obstrucción

$$H_f = 1.43 \times \frac{2V_1^2 - V_2^2}{2(9.8)} \text{ (cm)}$$

Hf= pérdida de carga en 50% de obstrucción (cm)

V= velocidad a través de las barras (m/s)

Cálculo rejillas

Ancho de la rejilla.

$$B = a \times \frac{b+e}{e} \rightarrow B = 0.5 \text{ m} \times \frac{0.01 \text{ m} + 0.04 \text{ m}}{0.04 \text{ m}} \rightarrow B = 0.625 \text{ m}$$



Altura de la rejilla.

$$h = B \sin \theta \rightarrow h = 0.625 \sin 60^\circ \rightarrow h = 0.54 \text{ m}$$

Eficiencia.

$$E = \frac{a}{a+t} \rightarrow E = \frac{0.04}{0.04+0.01} = 0.8$$

La eficiencia en la unidad varia entre 0.60 y 0.85.

Ancho útil libre.

$$B_u = B \times E \rightarrow B_u = 0.50 \times 0.8 = 0.40 \text{ m}$$

Ancho total ocupado por las barras.

$$B_p = B - B_u \rightarrow B_p = (0.50 - 0.4) = 0.1 \text{ m}$$

Numero de barras a utilizar

$$\# \text{ de barras} = \frac{B_p}{t} \rightarrow \# \text{ de barras} = \frac{0.1}{0.01} = 10 \text{ barras}$$

Perdida de carga.

$$V_a = V \times E, \text{ despejando } V = \frac{V_a}{E}$$

$$V = \frac{0.60 \text{ m/s}}{0.8} \rightarrow V = 0.71 \text{ m/s}$$

$$H_f = 1.43 \times \frac{V_1^2 - V_2^2}{2g} \rightarrow H_f = 1.43 \times \frac{(0.71 \text{ m/s})^2 - (0.6 \frac{\text{m}}{\text{s}})^2}{2(9.8 \frac{\text{m}}{\text{s}^2})} \rightarrow H_f = 1.43 \times \frac{(0.5041 \frac{\text{m}}{\text{s}} - 0.36 \frac{\text{m}}{\text{s}})}{19.6 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}}$$

$$H_f = 1.43 \times \frac{0.1441}{19.6} \rightarrow H_f = 0.0105 \text{ m}$$

Análisis para un 50% de obstrucción de las rejillas  $V=2V$ , aguas arriba=entre barra.

$$A \times V = A \times \frac{V}{2} \rightarrow 2V = \frac{AV}{A} \rightarrow 2V = V$$

$$H_f = 1.43 \times \frac{2V_1^2 - V_2^2}{2(9.8 \text{ m/s}^2)} \rightarrow H_f = 1.43 \times \frac{(2 \times 0.6)^2 - 0.6^2}{19.6} \rightarrow H_f = 1.43 \times \frac{(1.44 - 0.36)}{19.6} \rightarrow H_f = 0.079 \text{ m}$$

Desarenador:

“Por lo general, las aguas residuales contienen sólidos inorgánicos como arenas, cenizas y grava, a los que se les denomina arenas. La cantidad de estos materiales es variable y depende de muchos factores, pero se le puede atribuir en gran cantidad a si la red de drenajes es combinada, al decir combinado nos referimos a que si el sistema transporta aguas residuales y pluviales.” (Mynor David, 1997)

“Las arenas pueden provocar daños en los equipos mecánicos por abrasión y causar serias dificultades operatorias en los tanques de sedimentación y en la digestión de los lodos, por acumularse alrededor de las tuberías de entrada, causando obstrucción.” (Mynor David, 1997)

Fórmulas para el diseño del desarenador.

Velocidad de sedimentación

$$C_d = \frac{24}{NR} + \frac{3}{NR^{1/2}} + 0.34$$

$$V_s = (1308 (SG-1) \frac{D}{CD})^{1/2} \text{ (cm/s)}$$

NR= número de Reynold

Vs= velocidad de sedimentación de la partícula (m/s)

D= diámetro de la partícula

$V_i$ = viscosidad cinemática ( $\text{cm}^2/\text{s}$ )

SG= gravedad específica de la partícula

$C_d$ = coeficiente de arrastre

Caudal promedio de diseño

$$Q_{\text{promedio}} = \text{consumo} \left( \frac{1}{\text{hab. día}} \times \text{población} \right) (m^3)$$

Caudal promedio mínimo de diseño

$$Q_{\text{minh}} = (\text{población actual} \times \text{dotación}) (\text{factor } Q_{\text{min}}) (m^3)$$

Sección de control rectangular

$$H = \left( \frac{3Q}{2TV} \right) (cm)$$

H= altura (m)

T= anchura superior (m)

Q= caudal máximo ( $\text{m}^3/\text{s}$ )

V= velocidad de sedimentación ( $\text{cm}/\text{s}$ )

Determinación de la profundidad y altura cinética para la sección de control

$$H + \frac{V^2}{2g} = d_c + \frac{V_c^2}{2g} + 0.10 V_c^2 (m/s)$$

H= profundidad (m)

$V^2/2g$ = altura cinética

$d_c$  = profundidad (m)

$V_c^2/2g$  = pérdida de carga

Ancho de la sección de control de vertedero

$$A_c = \frac{Q}{V_c} \text{ (cm)}$$

$A_c$  = ancho de control de vertedero ( $m^2$ )

$Q$  = caudal máximo ( $m^3/s$ )

$V_c$  = velocidad sección de control (m/s)

Área para un caudal medio horario

$$A_c = \left( \frac{Q^2 \times W}{g} \right)^{1/3} = d_c \times w \text{ (m}^2\text{)}$$

$A_c$  = área en la sección transversal para cualquier caudal ( $m^2$ )

$d_c$  = profundidad (m)

$W$  = constante (m)

$G$  = aceleración gravitacional (m/s)

Profundidad de la sección parabólica del desarenador

$$T = \frac{3Q}{2HV} \text{ (cm)}$$

$T$  = ancho de la sección (m)

$Q$  = caudal medio ( $m^3/seg$ )

$H$  = profundidad de la sección (m)

$V$  = velocidad de sedimentación (m/s)

Velocidad de paso de las partículas

$$T = \frac{d}{V} \text{ (s)}$$

T= tiempo de retención (min)

d= altura en condiciones de caudal máximo (m)

V= velocidad de sedimentación (m/s)

Longitud del desarenador

$$L = V \times T \text{ (m)}$$

L= longitud (m)

V= velocidad de sedimentación (m/s)

T= tiempo de retención (s)

Se considera aproximadamente un 25% de la longitud para evitar la turbulencia en el desarenador

Calculo Desarenador

Velocidad de sedimentación.

$$Cd = \frac{24}{NR} + \frac{3}{NR^{1/2}} + 0.34 \rightarrow Cd = \frac{24}{1000} + \frac{3}{1000^{1/2}} + 0.34 \rightarrow Cd = 0.46$$

$$Vs = (1308 (SG-1) \frac{D}{CD})^{1/2} \rightarrow Vs = \left( 1308(2.65-1) \frac{0.02}{0.46} \right)^{1/2} \rightarrow Vs = 9.66 \text{ cm/s}$$

Caudal promedio

$$Q_{\text{promedio}} = \text{consumo} \left( \frac{l}{\text{hab.día}} \times \text{población} \right)$$

$$Q_{\text{promedio}} = \left( 150 \frac{l}{\text{hab.día}} \right) (25,077 \text{ hab}) \left( \frac{1 \text{ día}}{86400 \text{ seg}} \right) \rightarrow Q_{\text{promedio}} = 43.53 \frac{l}{s}$$

$$Q_{\text{medh}} = 43.53 \frac{l}{s} \times 2.4 \rightarrow Q_{\text{medh}} = 104.47 \frac{l}{s} \times \frac{1 \text{ m}^3}{1000 l} = 0.104 \text{ m}^3$$

**Qminh=(población actual ×dotación)(factor Qmin)**

$$Q_{minh} = \left( 11,977 \text{ hab} \times 150 \frac{l}{\text{hba.día}} \right) \left( \frac{1 \text{ día}}{86400 \text{ s}} \right) (2.4)(1.10) \rightarrow Q_{minh} = 54.94 \frac{l}{s} \times \frac{1 \text{ m}^3}{1000l} = \mathbf{0.0548 \frac{m^3}{s}}$$

Sección de control rectangular.

Para la sección de control que se eligió, era necesario un desarenador con una sección transversal parabólica. Esta condición permitiría que la velocidad anteriormente propuesta fuera constante.

$$Q = \frac{A}{V} \rightarrow A = \left( \frac{2}{3} \right) \rightarrow HTQ = \left( \frac{2}{3} \times HT \right) \times V(Q_{maxh})$$

$$H = \frac{3/2 \times Q}{TV} \quad H = \left( \frac{3Q}{2TV} \right) \rightarrow H = \frac{3(0.123)}{2(0.5)(0.3)} \rightarrow H = \frac{0.369}{0.30} \rightarrow \mathbf{H=1.23 \text{ m}}$$

Determinación de la profundidad y altura cinética para la sección de control.

$$H + \frac{V^2}{2g} = d_c + \frac{V_c^2}{2g} + 0.10 V_c^2 \quad D_c = \frac{2V_c^2}{2g}$$

Sustituyendo la ecuación obtenemos

$$H + \frac{V^2}{2g} = \frac{2V_c^2}{2g} + \frac{V_c^2}{2g} + \frac{0.10V_c^2}{2g} \rightarrow H + \frac{V^2}{2g} = 3.10 \frac{V_c^2}{2g} \rightarrow V_c^2 = 2g \left( H + \frac{V^2}{2g} \right) \times \frac{1}{3.10}$$

$$V_c = \left( \frac{2g}{3.10} \times H + \frac{V^2}{2g} \right)^{1/2} \rightarrow V_c = \sqrt{\frac{(2 \times 9.8)}{3.10} \times \frac{1.23 + (0.30)^2}{(2 \times 9.8)}} \rightarrow V_c = \sqrt{6.32258 \times 1.23459} \rightarrow V_c = \mathbf{2.79 \text{ m/s}}$$

Ancho de la sección de control de vertedero.

$$A_c = d_c \times W = \frac{Q}{V_c} \rightarrow A_c = \frac{Q}{V_c} \rightarrow A_c = \frac{0.123 \frac{m^3}{s}}{2.79 \frac{m}{s}} \rightarrow A_c = \mathbf{0.04408 m^2}$$

Encontrando.

$$Dc = \frac{2Vc^2}{2(9.8)} \rightarrow Dc = \frac{2(2.79)^2}{2(9.8)} \rightarrow Dc = \frac{15.56}{19.6} = 0.79387 \text{ m}$$

$$W = \frac{Ac}{dc} \rightarrow W = \frac{0.04408}{0.79387} \rightarrow W = 0.056 \text{ m}$$

Para un caudal medio horario

$$Ac = \left( \frac{Q^2 \times W}{g} \right)^{1/3} = dc \times w \rightarrow Ac = \left( \frac{0.104^2 \times 0.056}{9.8} \right)^{1/3} \rightarrow Ac = \left( \frac{0.0108 \times 0.056}{9.8} \right)^{1/3}$$

$$Ac = \sqrt[3]{0.000061} \rightarrow Ac = 0.039 \text{ m}^2$$

$$Dc = \frac{Ac}{W} \rightarrow Dc = \frac{0.039 \text{ m}^2}{0.056 \text{ m}} \rightarrow Dc = 0.696 \text{ m}$$

$$H = 3.1 \left( \frac{dc}{2} \right) - \frac{V^2}{2g} \rightarrow H = 3.1 \left( \frac{0.696 \text{ m}}{2} \right) - \left( \frac{0.30^2}{2(9.8)} \right) \rightarrow H = 3.1(0.348) - 0.00459 \rightarrow H = 1.074 \text{ m}$$

Profundidad de la sección parabólica del desarenador a caudal medio.

Anchura "T" (caudal medio)

$$T = \frac{3Q}{2HV} \rightarrow T = \frac{3/2(0.104)}{(1.074)(0.30)} \rightarrow T = \frac{0.156}{0.322} \rightarrow T = 0.484 \text{ m}$$

Esta será la anchura a caudal medio de la sección parabólica.

Anchura para caudal mínimo.

$$Ac = \left( \frac{Q^2 \times W}{g} \right)^{1/3} = dc \times W \rightarrow Ac = \left( \frac{0.0548^2 \times 0.056}{9.8} \right)^{1/3} \rightarrow Ac = \left( \frac{0.0030 \times 0.056}{9.8} \right)^{1/3}$$

$$Ac = \sqrt[3]{0.000017} \rightarrow Ac = 0.025 \text{ m}^2$$

$$Ac = dc \times W \rightarrow dc = \frac{Ac}{W} \rightarrow dc = \frac{0.025}{0.056} \rightarrow dc = 0.44 \text{ m}$$

$$H = 3.1 \left( \frac{0.44}{2} \right) - \left( \frac{0.30^2}{2(9.8)} \right) \rightarrow H = 3.1(0.22) - 0.00459 \rightarrow H = 0.67 \text{ m}$$

Profundidad a caudal mínimo.

$$T = \frac{\sqrt[3]{2(0.0548)}}{(0.21)(0.30)} \rightarrow T = \frac{0.0822}{0.063} \rightarrow T = 1.30$$

La longitud del desarenador se calcula con base en la velocidad en que las partículas pasan por la malla;  $V_s = 1.1 \text{ m/min}$ .

$$V = \frac{d}{t} \rightarrow T = \frac{d}{V} T = \frac{0.900}{1.10 \text{ m/min}} \rightarrow T = 0.81 \text{ min} \times \frac{60 \text{ seg}}{1 \text{ min}} = 49 \text{ seg}$$

Para la caja de arena; donde  $V = 0.3 \text{ m/s}$ .

$$V = \frac{L}{T} \rightarrow L = V \times T L = 0.3 \text{ m/s} \times 49 \text{ seg} \rightarrow L = 14.72 \text{ m}$$

Para evitar la turbulencia se incrementa la longitud en un 25%.

$$V = \frac{L}{T} \rightarrow L = V \times T L = 0.3 \text{ m/s} \times 49 \text{ seg} \rightarrow L = 14.72 \text{ m}$$

Tratamiento primario

Fosa séptica:

“Las conocidas fosas sépticas son unidades en donde no existe una red de alcantarillado sanitario, como pueden ser escuelas rurales, campos o zonas de recreo, hoteles y restaurantes campestres. En general se utilizan para tratar aguas residuales domésticas. Estos dispositivos combinan los procesos de sedimentación y de digestión anaeróbica de lodos; usualmente se diseñan con dos o más cámaras que operan en serie.” (Mynor David, 1997)

“En la primera cámara, se efectúa la sedimentación, digestión de lodos y su almacenamiento. Debido a que, en la descomposición anaeróbica, se producen gases que suspenden a los sólidos sedimentados en la primera cámara, se requiere de una segunda cámara para mejorar el proceso, en donde se vuelva a sedimentar y almacenar, evitando que sean arrastrados con el efluente. Este efluente se encuentra en condiciones sépticas, llevando consigo un alto contenido de materia orgánica disuelta y suspendida, por lo que requiere de un tratamiento posterior.” (Mynor David, 1997)



“Este sistema se utiliza para recibir la descarga de agua residual proveniente de residencias individuales o de otras instalaciones sin tener una red de alcantarillado para las mismas. Son tanques que tienen como función sedimentar y desnatar, como un digestor anaerobio sin tener que mezclar ni calentar y se convierte en un tanque de almacenamiento de lodos. Si un sistema presenta un tanque séptico además una instalación para disposición del efluente por absorción sobre el suelo, se tendrá un sistema convencional para el manejo de las aguas residuales in situ.” (Tchobanoglous C. &, 2000)

Tanques imhoff:

“Para comunidades de 5,000 habitantes o menos los tanques imhoff ofrecen ventajas para el tratamiento de las aguas residuales domésticas, ya que integran la sedimentación del agua y la digestión de los lodos, sedimentados en la misma unidad, necesita una operación muy simple y no requiere de partes mecánicas, sin embargo, para su uso correcto se requiere que las aguas negras pasen por el proceso de cribado y remoción de arena.” (Mynor David, 1997)

“Son convenientes en climas calurosos pues esto facilita la digestión de los lodos. En la selección de esta unidad de tratamiento se debe considerar que los tanques imhoff pueden producir olores desagradables.” (Mynor David, 1997).

“Consiste en un tanque de dos pisos donde la sedimentación se da en el compartimiento superior y la digestión y acumulación de lodos en el compartimiento inferior, este sistema se utiliza para tratamiento para aguas provenientes de zonas residenciales. Las principales ventajas del sistema es que tiene una sencilla operación, no tiene unidades mecánicas que requieran mantenimiento continuo y solo requiere de la remoción de espuma de forma diaria y realizar una inversión del flujo dos veces por mes para lograr una distribución uniforme de los sólidos en ambos extremos del digestor.” (Tchobanoglous C. &, 2000)

Sedimentadores primarios:

“A diferencia de la fosa séptica y los tanques imhoff en estas unidades no se tratan los lodos, por lo que generalmente se utilizan como una primera etapa de un tratamiento primario.” (Mynor David, 1997)

“Estas unidades tienen como función la reducción de los sólidos suspendidos, grasas y aceites de las aguas residuales, las eficiencias esperadas son del 55% de los sólidos y se obtienen concentraciones de grasas y aceites menores a los 30 miligramos/litros.” ((Mynor David, 1997)

“Este sistema tiene como fin la eliminación de arenas, grasas, aceites, materia en suspensión o cualquier otro sólido suspendido presentes en el afluente de entrada. Las medidas que se establecen de eficiencia se basan en la remoción de los sólidos suspendidos, altura útil, tiempo de retención y tipo de sección transversal del tanque.” (Niño, 2004)

“Un tratamiento de este tipo debería remover la mitad de los sólidos suspendidos del agua residual tratada, la bioxidación se considera despreciable. La ventaja que es de fácil operación y de bajo costo, aunque sus niveles de eficiencia normalmente no alcanzan para cumplir con las normas de calidad de agua.” (Campos Gomez, 2003)

Fórmulas para el diseño del sedimentador primario

Caudal de diseño

$$Q_p = \frac{\text{Población} \times \text{dotación}}{1000} \times \% \text{Contribución} \text{ (m}^3/\text{día)}$$

$Q_p$ = caudal pico de diseño ( $\text{m}^3/\text{s}$ )

Población= total habitantes proyectado (hab)

% contribución= 0.75 porcentaje de agua residual

Área superficial

$$A = \frac{Q}{CS} \text{ (m}^2\text{)}$$

A= área superficial del sedimentador (m<sup>2</sup>)

Q= caudal pico de diseño (m<sup>3</sup>/día)

CS= carga superficial (m<sup>3</sup>/m<sup>2</sup>.día)

Relación largo-ancho

$$4A^2 = 73.06 \text{ (m)}$$

Nueva carga superficial

$$CS = \frac{Q}{A} \text{ (m}^3\text{/m}^2\text{.día)}$$

CS= nueva carga superficial (m<sup>3</sup>/m<sup>2</sup>.día)

Q= caudal pico de diseño (m<sup>3</sup>/día)

A= área total del sedimentador (m)

Tiempo de retención

$$Tr = \frac{Vol}{Q} \text{ (horas)}$$

Tr= tiempo de retención en el sedimentador(hora)

Vol= volumen del tanque (m<sup>3</sup>)

Q= caudal pico de diseño (m<sup>3</sup>/día)

Velocidad de arrastre

$$V_H = \left( \frac{8K(S-1)gd}{f} \right)^{1/2} \text{ (m/s)}$$

V<sub>h</sub>= velocidad de arrastre de partículas (m/s)

K= constante de cohesión

S= gravedad específica

g= aceleración gravitacional (m/s)

d= diámetro partículas ( $\text{nm} \times 10^{-6}$ )

f= factor de fricción Darcy Weisbach

Velocidad de arrastre comparada con la velocidad horizontal

$$V_H = \frac{Q}{A_x} \text{ (m/s)}$$

$V_h$ = velocidad de arrastre horizontal (m/s)

Q= caudal pico de diseño ( $\text{m}^3/\text{día}$ )

$A_x$ = área total

horizontal ( $\text{m}^2$ )

$$\text{Remoción de DBO} = \frac{t}{a+bt} \text{ (\%)}$$

Remoción DBO

Remoción DBO= porcentaje de remoción de DBO

t= tiempo de

retención (horas) a,

b= constantes

empíricas

Remoción de sólidos suspendidos totales

$$\text{Remoción SST} = \frac{t}{a+bt} \text{ (\%)}$$

Remoción SST= porcentaje de remoción de SST

a, b= constantes empíricas

t= tiempo de retención (horas)

Calculo sedimentador primario

Caudal de diseño

$$Q_p = \frac{\text{Población} \times \text{dotación}}{1000} \times \% \text{Contribución} \rightarrow Q_p = \frac{25,977 \text{ hab} \times 150 \text{ l/día}}{1000} \times 75\%$$

$$Q_p = 2,922.41 \text{ m}^3/\text{día}$$

Area superficial.

$$A = \frac{Q}{CS} \rightarrow A = \frac{2,922.41 \text{ m}^3/\text{día}}{40 \text{ m}^3/\text{m}^2 \cdot \text{día}} \rightarrow A = 73.06 \text{ m}^2$$

Se propone una relación de largo y ancho de 4 a 1.

$$4A^2 = 73.06 \rightarrow A^2 = \frac{73.06}{4} \rightarrow A = \sqrt{18.265} \rightarrow A = 4.27 \text{ m}$$

$$L = 4.27 \times 4 \rightarrow L = 17.08 \text{ m}$$

Con una profundidad de 4 metros se estima el volumen del tanque.

$$\text{Vol} = 4\text{m} \times 17\text{m} \times 4\text{m} \rightarrow \text{Vol} = 272\text{m}^3$$

Nueva carga superficial.

$$CS = \frac{Q}{A} \rightarrow CS = \frac{2,922.41 \text{ m}^3/\text{día}}{(4\text{m} \times 17\text{m})} \rightarrow CS = 42.9 \text{ m}^3/\text{m}^2 \cdot \text{día}$$

El tiempo de retención será el siguiente:

$$Tr = \frac{\text{Vol}}{Q} \rightarrow Tr = \frac{272\text{m}^3}{2,922.41 \text{ m}^3/\text{día}} \rightarrow Tr = 0.093 \text{ día} \times \frac{24\text{h}}{1\text{día}} \rightarrow Tr = 2.23 \text{ horas}$$

Velocidad de arrastre.

$$V_H = \left( \frac{8K(S-1)gd}{f} \right)^{1/2} \rightarrow V_H = \left( \frac{8K(0.05)(1.25-1)9.806 \times 100 \times 10^{-6}}{0.02} \right)^{1/2} \rightarrow V_H = \mathbf{0.070 \text{ m/s}}$$

Velocidad de arrastre calculada comparada con la velocidad horizontal, cuya velocidad se toma del caudal dividido entre la sección de flujo el cual es de 4m por 4m.

$$V_H = \frac{Q}{A_x} \rightarrow V_H = \frac{2,922.41}{(4 \times 4)} \rightarrow V_H = 182.62 \rightarrow V_H = \frac{182.62}{86400} \rightarrow V_H = \mathbf{0.0021 \text{ m/s}}$$

El cálculo de la velocidad horizontal es menor a la velocidad de arrastre anteriormente calculada, con lo cual se puede asegurar que el material sedimentado no será suspendido y no se alterará el proceso.

Remoción de DBO.

$$\text{Remoción DBO} = \frac{t}{a+bt} \rightarrow \text{Remoción DBO} = \frac{2.23}{0.018+(0.02)(2.23)}$$

$$\text{Remoción DBO} = \frac{2.23}{0.0626} \rightarrow \text{Remoción DBO} = \mathbf{35.63\%}$$

Remoción de SST.

$$\text{Remoción SST} = \frac{t}{a+bt} \rightarrow \text{Remoción SST} = \frac{2.23}{0.0075+(0.014)(2.01)}$$

$$\text{Remoción SST} = \frac{2.23}{0.03564} \rightarrow \text{Remoción SST} = \mathbf{62.57\%}$$

Cuadro 6. Información típica para el diseño de tanques de sedimentación primaria.

Características	Intervalo	Típico
Sedimentación primaria seguida de tratamiento secundario		
Tiempo de retención, h	1.5 – 2.5	2
Carga de superficie, m <sup>3</sup> /m <sup>2</sup> .día		
A caudal medio	30 – 50	40
A caudal punta	80 – 120	100
Carga sobre el vertedero, m <sup>3</sup> /m <sup>2</sup> .día	125 – 500	250
Sedimentación primaria con adición del lodo activado en exceso		
Tiempo de retención, h	1.5 – 2.5	2
Carga de superficie, m <sup>3</sup> /m <sup>2</sup> .día		
A caudal medio	24 – 32	28
A caudal punta	48 – 70	60
Carga sobre vertedero, m <sup>3</sup> /m <sup>2</sup> .día	125 - 500	250

Fuente: (Romero, 2004)

Cuadro 7. Información típica para el diseño de un Sedimentador primario.

Tipo de tanque	Intervalo	Típico
Rectangular		
Profundidad, m	3 – 4.5	3.6
Longitud, m	15 – 90	25 – 40
Anchura, m	3 – 25	5 – 10
Velocidad de los rascadores, m/min	0.6 – 1.2	0.9

Fuente: (Romero, 2004)

#### Reactor Anaerobio de Flujo Ascendente (RAFA)

“Como lo indica presenta un flujo ascendente y la parte superior cuenta con un sistema que separa gas-líquido-sólido, lo que evita la salida de los sólidos del efluente y ayuda a una mejor evacuación del gas.” (Salazar, 2003)

“La debilidad de este proceso radica en la lentitud del proceso de arranque del reactor, es necesario darle uniformidad al caudal, corrección de pH continua y requiere un mayor cuidado versus otras alternativas.” (Salazar, 2003)

#### Tratamiento secundario

##### Filtros percoladores:

“El mecanismo principal de remoción de la materia orgánica de este sistema no es la filtración, sino la absorción y asimilación biológica que se crea en el medio de soporte.” (Mynor David, 1997)

“Generalmente no requiere recirculación a diferencia de los lodos activados, donde esta es determinante para mantener los microorganismos en el licor mezclado. Una vez que el filtro se encuentra operando, la superficie en el medio comienza a cubrirse con una sustancia viscosa y gelatinosa conteniendo bacterias y otro tipo de microorganismos.” (Mynor David, 1997)

“El efluente de la sedimentación primaria es distribuido uniformemente por el medio del soporte del filtro a través de un sistema distribuidor de flujo. El oxígeno para que se lleve a cabo el metabolismo biológico aerobio es suministrado por la circulación del aire a través de los espacios entre el medio filtrante y parcialmente por el oxígeno disuelto presente en el agua residual.” (Mynor David, 1997)

##### Fórmulas para el diseño del filtro percolador

##### Eficiencia del filtro

$$E = \frac{\text{DBO}_5 - \text{DBO final}}{\text{DBO inicial}} (\%)$$

##### Volumen del filtro



$$E^2 = \frac{100}{1 + 0.0561 \times \left(\frac{W}{V} \times F\right)^{1/2}} (10^3 \text{ pie}^3)$$

$$F = \frac{1 + R}{\left(1 + \frac{R}{10}\right)^2}$$

E= eficiencia de la remoción de DBO (%)

W= carga de la DBO al filtro (lb/día)

V= volumen del medio del filtro ( $10^3 \text{ pie}^3$ )

F= factor de recirculación

R= relación de recirculación ( $Q_1/Q$ )

Dimensiones del filtro

$$V = L \times A \times h \text{ (m)}$$

$$L = 2A$$

V= volumen de filtro percolador ( $\text{pie}^3$ )

L= longitud del filtro percolador (m)

A= ancho del filtro percolador (m)

h= profundidad (m)

Carga orgánica volumétrica

$$L_{org} = \frac{W}{L} \text{ DBO}_5 / \text{m}^3 \cdot \text{día}$$

W= total de carga DBO/día ( $\text{DBO}_5/\text{m}^3 \cdot \text{día}$ )

L= longitud del filtro

percolador (m)

Cálculo Filtro percolador

Cálculo de la eficiencia.

$$0.123 \text{ m}^3 / \text{s} \times \frac{1000 \text{ l}}{1 \text{ m}^3} \times \frac{1 \text{ gal}}{3.785 \text{ l}} \times \frac{86400 \text{ s}}{1 \text{ día}} = 2,807,714.66 \text{ gal/día} \quad 1 \text{ m}^3$$

$$QD = 2.807714 \times 10^6 \text{ gal / día}$$

La eficiencia estimada del filtro será de 82% según (Crites & Tchobanoglous, 2000)

DBO<sub>5</sub>- DBO final

$$E = \frac{\text{DBO inicial} - \text{DBO final}}{\text{DBO inicial}}$$

El valor que debe tener la DBO al final de la etapa de tratamiento debe ser de 100 mg/l según el Acuerdo Gubernativo 236-2006.

$$E = \frac{216 \text{ mg/l} - 100 \text{ mg/l}}{216 \text{ mg/l}} \rightarrow E = \frac{116}{216} \rightarrow E = 0.537 \times 100 \rightarrow E = 53\%$$

$$\text{DBO después del filtro} = 216 - (216 \times 0.537)$$

$$\text{DBO después del filtro} = 100 \text{ mg/l}$$

Cálculo del volumen del filtro.

$$E = \frac{100}{1 + 0.0561 \times (W \times F)^{1/2}}$$

v Donde:

$$F = \frac{1 + R_1 + 0}{R_2 (1 + \dots)}$$

$$\rightarrow F = \frac{10}{(1 + \frac{R}{10})^2} \rightarrow F = 1$$

Para w, el factor de conversión 8.34; lb/{Mgal\*(mg/l)}

$$W=2.807714 \times 10^6 \text{ gal/día} \times 216.0 \text{ /mg l} \times 8.34 \rightarrow W=5,057.92 \text{ lb}^{\text{DBO}_5}/\text{día}$$

Despejando V:

$$V = \frac{W(0.0561)^2}{E-1} \rightarrow V = \frac{5,057.92(0.0561)^2}{3.6982} \rightarrow V = \frac{15.9183}{E-1}$$

$$\frac{E(100)^2}{E-1} \quad \frac{1(100)^2}{53-1} \quad 3.6982$$

$$V=4.3043 \times 10^3 \text{ p}^3 \rightarrow 43.04 \times 10^3 \text{ p}^3$$

Dimensiones del filtro percolador.

$$V=L \times A \times h \rightarrow L=2A \rightarrow 43.04 \times 10^3 \text{ p}^3 = 2A \times A \times h \rightarrow 43.04 \times 10^3 \text{ p}^3 = 2A \times h$$

Para h=3.0 metros; 9.84 pies

$$43.04 \times 10^3 \text{ p}^3 = 2A^2 \times 9.84 \text{ pies} \rightarrow A^2 = \frac{43.04 \times 10^3}{19.68} \rightarrow A^2 = 2,186.99$$

$$A = \sqrt{2,186.99} \rightarrow A = 46.76 \text{ pies} \rightarrow 46.76 \text{ pie} \times \frac{1 \text{ m}}{3.28 \text{ pie}} = 14.25 \text{ m}$$

$$L = 2(14.25) \rightarrow L = 28.5 \text{ m} \rightarrow 28.5 \text{ m} \times \frac{3.28 \text{ pie}}{1 \text{ m}} = 93.48 \text{ pies}$$

Carga orgánica volumétrica.

$$\text{Lorg} = \frac{W}{L}$$

Donde:

$$L \times A \rightarrow L=2A \rightarrow \text{Lorg} = \frac{5,057.92}{28.5(14.25 \times 3)} \rightarrow \text{Lorg} = \frac{5,057.92}{1,218.37} \rightarrow \text{Lorg} = 4.15 \text{ lb}^{\text{DBO}_5}/\text{m}^3 \cdot \text{día}$$

Calculo filtro percolador

Cálculo de la eficiencia.

$$0.123 \text{ m}^3/\text{s} \times \frac{1000\text{l}}{1\text{m}^3} \times \frac{1 \text{ gal}}{3.785\text{l}} \times \frac{86400\text{s}}{1 \text{ día}} = 2,807,714.66 \text{ gal/día}$$

$$QD = 2.807714 \times 10^6 \text{ gal/día}$$

“La eficiencia estimada del filtro será de 82% según.” (Tchobanoglous C. y., 2000)

$$E = \frac{\text{DBO}_5 - \text{DBO final}}{\text{DBO inicial}}$$

El valor que debe tener la DBO al final de la etapa de tratamiento debe ser de 100mg/l según el Acuerdo Gubernativo 236-2006.

$$E = \frac{216 \text{ mg/l} - 100 \text{ mg/l}}{216 \text{ mg/l}} \rightarrow E = \frac{116}{216} \rightarrow E = 0.537 \times 100 \rightarrow E = 53\%$$

DBO después del filtro = 216-(216\*0.537)

DBO después del filtro = 100 mg/l

Cálculo del volumen del filtro.

$$E^2 = \frac{100}{1 + 0.0561 \times \left(\frac{W}{V} \times F\right)^{1/2}}$$

Donde:

$$F = \frac{1+R}{\left(1 + \frac{R}{10}\right)^2} \rightarrow F = \frac{1+0}{\left(1 + \frac{R}{10}\right)^2} \rightarrow F = 1$$

Para w, el factor de conversión 8.34; lb [Mgal\*(mg/l)]

$$W = 2.807714 \times 10^6 \text{ gal/día} \times 216.0 \text{ mg/l} \times 8.34 \rightarrow W = 5,057.92 \text{ lb DBO}_5/\text{día}$$

Despejando V:

$$V = \frac{W(0.0561)^2}{F\left(\frac{100}{E-1}\right)^2} \rightarrow V = \frac{5,057.92(0.0561)^2}{1\left(\frac{100}{53-1}\right)^2} \rightarrow V = \frac{15.9183}{3.6982}$$

$$V=4.3043 \times 10^3 \text{ p}^e \rightarrow 43.04 \times 10^3 \text{ p}^3$$

Dimensiones del filtro persolador.

$$V=L \times A \times h \rightarrow L=2A \rightarrow 43.04 \times 10^3 \text{ p}^3=2A \times A \times h \rightarrow 43.04 \times 10^3 \text{ p}^3=2A \times h$$

Para  $h=3.0$  metros: 9.84 pies

$$43.04 \times 10^3 \text{ p}^3=2A^2 \times 9.84 \text{ pies} \rightarrow A^2=\frac{43.04 \times 10^3}{19.68} \rightarrow A^2=2,186.99$$

$$A=\sqrt{2,186.99} \rightarrow A=46.76 \text{ pies} \rightarrow 46.76 \text{ pie} \times \frac{1 \text{ m}}{3.28 \text{ pie}}=14.25 \text{ m}$$

$$L=2(14.25) \rightarrow L=28.5 \text{ m} \rightarrow 28.5 \text{ m} \times \frac{3.28 \text{ pie}}{1 \text{ m}}=93.48 \text{ pies}$$

Carga orgánica volumétrica

$$L_{org}=\frac{W}{L}$$

Donde:

$$L \times A \times h \rightarrow L=2A \rightarrow L_{org}=\frac{5,057.92}{28.5(14.25 \times 3)} \rightarrow L_{org}=\frac{5,057.92}{1,218.37} \rightarrow L_{org}=4.15 \text{ lb}^{DBO_5}/\text{m}^3 \cdot \text{día}$$

Cuadro 8. Información usual de diseño para varios tipos de filtros percoladores no sumergidos.

