Universidad de San Carlos de Guatemala
Facultad de Ingeniería
Escuela de Ingeniería Civil

ESTUDIO DE PREFACTIBILIDAD PARA EL MANEJO Y DISPOSICIÓN DE AGUAS GRISES

Daneida Del Rosario Arévalo Medrano
Asesorado por el Ing. Fredy Heriberto Guillermo Fratz

Guatemala, mayo de 2015

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA

FACULTAD DE INGENIERÍA

ESTUDIO DE PREFACTIBILIDAD PARA EL MANEJO Y DISPOSICIÓN DE AGUAS GRISES

TRABAJO DE GRADUACIÓN

PRESENTADO A LA JUNTA DIRECTIVA DE LA
FACULTAD DE INGENIERÍA
POR

DANEIDA DEL ROSARIO ARÉVALO MEDRANO
ASESORADO POR EL ING. FREDY HERIBERTO GUILLERMO FRATZ

AL CONFERÍRSELE EL TÍTULO DE

INGENIERA CIVIL

GUATEMALA, MAYO DE 2015

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA

FACULTAD DE INGENIERÍA

NÓMINA DE JUNTA DIRECTIVA

DECANO	Ing. Angel Roberto Sic García
VOCAL I	
VOCAL II	Ing. Pablo Christian de León Rodríguez
VOCAL III	Ing. Elvia Miriam Ruballos Samayora
VOCAL IV	Br. Narda Lucía Pacay Barrientos
VOCAL V	Br. Walter Rafael Véliz Muñoz
SECRETARIO	Ing. Hugo Humberto Rivera Pérez

TRIBUNAL QUE PRACTICÓ EL EXAMEN GENERAL PRIVADO

DECANO	Ing. Murphy Olympo Paiz Recinos
EXAMINADOR	Ing. Luis Manuel Sandoval Mendoza
EXAMINADOR	Ing. Wuillian Ricardo Yon Chavarría
EXAMINADOR	Ing. Alfredo Enrique Beber Aceituno
SECRETARIO	Ing. Hugo Humberto Rivera Pérez

HONORABLE TRIBUNAL EXAMINADOR

En cumplimiento con los preceptos que establece la ley de la Universidad de San Carlos de Guatemala, presento a su consideración mi trabajo de graduación titulado:

ESTUDIO DE PREFACTIBILIDAD PARA EL MANEJO Y DISPOSICIÓN DE AGUAS GRISES

Tema que me fuera asignado por la Dirección de la Escuela de Ingeniería Civil, con fecha 04 de junio de 2012.

Daneida Del Rosario Arévalo Medrano

Guatemala, 28 de noviembre 2014

Ingeniero
Wuillian Yon Chavarría
Coordinador del Área Planeamiento
Escuela Ingeniería Civil
Facultad de Ingeniería
Universidad de San Carlos de Guatemala

Muy atentamente lo saludo.

Por este medio me permito informarle que he revisado el trabajo de graduación de la estudiante DANEIDA DEL ROSARIO AREVALO MEDRANO, con carne 2007-14854 titulado: **Estudio de Prefactibilidad para el manejo y disposición de aguas grises.**

El mencionado trabajo llena los requisitos para dar mi aprobación, indicarle que el autor y mi persona somos responsables por el contenido y conclusiones del mismo.

Atentamente

Ing. Fredy Heriberto Guillermo Fratz
Colegiado No. 1636
Asesor

Fredy H. Guillermo F.
INGENIERO CIVIL
Maestría en Ingeniería Sanitaria
Colegiado 1,636

Guatemala,
12 de marzo de 2015

Ingeniero
Hugo Leonel Montenegro Franco
Director Escuela Ingeniería Civil
Facultad de Ingeniería
Universidad de San Carlos

Estimado Ingeniero Montenegro.

Le informo que he revisado el trabajo de graduación ESTUDIO DE PREFACTIBILIDAD PARA EL MANEJO Y DISPOSICIÓN DE AGUAS GRISES, desarrollado por la estudiante de Ingeniería Civil Daneida del Rosario Arévalo Medrano, quien contó con la asesoría del Ing. Fredy Heriberto Guillermo Fratz.

Considero este trabajo bien desarrollado y representa un aporte para la comunidad del área y habiendo cumplido con los objetivos del referido trabajo doy mi aprobación al mismo solicitando darle el trámite respectivo.

Atentamente,

ID Y ENSEÑAD A TODOS

FACULTAD DE INGENIERIA
DEPARTAMENTO
DE
PLANEAMIENTO
USAC

Ing. Wuillian Ricardo Yon Chavarría
Jefe Del Departamento de Planeamiento

/bbdeb.

PROGRAMA DE INGENIERIA CIVIL ACREDITADO POR Agencia Centroamericana de Acreditación de Programas de Arquitectura e Ingeniería ACAAI PERIODO 2013 – 2019

El director de la Escuela de Ingeniería Civil, después de conocer el dictamen del Asesor Ing. Fredy Heriberto Guillermo Fratz y del Jefe del Departamento de Planeamiento, Ing. Wuillian Ricardo Yon Chavarría, al trabajo de graduación de la estudiante Daneida del Rosario Arévalo Medrano, titulado ESTUDIO DE PREFACTIBILIDAD PARA EL MANEJO Y DISPOSICIÓN DE AGUAS GRISES, da por este medio su aprobación a dicho trabajo.

Ing. Hugo Leonel Montenegro Franco

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS
ESCUELA DE INGENIERIA CIVIL
DIRECTOR
FACULTAD DE INGENIERIA

Guatemala, mayo 2015

/bbdeb.

PROGRAMA DE INGENIERIA CIVIL ACREDITADO POR Agencia Centroamericana de Acreditación de Programas de Arquitectura e Ingeniería
ACAAI
PERIODO 2013 – 2019

Universidad de San Carlos
de Guatemala

Facultad de Ingeniería
Decanato

DTG. 216.2015

El Decano de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala, luego de conocer la aprobación por parte del Director de la Escuela de Ingeniería Civil, al Trabajo de Graduación titulado: **ESTUDIO DE PREFACTIBILIDAD PARA EL MANEJO Y DISPOSICIÓN DE AGUAS GRISES,** presentado por la estudiante universitaria: **Daneida Del Rosario Arévalo Medrano,** y después de haber culminado las revisiones previas bajo la responsabilidad de las instancias correspondientes, autoriza la impresión del mismo.

IMPRÍMASE:

Ing. Angel Roberto Sic García
Decano

Guatemala, 21 de mayo de 2015

/gdech

ACTO QUE DEDICO A:

Dios	Por brindarme el deseo de desarrollarme y mostrarme las oportunidades. El reconocer cada una de sus bendiciones y sentirlo a cada momento tomando mi mano.
Mis padres	Quienes confiaron en mí a cada momento y dieron siempre las palabras para seguir adelante.
Mi abuela materna	Por su presencia constante y sus bendiciones continuamente recibidas. Por los grandes cuidados que siempre me procuró y su amor de madre que tendré presente en mi corazón toda mi vida.
Mi abuela paterna	Por sus consejos, enseñanzas y el amor incondicional recibido. Dios le muestre todos los días cada nuevo amanecer.
Mi esposo	Por su respaldo desde el inicio de la carrera y el amor incondicional que me ha demostrado.
Mi mejor amiga	Por su compañía y cariño desde que llego a mi vida. Por tan maravilloso ser de Dios.

Mi asesor Por su apoyo e interés manifestado.

AGRADECIMIENTOS A:

Dios	Por darme la fuerza, dedicación y constancia necesaria para salir adelante.
Mis padres	Edgar Alberto Arévalo Monzón y Estela Del Rosario Medrano Gramajo.
Mis abuelas	Amelia Gramajo Luna (q. e. p. d.) y Eva Monzón Cano (q. e. p. d.).
Mi esposo	Héctor Aníbal Alvizures Aguilar.
Mi bebé	Que espero con tanta ansia conocer y brindarle mi amor a cada instante.

ÍNDICE GENERAL

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES V
LISTA DE SÍMBOLOS VII
GLOSARIO IX
RESUMEN XI
OBJETIVOS XIII
INTRODUCCIÓN XV

1. GENERALIDADES 1
1.1. Antecedentes históricos en el manejo de aguas residuales 1
1.2. Composición de las aguas residuales 5
1.3. Características de las aguas residuales 6
1.3.1. Propiedades físicas 7
1.3.2. Propiedades químicas 9
1.3.3. Propiedades biológicas 11
1.4. Origen y caudales de las aguas residuales 13
1.5. Legislación ambiental 15
1.5.1. Contaminación causada por aguas residuales 16
1.5.2. Cumplimiento de normas 17
1.5.3. Conciencia ciudadana 21
1.5.4. Sanciones 22

2. SISTEMAS DE TRATAMIENTO 25
2.1. Tratamiento preliminar 26
2.1.1. Tamizado 26
2.1.2. Trampa de grasa 27

2.2. Tratamiento primario 28
2.2.1. Digestión anaeróbica 28
2.3. Tratamiento secundario 29
2.3.1. Sistema anaeróbico 29
2.3.2. Sistema aeróbico 30
2.4. Tratamiento terciario 31
2.4.1. Desinfección 31
2.4.2. Manejo de nitrógeno y fósforo 32

3. PRESENTACIÓN DE ALTERNATIVAS 35
3.1. Definiciones 35
3.1.1. Aguas residuales 35
3.1.2. Aguas grises 35
3.1.2.1. Limpieza doméstica 36
3.1.2.2. Aseo personal 36
3.1.3. Aguas negras 37
3.2. Sistema combinado de aguas servidas 38
3.2.1. Ejemplo de sistema combinado de aguas servidas 38
3.3. Separación de aguas residuales 43
3.4. Alternativa 1: tratamiento de aguas grises y negras, reutilización de aguas grises a nivel comunidad 44
3.4.1. Ejemplo de reutilización de aguas grises a nivel comunidad 44
3.5. Alternativa 2: tratamiento y reutilización de aguas grises a nivel domiciliar 52
3.5.1. Ejemplo de reutilización de aguas grises a nivel domiciliar 53

3.5.1.1. Planta de tratamiento de aguas negras, alternativa 2 56
3.5.1.2. Modelo de análisis para sistema de reutilización, alternativa 2 58

4. ESTUDIO DE PREFACTIBILIDAD 65
4.1. Presupuesto de inversión de sistema combinado de aguas servidas 65
4.2. Presupuesto de inversión de alternativas 65
4.2.1. Presupuesto de inversión, alternativa 1 66
4.2.2. Presupuesto de inversión, alternativa 2 66
4.3. Presupuesto de operación y mantenimiento de sistema combinado de aguas servidas 67
4.4. Presupuesto de operación y mantenimiento de alternativas ... 68
4.4.1. Presupuesto de operación y mantenimiento, alternativa 1 68
4.4.2. Presupuesto de operación y mantenimiento, alternativa 2 69

5. ANÁLISIS DE RESULTADOS 71
5.1. Relación por valor presente neto (VPN) 71
5.1.1. Sistema combinado 71
5.1.2. Alternativas 72
5.1.2.1. Alternativa 1 72
5.1.2.2. Alternativa 2 72
5.2. Comparación de resultados 73

CONCLUSIONES.....75
RECOMENDACIONES 77
BIBLIOGRAFÍA.....79
ANEXOS.....81

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

FIGURAS

1. Propiedades químicas 10
2. Río Ostúa 17
3. Esquema de aguas negras primero y segundo nivel 59
4. Esquema de aguas grises primero y segundo nivel 60
5. Esquema de aguas reutilizables primero y segundo nivel 61
6. Sistema de tratamiento 63

TABLAS

I. Relación dotación agua potable y caudal de descarga de agua residual 14
II. Valores típicos de caudal por actividad 15
III. Aportes promedio *per capita* de los diferentes componentes de agua residual doméstica 37
IV. Comparación en litros por habitante por día de la demanda de los artefactos *versus* descarga de los mismos para la alternativa 1 (tratamiento de aguas grises y aguas negras) 45
V. Clasificación de los artefactos con respecto a las candelas en que se deben conectar 47
VI. Comparación en litros por habitante al día de la demanda de los artefactos y actividades *versus* descarga de los mismos para la alternativa 2 (reutilización de aguas grises) 53

VII. Comparación en litros por habitante al día de la demanda de los artefactos y actividades necesarios *versus* descarga de los mismos para la alternativa final 2 (reutilización de aguas grises) 54
VIII. Clasificación de los artefactos con respecto a las candelas y/o sistemas en los que estos se deberán de conectar y descargas de los mismos.....55

LISTA DE SÍMBOLOS

Símbolo	Significado
m	Metro
m^2	Metro cuadrado
mm	Milímetro
nm	Nanómetro

GLOSARIO

Excretas Deposiciones que evacua el organismo humano: materia fecal y orina. La falta de condiciones higiénicas en la evacuación de las heces es un importante factor de contaminación del suelo y del agua.

Floculación Proceso químico mediante el cual, con la adición de sustancias denominadas floculantes, se aglutinan las sustancias coloidales presentes en el agua, facilitando de esta forma su decantación y posterior filtrado.

Fosa séptica Artilugio para el tratamiento primario de las aguas residuales domésticas. En ella se realiza la separación y transformación físico-química de la materia orgánica contenida en esas aguas.