Elemento	Carga Baja	Carga Intermedia	Carga Alta	Carga Alta	Desbaste
- Medio filtrante	Piedra/ desechos	Piedra/ desechos	Piedra/ desechos	Plástico	Plástico madera de pino
- Tamaño, pulg.	1-5 / 2-5	1-5 / 2-5	1-5 / 2-5	24x24x48	24x24x48††
Superficie específica, pie <sup>2</sup> /pie <sup>3</sup>	12 - 30	12 - 30	12 - 30	24 - 60	24-60/12-15
- Espacio vacío, %	40 - 55	40 - 55	40 - 55	92 - 97	92 - 97/ 70 - 80
- Peso específico lb/pie <sup>3</sup>	50 - 90	50 - 90	50 - 90	2 - 6	2 - 6/ 9 - 12
- Tasa de carga hidráulica, gal/pie <sup>2</sup> . Min.	0.02 - 0.06	0.06 - 0.16	0.06 - 0.16	0.2 - 0.120	0.8 - 3.2
- Tasa de carga orgánica, lb DBO <sub>5</sub> /10 <sup>4</sup> pie <sup>2</sup> .	5 - 25	15 - 30	30 - 80	50 - 200	100 - 500
- Relación de recirculación	0	0 - 1	1 - 2	1 - 2	1 - 4
- Arrastres de sólidos	Intermitente	Intermitente	Continuo	Continuo	Continuo
- Eficiencia de remoción de DBO <sub>5</sub> %	80 - 90	50 - 80	65 - 90	65 - 90	40 - 70
- Moscas en el filtro	Muchas	Algunas	Pocas	Pocas o ninguna	Pocas o ninguna

Fuente (Tchobanoglous C. &, 2000)

#### Lagunas de estabilización:

“Se conoce con este término a cualquier laguna, estanque o grupo de ellas, destinado a llevar a cabo un tratamiento biológico.” (Mynor David, 1997)

“Las lagunas son balsas con una profundidad entre 1 a 4 metros dependiendo del tipo de laguna, en la cual se realiza una oxigenación del agua residual mediante aireadores superficiales, turbinas o difusores” (Ramalho, 1993)

#### Lagunas anaerobias:

“Generalmente se usan como una primera depuración o pre-tratamiento, se puede considerar como un digestor ya que se le aplican cantidades de materia orgánica o carga orgánica por unidad de volumen, de tal manera que prevalezcan las condiciones anaeróbicas, o sea la ausencia de oxígeno.” (Mynor David, 1997)

“La eficiencia esperada con este tipo de lagunas depende del tiempo de retención hidráulica, ya que con tiempos que estén entre 1 y 10 días se obtiene una eficiencia de remoción de demanda biológica de oxígeno de 20 al 60%, respectivamente. Hay que tomar en cuenta que la temperatura es uno de los factores que más influencia tiene en estas unidades, ya que se puede decir que su eficiencia decrece notablemente con valores inferiores a los 15 grados centígrados.” (Mynor David, 1997)

“Una de las principales desventajas de este tipo de lagunas es la producción de malos olores que impide su localización en lugares cercanos 500 metros de zonas habitadas. Generalmente se utilizan estanques de 3.00 a 5.00 metros de profundidad.” (Mynor David, 1997)

#### Lagunas aerobias:

“Como su nombre lo indica son lagunas que operan en presencia del aire, son de poca profundidad, más o menos entre 0.80 y 1.20 metros, lo que propicia la proliferación de algas que suministran una buena parte del oxígeno necesario.” (Mynor David, 1997)

“Tienen poca profundidad no más de 80 centímetros, con lo que se propicia el crecimiento y desarrollo de algas las cuales suministran gran cantidad de oxígeno necesario para el funcionamiento de la laguna. Sus principales desventajas son que se necesita una extensión grande de terreno y no puede utilizarse directamente con las aguas residuales crudas, sino que necesitan un pre-tratamiento para luego pasar a la laguna.” (Salazar, 2003)

“Se logran eficiencias de demanda biológica de oxígeno de 65% a 75%. Su principal desventaja es la cantidad de terreno que requieren.” (Mynor David, 1997)

#### Lagunas facultativas:

“Se puede decir que estas lagunas son una combinación de las dos anteriores ya que se diseñan con una profundidad que varía entre 1.50 y 2.00 metros, además tiene una cantidad de materia orgánica o carga orgánica por unidad de volumen que permite el crecimiento de organismos aeróbicos y facultativos, estos últimos pueden reproducirse tanto en presencia como en ausencia de oxígeno.” (Mynor David, 1997)

“Este es el tipo de laguna más utilizado por su flexibilidad; requieren menos terreno que las aerobias y no producen los posibles olores de las anaerobias. Las eficiencias esperadas en estas lagunas van desde el 60% hasta el 85% en remoción de demanda biológica de oxígeno.” (Mynor David, 1997)

“Tiene una profundidad que varía de 1.5 a 2 metros y una carga de materia orgánica por unidad de volumen, que favorezca el crecimiento de microorganismos aeróbicos y facultativos (estos últimos pueden desarrollarse con o sin oxígeno). Es del tipo de laguna más utilizada porque requieren menos terreno que cualquiera de las otras y la producción de olores es menor.” (Salazar, 2003)

#### Lagunas de maduración

“Tienen un tiempo de retención aproximado en 3 y 7 días ya que reciben el afluente de una laguna facultativa o de otro proceso biológico anterior. La principal función de este tipo de laguna es lograr una alta calidad microbiológica, es decir, eliminar patógenos hasta niveles deseados.” (Riquelme, 2003)

#### Lodos activados:

“El lodo activado es una película biológica producida en las aguas residuales previamente decantadas por el crecimiento de las bacterias zoogreas u otros organismos, en la presencia de oxígeno disuelto en el agua y acumulado en concentración suficiente gracias a la recirculación de la película biológica previamente formada.” (Mynor David, 1997)

“Las aguas residuales crudas, después de una sedimentación primaria, se mezclan con los lodos en recirculación y se introducen al tanque de aireación, en donde permanecen por espacio de 3 a 6 horas. A la mezcla de las aguas residuales y lodos



en recirculación, dentro del tanque de aireación, se le conoce como licor mezclado.”  
(Mynor David, 1997)

Aireación extendida:

“El proceso de aireación extendida es una modificación del proceso de los lodos activados, en el cual se mantiene una edad de lodos en un valor relativamente alto, dándole tiempo suficiente para que una parte de estos lodos logre su estabilización, como consecuencia también su tiempo de retención en los tanques es mayor 16 a 24 horas.” (Mynor David, 1997)

“Esta diferencia significa que el proceso de aireación extendida requiere de unidades más grandes y de mayor capacidad de equipo de aireación.” (Mynor David, 1997)

“Las eficiencias que se obtiene en remoción de demanda biológica de oxígeno son superiores al 90% y se pueden considerar como un tratamiento secundario que incluye la digestión o estabilización de lodos.” (Mynor David, 1997)

Zanjas de oxidación:

“Es un proceso de lodos activados en su variante de aireación extendida. La diferencia está en la configuración, que fue diseñada para facilitar su procedimiento constructivo y disminuir los costos de inversión y de operación y mantenimiento. Este elemento consiste en zanjas ovaladas y cerradas, con sección transversal trapezoidal, tirante de agua entre 1.00 y 1.80 metros. Estas zanjas se implementan con equipo mecánico, rotores o cepillos que imprimen movimiento al agua para mantener los sólidos en suspensión mezclados, aumentando el oxígeno necesario para mantener condiciones básicas anaeróbicas.” (Mynor David, 1997)

“El proceso tiene un tiempo de retención hidráulico entre 16 y 24 horas y una retención de lodos superior a los 30 días. Las eficiencias obtenidas en remoción de demanda biológica de oxígeno son superiores al 90% y los sólidos en exceso pueden ser manejados sin problemas de olor o de contaminación. Entre más elementos lleve una planta de tratamiento, más efectivo será el proceso y se obtendrán mejores resultados.” (Mynor David, 1997)

“Pero como el diseño de proyectos de ingeniería no solo se rigen por el funcionamiento, sino que también por la economía de los mismos, tenemos que buscar

la mejor solución que sea lo más económica posible. Para nuestro caso hemos seleccionado la siguiente planta de tratamiento: un pre-tratamiento con rejillas, luego tendremos una caja desarenadora.” (Mynor David, 1997)

“Como tratamiento principal, he decidido usar un tratamiento de aireación extendida, ya que combina una alta eficiencia sin necesitar grandes extensiones de terreno. Alrededor de la planta de tratamiento se construirá una cuneta, con el fin de evitar que el agua pluvial llegue a la planta.” (Mynor David, 1997)

Humedales:

“Su funcionamiento es parecido al de las lagunas, con la diferencia que se utilizan plantas acuáticas en vez de algas, las cuales brindan el oxígeno para el desarrollo de las bacterias. Hay que tomar en cuenta que se necesita una cosecha de las plantas periódicamente, con lo que el proceso requiere de más atención que en una laguna.” (Salazar, 2003)

“Pero las ventajas que presentan son bajos costos de explotación, gran calidad en del afluente al final del proceso, y una parte importante en cuestión de paisaje ya que puede integrarse al entorno. También son más flexibles y con menor susceptibilidad a las fluctuaciones que puede haber en relación con la carga contaminante.” (Ramos y Marquez, 2002)

Filtro anaerobio

“Son también conocidos como filtros sumergidos, este tipo de sistema está diseñado para que se lleve a cabo un tratamiento anaerobio por medio de un crecimiento de biomasa por adherencia. La principal diferencia ante un filtro percolador es que la alimentación del agua residual se da por el fondo del sistema y el producto final abandona por la parte superficial o superior.” (Ramalho, 1993)

“El material se encuentra completamente sumergido en el agua residual entrante y por ello no hay presencia de aire en absoluto, de esta manera crea las condiciones anaerobias necesarias para su funcionamiento. La única problemática significativa

que presenta cuando se tienen elevadas concentraciones de sólidos en suspensión puede obstruir el filtro lo cual dañaría el sistema.” (Ramalho, 1993)

Opciones de Tratamiento y reúso de lodos y agua tratada:

“Los lodos que se extraen de las distintas fases de tratamiento consisten de 80 al 99% de agua por peso, en los cuales se concentran los patógenos con lo cual es necesario un tratamiento o estabilización para reducir los patógenos y eliminar olores que resulten ofensivos.” (Salazar, 2003)

“El tratamiento para estabilizar los lodos consiste en aplicar ya sea químicos o una combinación entre tiempo y temperatura para la remoción o transformación de los patógenos y los componentes orgánicos que puedan producir los malos olores. Una vez tratados se dispone de un proceso para secar el agua en exceso para facilitar el reúso o disposición final.” (Salazar, 2003)

Digestión anaerobia:

“Consta de un proceso de descomposición de la materia orgánica e inorgánica en ausencia de oxígeno, la metodología consiste en introducir el lodo en un tanque cerrado y en el cual liberará gas (principalmente metano). Este se calienta a través de un intercambio de calor externo.” (Salazar, 2003)

Tratamiento con cal:

“Si el volumen de los lodos es poco y no se cuenta con suficiente espacio para secarlos o se encuentra cerca de una zona urbana, se toma la alternativa de esterilización con alteración de pH con cal, con la finalidad de elevar el pH a los lodos a 12 por 30 minutos.” (Salazar, 2003)

Compostaje, particularmente co-compostaje con residuos orgánicos:

“Se mezcla los lodos como basura orgánica en un proceso de compostaje, con esto se genera una acción exotérmica 70 grados centígrados de las bacterias, liberando a los mismos de los agentes patógenos.” (Salazar, 2003)

“Patio de secar Es la forma de tratamiento de lodos más sencillo, ya que el lodo tiene

mucho contenido líquido; se coloca el lodo en una plataforma de ladrillo, la base está conformada por diferentes tipos de suelos con la función de filtrar el residuo líquido de los lodos. Utilizando la radiación solar se deshidratan los lodos hasta que se vuelvan sólidos, este sistema dependiendo de factores como la temperatura solar, intensidad de lluvias, humedad de los suelos y la ubicación tendrá un periodo de secado que varía de 3 a 6 meses.” (Salazar, 2003)

Reúso de subproductos:

“Cualquiera que sea el sistema de tratamiento implementado se considera como objetivo principal la reducción o eliminación de los agentes contaminantes provenientes de las aguas residuales. Al culminar los procesos de tratamiento se obtendrán aguas residuales tratadas y lodos, que pueden ser utilizados nuevamente en distintas actividades dependiendo del uso que se le quiera dar.” (Torres, 2000)

“Con el tratamiento adecuado el reúso no ocasiona deterioro de los suelos, aguas subterráneas, ni acumulación de agentes patógenos ya que se obtienen productos de calidad. Tomando en cuenta los riesgos que ocasionarían para la salud, beneficios, aceptación de la población; basándose en la garantía de un tratamiento adecuado y apoyándose en la normativa vigente del país.” (Torres, 2000)

Reúso de agua tratada:

“Las aguas residuales de tipo doméstico pueden ser utilizadas en muchas áreas tanto económicas como cotidianas, por ejemplo, para el riego agrícola, riego de árboles y plantas en corredores de transporte, procesos industriales, cría de peces, relleno de acuíferos, etc.” (Salazar, 2003)

“En la agricultura puede presentar ventajas al ser un recurso de agua estable y constante que brinde los nutrientes para las plantas. Sin embargo, la reutilización no ha sido muy promovida en Latinoamérica ya que aún se les considera responsables de la mayoría de los problemas sanitarios.” (Salazar, 2003)

Reúso de lodos:

“El lodo ya tratado y estabilizado que se genera puede ser valioso como fuente de nutrientes y como acondicionador del suelo, puede tener aplicación en la agricultura como fertilizante.” (Salazar, 2003)

“Las ventajas que brinda es que permite una mayor retención de la humedad, adiciona al suelo los nutrientes necesarios para las plantas y facilita retención al suelo, además de incrementar la actividad biológica del suelo y con su uso disminuir la aplicación de fertilizantes químicos.” (Salazar, 2003)

#### Patio de secar

“Es la forma de tratamiento de lodos más sencillo, ya que el lodo tiene mucho contenido líquido; se coloca el lodo en una plataforma de ladrillo, la base está conformada por diferentes tipos de suelos con la función de filtrar el residuo líquido de los lodos. Utilizando la radiación solar se deshidratan los lodos hasta que se vuelvan sólidos, este sistema dependiendo de factores como la temperatura solar, intensidad de lluvias, humedad de los suelos y la ubicación tendrá un periodo de secado que varía de 3 a 6 meses.” (Salazar, 2003)

#### II.12 Planta de tratamiento de aguas residuales

“Se define como un sistema de manejo de aguas negras, jabonosas, de desecho o cualquier sustancia contaminante, donde usualmente se incorpora oxígeno y se precipitan sólidos disueltos. Las municipalidades del país cuentan con poco presupuesto para ejecutar sus obras, especialmente proyectos a los cuales no se les da la importancia que se merecen, como es una planta de tratamiento de aguas residuales.” (Llanos, 2000)

“Estos proyectos llegan a hacerse realidad únicamente cuando las comunidades cuentan con juntas de vecinos o cocode bien organizados y propositivos. Por estas razones se hace la propuesta de una planta de tratamiento con los mecanismos mínimos, pero suficientes para ofrecer los resultados esperados.” (Llanos, 2000)

“La construcción de la planta de tratamiento, inicia con el reconocimiento del área, limpieza de la misma, nivelación del terreno, construcción de 3 pozos de absorción, tres cajas, un desarenador con rejillas, un tanque Imhoff y 2 patios de secado de lodos. Todos los dispositivos estarán conectados mediante tubería PVC con sus respectivos accesorios.” (Llanos, 2000)

“Al finalizar los trabajos debe retirarse todo el material sobrante y efectuar todas las reparaciones de daños ocasionados. El proyecto deberá cumplir con los parámetros de calidad y ejecutarse por personal calificado.” (Llanos, 2000)

“Además de exponer las especificaciones técnicas de los dispositivos que se construirán para el funcionamiento de la planta de tratamiento de aguas residuales. También se presentan otros tipos de tratamiento que no se utilizan en este proyecto, algunos por su costo, otros por espacio y otros más por que obtienen los mismos resultados obtenidos por este método.” (Llanos, 2000)

## II.13 Diseño de plantas de tratamiento

“Sabemos que la necesidad de resolver el problema de la disposición de las aguas negras comienza desde que éstas se empezaron a utilizar como medio de transporte para arrastrar los productos de desecho humano. Al principio estos volúmenes eran mínimos y su eliminación estaba limitada a desechos orgánicos. El método inicial consistía en disponer lejos de la vivienda los desechos orgánicos y la basura en la superficie del suelo, en donde eran degradados por las bacterias; sin embargo, había problema con los malos olores que provoca este proceso, además del riesgo que existía de contaminación.” (Mynor, 1997)

“Cuando se implementó el servicio domiciliario de agua potable, esto hizo que también se empleara un sistema para transportar los desechos de cada vivienda hacia un lugar lejano, lo que hizo que las cantidades de materia orgánica y basura fueran mayores, provocando que los antiguos métodos fueran insuficientes para tratar los volúmenes de desperdicio.” (Mynor, 1997)

“Los métodos de tratamiento de aguas negras son procesos por medio de los cuales los sólidos que el líquido contiene son separados parcialmente, haciendo que el resto de los sólidos orgánicos queden convertidos en minerales o en sólidos orgánicos relativamente estables. La magnitud de este cambio depende del proceso de tratamiento empleado.” (Mynor, 1997)

#### Estudio topográfico

“Este estudio topográfico lo constituyen la planimetría y altimetría, las cuales son bases esenciales para todo proyecto de ingeniería.” (Mynor, 1997)

#### Planimetría

“Es el conjunto de trabajos que se realizan para la obtención de todos los datos necesarios para representar gráficamente la superficie de la tierra, partiendo de un punto de referencia para su orientación. El método planimétrico utilizado en este proyecto fue el de conservación del azimut, con una poligonal cerrada; este método tiene la ventaja de garantizar un buen levantamiento, ya que permite conocer el error de cierre.” (Mynor, 1997)

“Para este levantamiento se utilizó el siguiente equipo: un teodolito TM20ES, D10146, una estadía, una cinta métrica de 50 metros, una plomada y una brújula.” (Mynor, 1997)

#### Altimetría

“Son los trabajos necesarios para representar sobre el plano horizontal la tercera dimensión sobre el terreno, definiendo las diferencias de nivel existentes entre los puntos de un terreno o construcción, para ello es necesario medir distancias verticales, ya sea directa o indirectamente, a todo este procedimiento se le conoce con el nombre de nivelación.” (Mynor, 1997)

“Para la nivelación se utilizó el siguiente equipo: un teodolito 6, una estadía y una cinta métrica de 50 metros.” (Mynor, 1997)

#### Diseño de la planta de tratamiento

“Generalmente una planta de tratamiento se diseña junto con el sistema de drenajes que conducirá las aguas negras hasta su adecuado tratamiento, pero en este caso se diseñó después que el sistema de drenajes por no contar con una planificación adecuada.” (Mynor, 1997)

“Hay que conocer el periodo de diseño de la planta de tratamiento, el cual es el tiempo en que la planta servirá a la comunidad, antes de que deba ampliarse por resultar ya inadecuada. La planta de tratamiento debe de tener el mismo periodo de diseño que el sistema de drenajes, que para este caso es de 20 años.” (Mynor, 1997)

“Dentro de los problemas que puede tener una comunidad existe un aspecto muy importante con respecto al no tratar las aguas residuales correctamente y es la salud, de la cual depende el bienestar y el desarrollo de un pueblo.” (Mynor, 1997)

“El inadecuado tratamiento de las aguas residuales no solo afecta a las personas, sino que también a la naturaleza, por ejemplo, los materiales que se depositan en los ríos, lagos y mares impiden el crecimiento de plantas acuáticas; otro caso es que los materiales de naturaleza orgánica se pudren y le roban oxígeno al agua, con producción de malos olores y sabores; así podríamos mencionar muchas otras consecuencias del mal tratamiento de aguas residuales.” (Mynor, 1997)

“Para que el volumen de aguas residuales que se descarga a una corriente reduzca los peligros que causa a la salud pública es necesario mejorar el poder de purificación de la corriente de agua, lo cual se consigue disminuyendo la velocidad del agua en la zona de descarga ensanchando el cauce y aumentando la aireación, provocando artificialmente disturbios en el agua por medio de cascadas o remolinos; también se debe evitar que llegue a la corriente de descarga en forma total o parcial, la materia acarreada por los sistemas de alcantarillado, esto se consigue aplicando los procesos que se conocen como tratamiento de aguas residuales.” (Mynor, 1997)

“La importancia del tratamiento de las aguas residuales radica en que debe evitarse, en lo posible, la contaminación de ríos, lagos y mares.” (Mynor, 1997)



## Tipos de análisis de diseño

“Dentro de las condiciones específicas para un diseño de aguas residuales normalmente, se deberían tener claro los parámetros básicos en relación la naturaleza, la solución óptima y tamaño de la planta de tratamiento con respecto a directrices importantes como la fuente y calidad del agua que se tratará, origen y composición de las aguas residuales que se producen, el orden y topografía del lugar de influencia y sus sectores aledaños, el número de población y el crecimiento estimado de esta.” (Fair, 1971)

## Análisis físico

### Sólidos totales

“Es la suma de los sólidos orgánicos e inorgánicos de las aguas residuales, por definición, son aquellos residuos que permanecen una vez que la parte líquida se ha evaporado y el resto se ha secado a peso constante aproximadamente a 103 °C. Se distinguen entre sólidos disueltos y no disueltos al evaporar muestras de aguas residuales filtradas y sin filtrar, con la finalidad de clasificar mejor los residuos se puede mantener a 550°C durante 15 minutos. Donde se puede considerar que las cenizas obtenidas representan los sólidos inorgánicos y que el material volátil es una medida del contenido orgánico.” (Heinke, 1999)

### Sólidos fijos y volátiles

“En la mayoría de casos se tendrá mayor presencia de sólidos volátiles que de sólidos fijos, y esto sucede debido a la materia orgánica presente que a las sustancias inorgánicas (minerales), por lo que delimita la presencia de contaminación orgánica derivada de animales, humanos y vegetal. Este parámetro muestra una alta sensibilidad a los efectos estacionales.” (CATIE, 1988)

### Sólidos suspendidos

“Es una medida de los sólidos sedimentables que no se disuelven y que pueden ser retenidos en un filtro. La determinación de estos se puede realizar pesando el residuo

que quede en el filtro después de secarlo, pueden tener un gran impacto donde las aguas sean utilizadas para un proceso con conducción, calderas, equipo.” (Rigola, 1990)

“Los principales impactos que este tipo de material genera se puede mencionar que son poco estéticos son desagradables a la vista lo cual tiene un impacto paisajístico, proveen superficies de adsorción para agentes químicos y biológicos, al degradarse podrían causar productos secundarios perjudiciales y los elementos que se encuentren biológicamente activos pueden ser agentes tóxicos o causantes de enfermedades.” (Campos Gomez, 2003)

#### Sólidos disueltos

“También llamados salinidad total, la medida es la cantidad de materia disuelta en el agua, que se determina por la evaporación de un volumen de agua que previamente fue filtrada. Este tipo de material puede tener un origen múltiple, tanto de material orgánico como de inorgánico, se pueden encontrar en aguas subterráneas como superficiales. Los procesos de tratamiento son múltiples en función de la composición del material, donde se incluye la precipitación, intercambio iónico, destilación por mencionar algunos.” (Rigola, 1990)

#### II.14 Base legal

Ley de Protección y Mejoramiento del Medio Ambiente Decreto 68-86.

“Artículo 1: El Estado, las municipalidades y los habitantes del territorio nacional, propiciarán el desarrollo social, económico, científico y tecnológico que prevenga la contaminación del medio ambiente y mantenga el equilibrio ecológico. Por lo tanto, la utilización y aprovechamiento de la fauna, la flora, el suelo, subsuelo y el agua, deberán realizarse racionalmente. Teniendo como objetivo de velar por el mantenimiento del equilibrio ecológico y la calidad del medio ambiente para mejorar la calidad de vida de los habitantes del país.” (Decreto 68-86 Ley de protección y mejoramiento del medio ambiente)

“Artículo 15: El Gobierno velará por el mantenimiento de la cantidad del agua para el uso humano y otras actividades cuyo empleo sea indispensable, por lo que emitirá las disposiciones que sean necesarias y los reglamentos correspondientes para:” (Decreto 68-86 Ley de protección y mejoramiento del medio ambiente)

a) “Evaluar la calidad de las aguas y sus posibilidades de aprovechamiento mediante análisis periódicos sobre sus características físicas, químicas y biológicas.”

b) “Ejercer control para que el aprovechamiento y uso de las aguas no cause deterioro ambiental.”

c) “Revisar permanentemente los sistemas de disposición de aguas servidas o contaminadas para que cumplan con las normas de higiene y saneamiento ambiental y fijar los requisitos.”

d) “Determinar técnicamente los casos en que debe producirse o permitirse el vertimiento de residuos, basuras, desechos o desperdicios en una fuente receptora, de acuerdo a las normas de calidad del agua.”

e) “Promover y fomentar la investigación y el análisis permanente de las aguas interiores, litorales y oceánicas, que constituyen la zona económica marítima de dominio exclusivo.”

f) “Promover el uso integral y el manejo racional de cuencas hídricas, manantiales y fuentes de abastecimiento de aguas.”

g) “Investigar y controlar cualquier causa o fuente de contaminación hídrica para asegurar la conservación de los ciclos biológicos y el normal desarrollo de las especies.”

h) “Propiciar en el ámbito nacional e internacional las acciones necesarias para mantener la capacidad reguladora del clima en función de cantidad y calidad del agua;

i) Velar por la conservación de la flora, principalmente los bosques, para el mantenimiento y el equilibrio del sistema hídrico, promoviendo la inmediata reforestación de las cuencas de ríos y manantiales.”

j) “Prevenir, controlar y determinar los niveles de contaminación de los ríos, lagos y mares de Guatemala.”

k) “Investigar, prevenir y controlar cualesquiera otras causas o fuentes de contaminación hídrica.” (Decreto 68-86 Ley de protección y mejoramiento del medio ambiente)

El Acuerdo Gubernativo No. 236-2006 establece los criterios y requisitos que deben cumplirse para la descarga y reúso de aguas residuales, así como para la disposición de lodos.

“Buscando proteger los cuerpos receptores de agua de los impactos provenientes de la actividad humana, recuperar los cuerpos receptores de agua en proceso de eutrofización y promover el desarrollo del recurso hídrico con visión de gestión integrada.” (Acuerdo Gubernativo No. 236-2006)

“Además, es objeto del presente Reglamento establecer los mecanismos de evaluación, control y seguimiento para que el Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales promueva la conservación y mejoramiento del recurso hídrico. (Art. 1).” (Acuerdo Gubernativo No. 236-2006)

“A continuación, se presentan el resto de artículos relacionados directamente con proyectos como este:” (Acuerdo Gubernativo No. 236-2006)

“Artículo 3. Las municipalidades y demás instituciones de gobierno, incluidas las descentralizadas y autónomas, deberán hacer del conocimiento de dicho Ministerio los hechos contrarios a estas disposiciones, para los efectos de la aplicación de la Ley de Protección y Mejoramiento del Medio Ambiente.” (Acuerdo Gubernativo No. 236-2006)

“Artículo 5. La persona individual o jurídica, pública o privada, responsable de generar o administrar aguas residuales de tipo especial, ordinario o mezcla de ambas, que vierten éstas o no a un cuerpo receptor o al alcantarillado público tendrán la obligación de preparar un estudio avalado por técnicos en la materia a efecto de

caracterizar efluentes, descargas, aguas para reúso y lodos.” (Acuerdo Gubernativo No. 236-2006)

“Artículo 13. La persona individual o jurídica, pública o privada, responsable de generar o administrar aguas residuales de tipo especial, ordinario o mezcla de ambas, que vierten éstas en un cuerpo receptor o al alcantarillado público, deberá realizar la caracterización del afluente, así como del efluente de aguas residuales e incluir los resultados en el estudio técnico.” (Acuerdo Gubernativo No. 236-2006)

“Artículo 14. La persona individual o jurídica, pública o privada, que genere aguas residuales para reúso o las reúsa, deberá realizar la caracterización de las aguas que genere y que desea aprovechar e incluir el resultado en el estudio técnico.”

“Artículo 15. La persona individual o jurídica, pública o privada, responsable de generar lodos, deberá realizar la caracterización de los mismos e incluir el resultado en el estudio técnico.” (Acuerdo Gubernativo No. 236-2006)

“Artículo 16. Los parámetros de medición para determinar las características de las aguas residuales son los siguientes: a) Temperatura, b) Potencial de hidrógeno, c) Grasas y aceites, d) Materia flotante, e) Sólidos suspendidos totales, f) Demanda bioquímica de oxígeno a los cinco días a veinte grados Celsius, g) Demanda química de oxígeno, h) Nitrógeno total, i) Fósforo total, j) Arsénico, k) Cadmio, l) Cianuro total, m) Cobre, n) Cromo hexavalente, o) Mercurio, p) Níquel, q) Plomo, r) Zinc, s) Color y t) Coliformes fecales.” (Acuerdo Gubernativo No. 236-2006)

“Artículo 18. Los entes generadores, en el Estudio Técnico, deberán incluir la determinación de la demanda química de oxígeno, a efecto de establecer su relación con la demanda bioquímica de oxígeno, mediante la siguiente fórmula: demanda química de oxígeno dividido entre la demanda bioquímica de oxígeno.” (Acuerdo Gubernativo No. 236-2006)

“Artículo 21. Los entes generadores nuevos deberán cumplir, desde el inicio de sus operaciones, con una meta de tres mil kilogramos por día de demanda bioquímica de

oxígeno, con un parámetro de calidad asociado igual o menor que doscientos miligramos por litro de demanda bioquímica de oxígeno.” (Acuerdo Gubernativo No. 236-2006)

“En el caso de que el parámetro de calidad asociado sea igual o menor a cien miligramos por litro en la demanda bioquímica de oxígeno, podrán realizar descargas mayores a tres mil kilogramos por día de demanda bioquímica de oxígeno.” (Acuerdo Gubernativo No. 236-2006)

“Artículo 25. Los parámetros de medición para determinar las características de las aguas residuales vertidas al alcantarillado público son los siguientes: a) Temperatura, b) Potencial de hidrógeno, c) Grasas y aceites, d) Materia flotante, e) Demanda bioquímica de oxígeno a los cinco días a veinte grados Celsius, f) Demanda química de oxígeno, g) Sólidos suspendidos totales, h) Nitrógeno total, i) Fósforo total, j) Arsénico, k) Cadmio, l) Cianuro total, m) Cobre, n) Cromo hexavalente, o) Mercurio, p) Níquel, q) Plomo, r) Zinc, s) Color y t) Coliformes fecales.” (Acuerdo Gubernativo No. 236-2006)

“Artículo 33. Las municipalidades coordinarán con el Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales la determinación de los criterios técnicos que servirán de base para establecer las tarifas del servicio de tratamiento de aguas residuales, para lo cual se tomará en cuenta como mínimo lo siguiente:” (Acuerdo Gubernativo No. 236-2006)

a) “Los costos de operación, mantenimiento, mejoramiento de calidad y cobertura de servicios.”

b) “Los límites máximos permisibles establecidos en este Reglamento.”

c) “Los estudios técnicos cuyos valores y caracterización sean conocidos por el Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales y el que deba realizar la Municipalidad jurisdiccional.”

d) “La tarifa será diferenciada atendiendo a las características de cada descarga. Las Municipalidades establecerán las tarifas o tasas respectivas de conformidad con el propio Código Municipal.” (Acuerdo Gubernativo No. 236-2006)

“Artículo 34. El presente Reglamento autoriza los siguientes tipos de reúso de aguas residuales, que cumplan con los límites máximos permisibles que a cada uso correspondan.” (Acuerdo Gubernativo No. 236-2006)

“Tipo I: reúso para riego agrícola en general: uso de un efluente que debido a los nutrientes que posee se puede utilizar en el riego extensivo e intensivo, a manera de fertirriego, para recuperación y mejoramiento de suelos y como fertilizante en plantaciones de cultivos que, previamente a su consumo, requieren de un proceso industrial, de conformidad con los límites máximos permisibles establecidos.” (Acuerdo Gubernativo No. 236-2006)

“Tipo II: reúso para cultivos comestibles: con restricciones en el riego de áreas con cultivos comestibles que se consumen crudos o precocidos, como hortalizas y frutas. Para el caso de coliformes fecales y demanda bioquímica de oxígeno, deberá cumplirse de conformidad con los límites máximos permisibles.” (Acuerdo Gubernativo No. 236-2006)

“Tipo III: reúso para acuicultura: uso de un efluente para la piscicultura y camaronicultura, de conformidad con los límites máximos permisibles establecidos.” (Acuerdo Gubernativo No. 236-2006)

“Tipo IV: reúso para pastos y otros cultivos: con restricciones en el riego de áreas de cultivos no alimenticios para el ser humano como pastos, forrajes, fibras, semillas y otros, de conformidad con los límites máximos permisibles establecidos.” (Acuerdo Gubernativo No. 236-2006)

“Tipo V: reúso recreativo: con restricciones en el aprovechamiento para fines recreativos en estanques artificiales donde el ser humano sólo puede tener contacto incidental, incluido el riego en áreas verdes, donde el público tenga contacto o no, de

conformidad con los límites máximos permisibles establecidos.” (Acuerdo Gubernativo No. 236-2006)

“Cualquier otro reúso no contemplado en el presente artículo deberá ser autorizado previamente por el Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales.” (Acuerdo Gubernativo No. 236-2006)

“Artículo 37. Todo ente generador podrá recircular las aguas residuales antes de que las mismas se viertan al cuerpo receptor. Dicha recirculación no se considerará como reúso ni estará sujeta a las disposiciones del Reglamento.” (Acuerdo Gubernativo No. 236-2006)

“Artículo 38. Todos los lodos producidos como consecuencia del tratamiento de aguas residuales que representen un riesgo para el ambiente y la salud y seguridad humana deben cumplir los límites máximos permisibles para su disposición final.” (Acuerdo Gubernativo No. 236-2006)

“Artículo 39. Los lodos que se regulan en el presente Reglamento son aquéllos generados por el tratamiento de aguas residuales de tipo ordinario o especial.” (Acuerdo Gubernativo No. 236-2006)

“Artículo 40. Se permite el tratamiento de los lodos por medio de la tecnología o los sistemas que el ente generador considere más adecuados a sus condiciones particulares, incluyendo la incineración a temperaturas mayores de mil quinientos grados Celsius.” (Acuerdo Gubernativo No. 236-2006)

“Artículo 41. Se permite efectuar la disposición final de lodos, por cualesquiera de las siguientes formas: a) Aplicación al suelo: acondicionador, abono o compost; b) Disposición en rellenos sanitarios; c) Confinamiento o aislamiento; y, d) Combinación de las antes mencionadas.” (Acuerdo Gubernativo No. 236-2006)

“Artículo 42. Para poder efectuar la disposición final de lodos los valores de sus propiedades fisicoquímicas no deben exceder los límites máximos permisibles descritos.” (Acuerdo Gubernativo No. 236-2006)



“Artículo 43. Los lodos que presenten metales pesados y que se ajusten a los límites máximos permisibles establecidos podrán disponerse como acondicionador del suelo, en cuyo caso se permitirá disponer hasta doscientos mil kilogramos por hectárea por año. En caso de que la aplicación sea como abono se permitirá disponer hasta cien mil kilogramos por hectárea por año.” (Acuerdo Gubernativo No. 236-2006)

“Artículo 44. Se permitirá la disposición en un relleno sanitario de los lodos que no sean bioinfecciosos, que no requieran confinamiento y que cumplan con los límites máximos permisibles. Los rellenos sanitarios deberán contar con autorización del Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales y con aval del Ministerio de Salud Pública y Asistencia Social.” (Acuerdo Gubernativo No. 236-2006)

“Artículo 45. Los lodos que en su estructura posean compuestos que requieran confinamiento o aislamiento para evitar el impacto adverso del manto freático, las fuentes de suministro de agua superficiales y subterráneas, el suelo, subsuelo y el aire, deben disponerse en recintos que posean autorización del Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales y el aval de los Ministerios de Salud Pública y Asistencia Social y de Energía y Minas.” (Acuerdo Gubernativo No. 236-2006)

“Artículo 46. La comercialización de los lodos producidos es libre, siempre que los mismos se caractericen y se cumpla con los tratados y convenios internacionales que rijan en la materia ratificados por Guatemala y con lo siguiente: (Acuerdo Gubernativo No. 236-2006)

- a) “No debe permitirse el contacto humano directo con los lodos.”
- b) “Los lodos deben cumplir las especificaciones descritas en el artículo 42.”
- c) “El transporte de lodos debe realizarse en recipientes y vehículos acondicionados para evitar fugas y derrames.”
- d) “Los recintos para su almacenamiento transitorio deben ser autorizados para el efecto por el Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales.”

e) “Las empresas que presten los servicios de extracción, manejo o disposición final deben contar con la autorización del Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales, y si es aplicable del Ministerio de Energía y Minas.” (Acuerdo Gubernativo No. 236-2006)

“Artículo 55. Se prohíbe terminantemente la disposición de aguas residuales de tipo ordinario a flor de tierra, en canales abiertos y en alcantarillado pluvial.” (Acuerdo Gubernativo No. 236-2006)

“Artículo 56. Se prohíbe descargar directamente aguas residuales no tratadas al manto freático.” (Acuerdo Gubernativo No. 236-2006)

“Artículo 57. Se prohíbe el uso de cualquier tipo de aguas ajenas al ente generador, con el propósito de diluir las aguas residuales.” (Acuerdo Gubernativo No. 236-2006)

“Artículo 58. Se prohíbe el reúso de aguas residuales en los siguientes casos: a) En las zonas núcleo de las áreas protegidas siguientes: parque nacional, reserva biológica, biotopo protegido, monumento natural, área recreativa natural, manantial y refugio de vida silvestre; b) En las zonas núcleo de los sitios Ramsar, declarados en el marco de la Convención Relativa a los Humedales de Importancia Internacional Especialmente como Hábitat de Aves Acuáticas; c) En otras áreas donde se ponga en riesgo la biodiversidad y la salud y seguridad humana; d) Para el uso con fines recreacionales exceptuando el tipo V.” (Acuerdo Gubernativo No. 236-2006)

“Artículo 59. Se prohíbe terminantemente efectuar la disposición final de lodos en alcantarillados o cuerpos de agua superficiales o subterráneos. Además, se prohíbe la disposición de lodos como abono para cultivos comestibles que se pueden consumir crudos o precocidos, hortalizas y frutas, sin haber efectuado su estabilización y desinfección respectiva ni haber determinado la ausencia de metales pesados y que no excedan las dos mil unidades formadoras de colonia por kilogramo de coliformes fecales.” (Acuerdo Gubernativo No. 236-2006)

“Artículo 65. Las Municipalidades que opten por cumplir lo preceptuado en el literal b) del artículo 24 de este Reglamento, iniciarán el cumplimiento de los límites máximos permisibles de la etapa uno para entes generadores existentes, el dos de mayo de dos mil once. A partir de dicha fecha, aplicarán las reducciones en los plazos y etapas establecidos, hasta el final de los dieciocho años. Esta disposición no exime a las Municipalidades del cumplimiento de los demás aspectos que contempla el presente Reglamento.” (Acuerdo Gubernativo No. 236-2006)

### **III. COMPROBACIÓN DE LA HIPÓTESIS**

Para la comprobación de la hipótesis la cual es “Las enfermedades gastrointestinales en habitantes de colonias Los Laureles y El Carmen, aldea Lo De Reyes, San Pedro Ayampuc, Guatemala, durante los últimos 5 años, por contaminación de áreas verdes cercanas al área de estudios, es debido a la inexistencia de proyecto para la construcción de planta de tratamiento de aguas residuales”. se identificaron 2 poblaciones a encuestar; para lo cual se utilizó el método deductivo, de las cuales una población (profesionales del Centro de Salud Colonias, San Pedro Ayampuc, Guatemala.) se direccionó a obtener información sobre el efecto. Se trabajó la técnica del censo por medio de la población cualitativa, con el 100% del nivel de confianza y el 0 % de error.

La segunda población de estudio (profesionales de área de Proyectos de la Municipalidad de San Pedro Ayampuc, Guatemala.) se direccionó a obtener información sobre la causa de la problemática. Se trabajó la técnica censal, con el 100% del nivel de confianza y el 0% de error.