Protozoos Organismos microscópicos, unicelulares eucariotas; heterótrofos, fagótrofos, depredadores o detritívoros, a veces mixótrofos; que viven en ambientes húmedos o directamente en medios acuáticos.

Tratamiento de aguas	Conjunto de operaciones unitarias de tipo físico, químico, físico-químico o biológico cuya finalidad es la eliminación o reducción de la contaminación o las características no deseables de las aguas, bien sean naturales, de abastecimiento, de proceso o residuales.

RESUMEN

Este trabajo de graduación desarrolla un estudio de pre factibilidad para la demostración del tratamiento de las aguas residuales de una comunidad. Exponiendo una breve historia de las aguas residuales, también se definen aspectos, características y especificaciones de los contaminantes, tratamientos y emisiones.

Se presenta la actual forma de tratamiento en la mayoría de comunidades y luego las propuestas que tratan con respecto a la separación de aguas negras y grises desde un nivel domiciliar para ser tratadas de dos distintas maneras. Primera separación y tratamiento en la comunidad, y segunda separación, tratamiento y reutilización de las aguas grises a nivel domiciliar.

La información anterior se analiza mediante herramientas económicas, las cuales llegan a demostrar la rentabilidad de las propuestas y sus inversiones para la construcción.

OBJETIVOS

General

Realizar un estudio de prefactibilidad para el diseño, planificación y construcción de una planta de tratamiento de aguas residuales y disposición de aguas grises.

Específicos

1. Investigar las actividades de uso actual y potencial de las aguas residuales tratadas.

2. Realizar un estudio de impacto ambiental, basado en las leyes, reglamentos y normas que rigen la construcción de este tipo de instalaciones y el efecto que en el ambiente este puede provocar.

3. Estructurar los aspectos técnicos de este trabajo de graduación, localización, tamaño, características, especificaciones y diseño de la planta de tratamiento.

INTRODUCCIÓN

La población del país ha ido en aumento en los últimos años, lo que ha provocado el surgimiento de nuevas colonias en las ciudades. Este crecimiento ha traído consecuencias para la salud y el medio ambiente.

El escaso conocimiento y la poca cultura ambiental han provocado la degradación cada vez mayor de los recursos naturales y la proliferación de aguas residuales en las márgenes de los ríos, lagunas y vasos reguladores. Debido a la enorme cantidad de desechos líquidos vertidos en los sistemas de alcantarillado surge la imperante necesidad de llevar a cabo la recolección y tratamiento, para su posterior descarga en los cuerpos acuíferos y así evitar la contaminación de los mismos.

La responsabilidad por el tratamiento de las aguas residuales domésticas, además de la red de alcantarillado, debería ser de las autoridades municipales. Estas tendrían que velar por la disminución del impacto sobre el medio ambiente, encargándose de la construcción, operación y mantenimiento de los sistemas de tratamiento y disposición adecuada de las aguas residuales domésticas.

1. GENERALIDADES

1.1. Antecedentes históricos en el manejo de aguas residuales

Antes de iniciar las reseñas y antecedentes que se presentaran en el presente inciso, es de importancia señalar que no todo ha sido como se conoce en la actualidad. Pese a la investigación e indicación de datos relevantes, siempre quedará la inquietud de períodos de ausencia en la historia. Al inicio no existían reglas básicas de higiene o limpieza alguna, por esto se hará referencia y enfocará la descripción siguiente a eventos que fueron marcando y haciendo notar la importancia que tiene la salud y en consecuencia el saneamiento como causa de la primera. Se describen varios sucesos, como por ejemplo enfermedades y las teorías propuestas de ellas, aunado a esto la forma de vida en ese momento.

Biografías como la malaria en los márgenes del Nilo (2000 a.C.), que es la más antigua referencia de padecimiento colectivo mencionada en libros sagrados. Así también, la viruela, lepra, pestes, plagas, contagios y epidemias. Cabe resaltar que todas estas eran atribuidas como contagios y por ello las historias de aislamiento de comunidades enteras (un ejemplo clave de mencionar son los casos de lepra). Hipócrates imputo la aparición de enfermedades al ambiente nocivo y otros factores sobre la influencia en el modo de vida y el ambiente.

Avicena en el siglo XI propuso que las enfermedades se transmitían por pequeñas semillas o gérmenes. Mismo tiempo en el cual el término de epidemias era al que se recurría para describir las infecciones que asolaban

poblaciones. Esto durante la baja edad media, hasta el nuevo termino de pandemia como la peste bubónica o peste negra durante el siglo XIV en Europa.

Girolamo Fracastoro médico italiano, en 1546, fue el primero en manifestar el concepto de enfermedades contagiosas y establecer al menos tres posibles formas de infección. Además propuso una forma secundaria de contagio, este presento la primera teoría de contagio vivo de la enfermedad. Comprobando así la propuesta de Avicena.

En 1589 el edicto real en Inglaterra hizo público el no permitir a ningún ciudadano ensuciar las escaleras, corredores o muebles con orina u otras suciedades corporales; de este modo también la famosa frase gritada por las ventanas de Madrid: agua va. En ambos casos es de fácil interpretación el conocer cuál era el manejo en lo que respecta a las excretas humanas. Guillaume de Baillou tuvo gran influencia en la enseñanza de la medicina durante la última parte del siglo XVI y primera parte del XVII. Hasta el siglo XIX se torno importante la estadística para el análisis de enfermedades, aquí sobresale la influencia de Pierre Charles Alexander Louis, clínico francés y uno de los primeros epidemiólogos modernos.

Sumado a lo anteriormente descrito, cabe mencionar que la epidemiologia desde sus inicios tenía el propósito de conocer las causas de las enfermedades y no aceptar el hecho de una casualidad. La búsqueda de los factores de riesgo y la asociación entre la causa y el daño. Es por ello que se ha utilizado en la planificación de servicios sanitarios, debido a problemas prioritarios de salud. Si bien es cierto desde muchos siglos atrás existían los alcantarillados, como se puede remontar a la Roma antigua. Sin embargo, las investigaciones y documentos muestran que el uso primordial de estos fue el de la conducción de

aguas de lluvia, en algunos casos se acumulaba el agua en pozos o simplemente servía para llevarla hacia los ríos y lagos.

Aún con la Revolución Industrial y los poblados industriales la forma de asentamiento de los habitantes era por medio de arrabales, en donde su conexión a la calle principal se limitaba a callejones estrechos cubiertos. Su abastecimiento de agua era de forma regulada y alterna, así que para lo que más se utilizaba el agua era en la cocina, el aseo personal y de las vestiduras era algo no esencial De igual manera la evacuación de desperdicios, se acumulaba en los patios o se cavaba una fosa en el centro del patio, para ambos casos estos servían a varias viviendas.

Muchas de las veces los patios se encontraban llenos de los desechos de distinto tipo, hasta llegar a las puertas de las casas. Para otras ciudades grandes mucha gente vivía en sótanos y bodegas. Se tenían letrinas (comúnmente pequeñas y sin ventilación o tapas), el contenido de estas se infiltraba hacia las viviendas que generalmente se encontraban en un nivel más bajo que las letrinas.

Entrado el siglo XIX se acepta el alcantarillado sanitario y los sistemas de conducción de aguas pasan a ser un sistema combinado de aguas pluviales y negras, sin embargo con la acumulación de estos materiales de desecho, también se produjeron malos olores y la fermentación de las masas de agua. Algunos de estos canales fueron cubiertos, mientras que otros quedaron abiertos hasta suprimir la descarga de residuos a ellos. Por la reducción del caudal en el tiempo de estiaje se optó entonces por iniciar la separación de los sistemas en drenajes sanitarios y pluviales.

Se le debe este interés y conciencia social a varios hombres que ayudaron a los pueblos generando la comprensión enfocada en el saneamiento. Estos representantes incluyeron médicos, licenciados, ingenieros, estadistas y escritores. Entre ellos se pueden mencionar a: Sir Edwin Chadwick, Sir John Simon, Lemuel Shattuck, el Dr. Stephen Smith y el Dr. Simon. Así también, honran este período los investigadores médicos: el Dr. John Snow quien demostró en 1819 el papel de la polución fecal del agua potable en la epidemicidad del cólera, y el Dr. William Budd. Período llamado como el gran resurgimiento sanitario.

Sir Robert Rawlinson guió los estudios de las obras sanitarias en la zona industrial de Gran Bretaña en 1848. Mientras que en 1850, Sir John Bazalgette empezó el drenaje principal de Londres. Mientras que John Roe acepto la edificación de líneas de alcantarillado con tubos de barro vidriado.

Retomando el tema de salud, Louis Pasteur demostró la teoría de Fracastoro, y que los causantes de enfermedades eran los gérmenes (patógenos). Este químico y biólogo francés fundo la ciencia de la microbiología, descubrió la vida anaeróbica, estudio y manejo en 1855 la fermentación anaeróbica como clave de la industria del vino. Además impulsó normas higiénicas en los hospitales para evitar el contagio de enfermedades, asumiendo la existencia de los microbios.

El mencionado Dr. William Budd desde 1857 investigó la fiebre tifoidea. Mientras que en este mismo año Julius W. Adams diseñó el primer sistema extenso de alcantarillado para Brooklyn. En 1871 James P. Kirkwood construyó los primeros filtros de dimensión considerada en Poughkeepsie, también en Nueva York.

Es así que han alcanzado diversos propósitos en la relación entorno-salud. Debe recordarse que a partir de fines del siglo XIX el ser humano fue encontrando la forma más digna y pulcra de vivir. Sin embargo, los logros deben ser sustentados en el transcurso del tiempo para no provocar desórdenes en la naturaleza que puedan ser irrecuperables.

1.2. Composición de las aguas residuales

Las aguas residuales como tales se componen según el tipo de comunidad y sistema de recolección, dentro de ellos se encuentran:

- Aguas residuales domesticas provenientes de actividades con fines higiénicos, entre estas se encuentran: sanitarios, lavanderías, cocinas, entre otros.

- Aguas residuales comerciales son el resultado de las actividades comerciales, por ejemplo oficinas, restaurantes.

- Aguas residuales industriales aquellas que son desechadas luego de un proceso industrial.

- Aguas residuales agrícolas producidas por la producción ganadera o procesamiento de productos agrícolas.

- Aguas de infiltración y conexiones ilícitas son aquellas en las que debido a alguna fisura en la tubería puedan ingresar a la misma agua o fluidos del suelo. Además, las conexiones se refieren si en algún caso en una vivienda se conecta voluntaria o involuntariamente alguna conducción de agua de lluvia.

- Aguas pluviales estrictamente las agua provenientes de la precipitación.

Propiamente cuando se menciona a las aguas residuales, en este caso domésticas, se encontrará que se forman de la combinación tanto de aguas grises como negras. Al considerarlas de esta manera y a un nivel general, se dice entonces que estas contienen grasas, sales, jabones, materia orgánica e inorgánica, entre otros; así como agua que es en la que se disuelven los elementos antes mencionados.

Ahora bien, básicamente los constituyentes dependen de la población, por tanto es precisamente esta la que desecha su agua de abastecimiento posterior al uso y de aquí la contaminación en la que incurre la transformación del agua potable en aguas residuales. El volumen como los porcentajes de las sustancias que se contengan, varían con base en el origen de las aguas, costumbres y forma de vida de los usuarios. Sin embargo, la mayor parte es agua y en un porcentaje muy pequeño (0,1 %) se encuentran los sólidos, sean estos disueltos o suspendidos, son los que representan el mayor inconveniente para el tratamiento y disposición de las aguas residuales.

1.3. Características de las aguas residuales

Como se mencionó previamente las aguas residuales contienen un 0,1 por ciento de sólidos. Es precisamente este porcentaje el que conlleva al análisis de las aguas, pues en él se encuentran las características que tiene el agua residual de una población. En el presente se observará tanto lo que significa que se posea esta característica, como cuales son las cantidades típicas que se pueden encontrar en las aguas de origen doméstico. Así también, otros componentes que no son precisamente de las domésticas, pero si lo pueden contener otro tipo de aguas residuales. Si bien es cierto no deben encontrarse

en las aguas residuales domésticas, su presencia puede dar indicio de alguna actividad no controlada en el entorno.

Las características de las aguas residuales se dividen en:

- Características físicas
- Características químicas
- Características biológicas

1.3.1. Propiedades físicas

Dentro de estas se encuentran aquellas como color, turbiedad, olor, temperatura, densidad, conductividad, transmitancia, distribución de partículas por tamaño y contenido de sólidos, que estos a su vez deriva en varios tipos de pruebas.

- Color: generalmente varía entre gris, gris oscuro y un color negro. Esto depende del tiempo que lleve el agua residual en descomposición. El color es causado por los sólidos suspendidos, material coloidal que lleve el agua residual en descomposición. El color es ocasionado por sólidos suspendidos, material coloidal y sustancias en solución. Existe el color aparente que es producido por los sólidos suspendidos, el color verdadero provocado del material coloidal y las sustancias disueltas.

- Turbiedad: aunque esta propiedad pueda confundirse con el color. Realmente no es lo mismo, pues en esta se considera la dispersión de la luz que pueda atravesar el agua con material coloidal y sólidos en suspensión.

- Olor: este es causado por la degradación biológica de las aguas residuales cuando se utiliza un sistema anaeróbico, el principal componente es el sulfuro de hidrógeno aunque dependiendo del tipo de agua residual se pueden generar otros compuesto olorosos asociados mucho más fuertes.