Para responder efecto, se trabajó con 5 profesionales del Centro de Salud Colonias del referido lugar; para responder causa, se identificaron a 5 profesionales del Área de Proyectos de la Municipalidad de San Pedro Ayampuc, respectivamente.

De la gráfica uno a la cinco se comprueba la variable Y o efecto principal; mientras que de la gráfica seis a la diez, se comprueba la variable X o causa.

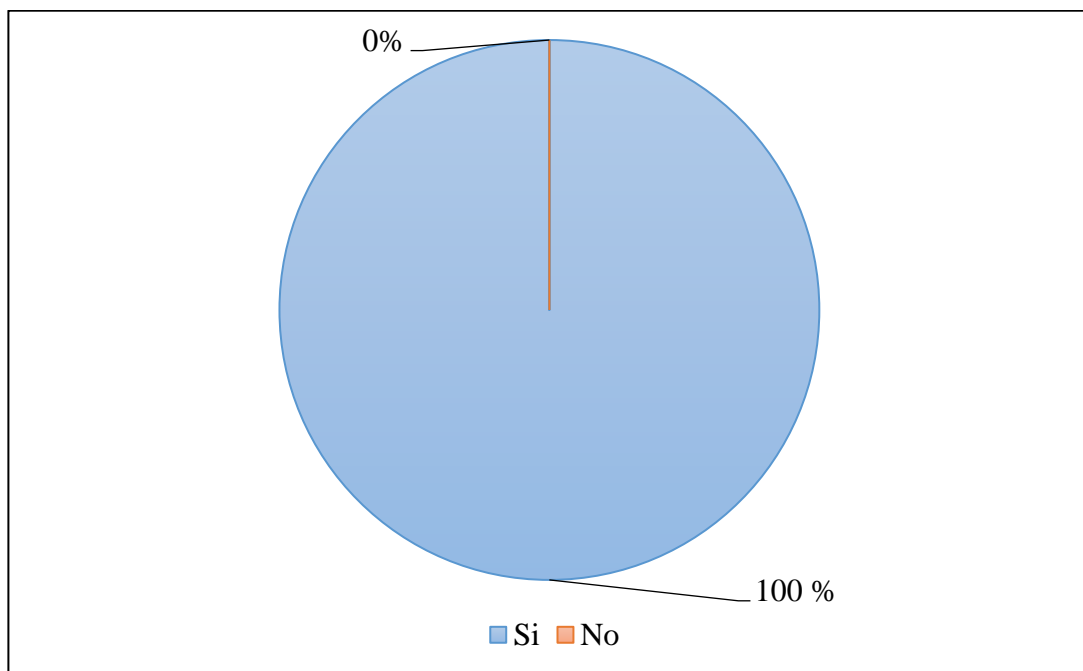
Cuadros y gráficas para la comprobación de la variable dependiente Y (efecto).

Cuadro 9: Enfermedades gastrointestinales.

Respuestas	Valor absoluto	Valor relativo (%)
Si	5	100
No	0	0
Totales	5	100

Fuente: profesionales del centro de salud encuestados, mayo 2021

Gráfica 1: Enfermedades gastrointestinales.



Fuente: profesionales del centro de salud encuestados, mayo 2021

### Análisis

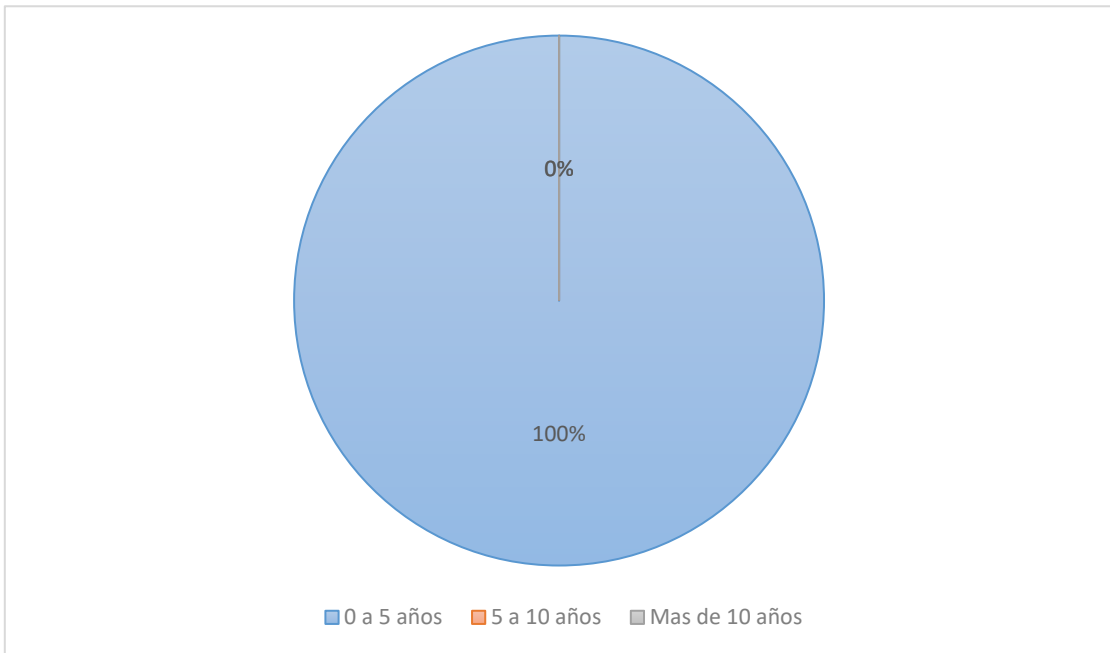
El efecto se confirma mediante la opinión de los profesionales encuestados donde todos confirman que si existen enfermedades gastrointestinales en los habitantes, por lo anterior afecta a los habitantes.

Cuadro 10: Incremento de enfermedades gastrointestinales.

Respuestas	Valor absoluto	Valor relativo (%)
0 a 5 años	5	100
5 a 10 años	0	0
Mas de 10 años	0	0
Totales	5	100

Fuente: profesionales del centro de salud encuestados, mayo 2021

Gráfica 2: Incremento de enfermedades gastrointestinales.



Fuente: profesionales del centro de salud encuestados, mayo 2021

### Análisis

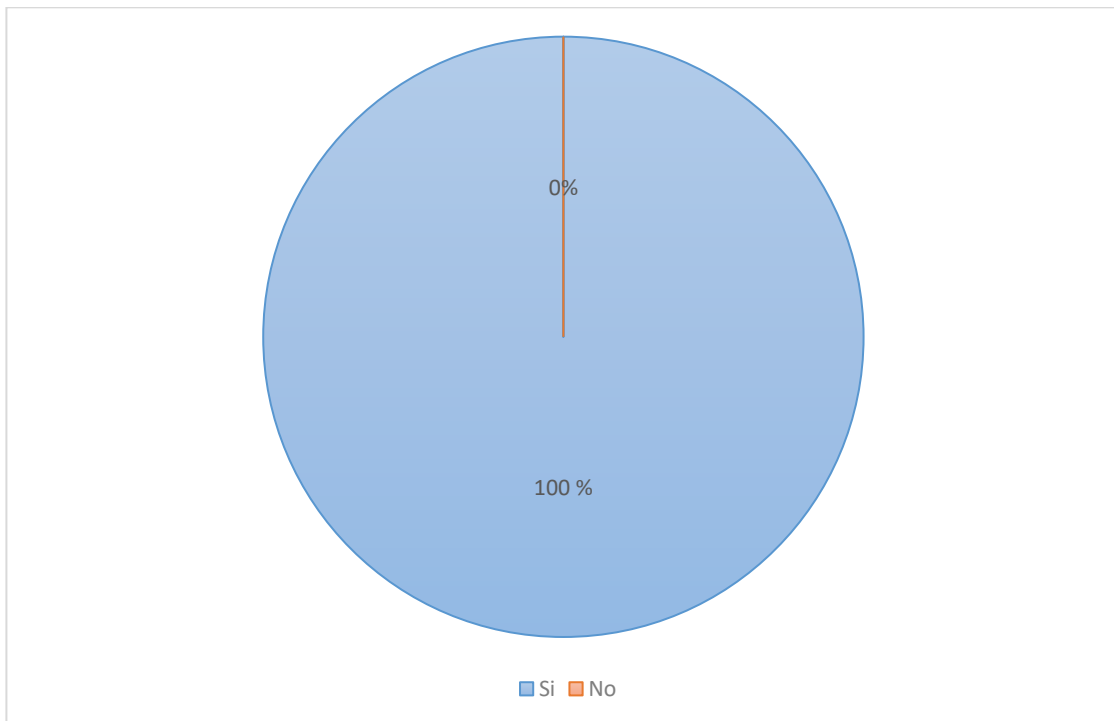
El efecto se confirma mediante la opinión de los profesionales donde la mayoría opina que tiene 5 años el incremento en las enfermedades gastrointestinales, lo anterior afectando a los vecinos.

Cuadro 11: Dificultades por incremento de enfermedades gastrointestinales.

Respuestas	Valor absoluto	Valor relativo (%)
Si	5	100
No	0	0
Totales	5	100

Fuente: profesionales del centro de salud encuestados, mayo 2021

Gráfica 3: Dificultades por incremento de enfermedades gastrointestinales.



Fuente: profesionales del centro de salud encuestados, mayo 2021

### Análisis

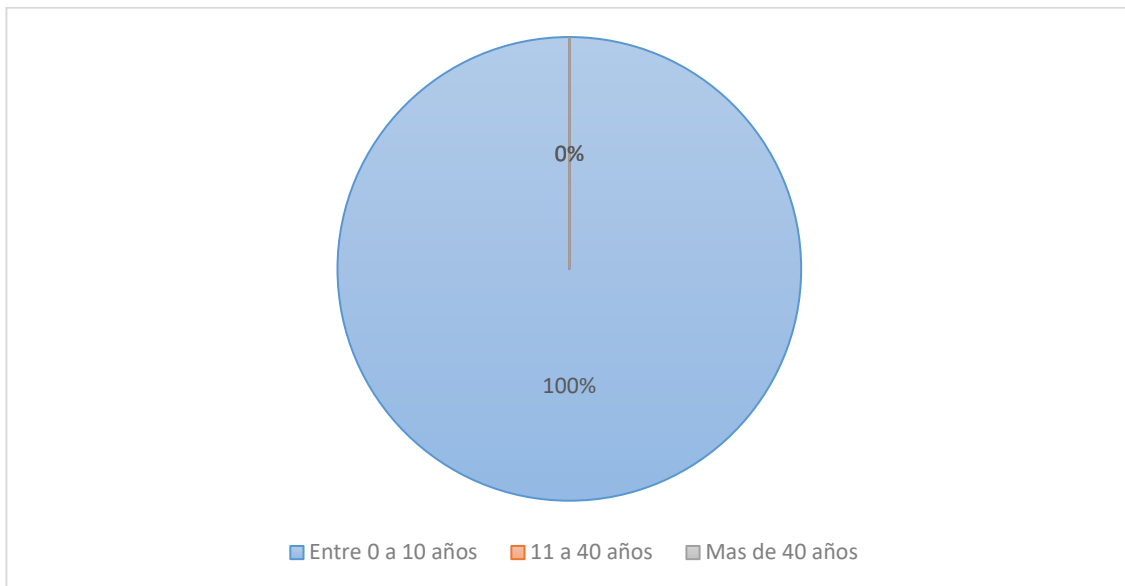
El efecto se confirma mediante la opinión de los profesionales donde se confirma en su mayoría que hay dificultades por enfermedades gastrointestinales, por lo anterior afectando a la población.

Cuadro 12: Incremento de enfermedades gastrointestinales en personas entre 0 a 10 años.

Respuestas	Valor absoluto	Valor relativo (%)
Entre 0 a 10 años	5	100
11 a 40 años	0	0
Mas de 40 años	0	0
Totales	5	100

Fuente: profesionales del centro de salud encuestados, mayo 2021

Gráfica 4: Incremento de enfermedades gastrointestinales en personas entre 0 a 10 años.



Fuente: profesionales del centro de salud encuestados, mayo 2021

### Análisis

El efecto se confirma mediante la opinión de los profesionales donde la mayoría opina que si hay incremento y la minoría que no hay incremento de enfermedades gastrointestinales en niños de 0 a 10 años, por lo anterior afectando a niños.

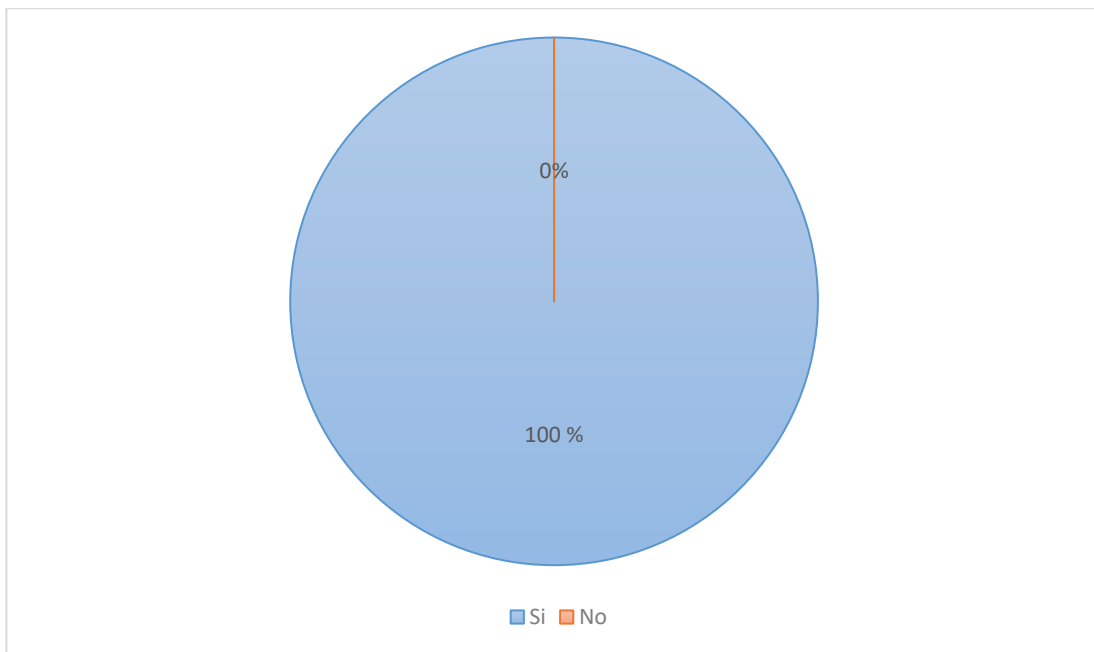


Cuadro 13: Disminución de enfermedades gastrointestinales.

Respuestas	Valor absoluto	Valor relativo (%)
Si	5	100
No	0	0
Totales	5	100

Fuente: profesionales del centro de salud encuestados, mayo 2021

Gráfica 5: Disminución de enfermedades gastrointestinales.



Fuente: profesionales del centro de salud encuestados, mayo 2021

### Análisis

El efecto se confirma mediante la opinión de los profesionales donde en su mayoría indican que puede haber disminución de enfermedades gastrointestinales en los habitantes, por lo anterior aumentaría la calidad de vida de los habitantes.

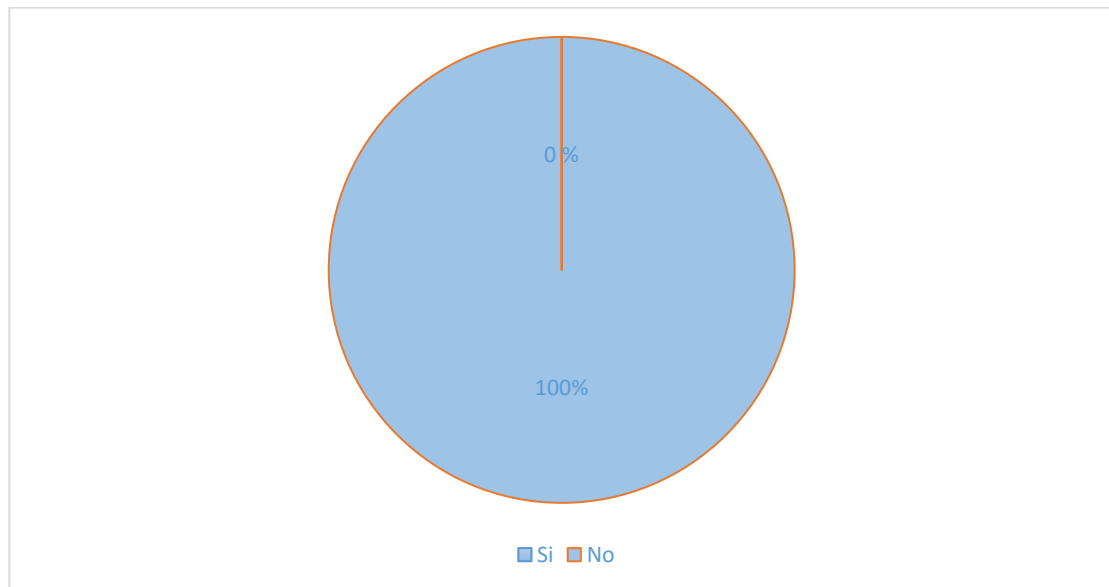
Cuadros y gráficas para la comprobación de la variable dependiente X (causa).

Cuadro 14: Proyecto para la planta de tratamiento de aguas residuales.

Respuestas	Valor absoluto	Valor relativo (%)
Si	0	0
No	5	100
Totales	5	100

Fuente: profesionales de la municipalidad encuestados, mayo 2021

Gráfica 6: Proyecto para la planta de tratamiento de aguas residuales.



Fuente: profesionales de la municipalidad encuestados, mayo 2021

### Análisis

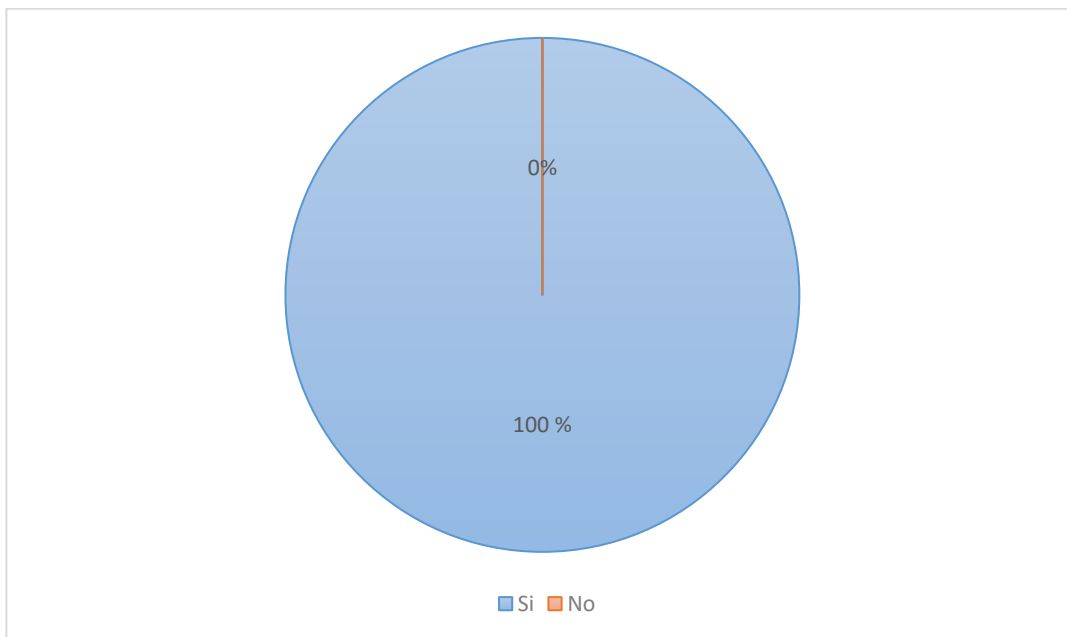
La causa se confirma mediante la opinión de los profesionales encuestados donde la mayoría confirma que no hay proyecto para la construcción de la planta de tratamiento de aguas residuales, por lo anterior afecta el aumento de enfermedades gastrointestinales.

Cuadro 15: Implementación proyecto para la construcción de planta de tratamiento de aguas residuales.

Respuestas	Valor absoluto	Valor relativo (%)
Si	5	100
No	0	0
Totales	5	100

Fuente: profesionales de la municipalidad encuestados, mayo 2021

Gráfica 7: Implementación proyecto para la construcción de planta de tratamiento de aguas residuales.



Fuente: profesionales de la municipalidad encuestados, mayo 2021

### Análisis

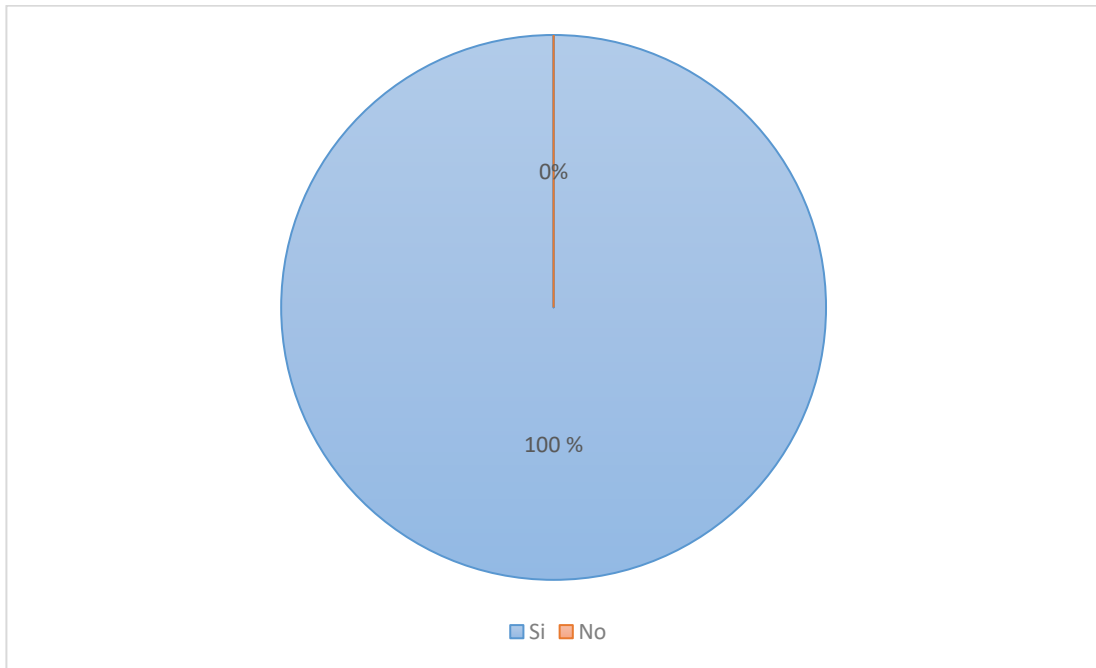
La causa se confirma mediante la opinión de los profesionales encuestados donde la mayoría confirma que es necesario implementar proyecto para la construcción de una planta de tratamiento.

Cuadro 16: Proyecto para la construcción de planta de tratamiento de aguas residuales.

Respuestas	Valor absoluto	Valor relativo (%)
Si	5	100
No	0	0
Totales	5	100

Fuente: profesionales de la municipalidad encuestados, mayo 2021

Gráfica 8: Proyecto para la construcción de planta de tratamiento de aguas residuales.



Fuente: profesionales de la municipalidad encuestados, mayo 2021

### Análisis

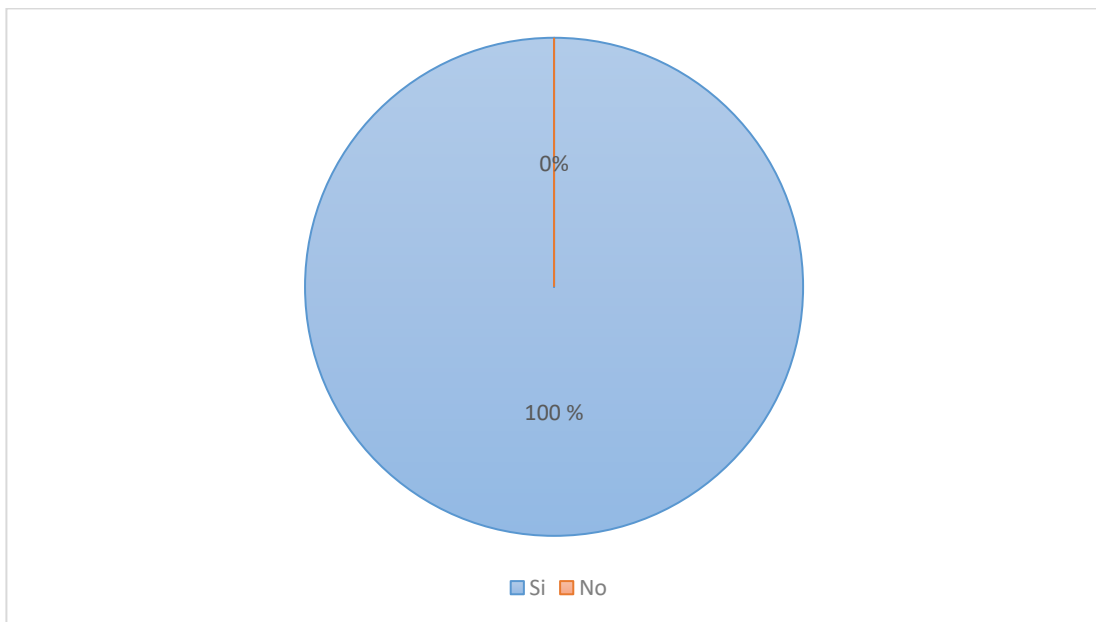
La causa se confirma mediante la opinión de los profesionales encuestados donde la mayoría confirma que hace falta proyecto para la construcción de planta de tratamiento de aguas residuales.

Cuadro 17: Implementación de acciones en el proyecto de construcción de planta de tratamiento de aguas residuales.

Respuestas	Valor absoluto	Valor relativo (%)
Si	5	100
No	0	0
Totales	5	100

Fuente: profesionales de la municipalidad encuestados, mayo 2021

Gráfica 9: Implementación de acciones en el proyecto de construcción de planta de tratamiento de aguas residuales.



Fuente: profesionales de la municipalidad encuestados, mayo 2021

### Análisis

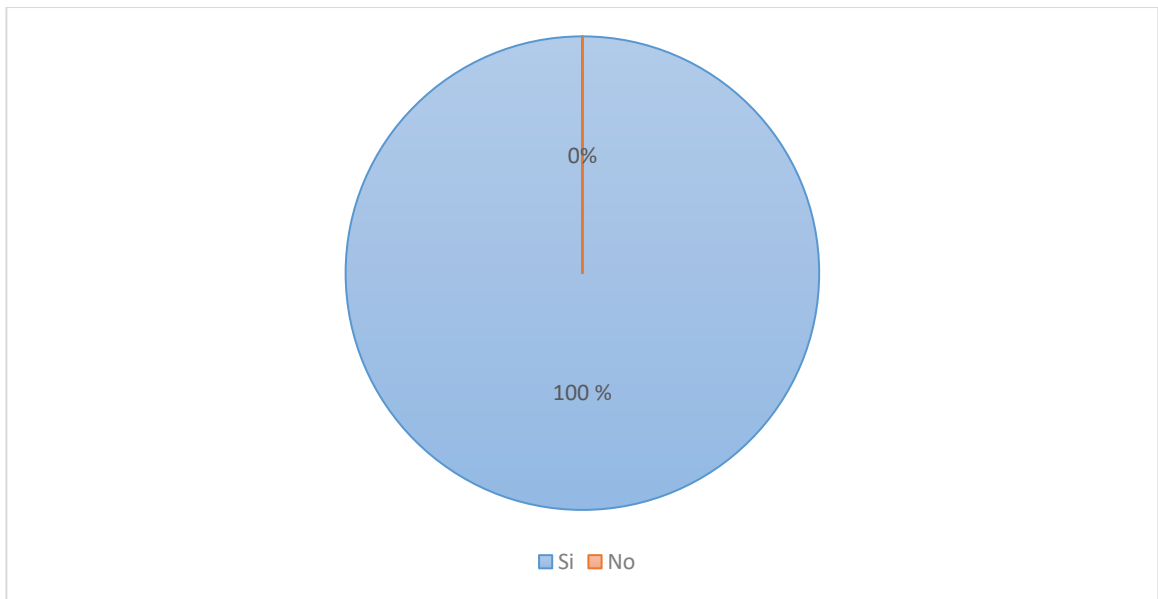
La causa se confirma mediante la opinión de los profesionales encuestados donde la mayoría confirma que existen acciones contempladas al momento de la construcción de la planta de tratamiento de aguas residuales.

Cuadro 18: Implementación de mantenimiento a la planta de tratamiento de aguas residuales.

Respuestas	Valor absoluto	Valor relativo (%)
Si	5	100
No	0	0
Totales	5	100

Fuente: profesionales de la municipalidad encuestados, mayo 2021

Cuadro 10: Implementación de mantenimiento a la planta de tratamiento de aguas residuales.



Fuente: profesionales de la municipalidad encuestados, mayo 2021

### Análisis

La causa se confirma mediante la opinión de los profesionales encuestados donde la mayoría confirman que si se tiene contemplado el mantenimiento de la planta de tratamiento.

#### **IV. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.**

Se presentan las conclusiones y recomendaciones de la investigación realizada en las colonias Los Laureles y El Carmen, que se obtuvieron en el proceso de investigación, se busca sintetizar todo lo descrito, con destacar los aspectos más relevantes, así como recomendar posibles soluciones al aumento de enfermedades gastrointestinales en las colonias Los Laureles y El Carmen, aldea Lo De Reyes, San Pedro Ayampuc, Guatemala.

##### **Conclusiones**

1. Se comprueba la hipótesis: : Las enfermedades gastrointestinales en habitantes de colonias Los Laureles y El Carmen, aldea Lo De Reyes, San Pedro Ayampuc, Guatemala, durante los últimos 5 años, por contaminación de áreas verdes cercanas al área de estudio, es debido a la inexistencia de proyecto para la construcción de planta de tratamiento de aguas residuales con el 100% del nivel de confianza y el 0% de error de muestreo, para la variable dependiente e independiente para profesionales del Centro de Salud de Colonias San Pedro Ayampuc y profesionales de la Dirección Municipal de Planificación de la Municipalidad de San Pedro Ayampuc, Guatemala.
2. Existe incremento de enfermedades gastrointestinales en habitantes de las colonias en estudio.
3. Existe incremento de enfermedades gastrointestinales en habitantes de las colonias en estudio desde hace unos años atrás.
4. Existen ciertas dificultades por incremento de enfermedades gastrointestinales de las colonias en estudio.
5. En niños de 0 a 10 años existe un incremento de enfermedades gastrointestinales de las colonias en estudio.

6. Las colonias cuentan con aumento de las enfermedades gastrointestinales en las colonias en estudio.
7. Falta el proyecto para la construcción de la planta de tratamiento.
8. Se desconoce si existe algún uso para el agua residual de las colonias de estudio.
9. Faltan acciones para la construcción de la planta de tratamiento.
10. Faltan acciones contempladas para implementar el proyecto para la construcción de la planta de tratamiento.
11. Falta de plan para implementar el mantenimiento de la planta de tratamiento.

#### Recomendaciones

1. Implementar las alternativas de optimización de un Proyecto para la construcción de planta de tratamiento de aguas residuales en colonias Los Laureles y El Carmen, aldea Lo De Reyes, San Pedro Ayampuc, Guatemala.
2. Considerar reducción de enfermedades gastrointestinales de las colonias en estudio con la implementación del proyecto de la construcción de la planta de tratamiento.
3. Se puede reducir las dificultades por el incremento de enfermedades gastrointestinales al momento de implementar el proyecto de la construcción de la planta de tratamiento.
4. Consideramos que puede haber disminución de enfermedades gastrointestinales implementando el proyecto.
5. Reducir el incremento de enfermedades gastrointestinales en niños de 0 a 10 años.
6. Implementar el uso del agua ya tratada para riego de las áreas verdes así reducir las enfermedades gastrointestinales en los habitantes de las colonias.



7. Implementar y ejecutar el proyecto de la construcción de la planta de tratamiento de aguas residuales de las colonias en estudio.
8. Consideramos la descontaminar de áreas verdes y así darle uso al agua en área cercanas a las colonias.
9. Implementar acciones para la construcción de la planta de tratamiento de aguas residuales.
10. Contemplar acciones al momento de la implementación del proyecto de la construcción de la planta de tratamiento de aguas residuales.
11. Realizar los mantenimientos adecuados a la planta de tratamiento de aguas residuales, para que la construcción tenga una vida útil más adecuada.

## BIBLIOGRAFIA

1. Acuerdo Gubernativo No. 236-2006. (s.f.).
2. Aguilar, L. (2006). Contaminacion ambiental. Mexico.
3. Arriaza, V. (1999). Diseño, presupuesto y manual de operacion y mantenimiento de la planta de tratamiento de aguas residuales. Guatemala.
4. Campos Gomez, I. (2003). Saneamiento Ambiental. San Jose, Costa Rica.
5. Castellanos, R. (2004). Efectos de la contaminacion del lago por las aguas residuales. Guatemala.
6. CATIE. (1988). Diagnostico subcuencas prioritarias piloto xaya pixcaya. Guatemala.
7. Cerna, M. (2001). Desechos solidos. Cartilla ambiental, cuidado de la salud y el ambiente. Guatemala.
8. Contreras, K. (2009). Diseño de un sistema de tratamineto secundario de la descarga de aguas grise y negras. Ecuador.
9. Decreto 68-86 Ley de proteccion y mejoramento del medio ambiente. (s.f.).
10. Esparza, C. d. (1988). Parametros fisico-quimicos que influyen en la calidad y en el tratamiento del agua .
11. Fair, G. G. (1971). Ingenieria Sanitario y de aguas residuales, Volumen II. Mexico.
12. Greenpeace. (1998). Manual cuidado sobre desechos solidos. Guatemala, Centroamerica.
13. Heinke, G. &. (1999). Ingenieria Ambiental . Mexico.
14. Hillbeboe, H. (2005). Manual de tratmiento de aguas negras . Mexico.

15. Jimenez, E. (2002). La contaminacion ambiental en Mexico. Mexico: Limusa, Noriega Editore.
16. Llanos, E. (2000). Planta de tratamiento de aguas residuales de cañaveralejo. Santiago de Cali, Colombia.
17. Mackenzie, D. y. (2005). Ingenieria y ciencias ambientales. Guatemala.
18. MARN. (2005). Indicadores ambientales municipales. Guatemala.
19. MARN. (2005). Manual para el monitoreo de aguas residuales. Guatemala.
20. Massieu, B. S. (2008). Tratamiento de aguas residuales. Mexico.
21. Medrano, W. (2001). Evaluacion de la calidad de aguas residuales de la planta de tratamiento de Alba Rancho, tesis magistral publica.
22. Mendoza, B. (2004). Impacto por nutrientes de las aguas residuales vertidas en la cuenca del rio dulce y lago de izabal. Guatemala.
23. Michael, B. (2011). Prevencion de infecciones gastrointestinales . España.
24. Morales, R. (2007). Evaluacion de la planta de tratamiento de aguas residuales en la primera brigada de infanteria. Santa Elena Peten, Guatemala.
25. Mynor David, R. U. (1997). Planta de tratamiento por aireacion extendida para aguas residual. Guatemala.
26. Mynor, R. (1997). Planta de tratamiento por aireacion extendida para aguas servidas. Guatemala.
27. Niño, Z. P. (2004). Desarrollo de un programa de simulacion de procesos para el tratamiento de efluentes liquidos.
28. Perry, C. (2002). Aspectos de la calidad de agua, salud y estetica. Madrid, España.
29. Ramalho, R. (1993). Tratamiento de aguas residuales. Barcelona, España.

30. Ramos y Marquez, C. y. (2002). Avances en calidad ambiental. Salamanca, España.
31. Republica, C. (2006). Reglamento de las descargas y reuso de las aguas residuales y de la disposicion de lodos. Guatemala.
32. Rigola, M. (1990). Tratamiento de aguas industriales: aguas de proceso y residuales. Barcelona, España.
33. Riquelme, y. G. (2003). Los recursos naturales de la region de murcia un analisis interdisciplinar . Murcia, España.
34. Rodie, E. (1987). Calidad de Agua. Mexico.
35. Rojas, J. (1999). Calidad del agua 2da Edicion Mexico. Mexico.
36. Rossana, M. S. (2009). Apuntes de derecho ambiental.
37. Salazar, D. (2003). Guia para el manejo de excretas y aguas residuales municipales. Guatemala.
38. Sanchez de Leon, E. (2001). Sistema integral de tratamiento y uso de aguas residuales America Latina. Solola, Guatemala.
39. Sans Fonfria, R. &. (1989). Ingenieria ambiental: contaminacion y tratamiento. Barcelona, España.
40. Tchobanoglous, C. &. (2000). Sistema de manejo de aguwas residuales para nucleos pequeños y descentralizados. Bogota, Colombia.
41. Torres, E. (2000). Reutilizacion de aguas y lodos residuales . Madrid, España.
42. Wagner, T. (1996). Contaminacion causas y efectos.
43. Weber. (2003). Control de la calidad del agua, fisicoquimicos. Barcelona.