- Temperatura: es una propiedad importante de analizar, pues de ella depende tanto los procesos mismos del tratamiento como la vida del medio receptor. Para regiones frías se ha encontrado que la temperatura varía de 45 a 65 grados Fahrenheit y en regiones cálidas de 55 a 86 grados Fahrenheit. Ahora bien la temperatura óptima dependerá del tipo de proceso que se requiera.

- Densidad: al igual que la temperatura, esta propiedad es necesaria de conocer para el proceso que el agua residual conlleve, la densidad hará posible o no la utilización de un tipo de tratamiento que se requiera, pues de ella depende la potencial formación de corrientes.

- Conductividad: es la capacidad que tiene el agua de conducir la corriente eléctrica, también con esto se puede conocer la salinidad del agua residual tratada. El conocer esta propiedad, es de uso generalmente para riego.

- Transmitancia: es una propiedad por medio de la cual el agua residual puede ser capaz de transmitir o absorber la luz de una longitud de onda especifica. Esta medida sirve para conocer si puede ser posible la desinfección por medio de radiación UV, pues si los compuestos de las aguas residuales no permiten el paso de la luz, esta no puede ser desinfectada de esta manera.

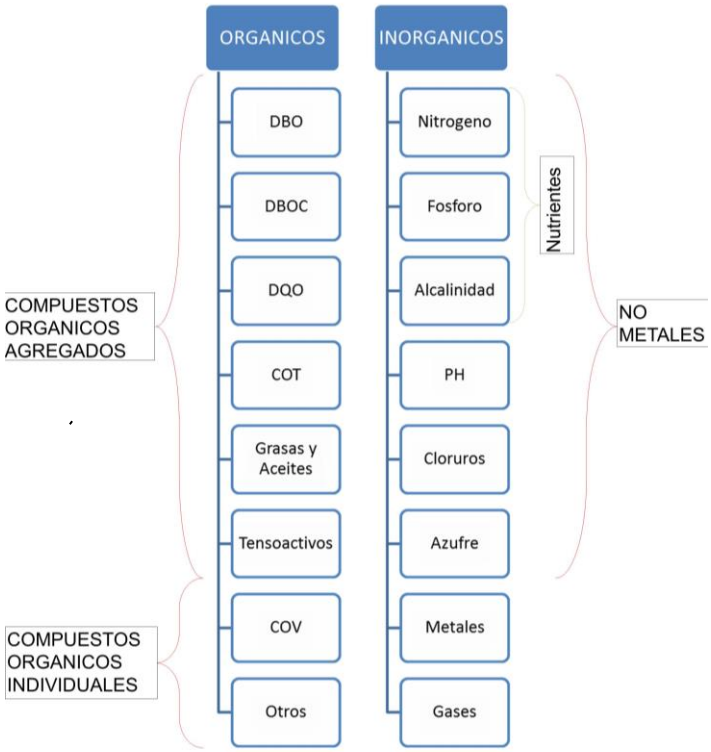
- Distribución de partículas por tamaño: aquí se establece la medida del tamaño de las partículas presentes en las aguas residuales. Esta propiedad es importante, pues examina cuan eficiente es el proceso al que fue sometida el agua residual. Además, también influye en el tipo de desinfección que se le pueda dar al final del proceso.

- Contenido de sólidos: estos se dividen en varios tipos, sin embargo todos se analizan posteriormente a la evaporación del agua que la muestra contiene. Estas pruebas son utilizadas para conocer la eficiencia de los procesos de tratamiento. Las diversas pruebas realizadas a los sólidos son las siguientes: sólidos totales, volátiles totales, fijos totales, suspendidos totales, suspendidos volátiles, suspendidos fijos, disueltos totales, disueltos volátiles, disueltos fijos y sedimentables.

1.3.2. Propiedades químicas

Estas se subdividen en químicas orgánicas e inorgánicas, dentro de ellos se encuentran metales, no metales, gases y otros. Los más comunes mencionados y analizados son: la demanda bioquímica de oxígeno (DBO) y la demanda química de oxígeno (DQO).

Figura 1. **Propiedades químicas**



Fuente: elaboración propia.

El análisis de estas pruebas se torna de vital importancia para la verificación en el funcionamiento de los distintos procesos de tratamiento. Algunos de estos componentes presentes en las aguas residuales son los causantes de la generación de plantas acuáticas, las cuales afectan el medio natural y prohíben el ingreso de luz solar al interior de los cuerpos receptores, provoque la vida acuática no sea posible debido a la falta de oxígeno. Otros parámetros verifican la existencia de suficiente oxígeno disponible en estas y la oxidación de la materia presente. Además de lo anterior, estos parámetros proyectan la capacidad de reutilización de las aguas tratadas sin causar daño a los seres vivos.

1.3.3. Propiedades biológicas

Su análisis es de fundamental importancia, pues las enfermedades causadas por los microorganismos que puedan tener las aguas residuales son de riesgo para el ser humano. En este rango se hallan los microorganismos patógenos como las bacterias, virus, protozoos, helmintos entre otros.

Cabe mencionar que estos necesitan ciertos parámetros para sobrevivir y es por ello el tratamiento de las aguas residuales, en donde se alteraran las condiciones para que estos patógenos no sobrevivan. Los microorganismos requieren para su funcionamiento normal de nutrientes, carbono y energía, así como oxígeno, ya sea la presencia o ausencia de este. La temperatura y acidez (PH) son también factores de importancia para la sobrevivencia y desarrollo de las poblaciones bacterianas. De entre los microorganismos se pueden encontrar:

- Protozoos: existen varios tipos de protozoarios, dentro de los cuales por ejemplo el *Cryptosporidium parvum* y la *Giardia lamblia* son residentes del intestino grueso, que al ser expulsados y sobrevivir en las aguas residuales pueden llegar nuevamente a la ingestión humana. Los alimentos, moscas u otros son causantes de enfermedades tales como balantidiasis, criptosporisdiasis, ciclosporasis, amebiasis y giardiasis.

  Los síntomas de estas enfermedades son diarrea, dolor de estómago, nauseas, indigestión, vómitos, abscesos en el hígado e intestino delgado y disentería. A pesar de ello algunos protozoos son utilizados para que se alimenten de bacterias y materia orgánica particulada, como un proceso de tratamiento biológico en las aguas residuales.

- Rotíferos: estos se encuentran en las aguas residuales aeróbicas, consumen bacterias floculantes y disgregadas, así como algunas de materia orgánica. La existencia de ellas en las aguas, es un indicio de eficiencia en los procesos de purificación biológica.

- Bacterias: pueden ser de diversas clases, aunque existen tanto inofensivas como patógenas. Las primeras viven en el tracto intestinal del ser humano sin causar daño y frecuentemente son excretadas. Así mismo, las patógenas son expulsadas por alguna persona infectada, la cual contamina de esta manera las aguas residuales. Las enfermedades que algunas bacterias provocan son: gastroenteritis, legionelosis, leptospirosis, fiebre tifoidea, salmonellosis, shigellosis, cólera y yersinosis. Las bacterias pueden ser transmitidas por el agua, ya sea en su consumo o contacto, como lo pueden ser las piscinas o ríos contaminados con aguas residuales. Aunque, como se mencionó algunas bacterias son patógenas, otras pueden ser utilizadas para el tratamiento de las aguas residuales.

- Virus: son parásitos intracelulares forzados que se reproducen solo dentro de una célula huésped. Estos también son expulsados por el ser humano infectado, los síntomas de estos son: ictericia, fiebre y vómitos. Son causantes de enfermedades respiratorias, gastroenteritis, anomalías cardiacas, meningitis, hepatitis infecciosa e infecciones en los ojos. Existen más de 100 clases diferentes de virus que se reproducen en el tracto intestinal de sus huéspedes, de entre ellos los más importantes son: el enterovirus, virus *Norwalk*, rotavirus, adenovirus, virus de hepatitis A, calcivirus y reovirus.

- Helmintos: algunos de estos son los gusanos, gusano intestinal alargado, infestación de gusanos intestinales, lombriz de ovejas, tenía enana, tenia de cerdo o buey; mismos que dependiendo de su estado (huevo, larva o adulto) pueden sobrevivir a condiciones adversas, además de algunos tratamientos usuales de desinfección. Sin embargo, pueden ser eliminados por otros procesos tales como: lagunas de estabilización, sedimentación y filtración. Las enfermedades comunes debido a los helmintos son: teniasis, ascariasis, fascioliasis, trichuriasis, hymenolepiasis y enterobiasis.

- Algas: estas resultan eficaces para algunos tratamientos biológicos, principalmente en las lagunas de estabilización debido a su forma de producción del oxígeno. Además de dar un aspecto natural.

- Hongos: son eficientes para el compostaje, tanto por degradar celulosa como por su forma vida y resistencia a algunos ambientes adversos. Sin embargo, estos solo pueden vivir en forma aerobia.

1.4. Origen y caudales de las aguas residuales

Debido al fin de la presente, se expondrá únicamente información sobre aguas residuales domésticas. Como bien se conoce no puede haber alcantarillado sanitario sin la previa existencia de una instalación de agua potable. Es por ello, también, que el volumen de las aguas residuales dependen directamente del consumo de agua potable, pues existe un factor de retorno a nivel domiciliar de un rango que oscila entre 0,7 – 0,95 de la cantidad demandada.

Al utilizar como base la dotación de agua potable en litros habitante día (l/hab/día), que regularmente para el diseño de abastecimiento se considera en 150 para una comunidad con nivel de vida socioeconómica promedio, se obtiene la tabla de relaciones I y II.

Tabla I. **Relación dotación agua potable y caudal de descarga de agua residual**

Origen	**Demanda (l/hab/día)**	**Valor típico de descarga (l/hab/día)**	**Porcentaje de descarga**
Comidas y bebidas	6	--	--
Lavado de trastos	5	5	3,9
Limpieza de casa	7	3	2,3
Lavado de ropa	25	22	17,1
Lavado de manos	15	15	11,6
Ducha	44	44	34,1
Inodoro	25	27	20,9
Perdidas del inodoro	4	4	3,1
Riego	8	--	--
Otros	11	9	7,0
	150 l/hab/día	129 l/hab/día	100 %

Fuente: elaboración propia.

Tabla II. **Valores típicos de caudal por actividad**

Actividad/origen	**Unidad**	**Valor típico de descarga**
Lavado de trastos	Litros/minuto	2,5
Lavado de ropa	Litros/lavado	115
Lavado de manos	Litros/minuto	2
Ducha	Litros/minuto	3
Bañera	Litros/baño	90
Inodoro	Litros/descarga	6

Fuente: elaboración propia.

1.5. Legislación ambiental

En este capítulo se resaltarán las leyes y normas que regulan el vertido de las aguas residuales a los cuerpos receptores, las cuales como se pudo conocer con anterioridad en los antecedentes históricos. Estos al inicio del uso de las alcantarillas se utilizaban de forma combinada y precisamente por leyes municipales se decidió la separación de estas en aguas negras y pluviales.

Sin embargo, más allá de la separación el problema recae al momento que se ingresa a las aguas naturales, entiéndase ríos, lagos, océanos, pues la contaminación ha llegado a tal grado que la capacidad que tenían estas fuentes de auto limpieza se han sobrepasado. Es por ello que ahora existen las regulaciones que indican los parámetros permitidos de descarga.

1.5.1. Contaminación causada por aguas residuales

En la naturaleza ocurren ciclos bioquímicos de forma normal. Sin embargo, cuando los cuerpos receptores reciben más de lo que pueden limpiar el agua, se contamina y es entonces cuando se observan los daños provocados.

Los ciclos bioquímicos presentes en la naturaleza son: el ciclo anaerobio, aerobio, del fósforo, del nitrógeno y del azufre. Así también, existen procesos de transformación y remoción de constituyentes en el ambiente, los cuales se producen al momento de que en un cuerpo receptor ingresan contaminantes y este intenta auto purificarse, tales son los procesos como: degradación bacterial, reacciones químicas, adsorción y desorcion, síntesis algal, filtración, floculación, volatilización, sedimentación, demanda de oxígeno de sedimentos, fotosíntesis y respiración, reacciones fotoquímicas, absorción y desorción de gases y degradación natural. Al momento después del ingreso se pueden dar alguno de los dos procesos de transporte, los que pueden ser dispersión o advección.

En síntesis, a lo anterior se puede concluir que el ambiente siempre trata de defenderse ante los contaminantes que le ingresan El detalle está en que no siempre lo logra, tales son los casos que se describirán a continuación y no son ni de tiempos remotos o de falta de conocimiento de la sociedad.

El lago de Amatitlán y Atitlán: en ellos se ve una clara presencia de eutrofización. Contaminación que provoca el color turbio del agua, así como el crecimiento desmedido de algas y la ausencia de vida acuática debido a su muerte por falta de oxígeno.

El río Villalobos, así como el 90 por ciento de los ríos de Guatemala, presentan contaminación de aguas residuales, tanto domésticas como industriales. A ellos son vertidos los desfogues de las colonias, fábricas, bodegas, residenciales, centros comerciales, entre otros.

Otro río en el cual se puede observar contaminación, aún sin llegar al grado de eutrofización es el río Ostúa (ver figura 1) en donde la formación de floculós en las orillas se hace notoria, esto a causa de descargas y personas que utilizan el río para lavar la ropa aguas arriba.

Figura 2. **Río Ostúa**

Fuente: río Ostúa, Santa Catarina Mita, Jutiapa.