## ANEXOS

Anexo 1: Dominó


F-30-07-2019-01

### *Modelo de investigación: Dominó*

(Derechos reservados por Doctor Fidel Reyes Lee y Universidad Rural de Guatemala)

Elaborado por: Ruth Stefani Muralles Urizar Para: Programa de Graduación Universidad Rural de Guatemala Fecha: 19 de agosto del 2022

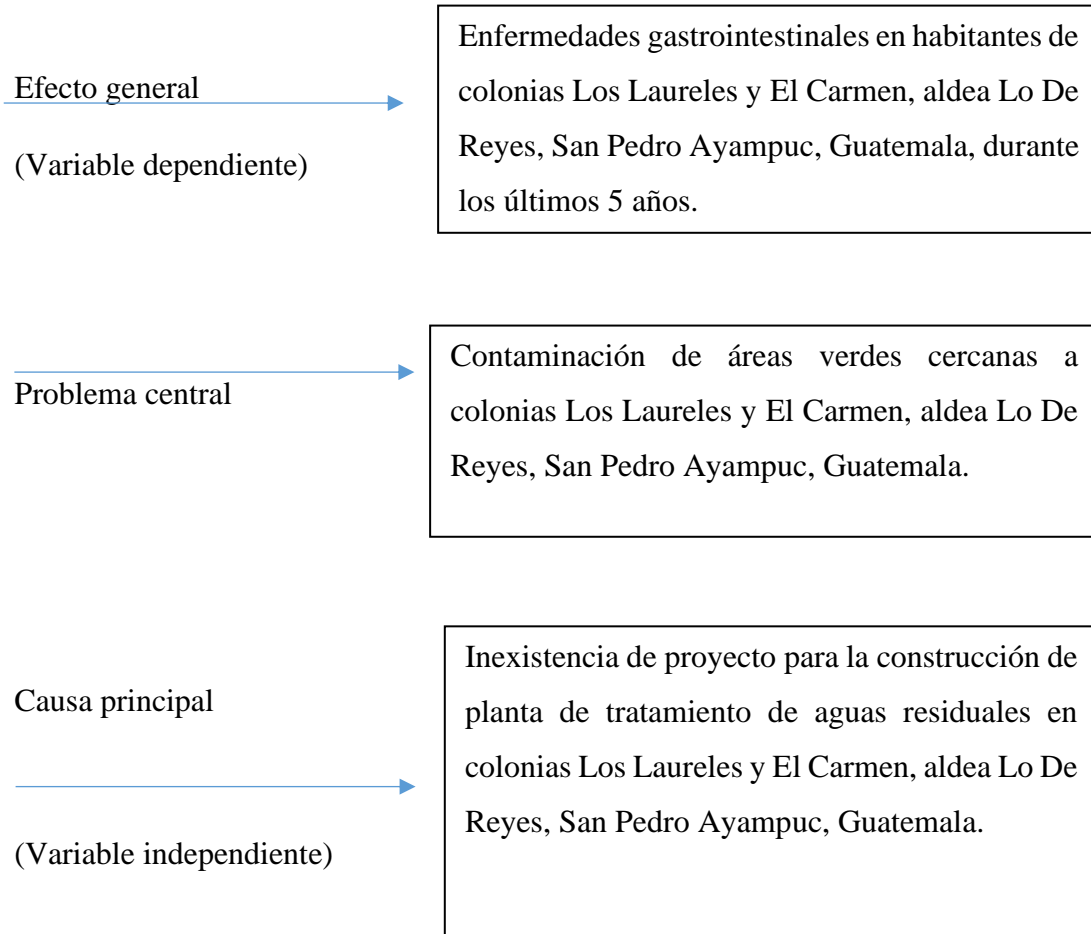
Problema	Propuesta	Evaluación
<p>1) Efecto o variable dependiente</p> <p>Enfermedades gastrointestinales en habitantes de colonias Los Laureles y El Carmen, aldea Lo De Reyes, San Pedro Ayampuc, Guatemala, durante los últimos 5 años.</p>	<p>4) Objetivo general</p> <p>Disminuir enfermedades gastrointestinales en habitantes de colonias Los Laureles y El Carmen, aldea Lo De Reyes, San Pedro Ayampuc, Guatemala.</p>	<p>15) Indicadores, verificadores y cooperantes del objetivo general</p> <p>Indicadores: Al primer año de ejecutado el proyecto, se disminuyen las enfermedades gastrointestinales, y la vez se soluciona la problemática en 50%.</p> <p>Verificadores: Reportes mensuales del área de salud local.</p> <p>Supuestos: La unidad ejecutora implementa programa de concientización sanitaria dirigida a la población en general.</p>
<p>2) Problema central</p> <p>Contaminación de áreas verdes cercanas a colonias Los Laureles y El Carmen, aldea Lo De Reyes, San Pedro Ayampuc, Guatemala.</p>	<p>5) Objetivo específico</p> <p>Reducir contaminación de áreas verdes cercanas a colonias Los Laureles y El Carmen, aldea Lo De Reyes, San Pedro Ayampuc, Guatemala.</p>	<p>16) Indicadores, verificadores y cooperantes del objetivo específico</p> <p>Indicadores: Para el primer año de implementada la propuesta se cuenta con disminución de contaminación de áreas verdes al 50% con ello se soluciona el 50% de la problemática enmarcada en el problema central.</p> <p>Verificadores: Reportes mensuales de la unidad ejecutora. Encuestas a pobladores.</p> <p>Supuestos: La unidad ejecutora implementa programas de mantenimiento para la planta de</p>
<p>2) Causa principal o variable independiente</p> <p>Inexistencia de proyecto para la construcción de planta de tratamiento de aguas residuales en colonias Los Laureles y El Carmen, aldea Lo De Reyes, San Pedro Ayampuc, Guatemala.</p>	<p>6) Nombre</p> <p>Proyecto para la construcción de planta de tratamiento de aguas residuales en colonias Los Laureles y El Carmen, aldea Lo De Reyes, San Pedro Ayampuc, Guatemala.</p>	<p>12) Resultados o productos</p> <p>* Se cuenta con la Dirección Municipal de Planificación de la Municipalidad de San Pedro Ayampuc, Guatemala, como Unidad Ejecutora.</p> <p>* Se elabora anteproyecto para construcción de planta de tratamiento de aguas residuales en colonias Los Laureles y El Carmen, Aldea Lo de Reyes, San Pedro Ayampuc, Guatemala.</p>
<p>7) Hipótesis</p> <p>Las enfermedades gastrointestinales en habitantes de colonias Los Laureles y El Carmen, aldea Lo De Reyes, San Pedro Ayampuc, Guatemala, durante los últimos 5 años, por contaminación de áreas verdes cercanas al área de estudio, es debido a la inexistencia de proyecto para la construcción de planta de tratamiento de aguas residuales.</p>	<p>Ing. Carlos Alberto Pérez Estrada</p> <p><i>Carlos Alberto Pérez Estrada</i> Ingeniero Agrónomo Colegiado No. 5487</p>	

		tratamiento de aguas residuales.
<p>8) Preguntas clave y comprobación del efecto</p> <p>a) ¿Considera usted que existe incremento de enfermedades gastrointestinales en habitantes de colonias Los Laureles y El Carmen, aldea Lo de Reyes? Si <input type="checkbox"/> No <input type="checkbox"/></p> <p>b) ¿Desde hace cuánto tiempo existe incremento enfermedades gastrointestinales en habitantes de colonias Los Laureles y El Carmen, aldea Lo de Reyes? 0-5 años <input type="checkbox"/> 5-10 años <input type="checkbox"/> Más de 10 años <input type="checkbox"/></p> <p>c) ¿Se han tenido dificultades por incremento de enfermedades gastrointestinales en habitantes de colonias Los Laureles y El Carmen, aldea Lo de Reyes, en el último año? Si <input type="checkbox"/> No <input type="checkbox"/></p> <p>Dirigidas a profesionales del Centro de Salud de Colonias San Pedro Ayampuc.</p> <p>Boletas 5, población censal, con el 100% de nivel de confianza y 0% de error.</p>	<p>13) Ajustes de costos y tiempo</p> <p>N/A</p>  <p><i>Ing. Carlos Alberto Pérez Estrada</i></p> <p>Carlos Alberto Pérez Estrada Ingeniero Agrónomo Colegiado No. 5487</p>	
<p>9) Preguntas clave y comprobación de la causa principal</p> <p>a) ¿Conoce si existe proyecto para la planta de tratamiento en colonias Los Laureles y El Carmen, aldea Lo de Reyes? Si <input type="checkbox"/> No <input type="checkbox"/></p> <p>b) ¿Considera usted que es necesario implementar proyecto para la construcción de planta de tratamiento de aguas residuales en colonias Los Laureles y El Carmen, aldea Lo de Reyes, San Pedro Ayampuc? Si <input type="checkbox"/> No <input type="checkbox"/></p> <p>c) ¿Cree usted que falta proyecto para la construcción de planta de tratamiento de aguas residuales en colonias Los Laureles y El Carmen, aldea Lo de Reyes? Si <input type="checkbox"/> No <input type="checkbox"/></p>		



Anexo 2: Árbol de problemas, hipótesis y árbol de objetivos.

Tópico: Uso de variedades con bajo potencial productivo.



Hipótesis causal:

“Las enfermedades gastrointestinales en habitantes de colonias Los Laureles y El Carmen, aldea Lo De Reyes, San Pedro Ayampuc, Guatemala, durante los últimos 5 años, por contaminación de áreas verdes cercanas al área de estudio, es debido a la inexistencia de proyecto para la construcción de planta de tratamiento de aguas residuales.”



Hipótesis interrogativa:

¿Será la inexistencia de proyecto para la construcción de planta de tratamiento de aguas residuales, por contaminación de áreas verdes cercanas a las colonias Los Laureles y EL Carmen, aldea Lo De Reyes, San Pedro Ayampuc, Guatemala, en los últimos 5 años por ello incremento de enfermedades gastrointestinales en los habitantes?

Árbol de objetivos

Objeto general



Disminuir enfermedades gastrointestinales en habitantes de colonias Los Laureles y El Carmen, aldea Lo De Reyes, San Pedro Ayampuc, Guatemala.

Objetivo específico



Reducir contaminación de áreas verdes cercanas a colonias Los Laureles y El Carmen, aldea Lo De Reyes, San Pedro Ayampuc, Guatemala.

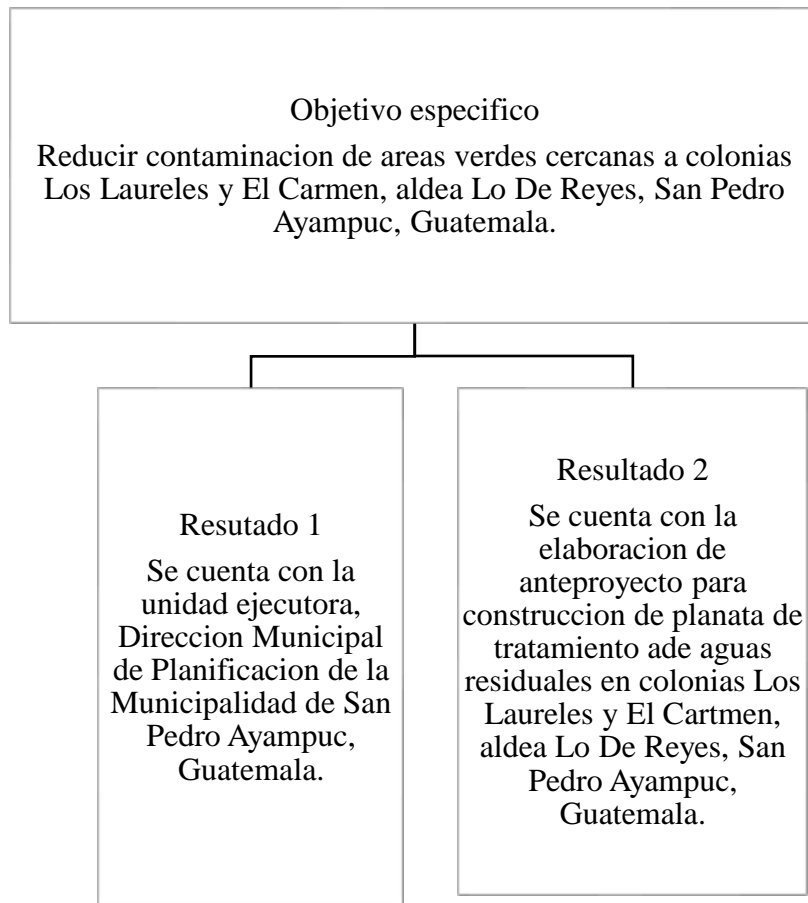
Medio de solución



Proyecto para la construcción de planta de tratamiento de aguas residuales en colonias Los Laureles y El Carmen, aldea Lo De Reyes, San Pedro Ayampuc, Guatemala.

Título de tesis: Proyecto para la construcción de planta de tratamiento de aguas residuales en colonias Los Laureles y El Carmen, aldea Lo De Reyes, San Pedro Ayampuc, Guatemala.

Anexo 3: Diagrama del medio de solución de la problemática



Anexo 4: Boleta de investigación para la comprobación del efecto general.  
Universidad Rural de Guatemala  
Programa de Graduación  
Boleta de Investigación  
Variable Dependiente

Objetivo: Esta boleta de investigación tiene por objeto comprobar la variable dependiente siguiente: “Enfermedades gastrointestinales en habitantes en los últimos 5 años, en Colonias Los Laureles y El Carmen, aldea Lo De Reyes, San Pedro Ayampuc”.

Esta boleta está dirigida a profesionales del Centro de Salud de Colonias San Pedro Ayampuc”; de acuerdo al tamaño de la muestra que se calculó con el 100% del nivel de confianza y el 0% de error por el sistema de población finita cualitativa.

Instrucciones: A continuación, se le presentan varios cuestionamientos, a los que deberá responder al marcar con una “X” la respuesta que considere correcta y razónela cuando se le indique.

1. ¿Considera usted que existe incremento de enfermedades gastrointestinales en habitantes de colonias Los Laureles y El Carmen, aldea Lo de Reyes?  
Sí\_\_\_\_\_ No\_\_\_\_\_
2. ¿Desde hace cuánto tiempo existe incremento de enfermedades gastrointestinales en habitantes de colonias Los Laureles y El Carmen, aldea Lo de Reyes?

2.1 0 - 5 años \_\_\_\_\_

2.2 5 - 10 años \_\_\_\_\_

2.3 Más de 10 años \_\_\_\_\_

3. ¿Se ha tenido dificultades por incremento de enfermedades gastrointestinales en habitantes de colonias Los Laureles y El Carmen, aldea Lo de Reyes?

Sí \_\_\_\_\_ No \_\_\_\_\_

4. ¿En personas de que edad se ha visto más el incremento de enfermedades digestivas de colonias Los Laureles y El Carmen, aldea Lo de Reyes?

3.1 Entre 0-10 años \_\_\_\_\_

3.2 11-40 años \_\_\_\_\_

3.3 Más de 40 años \_\_\_\_\_

5. ¿Considera usted que se puede disminuir las enfermedades gastrointestinales en colonias Los Laureles y El Carmen, aldea Lo de Reyes?

Sí \_\_\_\_\_ No \_\_\_\_\_

Observaciones:

Lugar y fecha: \_\_\_\_\_

Anexo 5: Boleta de investigación para la comprobación de la causa principal.

Universidad Rural de Guatemala

Programa de Graduación

Boleta de Investigación

Variable Independiente

Objetivo: Esta boleta de investigación tiene por objeto comprobar la variable independiente siguiente: “Inexistencia de proyecto para la construcción de planta de tratamiento de aguas residuales en colonias Los Laureles y El Carmen, aldea Lo De Reyes, San Pedro Ayampuc, Guatemala”.

Esta boleta censal está dirigida a profesionales de la Dirección Municipal de Planificación de la Municipalidad de San Pedro Ayampuc, Guatemala, con el 100% de nivel de confianza y el 0% de error por el sistema de población finita cualitativa.

Instrucciones: A continuación, se le presentan varios cuestionamientos, a los que deberá responder al marcar con una “X” la respuesta que considere correcta y razónela cuando se le indique.

1. ¿Conoce si existe proyecto para la planta de tratamiento en colonias Los Laureles y El Carmen, aldea Lo de Reyes?  
Sí\_\_\_\_\_ No\_\_\_\_\_

2. ¿Considera usted que es necesario implementar proyecto para la construcción de planta de tratamiento de aguas residuales en colonias Los Laureles y El Carmen, aldea Lo de Reyes?

Sí\_\_\_\_\_ No\_\_\_\_\_

3. ¿Cree usted que hace falta proyecto para la construcción de planta de tratamiento de aguas residuales en colonias Los Laureles y El Carmen, aldea Lo de Reyes?

Sí\_\_\_\_\_ No\_\_\_\_\_

4. ¿Ustedes tienen acciones contempladas al momento de implementar el proyecto de construcción de planta de tratamiento de aguas residuales?

Si\_\_\_\_\_ No \_\_\_\_\_

5. ¿Tiene contemplado dentro de su planificación la implementación de mantenimiento a la planta de tratamiento?

Sí\_\_\_\_\_ No\_\_\_\_\_

Observaciones:

Lugar y fecha: \_\_\_\_\_

Anexo 6: Anexo metodológico comentado sobre el cálculo del tamaño de la muestra.

Para la población efecto; y causa, respectivamente se trabajó la técnica del censo con el 100% del nivel de confianza y el 0% de error; lo anterior debido a que son poblaciones finitas cualitativas menores a 35 personas; de 5 profesionales (efecto) y 5 profesionales para población causa.

Anexo 7: Comentado sobre el cálculo del coeficiente de correlación.

Se realiza con la finalidad de determinar la correlación existente entre las variables intervinientes en la problemática descrita en el árbol de problemas y poder validarla; así como determinar si es posible la proyección de su comportamiento mediante el cálculo de la ecuación de la línea recta.

Las variables intervinientes están en función de: “X” la cantidad de tiempo contemplado en los últimos 5 años (de 2016 a 2020); mientras que “Y” en función del efecto identificado en el árbol de problemas, el cual obedece a “Enfermedades gastrointestinales en habitantes de colonias Los Laureles y El Carmen, aldea L o De Reyes, San Pedro Ayampuc, Guatemala, durante los últimos 5 años”.

Requisito.  $+>0.80$  y  $+<1$

Año	X (años)	Y (Enfermedades gastrointestinales)	XY	X <sup>2</sup>	Y <sup>2</sup>
2017	1	20	20.00	1	400.00
2018	2	22	44.00	4	484.00
2019	3	25	75.00	9	625.00
2020	4	30	120.00	16	900.00
2021	5	40	200.00	25	1600.00
Totales	15	137	459.00	55	4009.00

n=	5
$\sum X=$	15
$\sum XY=$	459
$\sum X^2=$	55
$\sum Y^2=$	4009.00
$\sum Y=$	137
$n\sum XY=$	2295
$\sum X*\sum Y=$	2055
Numerador=	240

Fórmula:

$$r = \frac{n\sum XY - \sum X * \sum Y}{\sqrt{(n\sum X^2 - (\sum X)^2) * (n\sum Y^2 - (\sum Y)^2)}}$$

$n\sum X^2=$	275
$(\sum X)^2=$	225
$n\sum Y^2=$	20045.00
$(\sum Y)^2=$	18769.00
$n\sum X^2 - (\sum X)^2=$	50
$n\sum Y^2 - (\sum Y)^2=$	1276
$(n\sum X^2 - (\sum X)^2) * (n\sum Y^2 - (\sum Y)^2) =$	63800.00
Denominador:	252.5866188
r=	0.950169099



Análisis: Debido a que el coeficiente de correlación  $r = 0.94$  se encuentra dentro del rango establecido, se indica que las variables están debidamente correlacionadas, se valida la problemática y se procede a la proyección mediante la línea recta.

Anexo 8: Comentado sobre la proyección del comportamiento de la problemática mediante la línea recta.

$y = a + bx$

Año	X (años)	Y (Enfermedades gastrointestinales)	XY	X <sup>2</sup>	Y <sup>2</sup>
2017	1	20	20	1	400.00
2018	2	22	44	4	484.00
2019	3	25	75	9	625.00
2020	4	30	120	16	900.00
2021	5	40	200	25	1600.00
Totales	15	137	459	55	4009.00

n=	5		
ΣX=	15	Fórmulas:	
ΣXY=	459		
ΣX <sup>2</sup> =	55		
ΣY <sup>2</sup> =	4009.00	$b = \frac{n \sum XY - \sum X \cdot \sum Y}{n \sum X^2 - (\sum X)^2}$	
ΣY=	137		
nΣXY=	2295		
ΣX·ΣY=	2055		
Numerador de b:	240		
Denominador de b:			
nΣX <sup>2</sup> =	275	Fórmulas:	
(ΣX) <sup>2</sup> =	225		
nΣX <sup>2</sup> - (ΣX) <sup>2</sup> =	50		
b=	4.8	$a = \frac{\sum Y - b \sum X}{n}$	
Numerador de a:			
ΣY=	137		
b · ΣX =	72		
Numerador de a:			
a=	65		
n=	13		

Proyección sin proyecto, mediante la línea recta por año.

Ecuación de la línea recta $Y = a + (b \cdot x)$				
Y (2022) =	a	+	(b * X)	
Y (2022) =	13	+	4.8	X
Y (2022) =	13	+	4.8	6
Y (2022) =	42			
Y (2022) =	42 Enfermedades gastrointestinales			

Ecuación de la línea recta $Y = a + (b \cdot X)$				
Y (2023) =	a	+	(b * X)	
Y (2023) =	13	+	4.8	X
Y (2023) =	13	+	4.8	7
Y (2023) =	47			
Y (2023) =	47 Enfermedades gastrointestinales			

Ecuación de la línea recta $Y = a + (b \cdot X)$				
Y (2024) =	A	+	(b * X)	
Y (2024) =	13	+	4.8	X
Y (2024) =	13	+	4.8	8
Y (2024) =	52			
Y (2024) =	52 Enfermedades gastrointestinales			

Ecuación de la línea recta $Y = a + (b \cdot X)$				
Y (2025) =	A	+	(b * X)	
Y (2025) =	13	+	4.8	X
Y (2025) =	13	+	4.8	9
Y (2025) =	57			
Y (2025) =	57 Enfermedades gastrointestinales			

Ecuación de la línea recta $Y = a + (b \cdot X)$				
Y (2026) =	a	+	(b * X)	
Y (2026) =	13	+	4.8	X
Y (2026) =	13	+	4.8	10
Y (2026) =	61			
Y (2026) =	61 Enfermedades gastrointestinales			

Proyección con proyecto por año.

Año a proyectar	=	Año anterior	más o - dep la solución propuesta	Porcentaje propuesto	
Y (2022)	=	Y (2022)	-	11%	=
Y (2022)	=	40.00	-	4.40	35.60
Y (2022)	=	36	Enfermedades gastrointestinales		

Y (2023)	=	Y (2023)	-	14%	=
Y (2023)	=	35.60	-	4.98	30.62
Y (2023)	=	31	Enfermedades gastrointestinales		

Y (2024)	=	Y (2024)	-	17%	=
Y (2024)	=	30.62	-	5.20	25.41
Y (2024)	=	26	Enfermedades gastrointestinales		

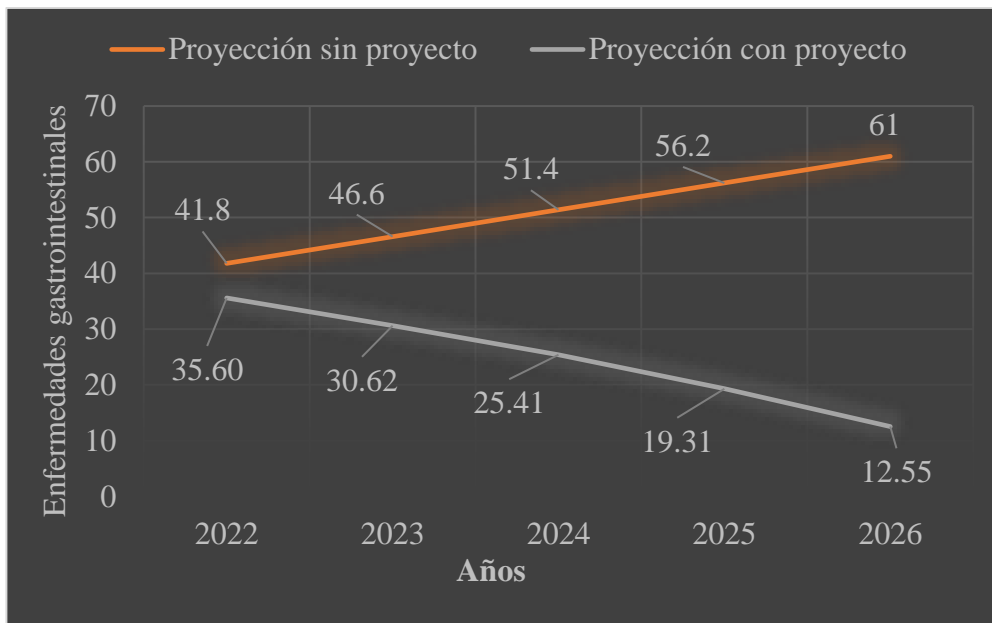
Y (2025)	=	Y (2025)	-	24%	=
Y (2025)	=	25.41	-	6.10	19.31
Y (2025)	=	20	Enfermedades gastrointestinales		

Y (2026)	=	Y (2026)	-	34%	=
Y (2026)	=	19.31	-	6.76	12.55
Y (2026)	=	13	Enfermedades gastrointestinales		

Cuadro comparativo sin y con proyecto

Año	Proyección sin proyecto	Proyección con proyecto
2022	41.8	35.60
2023	46.6	30.62
2024	51.4	25.41
2025	56.2	19.31
2026	61	12.55

Gráfica del comportamiento de la problemática sin y con proyecto



Análisis: Como se puede notar en la información anterior, la problemática crece a medida que pasa el tiempo; de no ejecutarse la presente propuesta, la situación del efecto identificado, seguirá en condiciones negativas, por lo que se hace evidente la necesidad de la pronta implementación del plan de Proyecto para la construcción de planta de tratamiento de aguas residuales en colonias Los Laureles y El Carmen, aldea Lo De Reyes, San Pedro Ayampuc, Guatemala para solucionar a la brevedad posible la problemática identificada.

Ruth Stefani Muralles Urizar

TOMO II

PROYECTO PARA LA CONSTRUCCIÓN DE PLANTA DE TRATAMIENTO  
DE AGUAS RESIDUALES EN COLONIAS LOS LAURELES Y EL CARMEN,  
ALDEA LO DE REYES, SAN PEDRO AYAMPUC, GUATEMALA.



Asesor General Metodológico:

Ingeniero Agrónomo Carlos Alberto Pérez Estrada

Universidad Rural de Guatemala

Facultad de Ingeniería

Guatemala, septiembre de 2023

Esta tesis fue presentada por la autora,  
previo a obtener el título universitario de  
Licenciada en Ingeniería Civil con énfasis  
en Construcciones Rurales.

## Prólogo

El tratamiento de aguas residuales está cobrando gran importancia en nuestro país, en el caso del presente trabajo trata sobre la ejecución del proyecto para la construcción de planta de tratamiento de aguas residuales en colonias Los Laureles y El Carmen, aldea Lo De Reyes, San Pedro Ayampuc, Guatemala.

El tratamiento de aguas residuales está cobrando gran importancia en nuestro país, en el caso del presente trabajo trata sobre la ejecución del proyecto de la Planta de tratamiento en las colonias Los Laureles y El Carmen, aldea Lo De Reyes, San Pedro Ayampuc, Guatemala., así como un conocimiento más profundo de los mecanismos envueltos en el proceso, pero con el paso del tiempo, el crecimiento desordenado de las colonias, así tener una planta de tratamiento amplia y adecuada para las colonias y así conservar las áreas verdes del lugar.

Previo a optar al título universitario de Ingeniería Civil, en el grado académico de Licenciada, fue necesario realizar la investigación con los profesionales del Centro de Salud de Colonias San Pedro Ayampuc y profesionales de la Dirección Municipal de Planificación de la Municipalidad de San Pedro Ayampuc, Guatemala.

La elaboración de la propuesta sirve para aplicar los conocimientos adquiridos durante la carrera de Ingeniería Civil. Además, es una fuente de consulta para otros estudiantes.

El propósito fundamental de la presente propuesta es disminuir las enfermedades gastrointestinales mediante la implementación de la construcción de la planta de tratamiento de aguas residuales, a través del cual, se reducirá la contaminación de áreas verdes.

Por lo que es necesario implementar y dotar de un documento específico que contenga alternativas de solución a los problemas de contaminación de áreas verdes, en las colonias Los Laureles y El Carmen, aldea Lo De Reyes, San Pedro Ayampuc, Guatemala.



## Presentación

En cumplimiento a lo estipulado por la Universidad previo a optar al título universitario de Ingeniería Civil, se elaboró el trabajo denominado proyecto para la construcción de planta de tratamiento de aguas residuales en colonias Los Laureles y El Carmen, aldea Lo De Reyes, San Pedro Ayampuc, Guatemala.

En este trabajo se pretende poder llevar a cabo el proyecto de una planta de tratamiento de aguas residuales en las colonias Los Laureles y El Carmen, aldea Lo De Reyes, San Pedro Ayampuc, Guatemala, para reducir enfermedades gastrointestinales en habitantes de las colonias Los Laureles y El Carmen, aldea Lo De Reyes, San Pedro Ayampuc, Guatemala y también reducir el aporte de contaminantes a los cursos naturales de agua y de áreas verdes, los elementos nutritivos del agua residual se utilizan para riego.

La calidad del agua es un factor que limita la disponibilidad del recurso hídrico y restringe su uso. El aumento en la demanda de agua tiene como consecuencia un crecimiento en el volumen de los residuos líquidos, cuya descarga, sin una apropiada recolección, evacuación y tratamiento, perjudica la calidad de las aguas y contribuye con los problemas de disponibilidad del recurso hídrico.

En el presente trabajo se estudia el comportamiento de los procesos físicos, químicos y biológicos que tienen lugar dentro de un humedal de flujo subsuperficial durante la remoción de materia orgánica y nutrientes. Esta tecnología pasiva de tratamiento fue implementada con la intención de prevenir la degradación de las áreas verdes de las colonias Los Laureles y El Carmen, aldea Lo De Reyes, San Pedro Ayampuc, Guatemala, al evitar las descargas directas del agua residual proveniente de las pequeñas poblaciones aledañas. El humedal de flujo subsuperficial forma parte de un sistema de tratamiento de agua residual, es precedido por un filtro anaerobio de flujo ascendente (FAFA) y se encuentra ubicado en la planta de tratamiento de agua residual de las colonias Los Laureles y El Carmen, aldea Lo De Reyes, San Pedro Ayampuc, Guatemala.

## Índice general

Contenido	No. páginas
Prólogo	
Presentación	
RESUMEN -----	1
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES -----	10
ANEXOS	

## I. RESUMEN

El presente diseño de investigación, se realizó con el objetivo de seleccionar una alternativa tecnológica de tratamiento de agua residual con base a los parámetros físicos y químicos que se obtengan en el análisis del desempeño de la planta de tratamiento de agua residual.

Para lo cual se deberá determinar la magnitud de los parámetros fisicoquímicos del agua residual antes y después del tratamiento secundario del proceso de tratamiento de agua residual de la planta.

Una planta de tratamiento de aguas residuales es una manera de prevenir y evitar que se siga contaminando de manera intensiva las aguas naturales de nuestro país y en general de nuestro planeta

Una planta de tratamiento está formada por diferentes etapas, las cuales, a su vez, pueden estar formadas por uno o más elementos. Entre más elementos contenga una planta de tratamiento, más eficiente será. Estas etapas son: tratamiento preliminar o pre-tratamiento, tratamiento primario, tratamiento secundario, tratamiento terciario y secado de lodos.

Por otra parte, dentro de los elementos básicos, tanto para el desarrollo en salubridad como en economía, está la existencia de un mercado con las condiciones adecuadas.

### 1.1 Planteamiento del problema

En colonias Los Laureles y El Carmen, aldea Lo De Reyes, existe contaminación de áreas verdes y esto causa enfermedades gastrointestinales en habitantes y para poder darle solución a este problema se planteó en este trabajando la realización del proyecto de una planta de tratamiento de aguas residuales en el lugar de estudio, todo esto teniendo en cuenta reglamentos y leyes para no incumplirlas, teniendo como unidad ejecutora a la Dirección Municipal de Planificación de la municipalidad de San Pedro Ayampuc, Guatemala.

Actualmente existe poco o ningún interés en la mayoría de las municipalidades del país en implementar acciones tendientes al tratamiento y manejo de desechos sólidos y líquidos, que en muchos casos son vertidos a suelo abierto o en los cuerpos de agua, ocasionando problemas ambientales que derivan en contaminación de suelos, fuentes de agua, reservorios y ríos. Este manejo inadecuado genera un impacto negativo en el ser humano especialmente en la salud, de igual manera en su actividad económica y social, además de afectar los ecosistemas naturales circundantes.

## 1.2 Hipótesis

Hipótesis causal:

“Las enfermedades gastrointestinales en habitantes de colonias Los Laureles y El Carmen, aldea Lo De Reyes, San Pedro Ayampuc, Guatemala, durante los últimos 5 años, por contaminación de áreas verdes cercanas al área de estudio, es debido a la inexistencia de proyecto para la construcción de planta de tratamiento de aguas residuales.”

Hipótesis interrogativa:

¿Será la inexistencia de proyecto para la construcción de planta de tratamiento de aguas residuales, por contaminación de áreas verdes cercanas a las colonias Los Laureles y EL Carmen, aldea Lo De Reyes, San Pedro Ayampuc, Guatemala, en los últimos 5 años por ello incremento de enfermedades gastrointestinales en los habitantes?

## 1.3 Objetivos

### 1.3.1 Objetivo general.

Disminuir enfermedades gastrointestinales en habitantes de colonias Los Laureles y El Carmen, aldea Lo De Reyes, San Pedro Ayampuc, Guatemala.

Diseñar una planta de tratamiento de aguas residuales para las colonias Los Laureles y El Carmen, aldea Lo De Reyes, San Pedro Ayampuc, Guatemala.

### 1.3.2 Objetivo específico.

Reducir contaminación de áreas verdes cercanas a colonias a Los Laureles y El Carmen, aldea Lo De Reyes, San Pedro Ayampuc, Guatemala.

Analizar las características fisicoquímicas y microbiológicas actuales del agua residual del municipio.

Proponer un diseño de planta de tratamiento de aguas residuales, de acuerdo a las necesidades del municipio.

Proponer la reutilización del agua tratada y de los lodos para las actividades económicas agrícolas, pecuarias y forestales dentro del municipio.

#### 1.4 Justificación

La preocupación por el ambiente desempeña un papel cada vez más importante en la selección y diseño de los sistemas de tratamiento de agua residual. Actualmente se encuentran solicitudes de proyectos de construcción de plantas de tratamiento de aguas residuales domésticas en base a un diagnóstico ambiental, los cuales son requeridos a las municipalidades, dejando en el abandono aquellas plantas de tratamiento con infraestructura establecida.

Los resultados serán parámetros de diseño, que permitirán establecer con criterios científicos, una alternativa tecnológica apropiada para la conversión de las unidades de tratamiento secundario de agua residual y cumplir o hacer cumplir los parámetros permisibles y rehabilitar la planta en un período tiempo.

La selección de la alternativa tecnológica de tratamiento secundario de aguas residuales busca minimizar costos a largo plazo y beneficiar directamente a la gestión municipal con el cumplimiento de sus obligaciones ambientales y sanitarias; e indirectamente a los habitantes del sector, a quienes se podrá dar un ambiente más sano libre de contaminantes por descargas de aguas residuales sin tratamiento a los ríos aledaños.

## I.5 Metodología

Los métodos y técnicas empleadas para la elaboración del presente trabajo de graduación, se expone a continuación:

### I.5.1 Métodos

Los métodos utilizados variaron en relación a la formulación de la hipótesis y la comprobación de la misma; así: Para la formulación de la hipótesis, el método utilizado fue esencial el método deductivo, el que fue auxiliado por el método del marco lógico para formular la hipótesis y los objetivos de la investigación, diagramados en los árboles de problemas y objetivos, que forman parte del anexo de este documento. Para la comprobación de la hipótesis, el método utilizado fue el inductivo, que contó con el auxilio de los métodos: estadístico, análisis y síntesis.

La forma del empleo de los métodos citados, se expone a continuación:

#### 1.5.1.1 Métodos y técnicas utilizadas para la formulación de la hipótesis

Para la formulación de la hipótesis el método principal fue el deductivo, el cual permitió conocer aspectos generales del centro de Salud de Colonias, San Pedro Ayampuc, Guatemala. A este efecto, se utilizaron las técnicas que se especifican a continuación:

Observación directa. Esta técnica se utilizó directamente en el centro de Salud de Colonias, San Pedro Ayampuc, Guatemala, a cuyo efecto, se observó la forma en que actuaban los empleados y funcionarios de tal dependencia; así como a terceras personas que poseían relación directa e indirecta con la misma, como auditores gubernamentales, proveedores, entre otros.

Investigación documental. Esta técnica se utilizó a efectos de determinar si se poseían documentos similares o relacionados con la problemática a investigar, a fin de no duplicar esfuerzos en cuanto al trabajo académico que se desarrolló; así como, para obtener aportes y otros puntos de vista de otros investigadores sobre la temática citada. Los documentos consultados se especifican en el acápite de bibliografía, que fueron

obtenidos a través de las fichas bibliográficas utilizadas en el transcurso de la revisión documental.

Entrevista. Una vez formada una idea general de la problemática, se procedió a entrevistar al personal del centro de Salud de Colonias, San Pedro Ayampuc, Guatemala, a efectos de poseer información más precisa sobre la problemática detectada.

Ya poseyendo una visión más clara sobre la problemática del centro de Salud de Colonias, San Pedro Ayampuc, Guatemala, con la utilización del método deductivo, a través de las técnicas anteriormente descritas, se procedió a la formulación de la hipótesis, a cuyo efecto se utilizó el método del marco lógico, que permitió encontrar la variable dependiente e independiente de la hipótesis, además de definir el área de trabajo y el tiempo que se determinó para desarrollar la investigación. La graficación de la hipótesis se encuentra en el anexo 2.

La hipótesis formulada de la forma indicada reza: “Las enfermedades gastrointestinales en habitantes de colonias Los Laureles y El Carmen, aldea Lo De Reyes, San Pedro Ayampuc, Guatemala, durante los últimos 5 años, por contaminación de áreas verdes cercanas al área de estudio, es debido a la inexistencia de proyecto para la construcción de planta de tratamiento de aguas residuales.”

El método del marco lógico, nos permitió también, entre otros aspectos, encontrar el objetivo general y el específico de la investigación; así como nos facilitó establecer la denominación del trabajo en cuestión.

#### 1.5.1.2 Métodos y técnicas empleadas para la comprobación de la hipótesis.

Para la comprobación de la hipótesis, el método principal utilizado, fue el método inductivo, con el que se pudo obtener resultados específicos o particulares de la problemática identificada; lo cual sirvió para diseñar conclusiones y premisas generales, a partir de tales resultados específicos o particulares.

A este efecto, se utilizaron las técnicas que se especifican a continuación:

Entrevista. Previo a desarrollar la entrevista, se procedió al diseño de boletas de investigación, con el propósito de comprobar las variables dependiente e independiente de la hipótesis previamente formulada. Las boletas, previo a ser aplicadas a población objetivo, sufrieron un proceso de prueba, con la finalidad, de hacer más efectivas las preguntas y propiciar que las respuestas, proporcionaran la información requerida, después de ser aplicada.

Determinación de la población a investigar. En atención a este tema, el grupo de investigación decidió no efectuar un muestreo estadístico que representara a la población a estudiar, pues la misma estaba constituida por 5 personas que laboraban en el centro de Salud de Colonias, San Pedro Ayampuc, Guatemala; por lo que, para obtener una información más confiable, se censó o investigó a la totalidad de la población; con lo que se supone que el nivel de confianza en este caso será del 100%.

Después de recabar la información contenida en las boletas, se procedió a tabularlas; para cuyo efecto se utilizó el método de estadístico y el método de análisis, que consistió en la interpretación de los datos tabulados, en valores absolutos y relativos, obtenidos después de la aplicación de las boletas de investigación, que poseyeron como objeto la comprobación de la hipótesis previamente formulada.

Una vez interpretada la información, se utilizó el método de síntesis, a efecto de obtener las conclusiones y recomendaciones del presente trabajo de investigación; el que sirvió además para hacer congruente la totalidad de la investigación, con los resultados obtenidos producto de la investigación de campo efectuada.

#### I.5.2 Técnicas

Las técnicas empleadas, tanto en la formulación como en la comprobación de la hipótesis, se expusieron anteriormente; pero éstas variaron de acuerdo a la etapa de la formulación de la hipótesis y a la comprobación de la misma; así:

Como se describió en el apartado (1.5.1 Métodos), las técnicas empleadas en la formulación fueron: La observación directa, la investigación documental y las fichas



bibliográficas; así como la entrevista a las personas relacionadas directamente con la problemática.

Por otro lado, la comprobación de la hipótesis, se utilizó la entrevista y el censo.

Como se puede advertir fácilmente, la entrevista estuvo presente en la etapa de la formulación de la hipótesis y en la etapa de la comprobación de la misma. La investigación documental, estuvo presente además de las dos etapas indicadas, en toda la investigación documental y especialmente, para conformar el marco teórico.

### Síntesis de resultados

Resultado 1: Unidad ejecutora (Dirección Municipal de Planificación de la Municipalidad de San Pedro Ayampuc, Guatemala)

Actividad 1: Espacio físico.

Actividad 2. Material y equipo.

Actividad 3: Personal técnico.

Actividad 4: Recursos financieros.

Resultado 2: Construcción de planta de tratamiento de aguas residuales en colonias Los Laureles y El Carmen, aldea Lo de Reyes, San Pedro Ayampuc, Guatemala.

Actividad 1: Permisos legales. Procedimiento

Acción 1: EIA. Procedimiento.

Acción 2: Permiso municipal. Procedimiento.

Acción 3: Aval local. Procedimiento.

Actividad 2: Estudios técnicos.

Acción 1: Suelos. Procedimiento.

Acción 2: Granulométrico. Procedimiento.

Acción 3: Hídrico. Procedimiento.

Acción 4: Cargas. Procedimiento.

Acción 5: Topografía. Procedimiento.

Actividad 3: Diseño.

Acción 1: Características. Procedimiento.

Acción 2: Componentes. Procedimiento.

Actividad 4: Preparación del terreno.

Acción 1: Limpieza. Procedimiento.

Acción 2: Eliminación de componentes orgánicos e inorgánicos. Procedimiento.

Acción 3: Nivelación. Procedimiento.

Actividad 5: Excavación. Procedimiento.

Actividad 6: Levantado de obra gris.

Acción 1: Cimentación. Procedimiento.

Acción 2: Paredes. Procedimiento.

Acción 3: Cubierta. Procedimiento.

Actividad 7: Patio de lodos.

Acción 1: Cimentación. Procedimiento.

Acción 2: Paredes. Procedimiento.

Acción 3: Cubierta. Procedimiento.

Acción 4: Aplicación de grava y ladrillo. Procedimiento.

Actividad 8: Acabados finales.

Acción 5: Red eléctrica. Procedimiento.

Acción 2: Red de conducción hídrica. Procedimiento.

Acción 3: Acabados interiores y exteriores. Procedimiento.

La principal conclusión es la que comprueba la hipótesis planteada: “Las enfermedades gastrointestinales en habitantes de colonias Los Laureles y El Carmen, aldea Lo De Reyes, San Pedro Ayampuc, Guatemala, durante los últimos 5 años, por contaminación de áreas verdes cercanas al área verde cercanas al área de estudio, es

debido a la inexistencia de proyecto para la construcción de planta de tratamiento de aguas residuales.”, con el 100% de nivel de confianza y 0% de error tanto para la variable efecto como la variable causa.

La principal recomendación es implementar el Proyecto para la construcción de planta de tratamiento de aguas residuales en colonias Los Laureles y El Carmen, aldea Lo De Reyes, Ayampuc, Guatemala.

Se indica que en el anexo 1, se esboza la propuesta de solución de la problemática investigada y que además en el anexo 2, se incluye la Matriz de la Estructura Lógica para evaluar el trabajo después de desarrollada la propuesta.

## **II. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES**

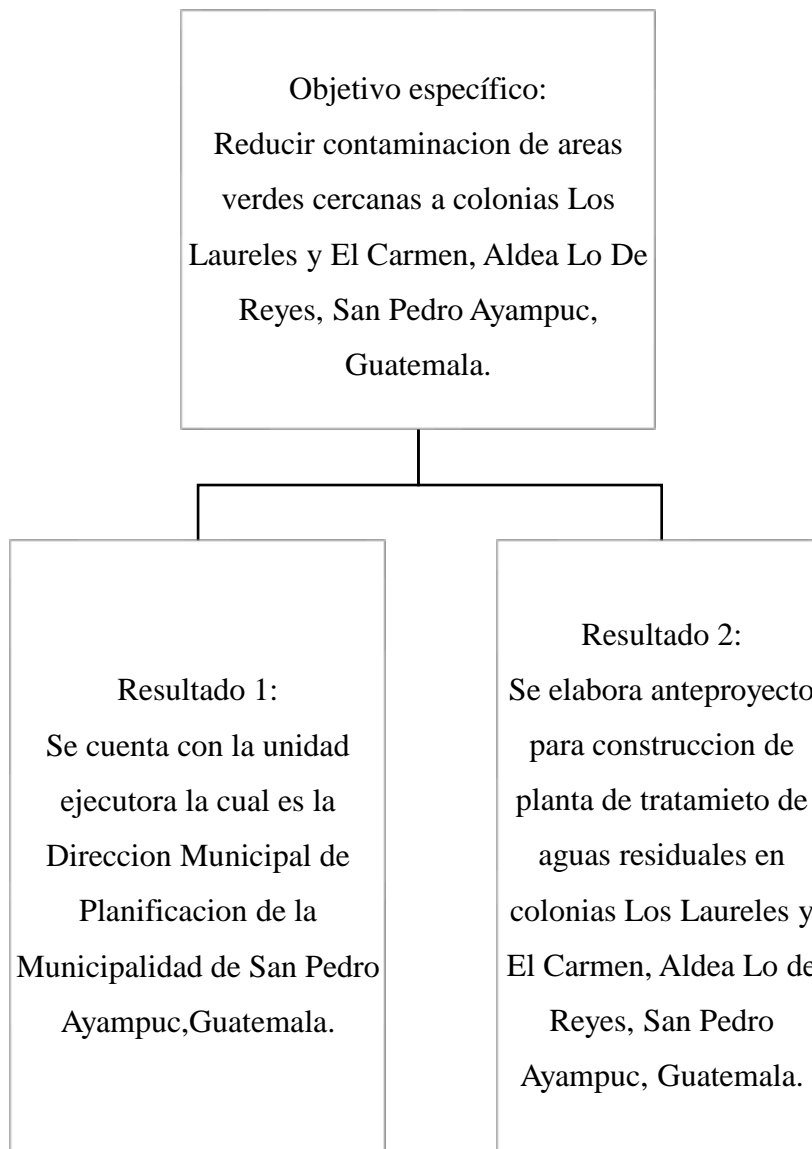
Se comprueba la hipótesis “Las enfermedades gastrointestinales en habitantes de colonias Los Laureles y El Carmen, aldea Lo De Reyes, San Pedro Ayampuc, Guatemala, durante los últimos 5 años, por contaminación de áreas verdes cercanas al área de estudio, es debido a la inexistencia de proyecto para la construcción de planta de tratamiento de aguas residuales” con el 100% de nivel de confianza y 0% de error de muestreo, para la variable dependiente e independiente para la variable Y (efecto);

Por lo anterior se recomienda operativizar la solución de la problemática mediante la implementación del plan de “Proyecto para la construcción de planta de tratamiento de aguas residuales en colonias Los Laureles y El Carmen, aldea Lo De Reyes, San Pedro Ayampuc, Guatemala”.

## ANEXOS

Anexo 1: Propuesta para solucionar la problemática.

La Unidad Ejecutora es la encargada de elaborar anteproyecto para construcción de planta de tratamiento de aguas residuales en colonias Los Laureles y El Carmen, Aldea Lo de Reyes, San Pedro Ayampuc, Guatemala.



Resultado 1: Unidad Ejecutora (Dirección Municipal de Planificación de la Municipalidad de San Pedro Ayampuc, Guatemala)

Actividad 1: Espacio físico.

Es necesario contar con una oficina de 16 metros cuadrados la cual estará ubicada cerca del área de trabajo, para poder instalar ampliamente al personal asignado.

Actividad 2: Material y equipo.

2 escritorios para oficina de 1.2 metros de largo por 0.60 de ancho.

2 sillas para oficina con ruedas, ajuste de altura.

1 archivero con 3 gavetas de 60 X 50 cm con llave.

1 computadoras de escritorio, con las características siguientes: memoria RAM 8GB, disco duro de 1TB, Windows 10 y office 2019

1 computadoras de escritorio, con las características siguientes: memoria RAM 4GB, disco duro de 1TB, Windows 10 y office 2010

1 impresora

Actividad 3: Personal técnico.

Ingeniero Civil.

Actividad 4: Recursos Financieros.

La Municipalidad de San Pedro Ayampuc, proporcionará los recursos necesarios para el funcionamiento de la unidad ejecutora.

Resultado 2: Anteproyecto para construcción de planta de tratamiento de aguas residuales en colonias Los Laureles y El Carmen, Aldea Lo de Reyes, San Pedro Ayampuc, Guatemala.

Para el desarrollo del plan es indispensable iniciar con la implementación de las actividades previstas dentro del área de trabajo, cumpliendo con los permisos necesarios.

#### Actividad 1: Permisos legales

Acción 1: EIA. Esta acción la realiza un consultor ambiental debidamente registrado por el Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales (MARN) el cual llevara los datos y estudios realizados a la única ventanilla del Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales, en donde se recibirá y trasladara a las instancias correspondientes.

Acción 2: Permiso municipal. Se debe poseer con un permiso municipal para la ejecución de cualquier proyecto realizado en la jurisdicción del municipio, este permiso es una licencia que autoriza el cambio de uso de suelo, se obtiene en la ventanilla única de la Dirección Municipal de Planificación.

Acción 3: Aval local. Se realiza un contrato con los miembros del COCOCE de la comunidad, como garantía del permiso otorgado para la ejecución del proyecto.

#### Actividad 2: Estudios técnicos.

Acción 1: Suelos: Es necesario realizar un estudio de suelos, que permita conocer la estructura física y química, para saber cómo va a comportarse bajo la acción de las cargas, dentro de esta acción se contemplan dos ensayos.

Ensayos de suelo: la muestra se toma directamente del suelo, se obtiene el perfil del suelo, posteriormente se procede a su ensayo, para conocer la humedad natural, el peso específico seco y aparente; esto queda a cargo de un laboratorio especializado en suelos, contratado por la unidad ejecutora.

Ensayo de resistencia: las muestras tomadas se someten a diferentes resistencias (compresión simple, corte directo y compresión triaxial).

Acción 2: Granulometría: La granulometría permite conocer los diferentes diámetros que el suelo a trabajar posee, esta acción queda a cargo de laboratorio especializado

en suelo, contratado por la unidad ejecutora; el cual con las muestras tomadas en el lugar procederá a pasarlas por diferentes tamices, para conocer su estructura física.

Acción 3: Hídrico: En esta acción se recopilan las afecciones o repercusiones hídricas que el terreno pueda tener, depende de la perspectiva del proyecto a ejecutar puede ser beneficioso o no.

Acción 4: Cargas: Esta acción corresponde directamente a estudiar el comportamiento de la estructura al ser sometida a cargas vivas o muertas, analizar su reacción y ayuda a establecer las bases de la nueva construcción par que esta resista lo mayor posible sin presentar deformaciones; queda a cargo de su estudio, un Ingeniero Civil colegiado activo.

Acción 5: Topografía: Esta acción queda a cargo de un topógrafo y un auxiliar en topografía, contratados por la unidad ejecutora. Se contempla el siguiente procedimiento:

Levantamiento topográfico con estación total:

Colocación de estacones o trompos, para marcar los ángulos o puntos de referencia.

Montaje de la estación.

Elección y marcado del punto topográfico.

Nivelación del instrumento.

Selección del archivo a trabajar (medición, memoria y configuración).

Toma de datos.

Posterior a la toma de datos, el profesional a cargo ingresara los datos tomados al programa especializado en planos (AutoCAD o CivilCAD).



### Actividad 3: Diseño:

Acción 1: Características: En esta acción el diseño de la planta de tratamiento se realiza para saber todas las especificaciones adecuadas para realizar el proyecto y estas son las siguientes: (ver Anexo 4.3 Planos; plano 1: Diseño de planta)

Sedimentador secundario: 5.6 metros de largo por 2.21 de ancho con una altura de 3.50 esto teniendo 2 compuertas de 1 metro cuadrado cada una, con una losa 14.38 metros cuadrados, 3 metros de tubo de 6 pulgadas y 1 metro de tubo de 10 pulgadas, 11 columnas de 15\* 15 con 4 hierros de 3/8 y block de 0.15 \* 0.20.

Clorinador y caja de muestra: Clorinador: 2.24 metros de largo por 3.01 de ancho con una altura de 2.50, 2 metros de tubo de 6 pulgadas, caja de muestras: 1.63 metros de largo por 1.60 de ancho con una altura de 2.50, con una losa de 9.35 metros cuadrados, 9 columnas de 15\* 15 con 4 hierros de 3/8 y block de 0.15 \* 0.20.

Filtro anaerobio de flujo ascendente (F.A.F.A.): 12.02 metros de largo por 10.03 de ancho con una altura de 3.30 y una compuerta de 1 metro cuadrado, con una losa de 121.56 metros cuadrados, 4 uniones de 10 pulgadas, 2 codos de 10 pulgadas, 1 T de 10 pulgadas, 49.5 metros de tubo de 10 pulgadas, 1 unión de 6 pulgadas, 3 codos de 6 pulgadas, 1 T de 6 pulgadas, 17.50 metros de tubo de 6 pulgadas, 14 columnas con 4 hierros de 3/8 y block de 0.15 \* 0.20.

Patio de lodos: 7.60 metros de largo por 4.75 de ancho con una altura de 3.80 esto teniendo 1.80 de altura comuna estructura metálica y un techo de lámina, 15 metros de tubo de 6 pulgadas, 1 T de 6 pulgadas y 2 codos de 6 pulgadas, 8 columnas de 15\* 15 con 4 hierros de 3/8 block de 0.15 \* 0.20.

Reactor anaerobio de flujo ascendente (R.A.F.A.): 6.10 metros de largo por 2.90 de ancho con una altura de 3.30 y una compuerta de 1 metro cuadrado, con una losa de 18.69 metros cuadrados, 8 metros de tubo de 6 pulgadas, 20 metros de tubo de 10 pulgadas y 1 codo de 6 pulgadas, 9 columnas de 15\*15 con 4 hierros de 3/8 y block de 0.15 \* 0.20.

Canal de rejas y desarenador y trampa de grasas: trampa de grasas de 1.85 de largo por 1.40 de ancho con una altura de 1.50, canal de rejas y desarenador de 1.68 de largo por 5.72 de ancho teniendo en las rejillas 2.46 de largo por 0.80 de ancho, 1 metro de tubo de 10 pulgadas, 10 columnas de 15\*15 con 4 hierros de 3/8 y block de 0.15 \* 0.20.

Desviación (By pass): 2.70 de largo por 1.20 de ancho con una altura de 1.40, 1 metro de tubo de 10 pulgadas, 4 columnas de 15\* 15 con 4 hierros de 3/8 y block de 0.15 \* 0.20.

Acción 2: Componentes: El diseño lleva los siguientes componentes sedimentador secundario, clorinador, caja de muestras, filtro anaeróbico de flujo ascendente (F.A.F.A.), patio de lodos, reactor anaeróbico de flujo ascendente (R.A.F.A.), trampa de grasas, canal de rejas, desarenador y una desviación.

Actividad 4: Preparación del terreno.

Acción 1: Limpieza: Esta acción la realiza personal contratado por la unidad ejecutora, utilizando la herramienta necesaria (machetes, azadones y protección personal). Para cortar toda la vegetación existente en el lugar y a la vez recoger la basura que se encuentra en el área a trabajar.

Acción 2: Eliminación de componentes orgánicos e inorgánicos: En esta acción se talará toda vegetación que afecte la ejecución del proyecto. Esta acción la realiza personal contratado por la unidad ejecutora, se lleva a cabo con la herramienta necesaria.

Acción 3: Nivelación: En esta acción se procede a rellenar o acotar de ser necesario para igualar y nivelar la superficie del terreno, la dispersión del material se realiza con una motoniveladora, queda bajo la supervisión del ingeniero civil encargado.

Actividad 5: Excavación: En esta acción se procede a la excavación de zanjas de 50\*1.00 metros para los cimientos según los planos topográficos donde se establecen

los límites reales a trabajar, se remarca el área de trabajo. Esto lo hará el personal técnico contratado por la unidad ejecutora.

Actividad 6: Levantado de obra gris.

Acción 1: Cimentación: En esta acción se procede a la armazón de la losa de cimentación de 10 cm de espesor de concreto hecho en obra con un  $f'c = 200 \text{ kg/cm}^2$  reforzada con varillas del No. 3 (3/8"  $\phi$ ), lleva castillos armados con cuatro varillas del 3 (3/8"  $\phi$ ) y anillos del No. 2 @ 20 cm de separación.

Acción 2: Paredes: En esta acción se llevará a cabo el levantado de muros de block de 20\*40 cm, y una altura de 3.30 metros aplanados con mortero cemento arena en proporción 1:3 y emboquillado en la parte superior del muro.

Acción 3: Cubierta: En esta acción se realizará una tapa hecha de concreto de 2" \* 1/8", solera de 2" \* 1/8" y de 1 cm de espesor.

Actividad 7: Patio de lodos.

Acción 1: Cimentación: En esta acción se procede a la armazón de la losa de cimentación del patio de lodos y esta se construye como una sola unidad, la losa será de 10 cm de espesor de pre-concreto con un  $f'c = 200 \text{ kg/cm}^2$  reforzada con varillas del 3 (3/8"  $\phi$ ) y malla electrosoldada 6-6/10-10, lleva castillos de 15 \* 15cm, armados con cuatro varillas de No 3 (3/8"  $\phi$ ) @ 40 cm de separación y tres cadenas, cadena intermedia y cadena de cerramiento de 15\*25 cm armadas con seis varillas del No. 3 (3/8"  $\phi$ ) y estribos del No. 2 @ 20cm de separación.

Acción 2: Paredes: En esta acción se llevará a cabo el levantado de muros de block de 20\*40 cm, y una altura de 2.00 metros aplanados con mortero cemento arena en proporción 1:3 y emboquillado en la parte superior del muro.

Acción 3: Cubierta: En esta acción se realizará una estructura metálica con vigas y columnas de 1.30 metros de altura.

Acción 4: Aplicación de grava y ladrillo: En esta acción procedemos a formar una capa de 0.20 a 0.30 m de espesor, y se deshidrata por drenaje a través de la masa de lodo y de arena, y por evaporación desde la superficie expuesta al aire. Los lechos que conforman el secado convencional de arena consisten de hasta 0.30m. de arena gruesa, con un cierto espesor adicional para compensar las pérdidas que se puedan producir durante las operaciones de limpieza, colocadas sobre 0.30 a 0.45m de grava. La base natural de tierra se forma con pendiente a los bajos drenes.

Actividad 8: Acabados finales.

Acción 5: Red eléctrica: En esta acción investiga cuidadosamente las condiciones estructurales y de acabados que puedan afectar cada instalación y las tendrá en cuenta al preparar su propuesta y al hacer el trabajo, este trabajo lleva los siguientes procedimientos, requisitos y normas para la fabricación, suministro, embalaje, transporte hasta el sitio de la obra, montaje y pruebas de todos los equipos, materiales y elementos necesarios para la construcción de las redes eléctricas, que hacen parte del proyecto de la construcción de la planta de tratamiento de aguas residuales. Los trabajos comprenden el suministro y construcción de una red media tensión, suministro y montaje de redes internas de tomas de fuerza, red regulada, iluminación y redes especiales.

Acción 2: Red de conducción hídrica: En esta acción se realizan líneas de conducción que están compuestas por tuberías, accesorios, estructuras con el fin de conducir el agua dentro de los tanques de almacenamiento o de plantas de tratamiento para su consumo o diferentes usos, esto consiste en las estructuras civiles y electromecánicas cuya finalidad es llevar el agua desde un punto hasta otro punto.

Acción 3: Acabados interiores y exteriores: Esta acción se hará al finalizar la obra es el recubrimiento de las paredes haciendo esto mediante una mezcla de cemento, arena y agua que se coloca sobre la pared esto para cubrir la estructura y no se filtre el agua y esto se hará con una superficie de grano fino de 2 milímetros de espesor.

Anexo 2: Matriz de Estructura Lógica.

Componentes	Indicadores	Medios de verificación	Supuestos
Objetivo general:	Al primer año de ejecutado el proyecto, se disminuyen las enfermedades gastrointestinales en habitantes de colonias Los Laureles y El Carmen, aldea Lo De Reyes, San Pedro Ayampuc, Guatemala.	Reportes mensuales del área de salud local.	La unidad ejecutora implementa programa de concienciación sanitaria dirigida a la población en general.
Disminuir enfermedades gastrointestinales en habitantes de colonias Los Laureles y El Carmen, aldea Lo De Reyes, San Pedro Ayampuc, Guatemala.	50%		
Objetivo específico:	Para el primer año de implementada la propuesta se cuenta con disminución de contaminación de áreas verdes al 50% de la problemática enmarcada en el problema central.	Reportes mensuales de la unidad ejecutora. Encuestas a pobladores.	La Unidad ejecutora implementara programas de mantenimiento para la planta de tratamiento de aguas residuales.
Reducir contaminación de áreas verdes cercanas a colonias Los Laureles y El Carmen, aldea Lo De Reyes, San Pedro Ayampuc, Guatemala.			
Resultado 1:			

<p>Se cuenta con la unidad ejecutora, la cual es la Dirección Municipal de Planificación de la Municipal de San Pedro Ayampuc, Guatemala.</p>			
<p>Resultado 2:</p>			
<p>Se elabora anteproyecto para construcción de planta de tratamiento de aguas residuales en colonia Los Laureles y El Carmen, aldea Lo de Reyes, San Pedro Ayampuc, Guatemala.</p>			

Anexo 3: Presupuesto

Resultado	Nombre	Costo	Total
1	Unidad Ejecutora	Q194,500.00	
2	Desarrollo del plan	Q495,233.31	
Total de la propuesta			Q689,733.31

Fuente: Muralles, R., marzo de 2021

Anexo 4: Otros anexos.

Anexo 4.1 Memoria de cálculo.

Ubicación del terreno



Fuente: Muralles, R., marzo de 2021

Cálculo de población y caudal de diseño

El levantamiento topográfico permitió identificar las viviendas tributarias, se estableció un número de 250 casas actuales como dato de partida para el diseño de la planta de tratamiento.

Parámetro	Cantidad Unidad	Formula
No. Casas actuales	250 viviendas	$P_f = P_a * (1 + \gamma)^n$
Densidad poblacional	6 Hab/Viv	
Población actual $P_a$	1500 Hab	
Tasa de crecimiento poblacional $\gamma$	3.10%	
Periodo de diseño $n$	22 años	
Población futura $P_f$	2910 Hab	
No. Casas futuras	486 viviendas	

Fuente: Muralles, R., marzo de 2021



Datos poblacionales y dotación de agua potable para determinar los caudales de diseño de la planta de tratamiento.

Población y dotación	Población actual	Población futura
Población futura Pf	1500 Hab	2910 Hab
No. Casas fututas	250 viviendas	486 viviendas
Dotación agua potable	100 l/hab/día	100 l/hab/día
Factor de retorno Fr	75%	75%

Fuente: Muralles, R., marzo de 2021

Factores de demanda para determinar los caudales de la planta de tratamiento

Factores de demanda	Actual	Futuro
Demanda mínima diaria FDmin	0.30	0.30
Demanda máxima diaria FDmax	1.50	1.50
Demanda máxima horaria FHmax	3.00	3.00

Fuente: Muralles, R., marzo de 2021

Caudal de infiltración actual y futuro para el diseño de la planta de tratamiento.

Caudal de infiltración	Caudal actual	Caudal futuro
Caudal infiltración Qinf	0.85 l/s	1.13 l/s
Factor infiltración Finf	12000 l/km/día	12000 l/km/día
Longitud de colectores Lc	4008 m	4008 m
Longitud de acometida La	1500 m	2910 m
Formula $Q_{inf} = F_{inf} * \left( \frac{Lc + La}{1000} \right) * \frac{1}{86400}$		

Fuente: Muralles, R., marzo de 2021

Caudal domiciliario actual y futuro para el diseño de la planta de tratamiento

Caudal domiciliario	Caudal actual	Caudal futuro
Caudal domiciliario Q <sub>dom</sub>	2.75 l/s	5.40 l/s
Población actual P <sub>a</sub>	1500 hab	
Población futura P <sub>f</sub>		2910 hab
Dotación agua potable	100 l/hab/día	100 l/hab/día
Factor de retorno FR	75%	75%
Formula $Q_{dom} = \frac{P_f \cdot Dotación \cdot FR}{86400}$		

Fuente: Muralles, R., marzo de 2021

Caudal de conexiones ilícitas actual y futuro para el diseño de la planta de tratamiento.

Caudal domiciliario ilícita	Caudal actual	Caudal futuro
Caudal domiciliario ilícita Q <sub>ci</sub>	0.74 l/s	1.44 l/s
Población actual P <sub>a</sub>	1500 hab	
Población futura P <sub>f</sub>		2910 hab
Factor conexiones ilícitas F <sub>ci</sub>	30 l/hab/día	30 l/hab/día
Formula $Q_{ci} = \frac{F_{conexión\ ilícita} \cdot P_f}{86400}$		

Fuente: Muralles, R., marzo de 2021

Caudal medio actual y futuro para el diseño de la planta de tratamiento.

Factor de caudal medio	Caudal actual	Caudal futuro
Caudal medio Q <sub>med</sub>	4.34 l/s	7.97 l/s
Formula $Q_{med} = Q_{dom} + Q_{inf} + Q_{ci}$		

Fuente: Muralles, R., marzo de 2021

Caudales finales de diseño de la planta de tratamiento.

Caudal de diseño	Caudal actual	Caudal futuro
Caudal medio Q <sub>med</sub>	4.34 l/s	7.97 l/s
Caudal día mínimo Q <sub>dmin</sub>	1.30 l/s	2.39 l/s

Caudal día máxima Qdmax	6.52 l/s	11.96 l/s
Caudal hora máximo Qhmax	13.03 l/s	23.91 l/s
Formula $Q_{dmin} = FD_{min} * Q_{med}$ $Q_{dmax} = FD_{max} * Q_{med}$ $Q_{hmax} = FH_{max} * Q_{med}$		

Fuente: Muralles, R., marzo de 2021

### Parámetros de diseño para la planta de tratamiento

Tipo de tratamiento	Función	Parámetros de diseño
Tratamiento preliminar		
Desviación (By pass)	Evacuar el caudal que no están previstos en el diseño de la planta de tratamiento	Q max h=23.91 l/segundo V = 0.77 m/s
Canal de Rejas	Eliminar solidos de gran tamaño	V = 0.77 m/s
Desarenador	Eliminar arenas y otras partículas	Q max h=23.91 l/s (futuro) Q min d=1.30 l/s (actual) Carga superficial $45 \frac{m^3}{m^2} / h$ Velocidad horizontal = 0.30 m/s
Trampa de grasas	Eliminar las grasas y aceites contenidas en las aguas residuales	Q max h=23.91 l/s Tiempo de retención = 5 minutos
Tratamiento primario		
RAFA Reactor anaerobio de flujo ascendente	Digerir la materia orgánica que se encuentra en las aguas residuales, transformándola en materia no biodegradable reduciendo así la DQO. Realizar en 1 unidad operaciones: sedimentación primaria, reactor biológico y digestión anaerobia del lodo.	Población futura Pf = 4,146 hab Q med = 7.97 l/segundo TRH sedimentador =2.00 horas TRH total = 8.00 horas Carga superficial $0.70 \frac{m^3}{m^2} / h$ Angulo de inclinación de paredes del sedimentador 42.279 Área de ventilación = 25%
Tratamiento secundario		

FABA Filtro anaerobio de flujo ascendente	Proporcionar tratamiento al agua residual a través del contacto de estas con un medio biológico utilizando como sustrato piedra cuarta.	Qmed = 7.97 l/segundo DBO afluente de entrada 100.00 mg/l DBO efluente de salida = 22.62 mg/l
Sedimentador secundario	Remover los sólidos sedimentables del agua residual arrastrados del percolador biológico.	Q med = 7.97 l/segundo Carga superficial $1.20 \frac{m^3}{m^2} /h$ Tiempo de retención=2.00 horas
Clorinador y caja de muestras	Proceso empleado en los tratamientos de aguas para lograr la desinfección de bacterias y organismos patógenos.	Q med = 7.97 l/segundo Tiempo de retención: 30 minutos Dosis de cloro: 5 mg/litro Relación larga/ancho = 3.00
Patio de lodos	Permiten la deshidratación de los lodos provenientes del digestor	Volumen de lodo, proveniente del Reactor RAFA: $0.18 m^3$ de lodo digerido/1000 habitantes de agua residual Volumen de lodo, proveniente de los sistemas de percolación biológica y sedimentación secundaria: $0.745 m^3$ de lodo sin digerir/1000 $m^3$ de agua residual. Tiempo de retención = 30 días

Fuente: Muralles, R., marzo de 2021

## Dimensionamiento de la planta de tratamiento

No	Unidad	Largo(m)	Ancho (m)	Altura (m)	Diametro (m)	Caudal diseño	Volumen (m <sup>3</sup> )	Periodo retencion (horas)	% Remocion DBO	Observaciones
<b>Pretratamiento</b>										
1	By pass	2.7	1.2	1.4		23.91 Caudal hora maxima			0	
2	Canal de rejillas	2.5	0.8	2.5		23.91 Caudal hora maxima			0.9 horas	
3	Desarenador	0.7	1.4	1.5		23.91 Caudal hora maxima		0.0833	0.2 unidades	
4	Trampa de grasas	2.52	1.4	2.35		23.91 Caudal hora maxima			0.2 unidades	
<b>Tratamiento primario</b>										
5	Reactor anaerobico RAFA	6.1	2.9	3.3	10	7.97 Caudal promedio	232.8	8.1	75.00%	
<b>Tratamiento secundario</b>										
6	Filtro anaerobico FAFA	12.02	10.03	3.3		7.97 Caudal promedio	62.85	6	77.38%	
7	Sedimentador secundario	5.6	2.21	3.5		7.97 Caudal promedio		2	34.48%	
Periodo retencion total										
<b>Tratamiento terciario</b>										
8	Clorinador y caja de muestras	3.84	3.01	2.5		7.97 Caudal promedio	15	0.5		
<b>Tratamiento de lodos</b>										
9	Patio de lodos	7.6	4.75	2.3		7.97 Caudal promedio	22.5	30		Volumen de lodos

Fuente: Muralles, R., marzo de 2021

Eficiencia de remocion de cada uno de los elementos de la planta de tratamiento

Parametro	Parametros y valores iniciales		Pretatamiento		Reactor RAFA		Reactor FAFA		Sedimentador secundario		Clorador y caja de muestros		Remocion total del sistema	
	Unidad	Valor campo	% Remocion	Valor esperado	% Remocion	Valor esperado	% Remocion	Valor esperado	% Remocion	Valor esperado	% Remocion	Valor esperado	% Remocion	Valor esperado
Demanda bioquimica oxigeno DBOS	mg/l	400	0	400	75	100	77.38	22.62	34.48	14.82	0	14.82	96.29	14.82
Demanda quimica oxigeno DQO	mg/l	900	0	900	65	315	77.38	71.26	34.48	46.69	0	46.69	94.81	46.69
Solidos suspendidos	mg/l	350	10	315	56.34	137.54	0	137.54	56.34	60.05	0	60.05	82.84	60.05
Grasas y aceites	mg/l	100	90	10	15	8.5	0	8.5	25	6.38	0	6.38	96.63	6.38
Fosforo total	mg/l	15	0	15	20	12	10	10.8	20	8.64	0	8.64	42.4	8.64
Nitrogeno total	mg/l	60	0	60	20	48	50	24	20	19.2	0	19.2	68	19.2
Color	UPT/Co	1000	10	900	50	450	0	450	50	225	0	225	77.5	225
Coliformes fecales	NMP/100ml	1.60E+07	0	1.60E+07	15	1.36E+07	85	2.04E+06	0	2.04E+06	99.99	2.04E+02	100	204

Fuente: Muralles, R., marzo de 2021

Diseño de los elementos de la planta de tratamiento

Tipo de Tratamiento	Parámetros de diseño	Formulas	Resultado
Desviación (Bypass)	<p>Q hmax = 23.91 l/s                      Q hmax = 0.02391 m3/s                      V = 0.77 m/s</p>	$A = \frac{Qh_{max}}{V}$ $h = \frac{A}{b}$	<p>Área efectiva del canal de entrada es A=0.0313 m2.                      Se propone una base B=0.25m.                      Tirante de agua h=0.125m.                      Dimensión final del canal de entrada 0.125*0.60m.</p>
Canal de rejas	<p>Q hmax=23.91 l/s                      V=0.77 m/s                      Area a proteger A=0.0313 m2                      Ancho canal entrada B=0.25 m                      Ancho de varilla W=0.00635 m                      Separación varillas b=0.025m                      Angulo de inclinación <math>\alpha = 60^\circ</math>                      Ensuciamiento C=50%</p>	$A_N = \frac{Qh_{max}}{V}$ $A_G = A_N * \frac{W + b}{b}$ $N_S = \frac{B}{b}$ $N = N_S - 1$ $B_R = N * W + N_S * b$ $v_1 = V * \frac{b}{b + W}$ $h_{f1} = 0.0729 * (V^2 - v_1^2)$ $v_2 = V * \frac{1}{C} * 100$ $h_{f2} = 0.0729 * (v_2^2 - v_1^2)$	<p>El área neta canal de rejas es AN=0.0313 m2                      El área gruesa canal de rejas es AG=0.0392 m2                      Numero espacios entre rejillas de NS es igual a 10.                      Numero de rejillas de 1/4"*1/2" N es igual a 9                      El ancho total del canal de rejas es Br=0.3272 m                      Velocidad sobre rejilla cuando está limpia es v1=0.610 m/s                      Perdida de carga cuando la rejilla está limpia hf1=0.016m                      Velocidad sobre rejilla cuando esta sucia es v2=1.530                      Perdida de carga cuando la rejilla</p>

			esta sucia hf2=0.144m
Desarenador	<p>Q hmax =23.91 l/s (futuro)</p> <p>Q med =7.97 l/s (futuro)</p> <p>Q dmin =2.39 l/s (futuro)</p> <p>Velocidad horizontal en el desarenador Vh=0.30 m/s</p> <p>Ancho superior canal T=0.40m</p> <p>Carga superficial o velocidad Vs de <math>45 \frac{m^3}{m^2} / h</math></p>	$H_{max} = \frac{3Qh_{max}}{2TV}$ $\frac{V_c^2}{2g} = \frac{1}{3.1} \left( H + \frac{V_h^2}{2g} \right)$ $d_c = 2 \left( \frac{V_c^2}{2g} \right)$ $\alpha = \frac{Qh_{max}}{V_c}$ $w = \frac{\alpha}{d_c}$	<p>Tirante de agua en el desarenador Hmax=0.2989m.</p> <p>Aplicando la ecuación de Bernoulli en el vertedero, se tiene que <math>\frac{V_c^2}{2g} = 0.10m</math>.</p> <p>El tirante en el vertedero es igual a dc=0.20m.</p> <p>El área efectiva en el vertedero es igual a=0.01725m<sup>2</sup></p> <p>Se calcula el ancho del vertedero de salida w=0.09m.</p> <p>Para caudal medio Qmed=7.97 l/s y fijando el ancho del vertedero en la salida w=0.09m, se repite el procedimiento obteniéndose los siguientes resultados: a=0.00829 m<sup>2</sup>, dc=0.09m, H=0.14m, T=0.28m.</p> <p>Para caudal mínimo Qdmin=2.39 l/s y fijando el ancho del vertedero en la salida w=0.09m, se repite el procedimiento obteniendo los siguientes resultados:</p>