1.5.2. Cumplimiento de normas

En Guatemala existen normas y leyes que consideran la importancia de no contaminar el medio ambiente. Se hará mención de algunas que en su

momento fueron publicadas, así como el reglamento vigente actual: *Reglamento de las descargas y reusó de aguas residuales y de la disposición de lodos*.

La Constitución Política de la República dicta en su artículo 97 de Medio ambiente y equilibrio ecológico, que es obligación del Estado, las municipalidades y de los habitantes propiciar el desarrollo social, económico y tecnológico, que prevenga la contaminación del ambiente y mantenga el equilibrio ecológico. Además que se dictaran las normas necesarias para evitar la depredación de la fauna, flora, tierra y agua.

El decreto 68-86 del Congreso, sobre la Ley de Protección y Mejoramiento del Medio Ambiente. En su artículo 15 del sistema hídrico, en donde menciona que el Gobierno velará por el mantenimiento de la calidad del agua, tanto para consumo como el de otros empleos. Esto envuelve la revisión de sistemas de aguas residuales, el control de la contaminación en ríos, lagos y mares Así como la investigación de las fuentes de contaminación a los anteriormente mencionados.

En el Código de Salud, según decreto 90-97 del Congreso de la República de Guatemala, según la sección III De la eliminación y disposición de excretas y aguas residuales Artículos del 92 al 100. Se expone sobre la dotación de servicios, acceso y cobertura universal de la población a servicios para la disposición final de excretas, la conducción y tratamientos de aguas residuales, así como educación sanitaria; la construcción de obras de tratamiento y descarga de las aguas residuales. También se menciona acerca de la autorización de licencias consignadas a obras públicas o privadas, destinadas a la eliminación o disposición de excretas o aguas residuales, la conexión de los inmuebles a instalaciones sanitarias, así como de los sistemas privados.

Reglamento de las descargas y reusó de aguas residuales y de la disposición de lodos, Acuerdo Gubernativo 236-2006. Imperante, vigente y reconocido por los sanitaristas en el medio actual, en este se exponen los criterios y requisitos que deben cumplirse para la descarga y reusó de aguas residuales y disposición de lodos. El objeto es proteger y recuperar los cuerpos receptores, además de dar una visión de gestión integrada al recurso hídrico, así como fijar los mecanismos de evaluación, control y seguimiento.

La aplicación de este reglamento es básicamente para toda persona que genere o sea responsable del manejo, tratamiento, reusó y disposición final de las aguas y lodos residuales. Los que hacen aplicable este reglamento son: el Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales, las municipalidades e instituciones de gobierno. Es importante mencionar que este reglamento dividió a los entes generadores en existentes y nuevos; establecidos previo y posteriormente a la vigencia del reglamento.

El modelo de reducción progresiva expuesto consta de cuatro etapas con las siguientes fechas máximas de cumplimiento:

- Etapa 1. 2 de mayo de 2011
- Etapa 2. 2 de mayo de 2015
- Etapa 3. 2 de mayo de 2020
- Etapa 4. 2 de mayo de 2024

Cada una de las etapas tiene como objetivo la reducción de la carga en kilogramos por día. De la misma manera se exponen límites máximos permisibles a los parámetros contaminantes provenientes de las cargas antes mencionadas. Esto aplica para aguas residuales, aguas de reusó y para lodos.

El reglamento descrito muestra el seguimiento, evaluación, control, disposición final, estudio técnico, plazos, exenciones, caracterizaciones, prohibiciones y sanciones, disposiciones generales y transitorias de lo anteriormente expuesto.

Ahora bien a nivel de cuerpos receptores específicos se pueden desarrollar dos, estos son: *Reglamento de funcionamiento de la autoridad para el manejo sustentable de la cuenca y del lago de Amatitlán y Reglamento de vertidos para cuerpos receptores de la cuenca del lago de Atitlán*.

Acuerdo gubernativo 186-99, Reglamento de funcionamiento de la autoridad para el manejo sustentable de la cuenca y del lago de Amatitlán. Es un reglamento en el que se estructura el funcionamiento, tanto administrativo como financiero, cuenta con varias divisiones encargadas del control en el uso de los recursos de la cuenca y lago, así como la vigilancia y acato de lo anterior. Algunas de las divisiones de interés para el tema son por ejemplo: la de recolección y tratamiento de desechos líquidos y sólidos; así como la división de reingeniería industrial y agroindustrial, la cual se encarga del estudio y caracterización mediante el análisis de los desechos líquidos y sólidos industriales.

En general la misión y visión en su plan de acción (plan de manejo integrado de la cuenca, Plandeamat) es bastante completo para la prevención de contaminación y tratamiento de la cuenta y del lago de Amatitlán. La organización encargada de llevar a cabo estas funciones es AMSA.

Acuerdo gubernativo 12-2011, *Reglamento de vertidos para cuerpos receptores de la cuenca del lago de Atitlán*. La aplicación de este respecta a los entes generadores de aguas residuales en forma directa o indirecta que

descarguen tanto a alcantarillas como al subsuelo. Estos a su vez se conducirán hacia zanjones, quebradas, riachuelos o ríos de la cuenca, así como al lago de Atitlán propiamente. Su objetivo principal es el rescate, protección y prevención de la contaminación.

Para ello se realizaran auditorías ambientales, que se realizaran con base a evaluaciones aleatorias de estudios técnicos, control y vigilancia permanente de las descargas, También, el cumplimiento de la ejecución de los planes de inversión, esto coordinado por el MARN y colaboración de otras instituciones. Este reglamento cuenta con dos etapas: la primera con vencimiento en fecha 31 de agosto de 2011 y la segunda etapa en 30 de junio de 2013.

1.5.3. Conciencia ciudadana

La descarga sin previo o mal proceso de tratamiento a los cuerpos de agua interrumpen y contaminan el ciclo hidrológico normal, pues de manera directa o indirecta se reutilizan las aguas residuales. Estas llegan a provocar tanto enfermedades como la extinción de algunas especies de animales, siendo o no acuáticas.

Primero, se debe recordar que el agua es utilizada para varios fines, principalmente el consumo humano. Así como para la cría de animales que posteriormente pueden ser consumidos por el hombre. También, es utilizada para el turismo, recreación, para fines agrícolas, y elaboración de varios productos, entre otros.

El lograr mantener un equilibrio ecológico es responsabilidad de todos los habitantes y por ello debe de existir el conocimiento mínimo de las condiciones previas, problemas existentes y resultados futuros. La mejor manera de lograr

una conciencia ciudadana es la realización de capacitaciones con explicaciones sencillas pero concretas, la presentación de una mejor calidad de vida basados en fundamentos de causa-efecto, considerando como temas la salud, higiene, manera adecuada en el manejo y disposición de las aguas residuales domésticas.

Conjuntamente promover por los medios de comunicación la importancia de conservar un ambiente sano, mostrar la preocupación necesaria para causar un impacto positivo en la población y que sea esta misma la que incliné su interés por el tema.

Por otro lado los profesionales que conocen la trascendencia de esta situación y que además saben la manera más eficiente para la mejora deben de empezar a ser productivos, formar el criterio ambiental y demostrar con hechos que el conocimiento adquirido, no solamente es información acumulada. Se debe de devolver el compromiso que se tiene hacia el entorno, incluyendo dentro de este al prójimo y la naturaleza misma.

1.5.4. Sanciones

El encargado de estas será el Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales en conformidad con la Ley de Protección y Mejoramiento de Medio Ambiente. Las sanciones a efectuar serán de acuerdo con el grado de incumplimiento. Apoyándose en los artículos 29, 31 y 34 de este último.

Para ello el Reglamento 236-2006 observará la gravedad del impacto provocado, cuales son las consecuencias para la población y las condiciones, por las que se desarrollaron las infracciones, además de verificar si es una reincidencia. Y es importante el conocer las prohibiciones con respecto de las

aguas residuales, descarga directa, dilución, reúsos y disposición de lodos. Estas podrán prevenir cualquier malentendido de las disposiciones escritas en el reglamento.

Las sanciones que imputa el Acuerdo Gubernativo 186-99 son explicitas y aplican para varios casos de incumplimiento, que al momento de presentarse la denuncia o indicadores expuestos por inspectores de AMSA, procederá a su investigación, verificación, dictamen y sanción que pueden ir desde cierre temporal del establecimiento y/o prohibición de sus actividades, incautación de materias o bienes, demolición o modificación de construcciones violatorias, hasta multas a infractores o reincidentes según el caso. Así como, se considerará la urgencia del caso, y dado alguno se deben ejecutar medidas sin demora alguna.

Con respecto del Acuerdo Gubernativo 12-2011 y sus sanciones, serán de conformidad con las leyes que se puedan aplicar según el caso. Las situaciones no contempladas se regirán por el Acuerdo Gubernativo 236-2006 y Acuerdo Gubernativo 431-2007.

2. SISTEMAS DE TRATAMIENTO

El presente capitulo tratará las obras de tratamiento comúnmente utilizadas en residenciales y poblaciones pequeñas. Las expuestas son solo algunas de las soluciones brindadas en un nivel macro, pues es de recordar que el objetivo del presente trabajo está enfocado hacia aguas residuales domésticas propiamente. Por ello no se harán expuestas otras muchas soluciones que requieren, ya sea un mayor tamaño tanto de la obra como del terreno a utilizar, así como sistemas en los cuales los costos son elevados y que generalmente son utilizados por industrias, debido a las sustancias que estas vierten en las aguas residuales.

Previo a la ampliación de los componentes de un sistema de tratamiento cabe mencionar, que las aguas residuales involucran tres tipos de desglose de obras, las cuales en conjunto llegan a formar un sistema de tratamiento de drenaje.

- Obras de captación
- Obras de tratamiento
- Obras de descarga o deposición

Las obras de tratamiento son elementos que por separado realizan una actividad de limpieza a las aguas residuales. Al utilizar varios de estos elementos se puede obtener un sistema de tratamiento, que es hasta cierto punto único, según su combinación y uso en el tratamiento de las aguas, pues estas también serán únicas conforme a sus características.

Así también, los procesos de tratamiento pueden dividirse en operaciones físicas, biológicas o químicas. Estas con base en el tipo de remoción que realice. Las primeras son encargadas de minimizar y/o eliminar los sólidos de las aguas residuales, mientras que los procesos biológicos obedecen a la acción de los microorganismos. Así como, las últimas mencionadas se utilizan cuando las primeras dos operaciones no pueden ser eficientes debido a la magnitud de limpieza requerida.

2.1. Tratamiento preliminar

Las principales funciones de esta etapa son el poder medir y regular el caudal de aguas residuales que ingresa así como la extracción de arena, sólidos grandes, aceites y grasas.

2.1.1. Tamizado

Muchas veces se puede pensar en las aguas residuales como aguas que solo transportan desechos líquidos y excretas. Esto depende mucho de la cultura y costumbres de las personas, pues en estas se encuentran muchos desechos sólidos que ni siquiera se pueden relacionar con las aguas residuales. Para dar ejemplos se podría hablar desde pelotas, zapatos, chatarra; e ir encontrando piedras, ramas, trapos, plásticos; hasta lo que sería más normal como restos de comida, huesos, las excretas mismas, entre otros.

Es por todo lo anterior que deben de utilizarse los tamices, pues si todos estos elementos pasaran directo a los tratamientos posteriores, estos no podrían efectuarse normalmente. Dentro del pretratamiento de tamizado se puede encontrar los tamices para gruesos y finos.

Los tamices para gruesos son los denominados de rejas; estos no son más que una caja en donde se encuentran rejas paralelamente con separaciones de centímetro y medio o superiores. La limpieza de estas cajas puede ser de forma manual o mecánica. Además de lo anterior, estas rejillas son utilizadas para la protección de tuberías, válvulas y bombas; porque si alguno de los elementos mencionados llegará a ingresar a cualquiera de estas, causaría obstrucciones o posibles daños. En cuanto a tamices finos están compuestos, ya sea por rejas dispuestas a una menor distancia o bien telas metálicas (mallas), su aplicación es la remoción de partículas pequeñas.

2.1.2. Trampa de grasa

Como se ha mencionado, las grasas pueden generar dificultad en los procesos, estas suelen mezclarse (sin llegar a la dilución) con el agua fácilmente; por ello que su separación previo al ingreso de un tratamiento primario es de mucha ayuda. Por lo que se dispone de las llamadas cajas trampas de grasa, su nombre precisamente recae en el proceso que realiza, ya que por esta caja circulan las aguas residuales, pero en ella quedan atrapadas las grasas, aceites, jabones y detergentes debido a su densidad.

Es muy común su utilización en hoteles (para las áreas de cocina), restaurantes, lavanderías y son usadas principalmente para aguas residuales domiciliares; estas son colocadas para este último caso, después de utensilios como pilas y lavatrastos. La retención para esta oscila entre 15 y 30 minutos. Para lugares en donde las cantidades de grasa son grandes la recomendación de alcanzar la máxima separación de grasas y aceites se puede lograr al tener un período de retención entre uno y tres días, obviamente el tamaño del elemento varia o es recomendable utilizar tanques sépticos modificados;

dependiendo de las características y acumulación que se observe en este componente la extracción varía entre 3 y 6 meses.

2.2. Tratamiento primario

Su utilización básica es la eliminación de sólidos en suspensión y el objetivo es lograr la sedimentación, esto puede lograrse ya sea por medios físicos o químicos.