		$Relacion = \frac{V_s}{V_h}$ $L = \frac{V_s}{H_{max}}$	<p>a=0.00372m<sup>2</sup>, dc=0.04m, H=0.06m, T=0.20m.</p> <p>Relación entre la velocidad de sedimentación y la velocidad horizontal es <math>\frac{V_s}{V_h} = 24.00</math></p> <p>El largo del desarenador es el siguiente L= 5.72m</p>
Trampa de grasas	<p>Qhmax = 23.91 l/s (futuro) Qhmax = 0.02391 m<sup>3</sup>/s (futuro) Periodo de retención hidráulica TRH=300segundos. Tasa de aplicación Ts=4 l/s m<sup>2</sup>. Relación larga/ancho R=2</p>	$A_{SUP} = \frac{Q_{hmax}}{T_s}$ $L = \frac{A_{SUP}}{R}$ $B = \frac{B}{R}$ $V_v = \frac{Q_{hmax} * TRH}{V_v}$ $H = \frac{V_v}{A_{SUP}}$	<p>Área superficial Asup=5.98m<sup>2</sup> Largo de la trampa de grasa L=2.52m. Ancho de la trampa de grasa B=1.40m Volumen de la trampa Vv=7.17m<sup>3</sup> Altura efectiva de la trampa de grasa H=1.50m.</p>
Reactor anaerobio de flujo ascendente RAFA	<p>Datos de diseño Qmed=7.97 l/s = 28.69m<sup>3</sup>/h Población futura Pf=2910 hab Cámara de sedimentación Carga superficial CUS=16.80m<sup>3</sup>/m<sup>2</sup>/día Periodo de retención hidráulico TRHs=2.00 horas Relación larga/ancho=R=3.17 Angulo de inclinación de paredes del sedimentador entre 40° y 65° Se toma <math>\theta = 42.279^\circ</math></p>	<p>Cámara sedimentación</p> $A_{SUP} = \frac{Q_{med}}{CUS}$ $B_s = \sqrt{\frac{A_{SUP}}{R}}$ $L = R * B_s$ $V_v = Q_{med} * TRH_s$ $A_T = \frac{V_v}{L}$ $H_t = \frac{B_s}{2} * \tan \theta$	<p>Cámara de sedimentación Área superficial ASUP = 40.99m<sup>2</sup>. Ancho del sedimentador Bs=2.90m. Largo del sedimentador L = 6.10m. Volumen del sedimentador Vv=57.39m<sup>3</sup> Área transversal de la cámara de sedimentación AT=5.03m<sup>2</sup>. Altura parte triangular del</p>

	<p>Altura transición Hs=0.30m Altura borde libre Hb=0.70m</p>	$A_t = \frac{B_s}{2} * H_t$ $A_r = A_T - A_t$ $H_r = A_r / B_s$ $HT_s = H_s + H_b + H_t + H_r$	<p>sedimentador Ht=1.63m. Área parte triangular del sedimentador At=2.95m<sup>2</sup>. Área parte rectangular del sedimentador Ar=2.09m<sup>2</sup>. Altura parte rectangular del sedimentador Hr=1.64m. Altura total de la acamara de sedimentación HTS=3.22m.</p>
	<p><u>Cámara de ventilación y natas</u> Numero de pared pantalla Np=2 Uní Espesor de pared pantalla Ep=0.12m. Numero de cámaras de ventilación No=2 Unidades. Ancho de ventilación en las orillas Bo=0.60m. Numero de cámaras de sedimentación Ns=1unidad. Ancho de cámara de sedimentación Bs=3.60m.</p>	<p><u>Cámara ventilación y natas</u>  <math display="block">B = N_p * E_p + N_v + N_s * B_s</math>  <math display="block">A_v = L * (B - (B_s + 2 * E_p))</math>  <math display="block">A_I = L * B</math>  <math display="block">\% A_V = \frac{A_V}{A_I}</math>  <math display="block">V_{ven} = A_V * (H_t + H_r)</math></p>	<p><u>Cámara de ventilación y natas</u> El ancho efectivo del tanque RAFA es B=2.90 El área de ventilación y natas del tanque Rafa es Av=13.68m<sup>2</sup>. El área superficial del tanque RAFA es AI=57.46m<sup>2</sup> El porcentaje de área de ventilación del tanque RAFA es %Av=23.81% El volumen de la cámara de ventilación del tanque Imhoff es Vven=30.32m<sup>3</sup>.</p>

	<p><u>Cámara de digestión</u>          Temperatura Tp= 25°C          Factor de capacidad relativa FCR=0.50          Población futura Pf= 2,910          Altura de zona neutra del tanque RAFA HZN=0.50m.</p> <p><u>Diseño del vertedero salida</u>          Caudal de día máxima Qdmax=1032.98m3/día          .          Carga hidráulica sobre el vertedero Chv=250m3/día/m.</p> <p><u>Eficiencia de remoción en el tratamiento del tanque Imhoff</u>          Calidad entrada al tanque Imhoff          Solidos suspendidos SS=315.00 mg/l          DBO5=400mg/l  <u>Constantes para determinar la eficiencia de remoción</u></p> <table border="1" data-bbox="490 1579 803 1806"> <thead> <tr> <th>Variab le</th> <th>a</th> <th>b</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>DBO</td> <td>0.018</td> <td>0.020</td> </tr> <tr> <td>SS</td> <td>0.0075</td> <td>0.014</td> </tr> </tbody> </table>	Variab le	a	b	DBO	0.018	0.020	SS	0.0075	0.014	<p><u>Cámara de digestión</u>  <math>V_D = 70 \cdot P_f \cdot FCR / 1000</math></p> $Z = \frac{V_D}{A_I}$ $H_T = HT_S + Z + H_2$ $V_{Tot} = V_v + V_{ven} + V_D$ <p><u>Diseño del vertedero salida</u>  <math display="block">L_v = \frac{Q_{dmax}}{Ch_v}</math></p> $L_{vr} = 2 \cdot L$ <p><u>Eficiencia de remoción en el tratamiento del tanque Imhoff</u>  <math display="block">THR = \frac{V_{Tot}}{Q_{med}}</math></p> $R_1 = 1 - 0.70 \cdot THR^{-0.50}$ $R_2 = \frac{TRH_S}{a + b \cdot T}$	<p><u>Cámara de digestión</u>          Volumen del digestor del tanque RAFA          VD=145.11m3          Altura total del digestor de lodos Z=2.53M          Altura total del tanque RAFA HT=6.25m          Volumen total del tanque Imhoff VTol=232.80m3  <u>Diseño del vertedero salida</u>          Longitud mínima del vertedero de salida Lv=4.13m.          Longitud real disponible para el vertedero salida Lvr=22.80m</p> <p><u>Eficiencia de remoción en el tratamiento del tanque Imhoff</u>          Periodo de retención hidráulica total de RAFA THR=8.11ho          Eficiencia remoción de DBO5 R1=75%          DBO en la salida del RAFA DBO5=100mg/l          Eficiencia remoción de solidos suspendidos R2=56.34%          Solidos Suspendidos en la</p>
Variab le	a	b										
DBO	0.018	0.020										
SS	0.0075	0.014										

	<p><u>Producción de lodos Método 1</u> Caudal medio <math>Q_{med}=0.00797 \text{ m}^3/\text{s}</math> Solidos Suspendidos <math>SS=315\text{mg/l}</math> Densidad de los lodos plomo=<math>1020\text{kg/m}^3</math> Porcentaje de solidos contenidos en los lodos <math>P=12.50\%</math> Periodo de digestión de los lodos <math>T_d=30\text{días}</math></p> <p><u>Método 2</u> Población de diseño <math>P_f=2,910</math> habitantes Tasa de digestión de lodos <math>T_p=0.18\text{m}^3</math> lodo/1000 habitantes Periodo de digestión de los lodos <math>T_d= 30</math> días</p>	<p><u>Producción de lodos</u></p> $C = Q_{med} * SS * 86.4$ $M_{sd} = 0.325 * C$ $V_{ld} = \frac{M_{sd}}{P_{lodo} * \left(\frac{P}{100}\right)}$ $V_{ld} = V_{ld} * T_d$ $V_L = \frac{P_f * T_p}{1000}$ $V_{PL} = V_L * T_r$	<p>salida del RAFA <math>SS=137.54\text{mg/l}</math> <u>Producción de lodos</u> Carga de solidos que ingresan al sedimentador <math>C=216.93\text{Kg SS/día}</math> Masa de solidos que conforman los lodos <math>M_{sd}= 70.50 \text{ Kg SS/día}</math> Volumen de lodos dirigidos diariamente <math>V_{ld}=0.55 \text{ m}^3/\text{día}</math> Volumen a extraer del tanque Rafa <math>Vel=16.59\text{m}^3/\text{mes}</math></p> <p>Volumen de lodos digeridos diariamente <math>VL=0.75\text{m}^3/\text{día}</math> Volumen a colocar en el patio de secado de lodos <math>VPL=22.40\text{m}^3</math> Se hará el diseño de los patios de secado de lodo con <math>VPL=22.40 \text{ m}^3</math>.</p>
<p>Filtro anaerobio de flujo FAFA</p>	<p><u>Datos de diseño</u> <math>Q_{med}=7.97\text{l/s}=28.69\text{m}^3/\text{ho}</math> DBO5 afluente de entrada al fafa=<math>100\text{mg/l}</math> DBO5 efluente de salida del fafa=<math>22.62\text{mg/l}</math> Carga orgánica volumétrica máxima <math>CV=0.45\text{kg DBO}_5/(\text{m}^3/\text{día})</math></p>	<p><u>FAFA baja carga</u></p> $W = 0.0864 * C_{DBO5} * Q_{med}$ $V = \frac{W}{CV}$ $F = \frac{1 + R}{\left(1 + \frac{R}{10}\right)^2}$ $A_{SUP} = \frac{V}{H}$	<p><u>FAFA baja carga</u> Carga orgánica <math>DBO_5 w=68.87\text{kg DBO}_5/\text{día}</math> Volumen del fafa <math>V=153.03\text{m}^3</math> Factor de recirculación <math>F=1</math> Área superficial del filtro ASUP=<math>13\text{m}^2</math></p>

	<p>Cuando no hay recirculación R=0          Altura del medio filtrante H=3.30m          Ancho del fafa B=10m  <u>Eficiencia de remoción</u>  <u>Calidad en la entrada del filtro</u>          Solidos suspendidos SS=152.82mg/l  <u>Calidad en la salida del filtro</u>          Solidos suspendidos SS=137.54mg/l          DBO5=22.62mg/l</p>	$A_{SUP} = B * L$ $E = \frac{1}{1 + 0.4425 \sqrt{\frac{W}{VF}}}$ $CH_v = \frac{Q_{med}}{A_{SUP}} * 86.40$	<p>Eficiencia del fafa para la remoción de DBO5 E=77.38%          Carga hidráulica del fafa          CHV=10.59m3/(m2.dia)</p>
<p>Sedimentador secundario</p>	<p>Q med=7.97 l/s =0.00797m<sup>3</sup>/s          Velocidad de sedimentación Vs=1.20m/h          Periodo de retención hidráulico TRH=2 horas          Separación de placas en plano horizontal e'=0.10m          Espesor de placas e=0.008m          Angulo de inclinación de las placas θ=60°          Longitud del módulo de placas l=1.22m</p> <p>Módulo de eficiencia de las placas S=1          Ancho total neto de la unidad de sedimentación B=4.80m</p>	$V_v = Q_{med} * TRH$ $d = e' * sen\theta - e$ $lu = l - e' * cos\theta$ $L = \frac{lu}{d}$ $f = \frac{[sen\theta(sen\theta - Lcos\theta)]}{s}$ $A_s = \frac{Q_{med}}{f * V_s}$ $N = \frac{A_s * sen\theta}{B * d}$ $L_T = lcos\theta + \frac{[Nd + (N + 1)e]}{sen\theta}$ $V_o = \frac{Q_{med}}{A_s * sen\theta}$	<p>Volumen del sedimentador laminar Vv=57.39 m<sup>3</sup>          Espaciamiento entre placas d=0.00786m          Longitud útil dentro de las placas lu=1.17m          Longitud relativa del módulo de placas L=14.89          Coeficiente de Darcy del módulo de placas f=7.20          Área superficial del sedimentador real As=13.09m<sup>2</sup></p> <p>Numero de canales formados por las placas N=21</p> <p>Longitud del sedimentador LT=0.22m          Velocidad media del flujo Vo=0.22cm/s</p>

	<p>Viscosidad cinemática del agua 25°C V=0.00898 cm<sup>2</sup>/s</p> <p><u>Sistema recolección de agua</u> Qmed=7.97 l/s =0.00797m<sup>3</sup>/s Tasa recolección vertederos qr=2.50 l/s/m</p> <p><u>Producción de lodos</u> Volumen de lodos sin digerir Tp=0.745m<sup>3</sup> de lodo/1000m<sup>3</sup> de agua residual Q med=7.97l/s =0.00797m<sup>3</sup>/s</p> <p><u>Calidad del agua residual a la salida del sedimentador</u> Solidos suspendidos a la entrada del sedimentador =137.54mg/l DBO5 afluente en la entrada del sedimentador =22.62mg/l</p>	$RH = \frac{bd}{2(b + d)}$ $N_R = \frac{4 * RH * V_o}{v}$ $V_{omax} = V_s * \left[ \frac{N_R}{8} \right]^0.$ $H = \frac{V_v}{A_s}$ $L_v = \frac{Q_{med}}{q_r}$ $L_d = 2 * L_T$ $V_L = \frac{Q_{med} * T_p * 86400}{1000}$ $R_1 = \frac{TRH}{a + b * TRH}$	<p>Radio hidráulico del módulo de placas RH=0.0381m Numero de Reynolds NR=371 Velocidad longitudinal máxima Vomax= 10.79cm/s Altura del sedimentador H=4.25m</p> <p>Longitud de vertedero requerido Lv=3.19m.</p> <p>Longitud de vertedero a disponible=5.44m</p> <p>Volumen de lodo producido en el sedimentador VL=0.513 m<sup>3</sup>/día Para recirculación al Rafa.</p> <p>Porcentaje de remoción de la DBO5 R1=34.48% DBO5 afluente a la salida del sedimentador =14.82 mg/l</p>
--	--	---	--

	<p><u>Constantes para determinar la eficiencia de remoción</u></p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>Variab le</th> <th>a</th> <th>b</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>DBO</td> <td>0.018</td> <td>0.020</td> </tr> <tr> <td>SS</td> <td>0.0075</td> <td>0.014</td> </tr> </tbody> </table>	Variab le	a	b	DBO	0.018	0.020	SS	0.0075	0.014	$R_2 = \frac{TRH}{a + b * TRH}$	<p>Porcentaje de remoción solidos suspendidos SS R2=56.34% Solidos Suspendidos a la salida del sedimentador =60.05mg/l</p>
Variab le	a	b										
DBO	0.018	0.020										
SS	0.0075	0.014										
Patio de lodos	<p>Qmed=7.97 l/s =28.69m3/h Población de diseño Pf=2910 habitantes Tasa de producción de lodos del reactor Rafa Tp=0.18 m3 de lodo/1000 habitantes Periodo de retención hidráulico Tr= 30 días Temperatura= 25°C Espesor del lecho de lodo en el patio e=0.30m</p>	$V_L = \frac{P_f * T_P}{1000}$ $V_{PL} = V_L * T_r$ $A_{SUP} = \frac{V_{PL}}{e}$	<p>Volumen de lodo producido por el Rafa, VL=0.75m3/día Volumen a colocar en el patio de secado lodos VPL=22.40m3 Área superficial del patio de secado lodos=74.63m2 Patio de secado de ancho B=4.75m por largo L=7.61m</p>									
Clorinador y caja de muestras	<p>Caudal medio diario (futuro) Qmed=7.97l/s Qmed=0.00797m3/s Periodo de retención o periodo de contacto de cloro TRH= 30 minutos Dosificación de cloro DC=5mg/litros</p>	$V = Q_{hmax} * TRH$ $A = \frac{V}{h}$ $C = \frac{Cl_2}{dia} = \frac{DC}{Q_{hmax}}$	<p>Volumen del tanque de cloración V=14.35m3</p> <p>Área tanque de contacto A=14.478m2</p> <p>Capacidad del clorador C=3.44kg/día de Cl2/día para caudal futuro</p>									

Fuente: Muralles, R., marzo de 2021

Sedimentador secundario

5.6 metros de largo por 2.21 de ancho con una altura de 3.50 esto teniendo 2 compuertas de 1 metro cuadrado cada una.

3 metros de tubo de 6 pulgadas y 1 metro de tubo de 10 pulgadas

11 Columnas con 4 hierros de 3/8.

no.	descripció n			larg o ml	ancho ml	altura ml	area total m2	vol. total m3
1	limpieza de terreno			5.60	3.21	0.05	17.98	
2	extraccion materiales de desperdicio			5.60	3.21	0.05		0.90
3	trazo y estaqueado			5.60	3.21		17.98	
4	zanjeo para cimentacion			5.60	3.21	0.80		14.38
5	zapatas	proporcion	cantidad	larg o ml	ancho ml	altura ml		vol. total m3
			11	0.9	0.9	0.2		1.782
	cemento	8.4					14.97	
	arena de rio	0.5						0.89
	pedrín	0.75						1.34
		no. var/zapata	no. de zapatas	larg o ml	total ml	t. quintales	total de varillas	total de libras
	hierro no. 4	16	11	0.80	140.8	0.78	23.47	
	alambre de amarre							3.91
6	cimiento corrido	proporcion	area total m2	larg o ml	ancho ml	altura ml	cantida d (u)	vol. total m3



				5.60	3.21	0.2		3.595 2
	cemento	8.4					30.20	
	arena de rio	0.5						1.80
	pedrín	0.75						2.70
		unidades	separación	largo ml (var)	total ml	t. quintales	total de varillas	total de libras
	hierro no. 3 (varillas long.)	3		5.60	16.8	0.22	2.80	
	hierro no. 2 (eslabones)	28	0.2	3.21	89.88	0.50	14.98	
	alambre de amarre							3.57
7	solera hidrofuga	proporción	area total m2	largo ml	ancho ml	altura ml	cantidad (u)	vol. total m3
				5.60	0.15	0.2		0.168
	cemento	8.4					1.41	
	arena de rio	0.5						0.08
	pedrín	0.75						0.13
	tabla 1'x1'x9'	1.23	2.24	2.70	0.3		2.77	
		unidades	separación	largo ml (var)	total ml	t. quintales	total de varillas	total de libras
	hierro no. 3 (varillas long.)	4		5.60	22.4	0.29	3.73	
	hierro no. 2 (estribos)	28	0.2	0.55	15.4	0.09	2.57	
	alambre de amarre							1.86
8	solera de amarre	proporción	area total m2	largo ml	ancho ml	altura ml	cantidad (u)	vol. total m3
				20.6 2	0.15	0.2		0.618 6
	cemento	8.4					5.20	

	arena de rio	0.5						0.31
	pedrín	0.75						0.46
	tabla 1'x1'x9'	1.23	8.25	2.70	0.3		10.18	
		unidades	separación	largo ml (var)	total ml	t. quintales	total de varillas	total de libras
	hierro no. 3 (varillas long.)	4		20.62	82.48	1.06	13.75	
	hierro no. 2 (estribos)	103.1	0.2	0.55	56.705	0.32	9.45	
	alambre de amarre							6.86
9	levantado bajo s.h.	proporción	largo ml	ancho ml	altura ml	area total m2	cantidad (u)	vol. total m3
			5.60	0.15	3.5	19.6		
	cemento	0.03					7.35	
	arena de rio	0.0025						0.61
	block de 75k, 0.14 x 0.19 x 0.39	12.5					245.00	
10	solera intermedia	proporción	area total m2	largo ml	ancho ml	altura ml	cantidad (u)	vol. total m3
				20.62	0.15	0.2		0.62
	cemento	8.4					5.20	
	arena de rio	0.5						0.31
	pedrín	0.75						0.46
	tabla 1'x1'x9'	1.23	8.25	2.70	0.3		10.18	
		unidades	separación	largo ml (var)	total ml	t. quintales	total de varillas	total de libras
	hierro no. 3 (varillas long.)	4		20.62	82.48	1.06	13.75	

	hierro no. 2 (estribos)	103.1	0.2	0.55	56.71	0.32	9.45	
	alambre de amarre							6.86
11	solera corona	proporcion	area total m2	larg o ml	ancho ml	altura ml	cantida d (u)	vol. total m3
				20.62	0.15	0.3		0.93
	cemento	8.4					7.79	
	arena de rio	0.5						0.46
	pedrín	0.75						0.70
	tabla 1"x1'x9'	1.23	12.37	2.70	0.3		15.27	
		unidades	separacion	larg o ml (var)	total ml	t. quintales	total de varillas	total de libras
	hierro no. 3 (varillas long.)	4		20.62	82.48	1.06	13.75	
	hierro no. 2 (estribos)	103.1	0.2	0.75	77.33	0.43	12.89	
	alambre de amarre							7.44
12	vigas	proporcion	area total m2	larg o ml	ancho ml	altura ml	cantida d (u)	vol. total m3
				20.62	0.25	0.4		2.06
	cemento	8.4					17.32	
	arena de rio	0.5						1.03
	pedrín	0.75						1.55
	tabla 1"x1'x9'	1.23	20.62	2.70	0.3		25.46	
		unidades	separacion	larg o ml (var)	total ml	t. quintales	total de varillas	total de libras
	hierro no. 4 (varillas long.)	6		20.62	123.72	2.95	20.62	

	hierro no. 3 (varillas long.)	2		20.62	41.24	0.53	6.87	
	hierro no. 2 (estribos)	137.47	0.15	1.15	158.09	0.88	26.35	
	alambre de amarre							21.76
13	columnas principales	proporcion	area total m2	largo ml	seccion		cantidad (u)	vol. total m3
				3.50	0.15	0.2	11	1.16
	cemento	8.4					9.70	
	arena de rio	0.5						0.58
	pedrín	0.75						0.87
	tabla 1'x1'x9'	1.23	19.25	2.70	0.3		23.77	
		unidades	separacion	largo ml (var)	total ml	t. quintales	total de varillas	total de libras
	hierro no. 4 (varillas long.)	4		3.50	154	3.67	25.67	
	hierro no. 3 (varillas long.)	0		3.50	0	0.00	0.00	
	hierro no. 2 (estribos)	23.33	0.15	0.55	141.17	0.78	23.53	
	alambre de amarre							22.25
14	levantados	proporcion	largo ml	anch o ml	altura ml	area total m2	cantidad	vol. total m3
			20.62	0.15	3.5	72.17		
	cemento	0.015					13.53	
	arena de rio	0.0025						2.26
	block de 35k (0.14 x 0.19 x 0.39)	12.5					902.13	

15	losas	proporcion	area total m2	largo ml	ancho ml	altura ml	cantidad (u)	vol. total m3
			39.60	7.60	5.21	0.1	1	3.96
	cemento	8.4					33.26	
	arena de rio	0.5						1.98
	pedrín	0.75						2.97
	tabla 1'x1'x9'	1.23	0.81	2.70	0.3		32.07276	
	parales 2"x3"x9'	1.1		2.70	0.0762	0.0508	36.00	
	tendales 2"x3"x9'	1.5		2.70	0.0762	0.0508	26.40	
		unidades	separacion	largo ml (var)	total ml	t. quintales	total de varillas	total de libras
	hierro no. 4 (varillas long.)	26.05	0.2	0.00	0	0.00	0.00	
	hierro no. 3 (varillas long.)	26.05	0.2	7.60	197.98	2.54	33.00	
	hierro no. 4 (var. transversales)	38	0.2	0.00	0	0.00	0.00	
	hierro no. 3 (var. transversales)	38	0.2	5.21	197.98	2.54	33.00	
	hierro no. 3 (bastones s. corto)	78.15	0.2	0.76	59.394	0.76	9.90	
	hierro no. 3 (bastones s. long.)	114	0.2	1.04	118.788	1.52	19.80	
	alambre de amarre							36.80
	clavo de 2"							3.21
	clavo de 3"							3.12

17	repello en paredes	proporcion	area total m2	largo ml	altura ml	espesor	cantidad (u)	vol. total m3
			79.19	7.60	5.21	0.03		2.38
	cemento	5					11.88	
	arena de rio	4						1.48
	cemix adeblock bolsa 20kg.	0.5					39.60	
18	drenajes						cantidad (u)	
	tubo 6" pvc drenajes						3	
	tubo 10" pvc drenajes						1	
19	plomeria						cantidad (u)	
	tubo 1/2" pvc						6	

Fuente: Muralles, R., marzo de 2021

#### Clorinador y caja de muestra

Clorinador: 2.24 metros de largo por 3.01 de ancho con una altura de 2.50, 2 metros de tubo de 6 pulgadas.

Caja de muestras: 1.63 metros de largo por 1.60 de ancho con una altura de 2.50

9 columnas de 4 hierros de 3/8.

no.	descripció n			largo ml	ancho ml	altura ml	area total m2	vol. total m3
1	limpieza de terreno			7.65	7.68	0.05	58.75	
2	extraccion materiales de desperdicio			7.65	7.68	0.05		2.94
3	trazo y estaqueado			7.65	7.68		58.75	
4	zanjeo para cimentacion			7.65	7.68	0.80		47.00

5	zapatas	proporcion	cantidad	largo ml	ancho ml	altura ml		vol. total m3
			9	0.9	0.9	0.2		1.458
	cemento	8.4					12.25	
	arena de rio	0.5						0.73
	pedrín	0.75						1.09
		no. var/zapata	no. de zapatas	largo ml	total ml	t. quintales	total de varillas	total de libras
	hierro no. 4	16	9	0.80	115.2	0.64	19.20	
	alambre de amarre							3.20
6	cimiento corrido	proporcion	area total m2	largo ml	ancho ml	altura ml	cantidad (u)	vol. total m3
				7.65	7.68	0.2		11.7504
	cemento	8.4					98.70	
	arena de rio	0.5						5.88
	pedrín	0.75						8.81
		unidades	separacion	largo ml (var)	total ml	t. quintales	total de varillas	total de libras
	hierro no. 3 (varillas long.)	3		7.65	22.95	0.29	3.83	
	hierro no. 2 (eslabones)	38.25	0.2	7.68	293.76	1.63	48.96	
	alambre de amarre							9.63
7	solera hidrofuga	proporcion	area total m2	largo ml	ancho ml	altura ml	cantidad (u)	vol. total m3
				7.65	0.15	0.2		0.2295
	cemento	8.4					1.93	

	arena de rio	0.5						0.11
	piedrín	0.75						0.17
	tabla 1'x1'x9'	1.23	3.06	2.70	0.3		3.78	
		unidades	separación	largo ml (var)	total ml	t. quintales	total de varillas	total de libras
	hierro no. 3 (varillas long.)	4		7.65	30.6	0.39	5.10	
	hierro no. 2 (estribos)	38.25	0.2	0.55	21.0375	0.12	3.51	
	alambre de amarre							2.55
8	solera de amarre	proporción	area total m2	largo ml	ancho ml	altura ml	cantidad (u)	vol. total m3
				15.33	0.15	0.2		0.4599
	cemento	8.4					3.86	
	arena de rio	0.5						0.23
	piedrín	0.75						0.34
	tabla 1'x1'x9'	1.23	6.13	2.70	0.3		7.57	
		unidades	separación	largo ml (var)	total ml	t. quintales	total de varillas	total de libras
	hierro no. 3 (varillas long.)	4		15.33	61.32	0.79	10.22	
	hierro no. 2 (estribos)	76.65	0.2	0.55	42.1575	0.23	7.03	
	alambre de amarre							5.10
9	levantado bajo s.h.	proporción	largo ml	ancho ml	altura ml	area total m2	cantidad (u)	vol. total m3



			7.65	0.15	0.4	3.06		
	cemento	0.03					1.15	
	arena de rio	0.0025						0.10
	block de 75k, 0.14 x 0.19 x 0.39	12.5					38.25	
10	solera intermedia	proporcion	area total m2	largo ml	ancho ml	altura ml	cantidad (u)	vol. total m3
				15.33	0.15	0.2		0.46
	cemento	8.4					3.86	
	arena de rio	0.5						0.23
	pedrín	0.75						0.34
	tabla 1'x1'x9'	1.23	6.13	2.70	0.3		7.57	
		unidades	separacion	largo ml (var)	total ml	t. quintales	total de varillas	total de libras
	hierro no. 3 (varillas long.)	4		15.33	61.32	0.79	10.22	
	hierro no. 2 (estribos)	76.65	0.2	0.55	42.16	0.23	7.03	
	alambre de amarre							5.10
11	solera corona	proporcion	area total m2	largo ml	ancho ml	altura ml	cantidad (u)	vol. total m3
				15.33	0.15	0.3		0.69
	cemento	8.4					5.79	
	arena de rio	0.5						0.34
	pedrín	0.75						0.52
	tabla 1'x1'x9'	1.23	9.20	2.70	0.3		11.36	

		unidades	separación	largo ml (var)	total ml	t. quintales	total de varillas	total de libras
	hierro no. 3 (varillas long.)	4		15.33	61.32	0.79	10.22	
	hierro no. 2 (estribos)	76.65	0.2	0.75	57.49	0.32	9.58	
	alambre de amarre							5.53
12	vigas	proporción	area total m2	largo ml	ancho ml	altura ml	cantidad (u)	vol. total m3
				15.33	0.25	0.4		1.53
	cemento	8.4					12.88	
	arena de río	0.5						0.77
	piedrín	0.75						1.15
	tabla 1'x1'x9'	1.23	15.33	2.70	0.3		18.93	
		unidades	separación	largo ml (var)	total ml	t. quintales	total de varillas	total de libras
	hierro no. 4 (varillas long.)	6		15.33	91.98	2.19	15.33	
	hierro no. 3 (varillas long.)	2		15.33	30.66	0.39	5.11	
	hierro no. 2 (estribos)	102.20	0.15	1.15	117.53	0.65	19.59	
	alambre de amarre							16.18
13	columnas principales	proporción	area total m2	largo ml	sección		cantidad (u)	vol. total m3
				2.50	0.15	0.2	9	0.68
	cemento	8.4					5.67	

	arena de rio	0.5						0.34
	piedrín	0.75						0.51
	tabla 1'x1'x9'	1.23	11.25	2.70	0.3		13.89	
		unidades	separación	largo ml (var)	total ml	t. quintales	total de varillas	total de libras
	hierro no. 4 (varillas long.)	4		2.50	90	2.14	15.00	
	hierro no. 3 (varillas long.)	0		2.50	0	0.00	0.00	
	hierro no. 2 (estribos)	16.67	0.15	0.55	82.50	0.46	13.75	
	alambre de amarre							13.01
14	levantados	proporción	largo ml	ancho ml	altura ml	area total m2	cantidad	vol. total m3
			15.33	0.15	2.5	38.325		
	cemento	0.015					7.19	
	arena de rio	0.0025						1.20
	block de 35k (0.14 x 0.19 x 0.39)	12.5					479.06	
15	losas	proporción	area total m2	largo ml	ancho ml	altura ml	cantidad (u)	vol. total m3
			17.82	4.64	3.84	0.1	1	1.78
	cemento	8.4					14.97	
	arena de rio	0.5						0.89
	piedrín	0.75						1.34
	tabla 1'x1'x9'	1.23	0.81	2.70	0.3		14.432256	
	parales 2"x3"x9'	1.1		2.70	0.0762	0.0508	16.20	

	tendales 2"x3"x9'	1.5		2.70	0.076 2	0.0508	11.88	
		unidades	separación	largo ml (var)	total ml	t. quintales	total de varillas	total de libras
	hierro no. 4 (varillas long.)	19.2	0.2	0.00	0	0.00	0.00	
	hierro no. 3 (varillas long.)	19.2	0.2	4.64	89.08	1.14	14.85	
	hierro no. 4 (var. transversales)	23.2	0.2	0.00	0	0.00	0.00	
	hierro no. 3 (var. transversales)	23.2	0.2	3.84	89.08	1.14	14.85	
	hierro no. 3 (bastones s. corto)	57.6	0.2	0.46	26.72	0.34	4.45	
	hierro no. 3 (bastones s. long.)	69.6	0.2	0.77	53.45	0.69	8.91	
	alambre de amarre							16.56
	clavo de 2"							1.44
	clavo de 3"							1.40
17	repello en paredes	proporción	area total m2	largo ml	altura ml	espesor	cantidad (u)	vol. total m3
			35.64	4.64	3.84	0.03		1.07
	cemento	5					5.35	
	arena de río	4						0.67
	cemix adeblock	0.5					17.82	

	bolsa 20kg.						
18	drenajes					cantidad (u)	
	tubo 6" pvc drenajes					2	

Fuente: Muralles, R., marzo de 2021

#### Filtro anaerobio de flujo ascendente (F.A.F.A.)

12.02 metros de largo por 10.03 de ancho con una altura de 3.30 y una compuerta de 1 metro cuadrado.

4 uniones de 10 pulgadas, 2 codos de 10 pulgadas, 1 T de 10 pulgadas, 49.5 metros de tubo de 10 pulgadas, 1 union de 6 pulgadas, 3 codos de 6 pulgadas, 1 T de 6 pulgadas, 17.50 metros de tubo de 6 pulgadas.

14 columnas con 4 hierros de 3/8.

n o.	descripció n			larg o ml	ancho ml	altura ml	area total m2	vol. total m3
1	limpieza de terreno			11.03	12.02	0.05	132.58	
2	extraccion materiales de desperdicio			11.03	12.02	0.05		6.63
3	trazo y estaqueado			10.03	12.02		120.56	
4	zanjeo para cimentacion			10.03	12.02	0.80		96.45
5	zapatas	proporc ion	cantida d	larg o ml	ancho ml	altura ml		vol. total m3
			14	0.9	0.9	0.2		2.268
	cemento	8.4					19.05	
	arena de rio	0.5						1.13
	piedrín	0.75						1.70
		no. var/zap ata	no. de zapatas	larg o ml	total ml	t. quintales	total de varillas	total de libras
	hierro no. 4	16	14	0.80	179.2	1.00	29.87	

	alambre de amarre							4.98
6	cimiento corrido	proporción	area total m2	largo ml	ancho ml	altura ml	cantidad (u)	vol. total m3
				10.03	12.02	0.2		24.11212
	cemento	8.4					202.54	
	arena de rio	0.5						12.06
	piedrín	0.75						18.08
		unidades	separación	largo ml (var)	total ml	t. quintales	total de varillas	total de libras
	hierro no. 3 (varillas long.)	3		10.03	30.09	0.39	5.02	
	hierro no. 2 (eslabones)	50.15	0.2	12.02	602.803	3.35	100.47	
	alambre de amarre							18.67
7	solera hidrofuga	proporción	area total m2	largo ml	ancho ml	altura ml	cantidad (u)	vol. total m3
				10.03	0.15	0.2		0.3009
	cemento	8.4					2.53	
	arena de rio	0.5						0.15
	piedrín	0.75						0.23
	tabla 1'x1'x9'	1.23	4.01	2.70	0.3		4.95	
		unidades	separación	largo ml (var)	total ml	t. quintales	total de varillas	total de libras
	hierro no. 3 (varillas long.)	4		10.03	40.12	0.51	6.69	

	hierro no. 2 (estribos)	50.15	0.2	0.55	27.5825	0.15	4.60	
	alambre de amarre							3.34
8	solera de amarre	proporción	area total m2	largo ml	ancho ml	altura ml	cantidad (u)	vol. total m3
				59.62	0.15	0.2		1.7886
	cemento	8.4					15.02	
	arena de rio	0.5						0.89
	pedrín	0.75						1.34
	tabla 1'x1'x9'	1.23	23.85	2.70	0.3		29.44	
		unidades	separación	largo ml (var)	total ml	t. quintales	total de varillas	total de libras
	hierro no. 3 (varillas long.)	4		59.62	238.48	3.06	39.75	
	hierro no. 2 (estribos)	298.1	0.2	0.55	163.955	0.91	27.33	
	alambre de amarre							19.84
9	levantado bajo s.h.	proporción	largo ml	ancho ml	altura ml	area total m2	cantidad (u)	vol. total m3
			59.62	0.15	1	59.62		
	cemento	0.03					22.36	
	arena de rio	0.0025						1.86
	block de 75k, 0.14 x 0.19 x 0.39	12.5					745.25	
10	solera intermedia	proporción	area total m2	largo ml	ancho ml	altura ml	cantidad (u)	vol. total m3

				59.6 2	0.15	0.2		1.79
	cemento	8.4					15.02	
	arena de rio	0.5						0.89
	piedrín	0.75						1.34
	tabla 1'x1'x9'	1.23	23.85	2.70	0.3		29.44	
		unidade s	separaci on	larg o ml (var )	total ml	t. quinta les	total de varillas	total de libras
	hierro no. 3 (varillas long.)	4		59.6 2	238.48	3.06	39.75	
	hierro no. 2 (estribos)	298.1	0.2	0.55	163.96	0.91	27.33	
	alambre de amarre							19.84
1 1	solera corona	proporc ion	area total m2	larg o ml	ancho ml	altura ml	cantidad (u)	vol. total m3
				59.6 2	0.15	0.3		2.68
	cemento	8.4					22.54	
	arena de rio	0.5						1.34
	piedrín	0.75						2.01
	tabla 1'x1'x9'	1.23	35.77	2.70	0.3		44.16	
		unidade s	separaci on	larg o ml (var )	total ml	t. quinta les	total de varillas	total de libras
	hierro no. 3 (varillas long.)	4		59.6 2	238.48	3.06	39.75	
	hierro no. 2 (estribos)	298.1	0.2	0.75	223.58	1.24	37.26	
	alambre de amarre							21.50



1 2	vigas	proporc ion	area total m2	larg o ml	ancho ml	altura ml	cantidad (u)	vol. total m3
				59.6 2	0.25	0.4		5.96
	cemento	8.4					50.08	
	arena de rio	0.5						2.98
	piedrín	0.75						4.47
	tabla 1'x1'x9'	1.23	59.62	2.70	0.3		73.60	
		unidade s	separaci on	larg o ml (var )	total ml	t. quinta les	total de varillas	total de libras
	hierro no. 4 (varillas long.)	6		59.6 2	357.72	8.52	59.62	
	hierro no. 3 (varillas long.)	2		59.6 2	119.24	1.53	19.87	
	hierro no. 2 (estribos)	397.47	0.15	1.15	457.09	2.54	76.18	
	alambre de amarre							62.93
1 3	columnas principale s	proporc ion	area total m2	larg o ml	seccion		cantidad (u)	vol. total m3
				3.30	0.15	0.2	14	1.39
	cemento	8.4					11.64	
	arena de rio	0.5						0.69
	piedrín	0.75						1.04
	tabla 1'x1'x9'	1.23	23.10	2.70	0.3		28.52	
		unidade s	separaci on	larg o ml (var )	total ml	t. quinta les	total de varillas	total de libras
	hierro no. 4 (varillas long.)	4		3.30	184.8	4.40	30.80	

	hierro no. 3 (varillas long.)	0		3.30	0	0.00	0.00	
	hierro no. 2 (estribos)	22.00	0.15	0.55	169.40	0.94	28.23	
	alambre de amarre							26.71
14	levantados	proporción	largo ml	ancho ml	altura ml	area total m2	cantidad	vol. total m3
			59.62	0.15	3.3	196.746		
	cemento	0.015					36.89	
	arena de río	0.0025						6.15
	block de 35k (0.14 x 0.19 x 0.39)	12.5					2459.33	
15	losas	proporción	area total m2	largo ml	ancho ml	altura ml	cantidad (u)	vol. total m3
			143.61	13.02	11.03	0.1	1	14.36
	cemento	8.4					120.63	
	arena de río	0.5						7.18
	pedrín	0.75						10.77
	tabla 1'x1'x9'	1.23	0.81	2.70	0.3		116.324586	
	parales 2"x3"x9'	1.1		2.70	0.0762	0.0508	130.56	
	tendales 2"x3"x9'	1.5		2.70	0.0762	0.0508	95.74	
		unidades	separación	largo ml (var)	total ml	t. quintales	total de varillas	total de libras
	hierro no. 4 (varillas long.)	55.15	0.2	0.00	0	0.00	0.00	

	hierro no. 3 (varillas long.)	55.15	0.2	13.0 2	718.05 3	9.21	119.68	
	hierro no. 4 (var. transversales)	65.1	0.2	0.00	0	0.00	0.00	
	hierro no. 3 (var. transversales)	65.1	0.2	11.0 3	718.05 3	9.21	119.68	
	hierro no. 3 (bastones s. corto)	165.45	0.2	1.30	215.41 59	2.76	35.90	
	hierro no. 3 (bastones s. long.)	195.3	0.2	2.21	430.83 18	5.52	71.81	
	alambre de amarre							133.48
	clavo de 2"							11.63
	clavo de 3"							11.31
1 7	repello en paredes	proporc ion	area total m2	larg o ml	altura ml	espeso r	cantidad (u)	vol. total m3
			287.22	13.0 2	11.03	0.03		8.62
	cemento	5					43.08	
	arena de rio	4						5.37
	cemix adeblock bolsa 20kg.	0.5					143.61	
1 8	drenajes						cantidad (u)	
	tubo 10" pvc drenajes						50	

	tubo 6" pvc drenajes						18	
	union 10" pvc drenajes						4	
	codos de 10" pvc drenajes						2	
	t de 10" pvc drenajes						1	
	codo de 6" PVC drenajes						3	
	T de 6" PVC drenajes						1	
	union de 6" PVC drenajes						1	

Fuente: Muralles, R., marzo de 2021

### Patio de lodos

7.60 metros de largo por 4.75 de ancho con una altura de 2.30.