2.2.1. Digestión anaeróbica

Funciona como un proceso en ausencia de oxígeno, en donde las bacterias causan la descomposición para la posterior estabilización de la materia orgánica.

- Fosa séptica: por medio de este se puede realizar un proceso de sedimentación, separando las aguas de los sólidos.

Estas fosas pueden ser fabricadas *in situ* o bien prefabricadas de diversos materiales, básicamente el funcionamiento de estos separa los materiales que aún estén en suspensión, las aguas y los lodos; sus cámaras funcionan de tal manera que en ellas se depositan las capas de lodo sedimentables y también queda en la superficie espuma junto con grasas, jabones y otros; la intercomunicación entre las cámaras deja pasar el agua para luego ser evacuada, pudiendo esta tener o no varias cámaras. Además, estos deben de estar dotados de tapas de inspección, tanto en el afluente como el efluente.

Las inspecciones deben realizarse alrededor de cada 6 meses a un año, las limpiezas que consisten en la remoción de los lodos sedimentables, se harán con base en el tamaño del elemento.

2.3. Tratamiento secundario

Estos procesos tienen como función la eliminación de la materia orgánica, así como sólidos en suspensión. Al ser utilizados estos tratamientos se recae en la producción de lodos, los que deben ser tratados posteriormente o dispuestos en un lugar seguro para su estabilización y reutilización o eliminación.

2.3.1. Sistema anaeróbico

Estos sistemas realizan un proceso que funciona sin oxígeno, varía según el tipo de elemento a utilizar. La descomposición de la materia se realiza dado que las bacterias demandan oxígeno y para obtenerlo realizan la ingesta de unas a las otras, reduciendo así la cantidad de materia.

- Biodigestor: es encargado de la sedimentación, digestión y acumulación de lodos; estos elementos cuentan con una parte superior y otra inferior encargadas ambas de distintos procesos; así también cuenta con respiraderos y cámaras de natas.

El compartimento inferior realiza el proceso primario mencionado con anterioridad, este cuenta con una inclinación que permite la acumulación de lodos, los cuales son extraídos por medio de tuberías y válvulas que permiten su fácil ascendencia a la superficie. En la cámara de digestión se conserva materia, que se encuentra en el proceso de estabilización a causa de las

mismas bacterias que esta tiene; aquí también es atrapado cualquier flóculo previo a la salida del efluente por medio de un sobrenadante ubicado en la parte superior de la cámara de digestión del biodigestor que se conecta directamente a la salida.

Existen también puntos de venteo para evitar la acumulación de gases.

En cuanto al tamaño de estos, deben ser diseñados o considerados (en el caso de los prefabricados) para tiempos de retención entre 2 a 4 horas y la extracción de los lodos debe de aproximarse a 6 meses, para lo cual debe de poseerse la capacidad de almacenamiento.

2.3.2. Sistema aeróbico

Este sistema cuenta con varios procesos, para los cuales se hace necesaria la presencia de oxígeno. La desintegración de la materia se realiza debido a que las bacterias se reproducen y consumen la materia existente.

- Lodos activados: son elementos de tamaño mucho más grandes que los anteriores y necesitan energía eléctrica para el funcionamiento de los difusores encargados de la aireación y la recirculación.

Cuenta con varias cámaras, entre ellas se encuentran las de sedimentación, digestión de lodos y de aireación; en estas últimas es en donde se instalan los difusores y por medio de ellos se inyecta aire al sistema, en donde se realiza la homogenización y mezcla de las aguas; debe existir también una recirculación de lodos para que las bacterias encargadas de la degradación de la materia orgánica se mantengan jóvenes y puedan realizar bien su labor.

El tamaño de estos sistemas es como se mencionó inicialmente, grande en comparación con otros dispositivos; esto depende tanto del caudal a tratar como de la carga orgánica que se necesitará degradar, aunque básicamente esto último arrojará la capacidad del equipo eléctrico de aireación.

2.4. Tratamiento terciario

El objetivo de este es la supresión de contaminantes específicos que aún quedan en las aguas tales como: nitrógeno, fósforo, entre otros; la utilización de un sistema u otro dependerá exclusivamente del destino al que se dispondrá esta última, pudiendo ser la reutilización o verterla a un cuerpo receptor.

2.4.1. Desinfección

Esta puede realizarse por medio de cloración, ozonización, rayos UV, lagunas entre otros. El utilizado para este caso será el primero mencionado.

Cloración: la desinfección de las aguas es el principal objetivo del cloro, pues es utilizado para la reducción de bacterias además de controlar olores. La cloración puede lograrse utilizando cloro en forma de gas, el cual es bastante delicado, tanto en su almacenamiento como manejo; también puede considerarse el uso de dióxido de cloro, es un clorador mediante un inyector, y se puede obtener en forma de sal, también su manejo es delicado pero es más fácil que el cloro líquido, aunque su precio es mayor.

Otras dos formas de encontrar el cloro es por medio de hipoclorito de calcio e hipoclorito de sodio, únicamente que al utilizar estos, el proceso se denomina hipo cloración; el primero se suministra en polvo o gránulos y

pastillas; y el segundo requiere la utilización de energía eléctrica, el precio de este puede llegar a ser el doble del cloro líquido.

2.4.2. Manejo de nitrógeno y fósforo

El manejo de estos nutrientes es de suma importancia, pues como ya se ha mencionado, son los causantes de la eutrofización en las aguas receptoras, repercusiones tóxicas y enfermedades.

- Procesos biológicos: el nitrógeno se puede eliminar por medio de dos pasos llamados nitrificación-desnitrificación; el primero se puede realizar por medio de filtros percoladores, biodiscos, filtros de alta carga o un agregado al sistema de lodos activados, luego la desnitrificación se realiza por medio de bacterias. El proceso implica la conversión de nitrato en nitrito y de nitrito a nitrógeno, gas que se suelta a la atmósfera por medio de un reactor para su eliminación.

Para la eliminación del fósforo se libera este en condiciones anóxicas, por medio de las células y el manejo de las condiciones aerobias y anaerobias, así como la purga de fangos. El sentido de este es utilizar los ciclos de las bacterias y su transformación de procesos gracias a su adaptabilidad, tanto en presencia como ausencia de oxígeno.

- Filtración: otra de las opciones viables para la eliminación de nitrógeno y fósforo son los procesos de filtración, los cuales pueden ser intermitentes, rápidos o lentos. Estos necesitan capas de materiales, tales como lo pueden ser de origen ígneo, zeolita o carbón activado. Además estos pueden ser con recirculación.

Algunos otros métodos que se podrían analizar para la remoción de nitrógeno son: tanque séptico con reactor de película bacterial adherida, sistema RSF-2 o sistema Ruck; estos utilizan como base teórica los métodos anteriormente descritos. Mientras que para la remoción de fósforo puede lograrse por medio de la mezcla de limaduras de hierro o caliza en el suelo, también por infiltración rápida por adsorción o precipitación química.

3. PRESENTACIÓN DE ALTERNATIVAS

Lo propuesto en los siguientes incisos serán las opciones que se consideran tanto eficientes como económicas, dada la situación actual del país. Asimismo, hacer mención de sistemas y soluciones existentes en otros países, los cuales pueden promover de cierta manera alguna inquietud para ser adaptados a esta situación en el futuro. En el presente capítulo también se harán de utilidad la consulta de las tablas I y II.

3.1. Definiciones

Este apartado muestra términos e información que respecta a los aspectos generales del tema, los cuales ayudarán a obtener mayor enfoque para la exposición de las opciones posteriores.

3.1.1. Aguas residuales

Como se ha mencionado en los capítulos anteriores, las aguas residuales son aquellas provenientes o resultantes de las actividades que el hombre realiza, y estas pueden ser, tanto de las viviendas como de industrias y/o comercios.

3.1.2. Aguas grises

Son obtenidas de viviendas y comercios, su origen y características se describirán en los incisos siguientes. Los parámetros microbiológicos aportados por las heces y orina, expresan la diferencia entre estas y las aguas negras.

3.1.2.1. Limpieza doméstica

En este rango se encuentran todas aquellas aguas que ayudan con el buen desempeño de una vivienda, para que esta mantenga su estado de orden y limpieza; dentro de estas actividades se pueden mencionar:

- Lavado de ropa
- Riego de jardines
- Trapeado de pisos
- Lavado de vehículos
- Lavado de utensilios de cocina
- Limpieza de ventanas y muebles
- Lavado de artefactos del cuarto de baño

3.1.2.2. Aseo personal

A este conjunto de actividades pertenecen las que realiza una persona para mantener su presentación e higiene y limpieza como ser humano, entre ellas se encuentran:

- Cepillado de dientes
- Lavado de cara
- Baño del cuerpo
- Lavado de manos

3.1.3. Aguas negras

Provienen de las necesidades fisiológicas del ser humano, principalmente se señala el producto de las actividades realizadas estrictamente en los sanitarios:

- Heces
- Orina

Así pues, expuesto lo anterior se muestra a continuación una tabla con los valores de aporte referentes a DBO_5 y DQO, que serán las propiedades químicas a remover por parte de los distintos tipos de tratamiento.

Tabla III. **Aportes promedio *per capita* de los diferentes componentes de agua residual doméstica**

		DBO_5		**DQO**	
Componente	**Artefacto**	**Gramos/ habitante*día**	**Porcentaje**	**Gramos/ habitante*día**	**Porcentaje**
Aguas Negras	Inodoro	23,54	48,36	67,78	56,86
Aguas Grises	Lavatrastos	9,20	18,90	18,80	15,77
	Ducha	6,18	12,69	9,08	7,62
	Lavamanos	1,86	3,82	3,25	2,73
	Lavado de ropa	7,90	16,23	20,30	17,03
	Total aguas grises	25,14	51,64	51,43	43,14
TOTALES		48,68	100,00	119,21	100,00

Fuente: HERNÁNDEZ JUÁREZ, Jaime Raúl. Tesis Alternativas para el tratamiento de las aguas grises de origen doméstico (Guatemala: facultad de Ingeniería, escuela regional de Ingeniería Sanitaria, 2010), 5.

3.2. Sistema combinado de aguas servidas

Para esta sección se le llamará sistema combinado de aguas servidas al tipo de solución que en la actualidad es más usado en el medio; un sistema de drenaje de aguas residuales lleva tanto aguas grises como negras, de este modo luego de su recolección es conducido por tuberías hacia un sistema de tratamiento y posteriormente vertido a un cuerpo receptor o en ausencia de uno cercano, se diseña otro tipo de disposición para las aguas tratadas y los lodos generados.

En este caso se utilizará como sistema de tratamiento una planta de aireación extendida, la cual es un tratamiento biológico aeróbico, en el cual son activados los lodos por medio de aireación y recirculación, como anteriormente se describió en el capítulo segundo.

3.2.1. Ejemplo de sistema combinado de aguas servidas

Para luego obtener datos de comparación, se utilizará como ejemplo una comunidad de 50 viviendas, por medio de estos y los siguientes parámetros se obtendrá el diseño de la planta de tratamiento a utilizar.

- Condiciones de diseño

    - Cantidad de habitantes por vivienda: 6 hab/viv.
    - Dotación de agua potable por habitante: 150 l/hab/día
    - Factor de retorno a utilizar: 0,86 (se utilizara este según la relación establecida de la tabla I, 129÷150=0,86)

- Diseño de la planta

El sistema propuesto considera la información de diseño presentadas, estas determinarán desde el punto de vista de carga hidráulica y carga orgánica el tamaño y equipo requerido.

La tecnología propuesta será aeróbica de aireación extendida, la cual ha sido utilizada e implementada por la empresa Amanco-Mexichem desde hace más de 15 años y que garantiza el cumplimiento de los parámetros contemplados dentro de la ley que regula este tipo de descargas.

- Definición de carga hidráulica

    - Cantidad de viviendas X número de habitantes/vivienda X dotación X factor de retorno= volumen (l/día)

    - Volumen (l/día) / 3,785 (l/gal)= Volumen gpd (galones/día)

    - 50 X 6 X 150 X 0,86 = 38 700 l/día

    - 38 700 / 3,785 = 10 224,57 galones por día

- Determinación de período de retención hidráulica y tamaño físico de la planta.

Con base a las especificaciones, el período de retención debe oscilar entre 18 a 24 horas. De modo que el cálculo queda de la siguiente manera:

$$\text{Volumen gpd X } \frac{Periodo\ de\ retencion\ (hr)}{24\ Horas/dia} = \text{volumen (galón)}$$

Volumen (galón) X 3,785 / 1 000= volumen m^3

Volumen m^3 = longitud X ancho X profundidad

Se asumirá como inicial un período de retención de 18 horas

10 224,57 gpd X 18/24 = 7 668,43 galones

Debido a que si se realizan las medidas con este volumen, estas serán variables y complejas al momento de la construcción; entonces se dejará como opción un volumen = 9 000 galones. Dado de esta manera se obtiene una retención de 21 horas, el cual se encuentra dentro del rango especificado para este tipo de tecnologías.

9 000 X 3,785 /1 000= 34,1m^3

Asumiendo una profundidad de 3,40 metros, 34,1 / 3,4 = 10,03 m^2 de área

A esta área de 10,03 metros cuadrados se le debe restar el área de una cámara con dimensiones de 1,80 x 1,80 metros. Lo que da como resultado 10,03 – 3,24 = 6,79. De donde la segunda cámara se considera de ancho 1,80 metros, 6,79 / 1,8 = 3,77 metros. Este largo debe ser como mínimo para lograr el volumen establecido.

Nota: las medidas anteriormente obtenidas no consideran los grosores de muro, de modo que estos se deben de sumar a las anteriores para la obtención total de las dimensiones.

Lo precedente respecta a las cámaras para la zona de aireación, ahora bien la zona de sedimentación será del 15 al 25 por ciento del volumen anterior.

Volumen m^3 X 0,25 = volumen m^3 para zona de sedimentación

34,1 m^3 X 0,25 = 8,525 m^3

El área respectiva de esta cámara es de 1,80 x 1,80 metros y la forma corresponde a la suma de un paralelogramo sobrepuesto a una pirámide truncada invertida; la altura conjunta respeta a las cámaras de aireación, constando de 3,40 metros y solamente la pirámide truncada ocupa una altura de 1,20 metros.

Para encontrar el volumen que ocupa la anterior, se procederá a hacer el cálculo de los volúmenes por separado: primero del volumen del paralelogramo, el cual tendrá una altura igual a 3,40 – 1,20 = 2,20 metros. Su volumen será entonces de 1,80 x 1,80 x 2,20 = 7,13 metros cúbicos; segundo el volumen de la pirámide truncada, la fórmula para este tipo de volumen corresponde a $V=h(t^2+bt+b^2)/3$ de donde h=1,20 metros t = 0,30 metros (la parte inferior de la pirámide) b=1,80.

$V= 1,20(0,30^2+(1,80)(0,30)+1,80^2)/3=1,54;$

Entonces el volumen total es la suma de ambos volúmenes, 7,13 + 1,54 = 8,67 metros cúbicos, este resultado comunica que el volumen es mayor al requerido y por lo tanto se puede utilizar.

Debe de recordarse que para la utilización de estos tipos de sistemas, se debe contar con un terreno específicamente destinado para la planta de tratamiento de las aguas residuales.

- Definición de carga orgánica

Los valores utilizados para la carga orgánica oscilan en un rango entre 45 a 50 galones por habitante al día; para el ejemplo se utilizará el valor proveniente de la tabla III, igual a 48,68 galones por habitante al día. De modo que su cálculo es el siguiente:

Cantidad de viviendas X número de habitantes/vivienda X valor DBO = total DBO g/día

  - Total DBO (g/día) / 454 g = lb DBO/día

  - 50 X 6 X 48,68 = 14 604 g

  - 14 604 / 454 = 32,17 lb DBO/día (se asume 33 lb DBO/día)

- Determinación del equipo a utilizar

Con este valor se obtiene el equipo de aireación y motor que se requerirá. Para este caso se necesita un Blower URAI 45 con motor de 3 HP.

- Elementos anexos

Considerando que una planta de lodos activados es una opción económicamente costosa, por ello deben de proveerse junto con ella elementos

que ayuden a perdurar su vida útil y funcionalidad; tal es el caso de los tratamientos preliminares antes mencionados, como:

- Cajas trampas de grasa en cada vivienda
- Caja de entrada con rejilla previa a la planta de tratamiento
- Caja desarenadora previa a la planta de tratamiento
- Caja trampa de grasa de la planta de tratamiento propiamente
- Caja de salida con opción de clorador, posterior a la planta de tratamiento

Según sea el caso también debe colocarse un patio para secado de lodos, o estos pueden ser eliminados por medio de un servicio de extracción directamente del sedimentador (esta será la opción de la presente opción).

Con la opción presentada se obtendrá una reducción del 85 por ciento de DBO y 85 por ciento de sólidos suspendidos.

Consultar planos y especificaciones en documentos anexos.

3.3. Separación de aguas residuales

En este caso cuando se hable de separación de aguas residuales, se entenderá por la separación de las aguas grises y negras; esto se hace con el fin de poder utilizar alguna de las dos alternativas objeto de este trabajo de graduación.

Las aguas definidas al inicio de este capítulo serán separadas y vertidas según su clasificación, con excepción de las aguas provenientes de los lavatrastos, las cuales se habían descrito como grises sin embargo debido a

que su carga orgánica *per cápita* DBO es considerablemente alto si se compara con el resto de artefactos, entonces se prescindirá de su aporte y la clasificación dentro de los numerales de aguas negras. Ver tabla III.

3.4. Alternativa 1: tratamiento de aguas grises y aguas negras, reutilización de aguas grises a nivel comunidad

Lo que esta alternativa pretende es mostrar beneficios ecológicos comunitariamente económicos; pues la reutilización se empleará para la irrigación de áreas verdes comunes y la dotación de una salida en cada domicilio, para usos principalmente en lavado de vehículos y riego de jardines internos.

En un caso ideal se pueden utilizar estas aguas recolectadas y tratada para otra comunidad con una menor altura que la residencial de origen y así economizar gastos de bombas para aumento de presión.

Para la recolección se colocarán dos tipos de candelas domiciliares en las viviendas, las cuales funcionarán de la siguiente manera:

- Drenaje aguas negras
- Drenaje aguas grises

3.4.1. Ejemplo de reutilización de aguas grises a nivel comunidad

Primero debido a las recomendaciones para la utilización de las aguas grises, se realizará el cálculo de la demanda por lavado de vehículo.

Según las condiciones iniciales se tiene una vivienda con 6 habitantes; se asumirá de esto la existencia de 3 vehículos y que cada uno se lavará una vez a la semana, además que el consumo promedio para esto es de 50 litros por lavado de cada uno. Quedando entonces así:

- 50 l* 3 vehículos = 150 litros
- 150 / 7 días de la semana= 21,43 l/día
- 21,43 / 6 habitantes = 3,57 l/hab*día (se asumirán 4 l/hab*día)

De acuerdo al análisis y cálculo de consumos y descargas de los diferentes artefactos, dadas las diversas actividades en las que interviene el agua potable, el resultado obtenido se muestra a continuación:

Tabla IV. **Comparación en litros por habitante por día de la demanda de los artefactos *versus* descarga de los mismos para la alternativa 1 (tratamiento de aguas grises y aguas negras)**

Origen	Demanda l/hab*día	Descarga l/hab*día
Lavado de vehículo	4	
Riego interno	8	
Lavado de ropa		22
Limpieza de casa (pila)		3
Lavamanos		15
Ducha		44
SUMATORIA	12	84

Fuente: HERNÁNDEZ JUÁREZ, Jaime Raúl. Tesis Alternativas para el tratamiento de las aguas grises de origen doméstico (Guatemala: facultad de Ingeniería, escuela regional de Ingeniería Sanitaria, 2010),

Como se nota a simple vista lo que se obtendrá es mucho mayor a lo necesario; si no se consideran las áreas verdes de la comunidad, se puede decir que por cada vivienda que descargue se pueden alimentar 7 viviendas. Sin embargo, se destinarán 12 litros por habitante al día para una vivienda y para áreas verdes comunes a la cantidad de 72 litros por habitante al día.

Por total de las casas se obtendrá para abastecer igualmente 50 viviendas y áreas verdes comunes correspondientes según lo siguiente; el consumo de la lámina de grama se estima a 3 litros por metro cuadrado regando a diario.

84 l/hab*día descarga – 12 l/hab*día demanda = 72 l/hab*día.

72 l/hab*día x 6 hab*vivienda x 50 viviendas = 21 600 l/día

21 600 l/día ÷ 3 l/m² = 7 200 m² riego diario

Los metros cuadrados anteriores pueden abastecer el riego correspondiente a un campo de *football* para partidos internacionales; de modo que si la comunidad en la que se utilizará el agua reciclada no cuenta con esta cantidad de áreas verdes, entonces se pueden abastecer a más viviendas, y reducirse la cantidad de litros para esta actividad.

Realizados los cálculos anteriores y expuestas las condiciones, se encontrará la tabla III, que mostrará la forma en que se deben de conectar los artefactos a los distintos sistemas dentro de las viviendas que desfogarán a las dos clases de candelas.

Tabla V. **Clasificación de los artefactos con respecto a las candelas en que se deben conectar**

Artefacto	Descarga l/hab*día	Candela	Descarga total l/hab*día
Inodoro	27	Negra	45
Pérdidas del inodoro	4	Negra	
Lavatrastos	5	Negra	
Otros	9	Negra	
Lavadora	22	Gris	84
Pila	3	Gris	
Lavamanos	15	Gris	
Ducha	44	Gris	
TOTAL			129

Fuente: elaboración propia.

Ahora bien, para el tratamiento de esta propuesta se realizará en forma similar al inciso anterior, únicamente que en este caso se realizarán dos plantas de tratamiento, una para el tratamiento de las aguas negras y otra para tratar las aguas grises. Obteniendo ahora que las aguas negras corresponde al 34,88 por ciento, mientras que las aguas para reutilización (grises tratadas) será de 65,12 por ciento.

- Planta de tratamiento de aguas negras
- Condiciones de diseño

Cantidad de habitantes por vivienda: 6 hab/viv.

Caudal a tratar por habitante: 45 l/hab/día

- Diseño de la planta

  - Definición de carga hidráulica

Cantidad de viviendas X número de habitantes/vivienda X caudal a tratar= volumen (l/día)

Volumen (l/día) / 3.785 (l/gal)= volumen gpd (galones/día)

50 X 6 X 45 = 13 500 l/día

13 500 / 3,785 = 3 566,71 GPD

  - Determinación de período de retención hidráulica y tamaño físico de la planta.

Se asumirá nuevamente como inicial un período de retención de 18 horas
3 566,71 gpd X 18/24 = 2 675,03 galones

Igualmente que al inciso anterior para mayor facilidad en las medidas y construcción, se dejará un volumen = 3 000 galones. Dado de esta manera se obtiene una retención de 20 horas, el cual se encuentra dentro del rango especificado.

3 000 X 3,785 /1 000= 11,36 m^3

Asumiendo una profundidad de 2,00 metros, 11,36 / 2 = 5,68 m^2

- Área

La planta considerada cuenta con un área igual a 2,50 x 2,50 = 6,25 metros cuadrados mayor que la requerida, por lo tanto cumple con el requerimiento.

Zona de sedimentación: 25 por ciento del volumen anterior.

11,36 m^3 X 0,25 = 2,84 m^3

Evaluando igualmente de la manera conocida en el numeral anterior, se obtiene que el volumen ofrecido es de 3,26 metros cúbicos, mayor que el requerido y por lo tanto aceptable.

- Definición de carga orgánica

El valor utilizado para la carga orgánica será de 23,54 galones por habitante al día; con base en la tabla III, que es el indicado solo para agua negras, precisamente el que se tratará en esta planta.

50 X 6 X 23,54 = 7 062 g

7 062 / 454 = 15,56 lb DBO/día

- Determinación del equipo a utilizar

Para el valor de DBO por día calculado, se obtiene un equipo de aireación Blower URAI 33 y motor de 2 HP.

- Planta de tratamiento de aguas grises

    - Condiciones de diseño
      Cantidad de habitantes por vivienda: 6 hab/vivienda
      Caudal a tratar por habitante: 84 l/hab/día

- Diseño de la planta

    - Definición de carga hidráulica

      50 X 6 X 84 = 25 200 l/día

      25 200 / 3,785 = 6 657,86 GPD

- Determinación de período de retención hidráulica y tamaño físico de la planta

De nuevo como inicial un período de retención de 18 horas

6 657,86 gpd X 18/24 = 4 993,40 galones

Igualmente que al inciso anterior para mayor facilidad en las medidas y construcción, se dejará un volumen = 5 000 galones.

5 000 X 3,785 /1 000= 18,93 m^3

Asumiendo una profundidad de 2,50 metros, 18,93 / 2,5 = 7,57 m^2 de área

La planta considerada cuenta con un área igual a 2,62 x 3,52 = 9,22 metros cuadrados mayor que la requerida, por lo tanto cumple con el requisito. Esta planta consta de dos cámaras de aireación, planos en anexos.

Zona de sedimentación: del 15 al 25 por ciento del volumen anterior.

- 18,93 m^3 X 0,25 = 4,73 m^3
- 18,93 m^3 X 0,15 = 2,84 m^3

El volumen correspondiente según planos es igual a 3,26 metros cúbicos; mayor que el 15 por ciento contemplado como mínimo.

- Definición de carga orgánica

El valor utilizado para la carga orgánica será de 25,14 galones por habitante al día; con base en la tabla III que es el indicado para agua grises, el que se tratará en esta planta.

- 50 X 6 X 25,14 = 7 542 g
- 7 542 / 454 = 16,61 lb DBO/día

- Determinación del equipo a utilizar

Para el valor de DBO por día calculado, se obtiene un equipo de aireación Blower URAI 33 y motor de 2 HP.

Para el caso en el que sea temporada de invierno y las áreas comunes no necesiten tanto riego, el desfogue de la planta de tratamiento de aguas grises

puede llevarse hacia un pozo de absorción en donde generará aporte al subsuelo de agua limpia.

3.5. Alternativa 2: tratamiento y reutilización de aguas grises a nivel domiciliar

Al considerar esta alternativa se tiene como objeto la ayuda al medio ambiente, además de generar un gasto menor en la utilización de agua potable para actividades tales como: riego de jardines internos, lavado de autos, descargas de inodoros (así también las fugas que generalmente estos presentan).