15 metros de tubo de 6 pulgadas, 1 T de 6 pulgadas y 2 codos de 6 pulgadas.

8 columnas con 4 hierros de 3/8.

no .	descripción			largo ml	anch o ml	altura ml	area total m2	vol. total m3
1	limpieza de terreno			7.60	4.75	0.05	36.10	
2	extraccion materiales de desperdicio			7.60	4.75	0.05		1.81
3	trazo y estaqueado			7.60	4.75		36.10	
4	zanjeo para cimentacion			7.60	4.75	0.80		28.88
5	zapatas	proporcion	cantidad	largo ml	anch o ml	altura ml		vol. total m3

			8	0.9	0.9	0.2		1.29 6
	cemento	8.4					10.89	
	arena de rio	0.5						0.65
	pedrín	0.75						0.97
		no. var/zapat a	no. de zapatas	largo ml	total ml	t. quintal es	total de varilla s	total de libra s
	hierro no. 4	16	8	0.80	102.4	0.57	17.07	
	alambre de amarre							2.84
6	cimiento corrido	proporci on	area total m2	largo ml	anch o ml	altura ml	cantida d (u)	vol. total m3
				7.60	4.75	0.2		7.22
	cemento	8.4					60.65	
	arena de rio	0.5						3.61
	pedrín	0.75						5.42
		unidades	separaci on	largo ml (var)	total ml	t. quintal es	total de varilla s	total de libra s
	hierro no. 3 (varillas long.)	3		7.60	22.8	0.29	3.80	
	hierro no. 2 (eslabones)	38	0.2	4.75	180.5	1.00	30.08	
	alambre de amarre							6.48
7	solera hidrofuga	proporci on	area total m2	largo ml	anch o ml	altura ml	cantida d (u)	vol. total m3
				7.60	0.15	0.2		0.22 8
	cemento	8.4					1.92	
	arena de rio	0.5						0.11
	pedrín	0.75						0.17
	tabla 1'x1'x9'	1.23	3.04	2.70	0.3		3.75	
		unidades	separaci on	largo ml (var)	total ml	t. quintal es	total de	total de

							varillas	libras
	hierro no. 3 (varillas long.)	4		7.60	30.4	0.39	5.07	
	hierro no. 2 (estribos)	38	0.2	0.55	20.9	0.12	3.48	
	alambre de amarre							2.53
8	solera de amarre	proporcion	area total m2	largo ml	anch o ml	altura ml	cantidad (u)	vol. total m3
				24.70	0.15	0.2		0.741
	cemento	8.4					6.22	
	arena de rio	0.5						0.37
	pedrín	0.75						0.56
	tabla 1"x1'x9'	1.23	9.88	2.70	0.3		12.20	
		unidades	separacion	largo ml (var)	total ml	t. quintales	total de varillas	total de libras
	hierro no. 3 (varillas long.)	4		24.70	98.8	1.27	16.47	
	hierro no. 2 (estribos)	123.5	0.2	0.55	67.925	0.38	11.32	
	alambre de amarre							8.22
9	levantado bajo s.h.	proporcion	largo ml	anch o ml	altura ml	area total m2	cantidad (u)	vol. total m3
			24.70	0.15	1	24.7		
	cemento	0.03					9.26	
	arena de rio	0.0025						0.77
	block de 75k, 0.14 x 0.19 x 0.39	12.5					308.75	
10	solera intermedia	proporcion	area total m2	largo ml	anch o ml	altura ml	cantidad (u)	vol. total m3

				24.70	0.15	0.2		0.74
	cemento	8.4					6.22	
	arena de rio	0.5						0.37
	pedrín	0.75						0.56
	tabla 1'x1'x9'	1.23	9.88	2.70	0.3		12.20	
		unidades	separacion	largo ml (var)	total ml	t. quintales	total de varillas	total de libras
	hierro no. 3 (varillas long.)	4		24.70	98.8	1.27	16.47	
	hierro no. 2 (estribos)	123.5	0.2	0.55	67.93	0.38	11.32	
	alambre de amarre							8.22
11	solera corona	proporcion	area total m2	largo ml	anch o ml	altura ml	cantida d (u)	vol. total m3
				24.70	0.15	0.3		1.11
	cemento	8.4					9.34	
	arena de rio	0.5						0.56
	pedrín	0.75						0.83
	tabla 1'x1'x9'	1.23	14.82	2.70	0.3		18.30	
		unidades	separacion	largo ml (var)	total ml	t. quintales	total de varillas	total de libras
	hierro no. 3 (varillas long.)	4		24.70	98.8	1.27	16.47	
	hierro no. 2 (estribos)	123.5	0.2	0.75	92.63	0.51	15.44	
	alambre de amarre							8.91
12	vigas	proporcion	area total m2	largo ml	anch o ml	altura ml	cantida d (u)	vol. total m3

				24.70	0.25	0.4		2.47
	cemento	8.4					20.75	
	arena de rio	0.5						1.24
	pedrín	0.75						1.85
	tabla 1"x1'x9'	1.23	24.70	2.70	0.3		30.49	
		unidades	separacion	largo ml (var)	total ml	t. quintales	total de varillas	total de libras
	hierro no. 4 (varillas long.)	6		24.70	148.2	3.53	24.70	
	hierro no. 3 (varillas long.)	2		24.70	49.4	0.63	8.23	
	hierro no. 2 (estribos)	164.67	0.15	1.15	189.37	1.05	31.56	
	alambre de amarre							26.07
13	columnas principales	proporcion	area total m2	largo ml	seccion		cantidad (u)	vol. total m3
				2.30	0.15	0.2	8	0.55
	cemento	8.4					4.64	
	arena de rio	0.5						0.28
	pedrín	0.75						0.41
	tabla 1"x1'x9'	1.23	9.20	2.70	0.3		11.36	
		unidades	separacion	largo ml (var)	total ml	t. quintales	total de varillas	total de libras
	hierro no. 4 (varillas long.)	4		2.30	73.6	1.75	12.27	
	hierro no. 3 (varillas long.)	0		2.30	0	0.00	0.00	
	hierro no. 2 (estribos)	15.33	0.15	0.55	67.47	0.37	11.24	



	alambre de amarre							10.64
14	levantados	proporcion	largo ml	ancho ml	altura ml	area total m2	cantidad	vol. total m3
			24.70	0.15	2.3	56.81		
	cemento	0.015					10.65	
	arena de rio	0.0025						1.78
	block de 35k (0.14 x 0.19 x 0.39)	12.5					710.13	
15	losas	proporcion	area total m2	largo ml	ancho ml	altura ml	cantidad (u)	vol. total m3
			36.10	7.60	4.75	0.1	1	3.61
	cemento	8.4					30.32	
	arena de rio	0.5						1.81
	pedrín	0.75						2.71
	tabla 1"x1'x9'	1.23	0.81	2.70	0.3		29.241	
	parales 2"x3"x9'	1.1		2.70	0.076 2	0.0508	32.82	
	tendales 2"x3"x9'	1.5		2.70	0.076 2	0.0508	24.07	
		unidades	separacion	largo ml (var)	total ml	t. quintales	total de varillas	total de libras
	hierro no. 4 (varillas long.)	23.75	0.2	0.00	0	0.00	0.00	
	hierro no. 3 (varillas long.)	23.75	0.2	7.60	180.5	2.31	30.08	
	hierro no. 4 (var. transversales)	38	0.2	0.00	0	0.00	0.00	
	hierro no. 3 (var. transversales)	38	0.2	4.75	180.5	2.31	30.08	

	hierro no. 3 (bastones s. corto)	71.25	0.2	0.76	54.15	0.69	9.03	
	hierro no. 3 (bastones s. long.)	114	0.2	0.95	108.3	1.39	18.05	
	alambre de amarre							33.55
	clavo de 2"							2.92
	clavo de 3"							2.84
17	repello en paredes	proporcion	area total m2	largo ml	altura ml	espesor	cantidad (u)	vol. total m3
			72.20	7.60	4.75	0.03		2.17
	cemento	5					10.83	
	arena de rio	4						1.35
	cemix adeblock bolsa 20kg.	0.5					36.10	
18	drenajes						cantidad (u)	
	tubo 6" pvc drenajes						15	
	t 6" pvc drenajes						1	
	codo 6" pvc drenajes						2	

Fuente: Muralles, R., marzo de 2021

### Reactor anaerobio de flujo ascendente (R.A.F.A.)

6.10 metros de largo por 2.90 de ancho con una altura de 3.30 y una compuerta de 1 metro cuadrado.

8 metros de tubo de 6 pulgadas, 20 metros de tubo de 10 pulgadas y 1 codo de 6 pulgadas.

9 columnas de 4 hierros de 3/8.

no.	descripción			largo ml	anch o ml	altura ml	area total m2	vol. total m3
1	limpieza de terreno			6.10	3.9	0.05	23.79	
2	extraccion materiales de desperdicio			6.10	3.9	0.05		1.19
3	trazo y estaqueado			6.10	3.9		23.79	
4	zanjeo para cimentacion			6.10	3.9	0.80		19.03
5	zapatas	proporcion	cantidad	largo ml	anch o ml	altura ml		vol. total m3
			9	0.9	0.9	0.2		1.458
	cemento	8.4					12.25	
	arena de rio	0.5						0.73
	pedrín	0.75						1.09
		no. var/zapata	no. de zapatas	largo ml	total ml	t. quintales	total de varillas	total de libras
	hierro no. 4	16	9	0.80	115.2	0.64	19.20	
	alambre de amarre							3.20
6	cimiento corrido	proporcion	area total m2	largo ml	anch o ml	altura ml	cantida d (u)	vol. total m3
				6.10	3.9	0.2		4.758
	cemento	8.4					39.97	
	arena de rio	0.5						2.38
	pedrín	0.75						3.57
		unidades	separacion	largo ml (var)	total ml	t. quintales	total de varillas	total de libras
	hierro no. 3 (varillas long.)	3		6.10	18.3	0.23	3.05	
	hierro no. 2 (eslabones)	30.5	0.2	3.90	118.95	0.66	19.83	
	alambre de amarre							4.48

7	solera hidrofuga	proporcion	area total m2	largo ml	anch o ml	altura ml	cantida d (u)	vol. total m3
				6.10	0.15	0.2		0.183
	cemento	8.4					1.54	
	arena de rio	0.5						0.09
	pedrín	0.75						0.14
	tabla 1'x1'x9'	1.23	2.44	2.70	0.3		3.01	
		unidades	separacion	largo ml (var)	total ml	t. quintales	total de varillas	total de libras
	hierro no. 3 (varillas long.)	4		6.10	24.4	0.31	4.07	
	hierro no. 2 (estribos)	30.5	0.2	0.55	16.775	0.09	2.80	
	alambre de amarre							2.03
8	solera de amarre	proporcion	area total m2	largo ml	anch o ml	altura ml	cantida d (u)	vol. total m3
				22.10	0.15	0.2		0.663
	cemento	8.4					5.57	
	arena de rio	0.5						0.33
	pedrín	0.75						0.50
	tabla 1'x1'x9'	1.23	8.84	2.70	0.3		10.91	
		unidades	separacion	largo ml (var)	total ml	t. quintales	total de varillas	total de libras
	hierro no. 3 (varillas long.)	4		22.10	88.4	1.13	14.73	
	hierro no. 2 (estribos)	110.5	0.2	0.55	60.775	0.34	10.13	
	alambre de amarre							7.35

9	levantado bajo s.h.	proporcion	largo ml	ancho ml	altura ml	area total m2	cantidad (u)	vol. total m3
			21.10	0.15	3.3	69.63		
	cemento	0.03					26.11	
	arena de rio	0.0025						2.18
	block de 75k, 0.14 x 0.19 x 0.39	12.5					870.38	
10	solera intermedia	proporcion	area total m2	largo ml	ancho ml	altura ml	cantidad (u)	vol. total m3
				21.10	0.15	0.2		0.63
	cemento	8.4					5.32	
	arena de rio	0.5						0.32
	pedrín	0.75						0.47
	tabla 1'x1'x9'	1.23	8.44	2.70	0.3		10.42	
		unidades	separacion	largo ml (var)	total ml	t. quintales	total de varillas	total de libras
	hierro no. 3 (varillas long.)	4		21.10	84.4	1.08	14.07	
	hierro no. 2 (estribos)	105.5	0.2	0.55	58.03	0.32	9.67	
	alambre de amarre							7.02
11	solera corona	proporcion	area total m2	largo ml	ancho ml	altura ml	cantidad (u)	vol. total m3
				21.10	0.15	0.3		0.95
	cemento	8.4					7.98	
	arena de rio	0.5						0.47
	pedrín	0.75						0.71
	tabla 1'x1'x9'	1.23	12.66	2.70	0.3		15.63	
		unidades	separacion	largo ml (var)	total ml	t. quintales	total de	total de

							varillas	libras
	hierro no. 3 (varillas long.)	4		21.10	84.4	1.08	14.07	
	hierro no. 2 (estribos)	105.5	0.2	0.75	79.13	0.44	13.19	
	alambre de amarre							7.61
12	vigas	proporcion	area total m2	largo ml	anch o ml	altura ml	cantida d (u)	vol. total m3
				21.10	0.25	0.4		2.11
	cemento	8.4					17.72	
	arena de rio	0.5						1.06
	pedrín	0.75						1.58
	tabla 1"x1'x9'	1.23	21.10	2.70	0.3		26.05	
		unidades	separacion	largo ml (var)	total ml	t. quintales	total de varillas	total de libras
	hierro no. 4 (varillas long.)	6		21.10	126.6	3.01	21.10	
	hierro no. 3 (varillas long.)	2		21.10	42.2	0.54	7.03	
	hierro no. 2 (estribos)	140.67	0.15	1.15	161.77	0.90	26.96	
	alambre de amarre							22.27
13	columnas principales	proporcion	area total m2	largo ml	seccion		cantida d (u)	vol. total m3
				3.30	0.15	0.2	9	0.89
	cemento	8.4					7.48	
	arena de rio	0.5						0.45
	pedrín	0.75						0.67
	tabla 1"x1'x9'	1.23	14.85	2.70	0.3		18.33	

		unidades	separacion	largo ml (var)	total ml	t. quintales	total de varillas	total de libras
	hierro no. 4 (varillas long.)	4		3.30	118.8	2.83	19.80	
	hierro no. 3 (varillas long.)	0		3.30	0	0.00	0.00	
	hierro no. 2 (estribos)	22.00	0.15	0.55	108.90	0.61	18.15	
	alambre de amarre							17.17
14	levantados	proporcion	largo ml	ancho ml	altura ml	area total m2	cantidad	vol. total m3
			21.10	0.15	3.3	69.63		
	cemento	0.015					13.06	
	arena de rio	0.0025						2.18
	block de 35k (0.14 x 0.19 x 0.39)	12.5					870.38	
15	losas	proporcion	area total m2	largo ml	ancho ml	altura ml	cantidad (u)	vol. total m3
			23.79	6.10	3.9	0.1	1	2.38
	cemento	8.4					19.98	
	arena de rio	0.5						1.19
	pedrín	0.75						1.78
	tabla 1"x1'x9'	1.23	0.81	2.70	0.3		19.2699	
	parales 2"x3"x9'	1.1		2.70	0.0762	0.0508	21.63	
	tendales 2"x3"x9'	1.5		2.70	0.0762	0.0508	15.86	
		unidades	separacion	largo ml (var)	total ml	t. quintales	total de varillas	total de libras

	hierro no. 4 (varillas long.)	19.5	0.2	0.00	0	0.00	0.00	
	hierro no. 3 (varillas long.)	19.5	0.2	6.10	118.9 5	1.53	19.83	
	hierro no. 4 (var. transversal es)	30.5	0.2	0.00	0	0.00	0.00	
	hierro no. 3 (var. transversal es)	30.5	0.2	3.90	118.9 5	1.53	19.83	
	hierro no. 3 (bastones s. corto)	58.5	0.2	0.61	35.68 5	0.46	5.95	
	hierro no. 3 (bastones s. long.)	91.5	0.2	0.78	71.37	0.92	11.90	
	alambre de amarre							22.1 1
	clavo de 2"							1.93
	clavo de 3"							1.87
17	repello en paredes	proporci on	area total m2	largo ml	altura ml	espesor	cantida d (u)	vol. total m3
			47.58	6.10	3.9	0.03		1.43
	cemento	5					7.14	
	arena de rio	4						0.89
	cemix adeblock bolsa 20kg.	0.5					23.79	
18	pisos	proporci on	area total m2	largo ml	anch o ml	altura ml	cantida d (u)	vol. total m3
	piso	1.1	23.79	6.10	3.9		26.17	
	azulejo	1.1	20	10.0 0		2	22.00	
	pegamento para piso	0.9					21.41	



	material de estuque para piso	0.08					1.90	
	pegamento para azulejo	0.9					18.00	
	material de estuque para azulejo	0.08					1.60	
19	drenajes						cantidad (u)	
	tubo 6" pvc drenajes						8	
	tubo 10" pvc drenajes						20	
	codo 6" pvc drenajes						1	

Fuente: Muralles, R., marzo de 2021

#### Canal de rejas y desarenador y trampa de grasas

Trampa de grasas de 1.85 de largo por 1.40 de ancho con una altura de 1.50.

Canal de rejas y desarenador de 1.68 de largo por 5.72 de ancho teniendo en las rejillas 2.46 de largo por 0.80 de ancho

1 metro de tubo de 10 pulgadas

10 columnas con 4 hierros de 3/8.

no.	descripción			largo ml	ancho ml	altura ml	area total m2	vol. total m3
1	limpieza de terreno			7.57	1.4	0.05	10.60	
2	extraccion materiales de desperdicio			7.57	1.4	0.05		0.53
3	trazo y estaqueado			7.57	1.4		10.60	
4	zanjeo para cimentacion			7.57	1.4	0.80		8.48
5	zapatas	proporcion	cantidad	largo ml	ancho ml	altura ml		vol. total m3

			10	0.9	0.9	0.2		1.62
	cemento	8.4					13.61	
	arena de rio	0.5						0.81
	pedrín	0.75						1.22
		no. var/zapata	no. de zapatas	largo ml	total ml	t. quintales	total de varillas	total de libras
	hierro no. 4	16	10	0.80	128	0.71	21.33	
	alambre de amarre							3.56
6	cimiento corrido	proporcion	area total m2	largo ml	ancho ml	altura ml	cantidad (u)	vol. total m3
				7.57	1.4	0.2		2.1196
	cemento	8.4					17.80	
	arena de rio	0.5						1.06
	pedrín	0.75						1.59
		unidades	separacion	largo ml (var)	total ml	t. quintales	total de varillas	total de libras
	hierro no. 3 (varillas long.)	3		7.57	22.71	0.29	3.79	
	hierro no. 2 (eslabones)	37.85	0.2	1.40	52.99	0.29	8.83	
	alambre de amarre							2.93
7	solera hidrofuga	proporcion	area total m2	largo ml	ancho ml	altura ml	cantidad (u)	vol. total m3
				7.57	0.15	0.2		0.2271
	cemento	8.4					1.91	
	arena de rio	0.5						0.11
	pedrín	0.75						0.17

	tabla 1'x1'x9'	1.23	3.03	2.70	0.3		3.74	
		unidades	separación	largo ml (var)	total ml	t. quintales	total de varillas	total de libras
	hierro no. 3 (varillas long.)	4		7.57	30.28	0.39	5.05	
	hierro no. 2 (estribos)	37.85	0.2	0.55	20.8175	0.12	3.47	
	alambre de amarre							2.52
8	solera de amarre	proporción	area total m2	largo ml	ancho ml	altura ml	cantidad (u)	vol. total m3
				22.99	0.15	0.2		0.6897
	cemento	8.4					5.79	
	arena de río	0.5						0.34
	piedrín	0.75						0.52
	tabla 1'x1'x9'	1.23	9.20	2.70	0.3		11.35	
		unidades	separación	largo ml (var)	total ml	t. quintales	total de varillas	total de libras
	hierro no. 3 (varillas long.)	4		22.99	91.96	1.18	15.33	
	hierro no. 2 (estribos)	114.95	0.2	0.55	63.2225	0.35	10.54	
	alambre de amarre							7.65
9	levantado bajo s.h.	proporción	largo ml	ancho ml	altura ml	area total m2	cantidad (u)	vol. total m3
			22.99	0.15	1	22.99		
	cemento	0.03					8.62	
	arena de río	0.0025						0.72

	block de 75k, 0.14 x 0.19 x 0.39	12.5					287.38	
10	solera intermedia	proporcion	area total m2	largo ml	ancho ml	altura ml	cantidad (u)	vol. total m3
				22.99	0.15	0.2		0.69
	cemento	8.4					5.79	
	arena de rio	0.5						0.34
	pedrín	0.75						0.52
	tabla 1'x1'x9'	1.23	9.20	2.70	0.3		11.35	
		unidades	separacion	largo ml (var)	total ml	t. quintales	total de varillas	total de libras
	hierro no. 3 (varillas long.)	4		22.99	91.96	1.18	15.33	
	hierro no. 2 (estribos)	114.95	0.2	0.55	63.22	0.35	10.54	
	alambre de amarre							7.65
11	solera corona	proporcion	area total m2	largo ml	ancho ml	altura ml	cantidad (u)	vol. total m3
				22.99	0.15	0.3		1.03
	cemento	8.4					8.69	
	arena de rio	0.5						0.52
	pedrín	0.75						0.78
	tabla 1'x1'x9'	1.23	13.79	2.70	0.3		17.03	
		unidades	separacion	largo ml (var)	total ml	t. quintales	total de varillas	total de libras
	hierro no. 3 (varillas long.)	4		22.99	91.96	1.18	15.33	

	hierro no. 2 (estribos)	114.95	0.2	0.75	86.21	0.48	14.37	
	alambre de amarre							8.29
12	vigas	proporcion	area total m2	largo ml	ancho ml	altura ml	cantidad (u)	vol. total m3
				22.99	0.25	0.4		2.30
	cemento	8.4					19.31	
	arena de rio	0.5						1.15
	pedrín	0.75						1.72
	tabla 1"x1'x9'	1.23	22.99	2.70	0.3		28.38	
		unidades	separacion	largo ml (var)	total ml	t. quintales	total de varillas	total de libras
	hierro no. 4 (varillas long.)	6		22.99	137.94	3.28	22.99	
	hierro no. 3 (varillas long.)	2		22.99	45.98	0.59	7.66	
	hierro no. 2 (estribos)	153.27	0.15	1.15	176.26	0.98	29.38	
	alambre de amarre							24.26
13	columnas principales	proporcion	area total m2	largo ml	seccion		cantidad (u)	vol. total m3
				2.35	0.15	0.2	10	0.71
	cemento	8.4					5.92	
	arena de rio	0.5						0.35
	pedrín	0.75						0.53
	tabla 1"x1'x9'	1.23	11.75	2.70	0.3		14.51	
		unidades	separacion	largo ml (var)	total ml	t. quintales	total de varillas	total de libras

	hierro no. 4 (varillas long.)	4		2.35	94	2.24	15.67	
	hierro no. 3 (varillas long.)	0		2.35	0	0.00	0.00	
	hierro no. 2 (estribos)	15.67	0.15	0.55	86.17	0.48	14.36	
	alambre de amarre							13.58
14	levantados	proporcion	largo ml	anch o ml	altura ml	area total m2	cantid ad	vol. total m3
			22.99	0.15	2.35	54.0265		
	cemento	0.015					10.13	
	arena de rio	0.0025						1.69
	block de 35k (0.14 x 0.19 x 0.39)	12.5					675.33	
15	losas	proporcion	area total m2	larg o ml	ancho ml	altura ml	cantid ad (u)	vol. total m3
			10.60	7.57	1.4	0.1	1	1.06
	cemento	8.4					8.90	
	arena de rio	0.5						0.53
	pedrín	0.75						0.79
	tabla 1'x1'x9'	1.23	0.81	2.70	0.3		8.58438	
	parales 2"x3"x9'	1.1		2.70	0.0762	0.0508	9.63	
	tendales 2"x3"x9'	1.5		2.70	0.0762	0.0508	7.07	
		unidades	separacion	larg o ml (var)	total ml	t. quintales	total de varillas	total de libras
	hierro no. 4 (varillas long.)	7	0.2	0.00	0	0.00	0.00	

	hierro no. 3 (varillas long.)	7	0.2	7.57	52.99	0.68	8.83	
	hierro no. 4 (var. transversales)	37.85	0.2	0.00	0	0.00	0.00	
	hierro no. 3 (var. transversales)	37.85	0.2	1.40	52.99	0.68	8.83	
	hierro no. 3 (bastones s. corto)	21	0.2	0.76	15.89 7	0.20	2.65	
	hierro no. 3 (bastones s. long.)	113.55	0.2	0.28	31.79 4	0.41	5.30	
	alambre de amarre							9.85
	clavo de 2"							0.86
	clavo de 3"							0.83
17	repello en paredes	proporcion	area total m2	largo ml	altura ml	espesor	cantidad (u)	vol. total m3
			21.20	7.57	1.4	0.03		0.64
	cemento	5					3.18	
	arena de rio	4						0.40
	cemix adeblock bolsa 20kg.	0.5					10.60	
18	pisos	proporcion	area total m2	largo ml	ancho ml	altura ml	cantidad (u)	vol. total m3
	piso	1.1	10.60	7.57	1.4		11.66	
	azulejo	1.1	20	10.00		2	22.00	
	pegamento para piso	0.9					9.54	
	material de estuque para piso	0.08					0.85	

	pegamento para azulejo	0.9					18.00	
	material de estuque para azulejo	0.08					1.60	
19	drenajes						cantidad (u)	
	tubo 4" pvc drenajes						1	

Fuente: Muralles, R., marzo de 2021

By pass

2.70 de largo por 1.20 de ancho con una altura de 1.40.

1 metro de tubo de 10 pulgadas.

no.	descripción			largo ml	ancho ml	altura ml	area total m2	vol. total m3
1	limpieza de terreno			2.70	1.2	0.05	3.24	
2	extraccion materiales de desperdicio			2.70	1.2	0.05		0.16
3	trazo y estaqueado			2.70	1.2		3.24	
4	zanjeo para cimentacion			2.70	1.2	0.80		2.59
5	zapatas	proporcion	cantidad	largo ml	ancho ml	altura ml		vol. total m3
			4	0.9	0.9	0.2		0.648
	cemento	8.4					5.44	
	arena de rio	0.5						0.32
	pedrín	0.75						0.49
		no. var/zapata	no. de zapatas	largo ml	total ml	t. quintales	total de varillas	total de libras
	hierro no. 4	16	4	0.80	51.2	0.28	8.53	
	alambre de amarre							1.42



6	cimiento corrido	proporcion	area total m2	largo ml	anch o ml	altura ml	cantida d (u)	vol. total m3
				7.80	1.2	0.2		1.872
	cemento	8.4					15.72	
	arena de rio	0.5						0.94
	pedrín	0.75						1.40
		unidades	separacion	largo ml (var)	total ml	t. quintales	total de varillas	total de libras
	hierro no. 3 (varillas long.)	3		7.80	23.4	0.30	3.90	
	hierro no. 2 (eslabones)	39	0.2	1.20	46.8	0.26	7.80	
	alambre de amarre							2.80
7	solera hidrofuga	proporcion	area total m2	largo ml	anch o ml	altura ml	cantida d (u)	vol. total m3
				7.80	0.15	0.2		0.234
	cemento	8.4					1.97	
	arena de rio	0.5						0.12
	pedrín	0.75						0.18
	tabla 1'x1'x9'	1.23	3.12	2.70	0.3		3.85	
		unidades	separacion	largo ml (var)	total ml	t. quintales	total de varillas	total de libras
	hierro no. 3 (varillas long.)	4		7.80	31.2	0.40	5.20	
	hierro no. 2 (estribos)	39	0.2	0.55	21.45	0.12	3.58	
	alambre de amarre							2.60
8	solera de amarre	proporcion	area total m2	largo ml	anch o ml	altura ml	cantida d (u)	vol. total m3

				7.80	0.15	0.2		0.234
	cemento	8.4					1.97	
	arena de rio	0.5						0.12
	pedrín	0.75						0.18
	tabla 1"x1'x9'	1.23	3.12	2.70	0.3		3.85	
		unidades	separación	largo ml (var)	total ml	t. quintales	total de varillas	total de libras
	hierro no. 3 (varillas long.)	4		7.80	31.2	0.40	5.20	
	hierro no. 2 (estribos)	39	0.2	0.55	21.45	0.12	3.58	
	alambre de amarre							2.60
9	levantado bajo s.h.	proporción	largo ml	ancho ml	altura ml	area total m2	cantidad (u)	vol. total m3
			7.80	0.15	1	7.8		
	cemento	0.03					2.93	
	arena de rio	0.0025						0.24
	block de 75k, 0.14 x 0.19 x 0.39	12.5					97.50	
10	solera intermedia	proporción	area total m2	largo ml	ancho ml	altura ml	cantidad (u)	vol. total m3
				7.80	0.15	0.2		0.23
	cemento	8.4					1.97	
	arena de rio	0.5						0.12
	pedrín	0.75						0.18
	tabla 1"x1'x9'	1.23	3.12	2.70	0.3		3.85	
		unidades	separación	largo ml (var)	total ml	t. quintales	total de varillas	total de libras
	hierro no. 3 (varillas long.)	4		7.80	31.2	0.40	5.20	

	hierro no. 2 (estribos)	39	0.2	0.55	21.45	0.12	3.58	
	alambre de amarre							2.60
11	solera corona	proporcion	area total m2	largo ml	anch o ml	altura ml	cantida d (u)	vol. total m3
				7.80	0.15	0.3		0.35
	cemento	8.4					2.95	
	arena de rio	0.5						0.18
	pedrín	0.75						0.26
	tabla 1"x1'x9'	1.23	4.68	2.70	0.3		5.78	
		unidades	separacion	largo ml (var)	total ml	t. quintales	total de varillas	total de libras
	hierro no. 3 (varillas long.)	4		7.80	31.2	0.40	5.20	
	hierro no. 2 (estribos)	39	0.2	0.75	29.25	0.16	4.88	
	alambre de amarre							2.81
12	vigas	proporcion	area total m2	largo ml	anch o ml	altura ml	cantida d (u)	vol. total m3
				7.80	0.25	0.4		0.78
	cemento	8.4					6.55	
	arena de rio	0.5						0.39
	pedrín	0.75						0.59
	tabla 1"x1'x9'	1.23	7.80	2.70	0.3		9.63	
		unidades	separacion	largo ml (var)	total ml	t. quintales	total de varillas	total de libras
	hierro no. 4 (varillas long.)	6		7.80	46.8	1.11	7.80	
	hierro no. 3 (varillas long.)	2		7.80	15.6	0.20	2.60	

	hierro no. 2 (estribos)	52.00	0.15	1.15	59.80	0.33	9.97	
	alambre de amarre							8.23
13	columnas principales	proporcion	area total m2	largo ml	seccion		cantidad (u)	vol. total m3
				1.40	0.15	0.2	4	0.17
	cemento	8.4					1.41	
	arena de rio	0.5						0.08
	pedrín	0.75						0.13
	tabla 1'x1'x9'	1.23	2.80	2.70	0.3		3.46	
		unidades	separacion	largo ml (var)	total ml	t. quintales	total de varillas	total de libras
	hierro no. 4 (varillas long.)	4		1.40	22.4	0.53	3.73	
	hierro no. 3 (varillas long.)	0		1.40	0	0.00	0.00	
	hierro no. 2 (estribos)	9.33	0.15	0.55	20.53	0.11	3.42	
	alambre de amarre							3.24
14	levantados	proporcion	largo ml	ancho ml	altura ml	area total m2	cantidad	vol. total m3
			7.80	0.15	1.4	10.92		
	cemento	0.015					2.05	
	arena de rio	0.0025						0.34
	block de 35k (0.14 x 0.19 x 0.39)	12.5					136.50	
15	losas	proporcion	area total m2	largo ml	ancho ml	altura ml	cantidad (u)	vol. total m3
			3.24	2.70	1.2	0.1	1	0.32
	cemento	8.4					2.72	
	arena de rio	0.5						0.16

	pedrín	0.75						0.24
	tabla 1'x1'x9'	1.23	0.81	2.70	0.3		2.6244	
	parales 2"x3"x9'	1.1		2.70	0.076 2	0.0508	2.95	
	tendales 2"x3"x9'	1.5		2.70	0.076 2	0.0508	2.16	
		unidades	separación	largo ml (var)	total ml	t. quintales	total de varillas	total de libras
	hierro no. 4 (varillas long.)	6	0.2	0.00	0	0.00	0.00	
	hierro no. 3 (varillas long.)	6	0.2	2.70	16.2	0.21	2.70	
	hierro no. 4 (var. transversales)	13.5	0.2	0.00	0	0.00	0.00	
	hierro no. 3 (var. transversales)	13.5	0.2	1.20	16.2	0.21	2.70	
	hierro no. 3 (bastones s. corto)	18	0.2	0.27	4.86	0.06	0.81	
	hierro no. 3 (bastones s. long.)	40.5	0.2	0.24	9.72	0.12	1.62	
	alambre de amarre							3.01
	clavo de 2"							0.26
	clavo de 3"							0.26
17	repello en paredes	proporción	area total m2	largo ml	altura ml	espesor	cantidad (u)	vol. total m3
			6.48	2.70	1.2	0.03		0.19
	cemento	5					0.97	
	arena de rio	4						0.12

	cemix adeblock bolsa 20kg.	0.5					3.24	
19	drenajes						cantida d (u)	
	tubo 4" pvc drenajes						1	

Fuente: Muralles, R., marzo de 2021

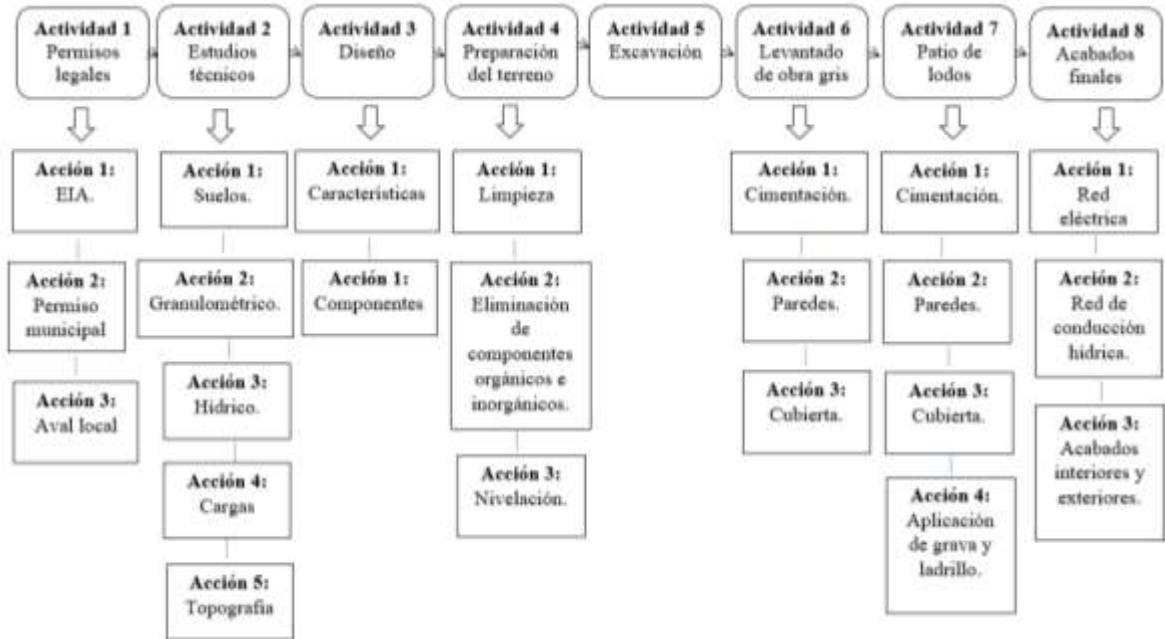
## Cronograma de actividades

Región	Descripción	Tiempo días	Mes 1				Mes 2				Mes 3				Mes 4				Mes 5			
			Semana 1		Semana 2		Semana 3		Semana 4		Semana 5		Semana 6		Semana 7		Semana 8		Semana 9		Semana 10	
			1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
1	Trazo y estacopado	2																				
2	Excavación y nivelación del terreno	6																				
3	Acervo de material	5																				
4	Construcción de B+pasos	5																				
5	Construcción del canal de riego	5																				
6	Construcción del desarenador	5																				
7	Construcción de la trampa de grasas	8																				
8	Construcción del P.A.F.A.	10																				
9	Construcción del F.A.F.A.	15																				
10	Construcción del sedimentador secundario	10																				
11	Construcción del domador	8																				
12	Construcción de la caja de muestreo	7																				
13	Construcción del patio de lodos	12																				

Fuente: Muralles, R., marzo de 2021

Anexo 4.2 Diagramas.