El análisis de aportes y descargas será similar al del inciso anterior, sin embargo, cabe aclarar que no todas las actividades generadoras de aguas grises se reutilizarán y se ha determinado prescindir de algunas de ellas, pues la idea es obtener la cantidad básica y no verse en la necesidad de verter el agua gris tratada a un efluente sin ser reutilizada, esto debido a exceso de dotación. Así que se mostrará una tabla inicial de artefactos que se abastecerán de agua gris tratada y los artefactos que generan aguas grises para la dotación de los mismos; luego la tabla final de artefactos que se conectarán hacia la candela de aguas negras y los que se conectarán hacia el tratamiento para reutilización, y evitar precisamente el fenómeno descrito.

En cuanto al tipo de tratamiento involucrado para la limpieza de estas, será completamente diferente, debido a que no se puede utilizar una planta de lodos activados para una vivienda; pues aparte de tener un caudal muy pobre para el funcionamiento de esta, la dimensión económica debido a ella sería extremadamente elevada.

Utilizando esta alternativa, queda como se suele utilizar la candela domiciliar de drenaje aguas negras. La candela de aguas grises ya no será útil, debido a que los artefactos generadores de aguas grises seleccionados, tendrán la tubería conectada hacia el tratamiento para reutilización, mientras los artefactos generadores de aguas negras y de aguas grises no seleccionados, tendrán su conexión a la candela domiciliar de aguas negras.

3.5.1. Ejemplo de reutilización de aguas grises a nivel domiciliar

El presente inciso considera una solución, la cual según necesidad de algún consumidor en específico puede ser modificada; considerando siempre los valores de los parámetros que cada uno de los artefactos pueda aportar al momento de la descarga.

Tabla VI. **Comparación en litros por habitante al día de la demanda de los artefactos y actividades *versus* descarga de los mismos para la alternativa 2 (reutilización de aguas grises)**

Origen	Demanda l/hab*día	Descarga l/hab*día
Inodoro	25	
Pérdidas del inodoro	4	
Lavado de vehículo	4	
Riego	8	
Lavado de ropa		22
Limpieza de casa (pila)		3
Lavamanos		15
Ducha		44
SUMATORIA	41	84

Fuente: elaboración propia.

La relación mostrada nuevamente, excede la descarga a la demanda, por esta razón se considerará utilizar únicamente los valores de ducha y lavamanos para la reutilización, y se prescindirá de los otros; quedando entonces de la siguiente manera:

Tabla VII. **Comparación en litros por habitante al día de la demanda de los artefactos y actividades necesarios *versus* descarga de los mismos para la alternativa final 2 (reutilización de aguas grises)**

Origen	Demanda l/hab*día	Descarga l/hab*día
Inodoro	25	
Pérdidas del inodoro	4	
Lavado de vehículo	4	
Riego	8	
Lavamanos		15
Ducha		44
SUMATORIA	41	59

Fuente: elaboración propia.

Aún con esta solución se puede observar un exceso de 18 litros por habitante al día, esto debido a que si en algún momento existiera menor caudal, tanto en el lavamanos como en la ducha, esto reduciría el caudal total y podría afectar el sistema de tratamiento; así pues que por seguridad se mantendrá el margen anterior, además que esto podrá brindar mayor cantidad de agua para jardines internos; ya que fundamentado en la demanda actual de 8 litros por habitante al día se obtiene lo siguiente:

8 l/hab*día x 6 hab*vivienda = 48 l*día

48 l*día ÷ 3 l/m² = 16 m² de jardín interno

Restando la de descarga de 59 – demanda 41 = 18 l/hab*dia extras

18 l/hab*día + 8 l/hab*día = 26 l/hab*día

26 l/hab*día x 6 hab*vivienda = 156 l*día

156 l*día ÷ 3 l/m² = 52 m² de jardín interno

Con lo anterior se puede demostrar que esta alternativa funciona tanto para viviendas grandes como pequeñas y aún su aporte puede variar utilizando otro de los artefactos no seleccionados. De manera que se usará para tratamiento de aguas grises el volumen de:

59 l/hab*día x 6 hab/vivienda = 354 l/día

354 ÷ 3,785 = 93,53 gpd (Para efecto de cálculos se utilizará 94 gpd)

Tabla VIII. **Clasificación de los artefactos con respecto a las candelas y/o sistemas en los que estos se deberán de conectar y descargas de los mismos**

Artefacto	**Descarga l/hab*día**	**Sistema que conduce a Candela**	**Descarga total l/hab*día**
Inodoro	27	Negra	70
Pérdidas del inodoro	4	Negra	
Lavatrastos	5	Negra	
Lavadora	22	Negra	
Pila	3	Negra	

Continuación de la tabla VIII.

Otros	9	Negra	
Lavamanos	15	Sistema de reutilización	59
Ducha	44	Sistema de reutilización	
TOTAL			129

Fuente: elaboración propia.

Expuesto lo anterior se genera un modelo de análisis, estructurando un diseño prototipo de casa modelo, y en donde con base a esta se analizan los sistemas de tuberías y procesos para la reutilización de las aguas grises. Se exponen planos de la vivienda en el aspecto de distribución, y posteriormente se concluye con las soluciones correspondientes. Así también debe recalcarse que en esta alternativa se contará con una planta de tratamiento a nivel de comunidad para la recolección, limpieza y desfogue de las agua negras.

3.5.1.1. Planta de tratamiento de aguas negras, alternativa 2

Dado que igualmente existirá un caudal de aguas negras generado, y este no será tratado dentro de las viviendas, entonces debe de realizarse la propuesta de esta planta, la cual funcionará a nivel comunidad, la diferencia recaera únicamente en el volumen y su ubicación tendrá que ser dentro de la urbanización.

- Condiciones de diseño

Cantidad de habitantes por vivienda: 6 habitantes por vivienda
Caudal a tratar por habitante: 70 litros por habitante al día

- Diseño de la planta

  - Definición de carga hidráulica

50 X 6 X 70 = 21 000 litros por día

21 000 / 3,785 = 5 548,22 GPD

  - Determinación de período de retención hidráulica y tamaño físico de la planta

Período inicial de retención de 18 horas
6 657,86 gpd X 18/24 = 4 161,16 galones

Se considerará dimensiones iguales que el inciso anterior para mayor facilidad en las medidas y construcción, se dejará un volumen de = 5 000 galones.

5 000 X 3,785 /1 000= 18,93 m^3

Asumiendo una profundidad de 2,50 metros, 18,93 / 2,5 = 7,57 metros cuadrados de área

La planta considerada cuenta con un área igual a 2,62 x 3,52 = 9,22 metros cuadrados mayor que la requerida, por lo tanto cumple con el requerimiento. Esta planta consta de 2 cámaras de aireación, planos en anexos.

Zona de sedimentación: volumen correspondiente igual a 3, 26 metros cúbicos; mayor que el 15 por ciento contemplado como mínimo.

- Definición de carga orgánica

El valor utilizado para la carga orgánica será de 40,64 galones por habitante al día; con base en la tabla III, que es el indicado para los artefactos ahora aportantes a la candela de aguas negras, el que se tratará en esta planta.

50 X 6 X 40,64 = 12 192 g
12 192 / 454 = 26,85 lb DBO/día

- Determinación del equipo a utilizar

Para el valor de DBO por día calculado, se obtiene un equipo de aireación Blower URAI 33 y motor de 3 HP.

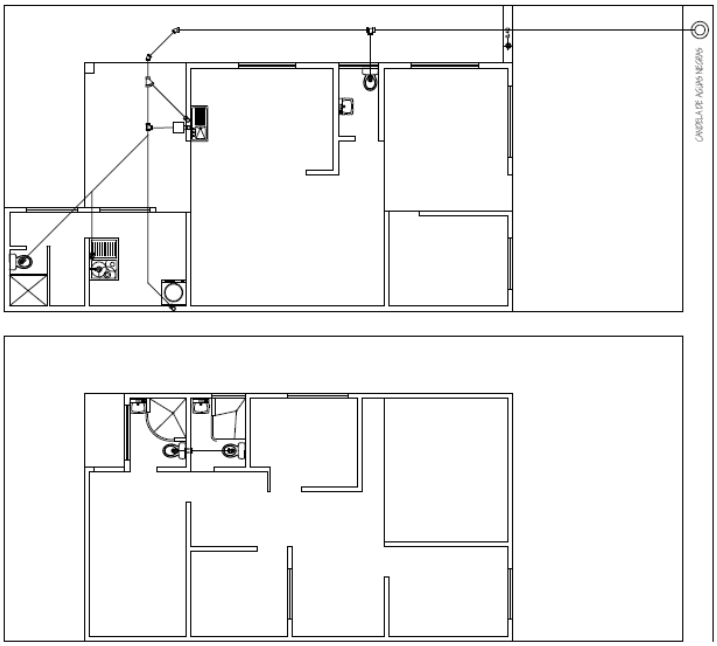
3.5.1.2. Modelo de análisis para sistema de reutilización, alternativa 2

El prototipo de vivienda a utilizar consta de un terreno con dimensiones de 9,00 metros de frente x 20 metros de fondo; área de construcción correspondiente a 191,86 metros cuadrados distribuidos en dos niveles, en donde en el primero se encontraran los ambientes de sala, comedor, cocina, estudio, baño de visitas, lavandería y dormitorio de servicio; mientras en el

segundo nivel se ubican: 1 habitación principal con balcón y cuarto de baño, 2 habitaciones secundarias con baño compartido, sala familiar y dormitorio de visitas. El área cuenta con estacionamiento para 3 vehículos, así como jardín de 5116 metros cuadrados. Ver planos en anexos.

Dado que en el interior de la vivienda se recolectaran las aguas negras del inciso anterior, separándose desde su expulsión en aguas negras y aguas grises a reutilizar según VI. Se expone la propuesta de sistema en el presente de la siguiente manera:

Figura 3. **Esquema de aguas negras primero y segundo nivel**

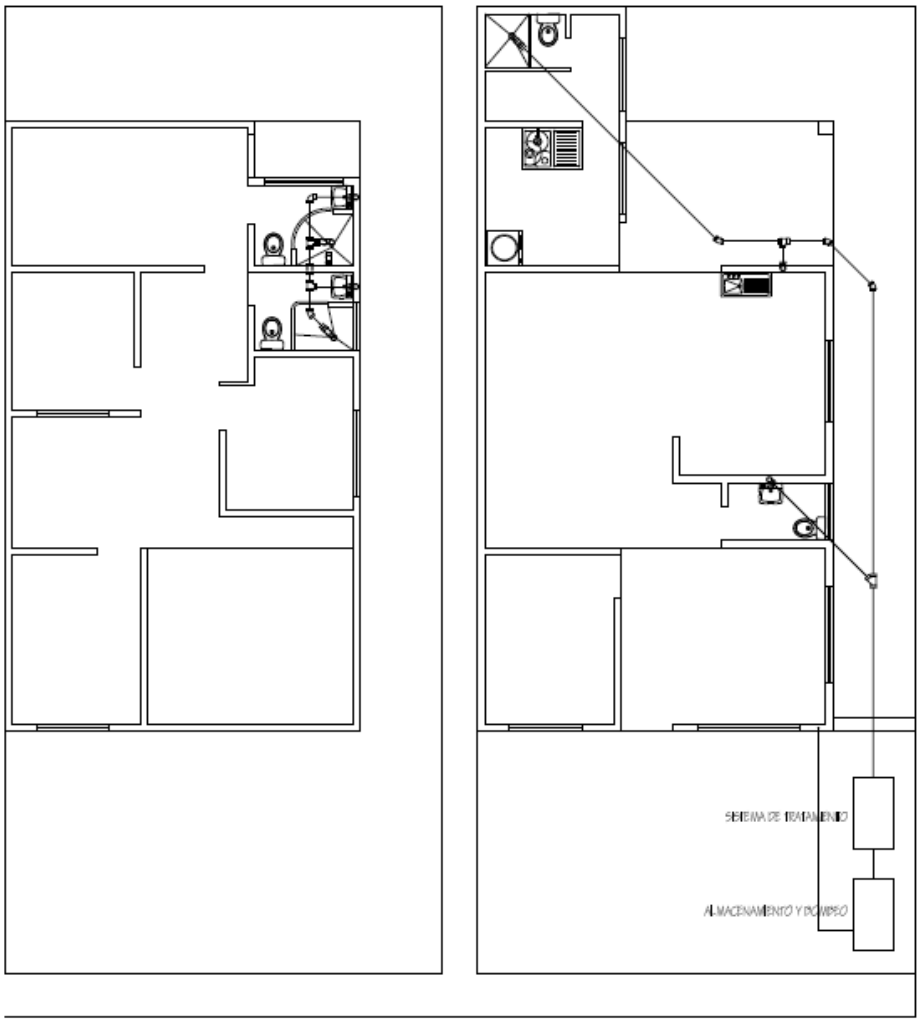


Fuente: elaboración propia, con programa AutoCAD 2008.

El esquema muestra como todos los artefactos a excepción de los lavamanos y duchas, son conectados a esta tubería para que sean

descargados en la candela de aguas negras, esto será para cada vivienda y así llegar a la planta de tratamiento, expuesta en el inciso anterior.