Diagrama de construcción del proyecto planta de tratamiento de aguas residuales, colonias Los Laureles y El Carmen, Aldea Lo de Reyes, San Pedro Ayampuc, Guatemala. Ejemplo de diagrama de propuesta.

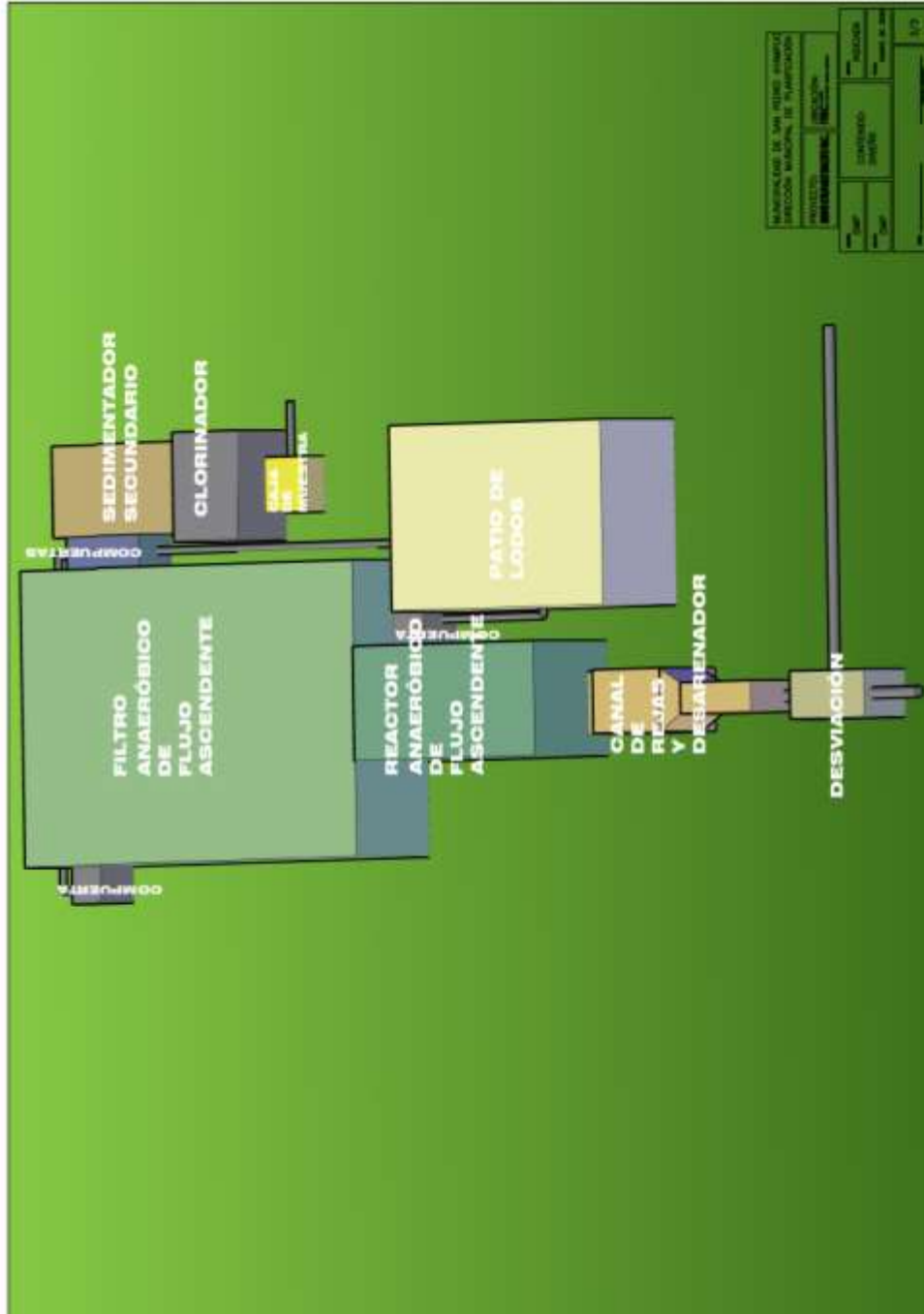


Fuente: Muralles, R., marzo de 2021



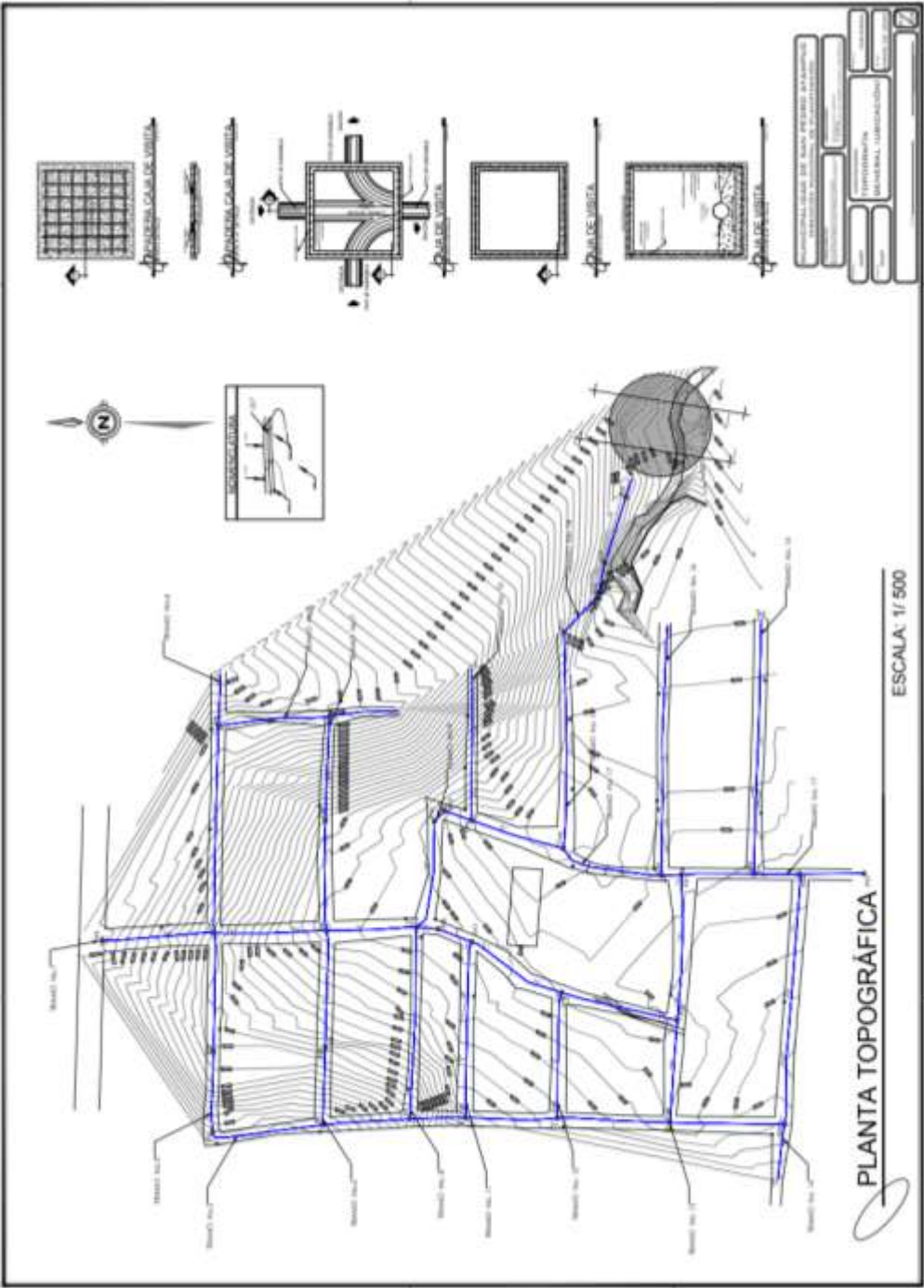
Anexo 4.3 Planos.

Plano 1: Diseño de planta.



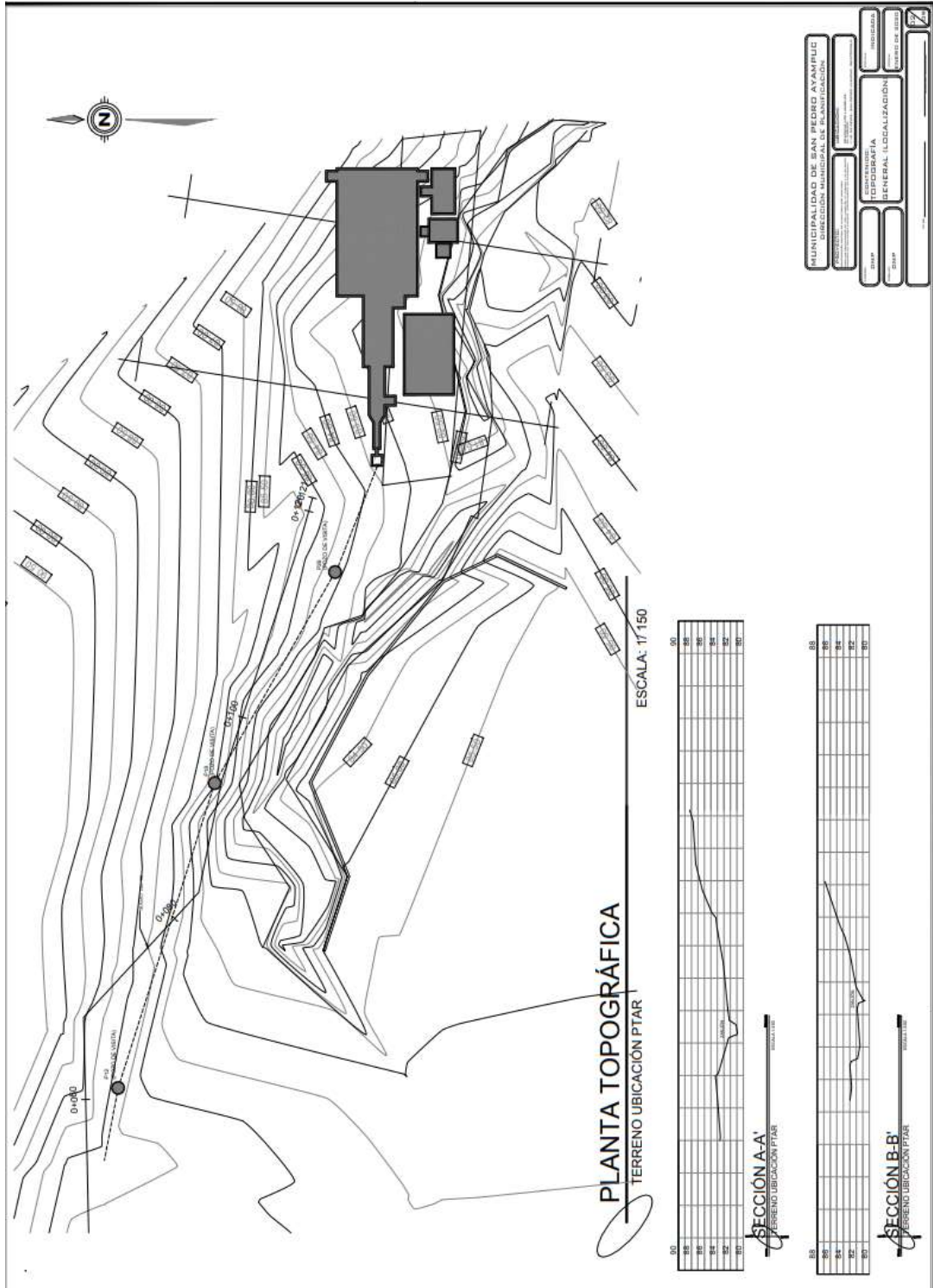
Fuente: Muralles, R., marzo de 2021

Plano 2 topografía general (ubicación)



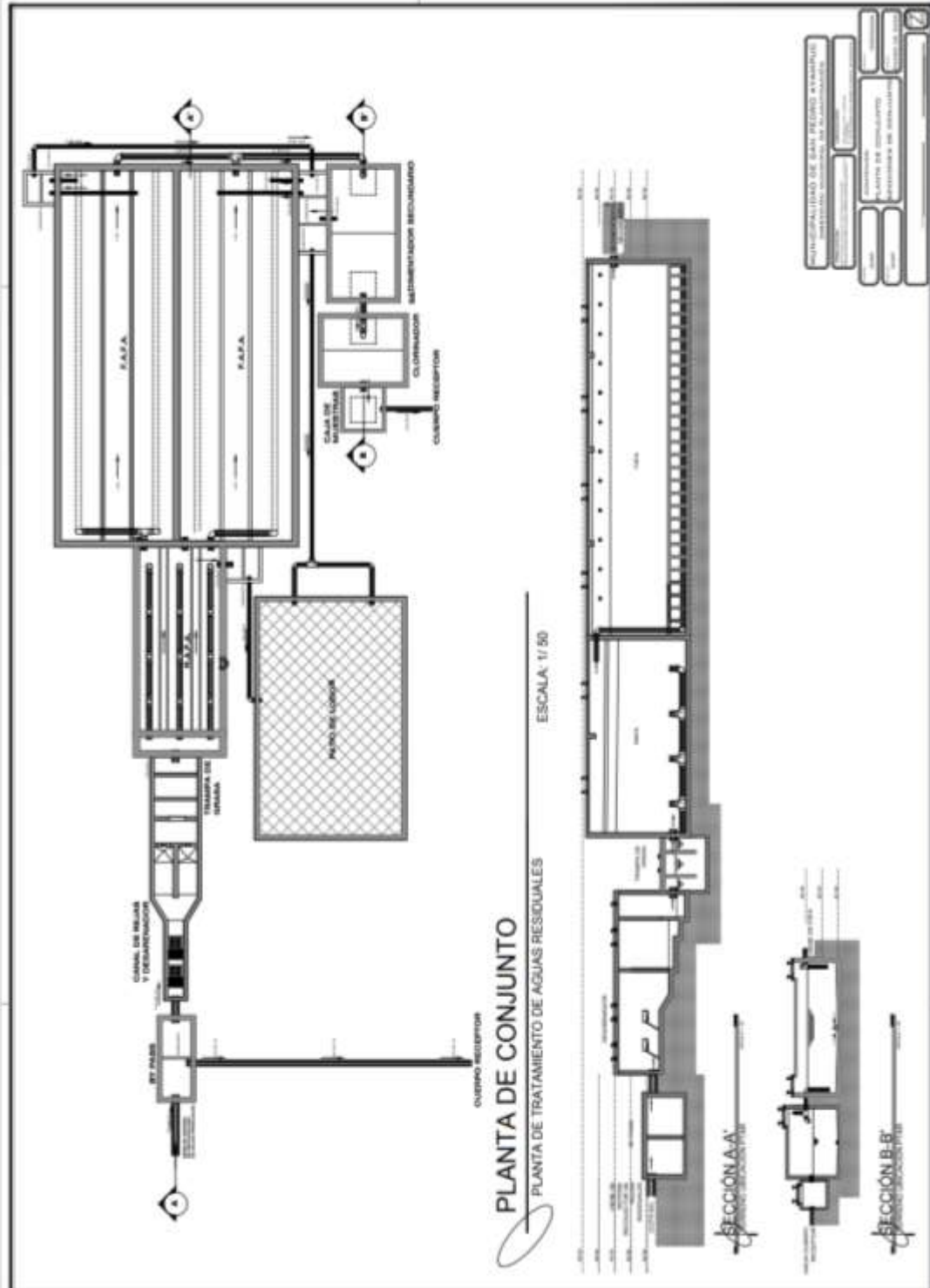
Fuente: Muralles, R., marzo de 2021

Plano 3 topografía general (localización)



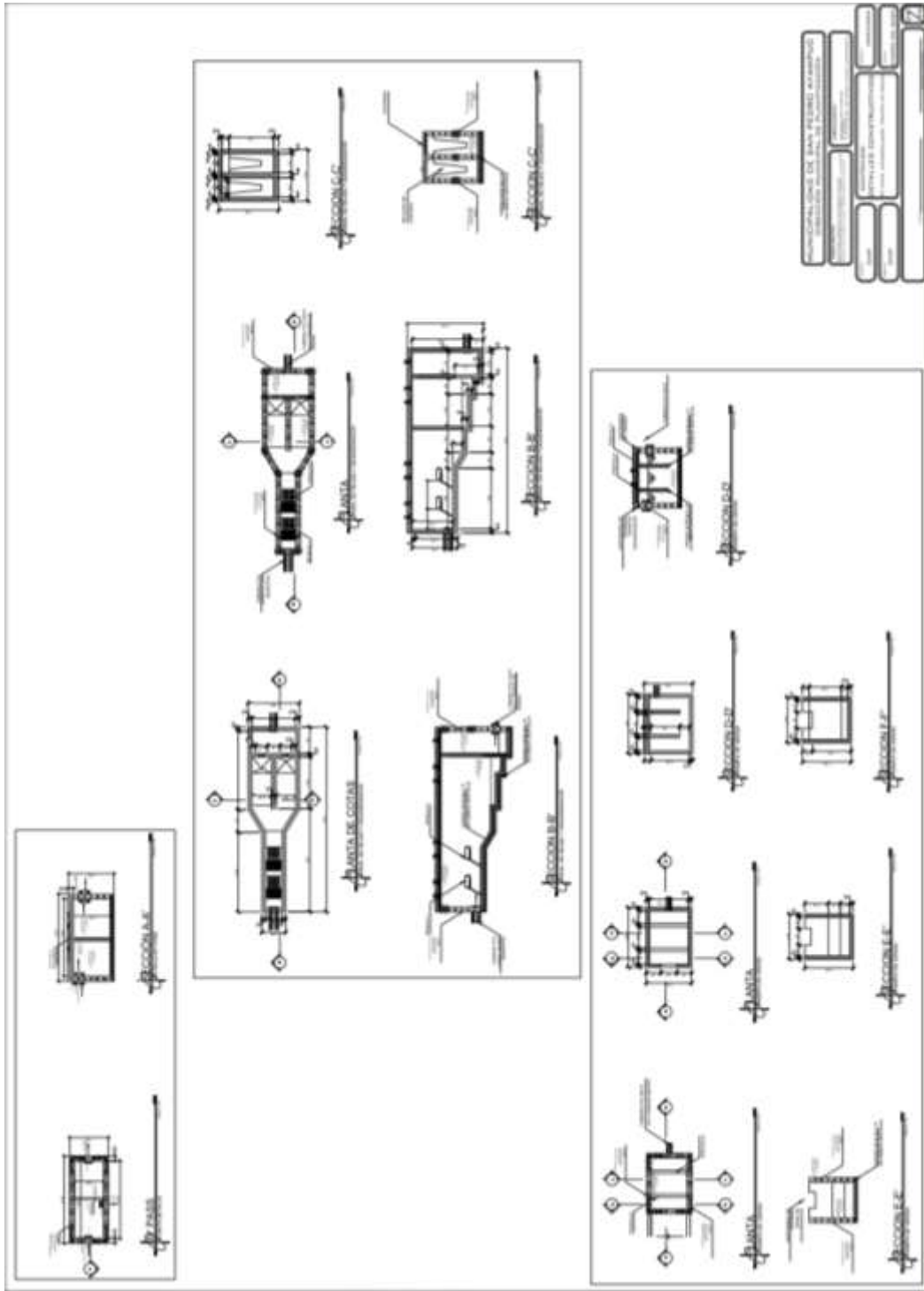
Fuente: Muralles, R., marzo de 2021

Plano 4 planta en conjunto



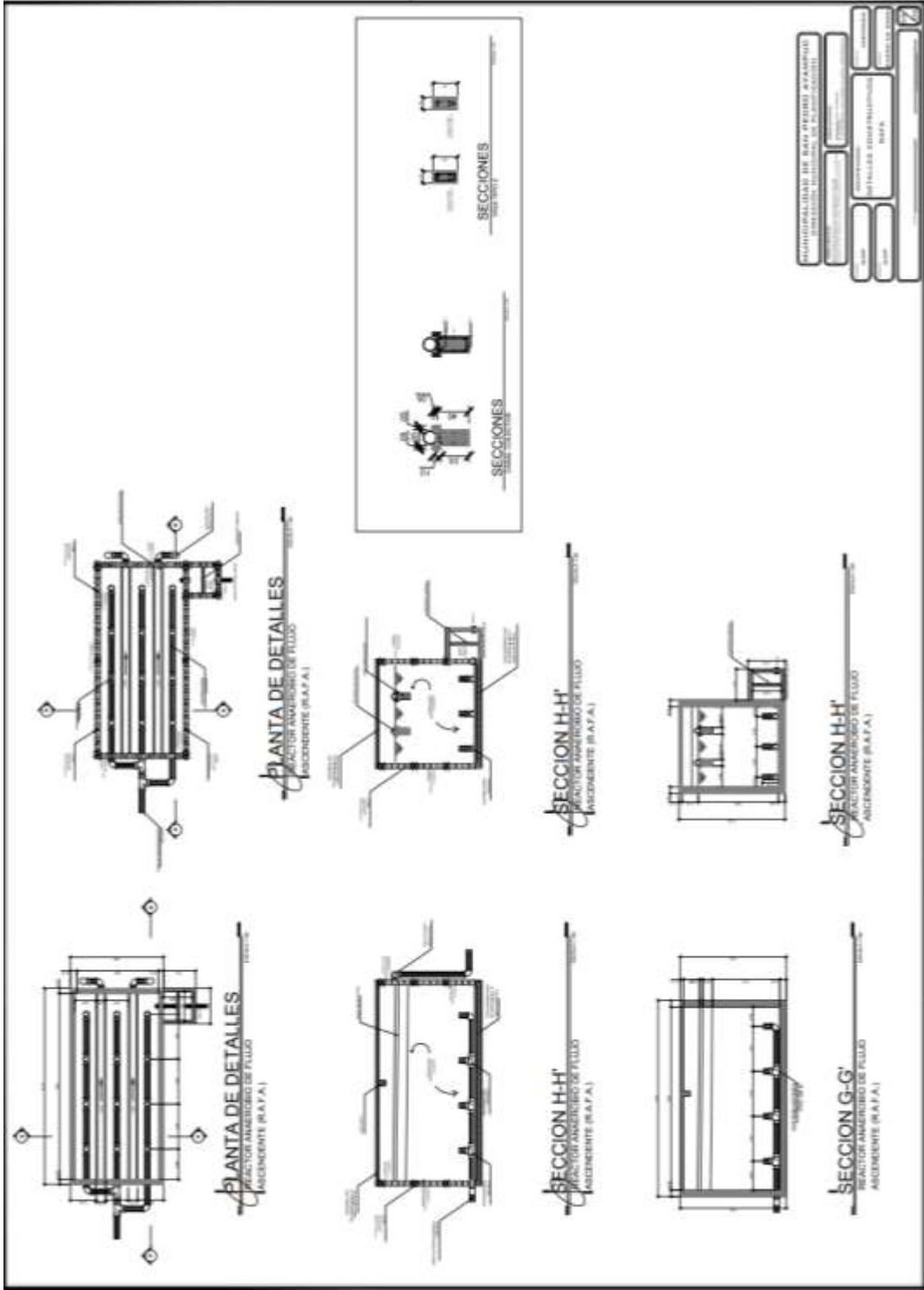
Fuente: Muralles, R., marzo de 2021

Plano 5 detalles constructivos de la desviación (by pass), trampa de grasas, canal de rejas y desarenador



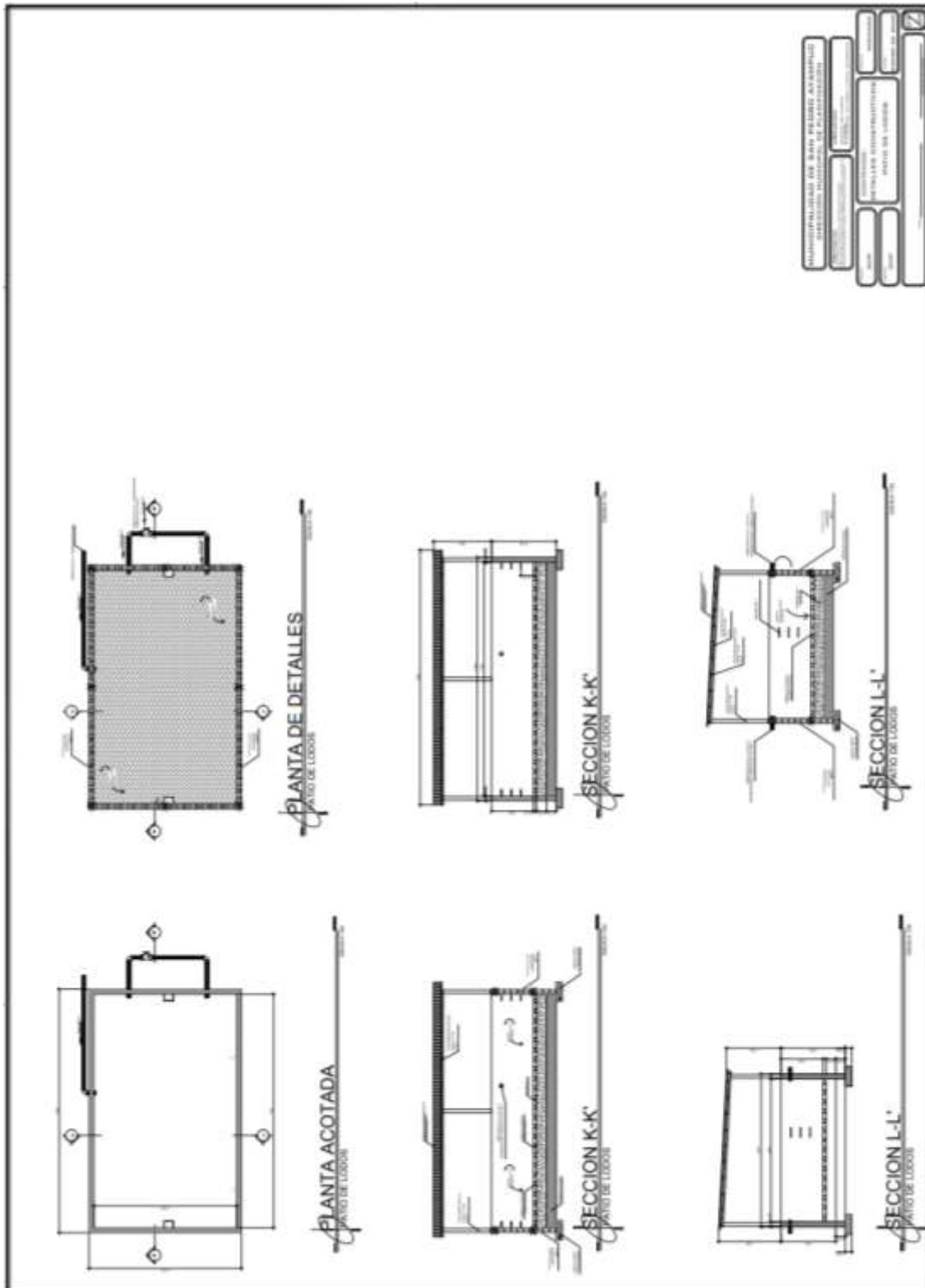
Fuente: Muralles, R., marzo de 2021

Plano 6 detalles del R.A.F.A.



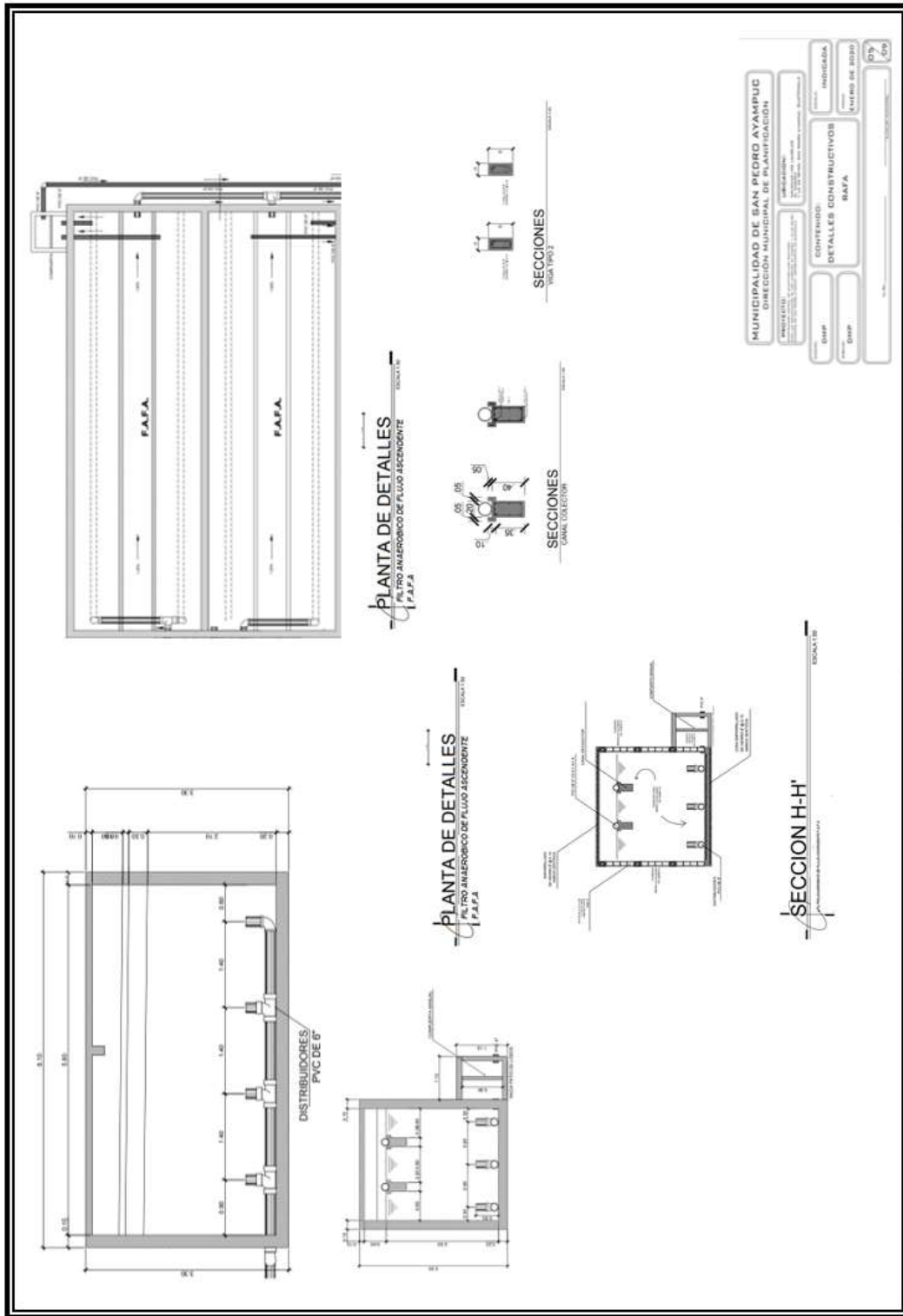
Fuente: Muralles, R., marzo de 2021

Plano 7 detalles del patio de lodos



Fuente: Muralles, R., marzo de 2021

Plano 8 detalles del filtro anaerobico de flujo ascendente

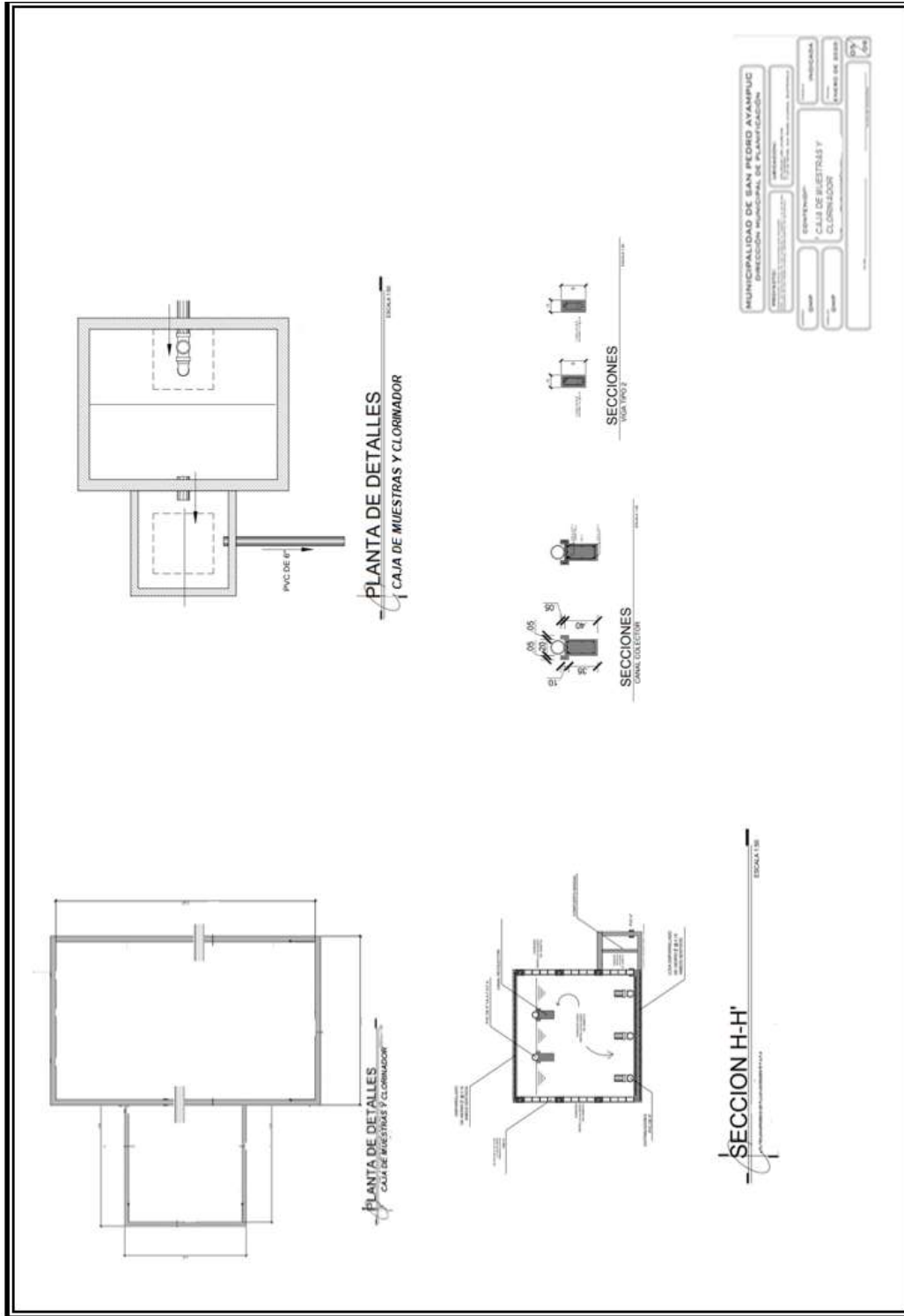


Fuente: Muralles, R., marzo de 2021





Plano 10 detalles de clorinador y caja de muestras



MUNICIPALIDAD DE SAN PEDRO AVANPUC	
DIRECCION MUNICIPAL DE PLANTACION	
PROYECTO:	PLANTACION DE MUESTRAS Y CLORINADOR
UBICACION:	CALLE DE BIENESTAR Y CLORINADOR
FECHA:	15/03/2021
PROYECTISTA:	MURALLES, R.
APROBADO:	

Fuente: Muralles, R., marzo de 2021