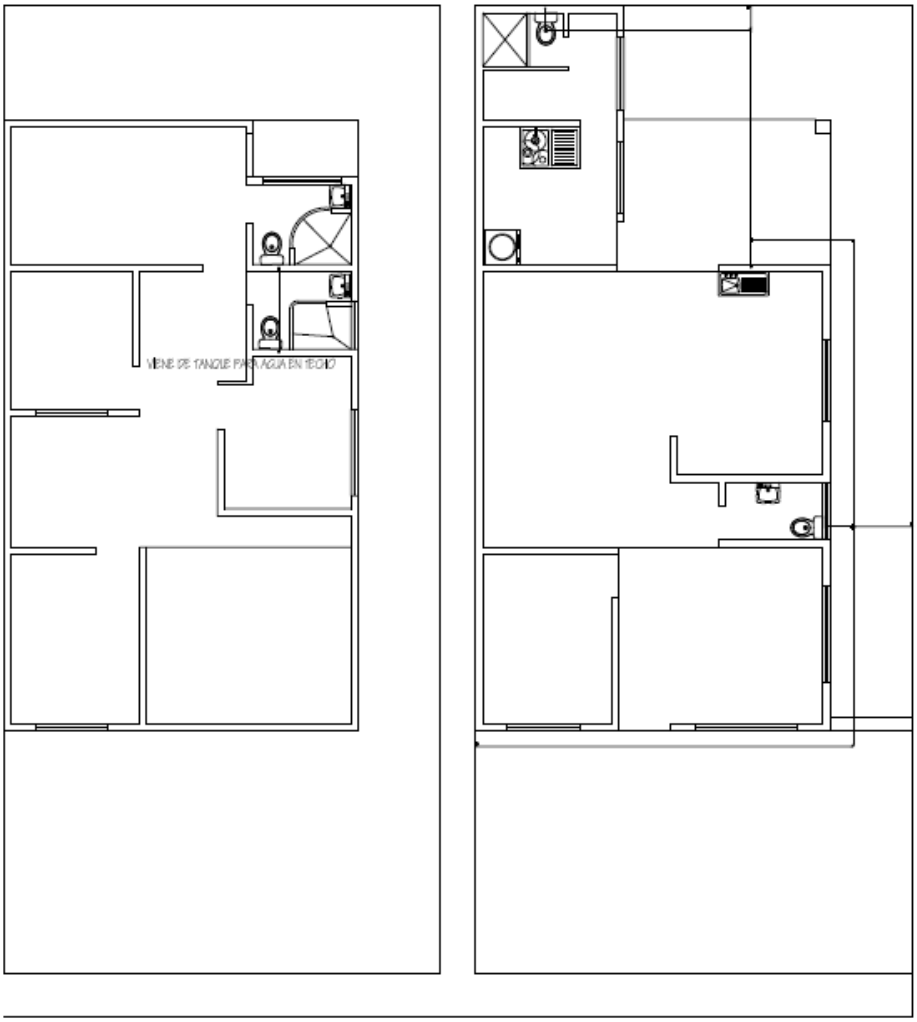
Figura 4. **Esquema de aguas grises primero y segundo nivel**



Fuente: elaboración propia, con programa AutoCAD 2008.

En este esquema se muestra como los artefactos de duchas y lavamanos son conectados y dirigidos al sistema de tratamiento para la reutilizacion de aguas grises, las cuales luego seran dirigidas hacia el tanque de almacenamiento y bombeo, que llegará al techo de la vivienda de donde se despliega el siguiente esquema.

Figura 5. **Esquema de aguas reutilizables primero y segundo nivel**



Fuente: elaboración propia, con programa AutoCAD 2008.

Este esquema muestra la funcion que tendran las aguas tratadas, entiendase que seran distribuidas hacia sanitarios y chorros de la vivienda, que posteriormente serviran a jardines y lavado de vehículos.

Sistema de tratamiento para reutilización de aguas grises.

Basado en la cantidad de agua a tratar y la utilización previa que se le dio en el domicilio, se ubicarán ciertos elementos que limpiaran las aguas, primero de basuras grandes, así como exceso de arenas, para ello se propone una caja de entrada con rejilla y desarenador. Posterior a esto las aguas serán tratadas y liberadas de grasas y jabones, por medio de una caja trampa de grasa.

Terminados los procesos preliminares se procede al ingreso en un biodigestor vertical encargado de la sedimentación, digestión y acumulación de lodos, de este proceso el agua ya tendrá un aspecto claro y se habrá liberado de todos los sólidos que al inicio traía, así como de parámetros de materia orgánica y química.

A continuación se ingresa el efluente a una fosa séptica, en donde ahí se sedimentaran los sólidos de las aguas que hayan logrado pasarse, sin embargo estos no serán muchos, de modo que este tanque de fosa séptica será utilizado a su vez como tanque de almacenamiento. Tanto para este tratamiento como para los anteriores se utilizarán elementos prefabricados, en tanto estos sean distribuidos por el mercado correspondiente.

Posterior a los procesos ya descritos, las aguas serán enviadas hacia un tanque de almacenamiento en el techo de la vivienda de volumen igual a 500 litros los cuales serán bombeados hacia el por medio de una bomba de sólidos

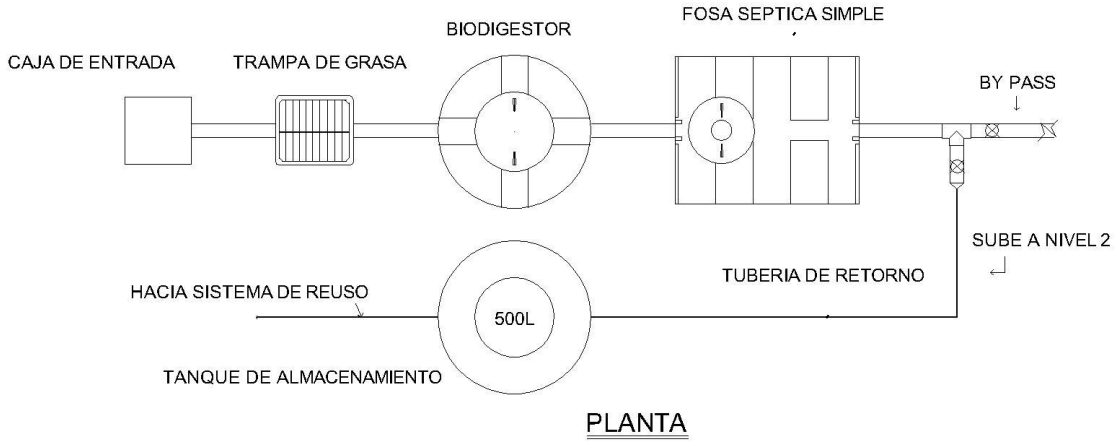
para evitar cualquier taponamiento en la misma y de este serán distribuidas a la red para su reutilización.

Dada la cantidad de litros a bombear y según las exigencias del mercado, la opción más baja en cuanto a potencia de bombas de sólidos se utilizará una de ½ caballo de fuerza, la cual funcionará un par de horas al día, que serán suficientes para mantener el tanque elevado lleno y dispuesto para el uso.

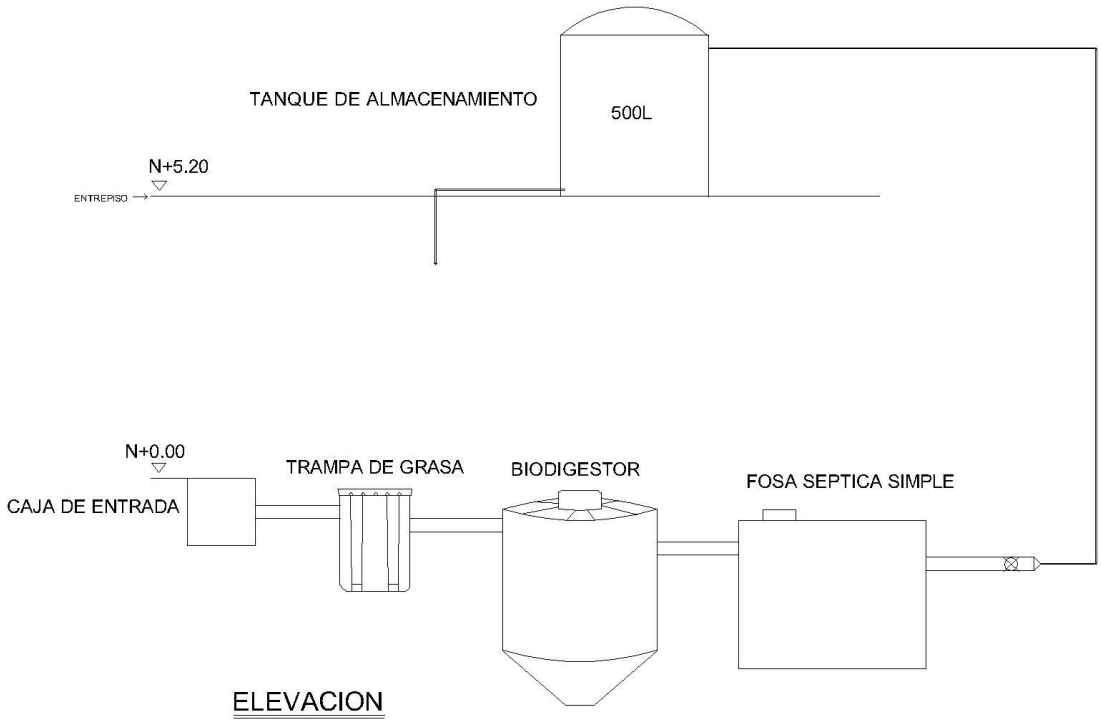
Tanto los primeros procesos como estos últimos, están sujetos al cambio de clima, ya que en temporada de invierno se provee en el sistema un *by pass* en donde la recolección de las aguas grises podrán desviarse a la candela de aguas negras, esto debido a que el agua de lluvia sustituye el riego en jardines, más si se requiere puede regularse por días para el uso en sanitarios y lavado de autos.

Se muestra a continuación un esquema del sistema.

Figura 6. **Sistema de tratamiento**



Continuación de la figura 6.



Fuente: elaboración propia, con programa AutoCAD 2008.

4. ESTUDIO DE PREFACTIBILIDAD

4.1. Presupuesto de inversión de sistema combinado de aguas servidas

La presentación de los siguientes datos serán la muestra de los gastos correspondientes a los sistemas que se utilizan actualmente, siendo estos ya mencionados con anterioridad, las plantas de tratamiento de aireación extendida.

- Inversión inicial

    - Equipo de planta de tratamiento Q 75 000
    - Obra Civil de planta de tratamiento Q 175 000

Total: 250 000 / 50 viviendas = Q 5 000 cada una

4.2. Presupuesto de inversión de alternativas

A continuación se mostrarán los gastos de las alternativas propuestas para el presente trabajo, dejando desde ya un criterio comparativo respecto al anterior y adicional las dos propuestas presentadas.

4.2.1. Presupuesto de inversión alternativa 1

Este inciso muestra el gasto que generará una inversión de tipo separativo a nivel de la comunidad, incluyendo la solución de reutilización de las aguas grises tratadas.

- Inversión inicial
    - Equipo de planta de tratamiento de aguas negras Q 65 000
    - Obra Civil de planta de tratamiento de aguas negras Q 150 000
    - Equipo de planta de tratamiento de aguas grises Q 65 000
    - Obra Civil de planta de tratamiento de aguas grises Q150 000
    - Sistema de bombeo de recirculación a tanque Q 6 521
    - Tanque almacenamiento Q 50 000
    - Sistema de tubería de recirculación Q 10 840

Total: 497 361 / 50 viviendas = Q 9 947,22 cada una

4.2.2. Presupuesto de inversión alternativa 2

Este rubro muestra el presupuesto inicial para el modelo piloto de reutilización de aguas grises a nivel domiciliar y la limpieza de las aguas negras que se desechan en comunidad.

- Inversión Inicial

    - Equipo de planta de tratamiento de aguas negras Q 70 000
    - Obra Civil de planta de tratamiento de aguas negras Q 175 000
    - Elementos de sistema de tratamiento de aguas grises x 50 viviendas. Q 8 702,48 x 50 = 435 124

- Sistema de bombeo de recirculación a tanque x 50 viviendas Q 6 604 x 50 = 330 200
- Tanque elevado x 50 viviendas Q 850 x 50 = 42 500
- Sistema de tubería de recirculación x 50 viviendas Q 195 x 50 = 9 750

Total: 1 062 574 / 50 viviendas = Q 21 251,48 cada una.

4.3. Presupuesto de operación y mantenimiento de sistema combinado de aguas servidas

Los datos presentados en este inciso son los mínimos recomendados para un buen funcionamiento del sistema, estos solo son la presentación de los gastos y tiempos en que se deben de realizar los mismos.

- Operación y mantenimiento (vida útil del equipo 20 años)

  - Visitas técnicas (cada 3 meses) Q 1 000
  - Análisis bacteriológicos (cada 6 meses) Q 1 250
  - Encargado de limpieza y supervisión de planta aproximado de 2 horas diarias (mensual) Q 500
  - Limpieza de lodos, retiro en camión por empresa autorizada (cada 12 meses) Q 2 000
  - Pago de luz (mes) Q 1 401,30
  - Aceites, grasas y cloro (mes) Q 260
  - Cambio de motor (5 años) Q 3 000

4.4. Presupuesto de operación y mantenimiento de alternativas

Las dos alternativas presentadas también deben asumir gastos de operación y mantenimiento, y aunque el tamaño de ellas sea menor al sistema combinado, se debe de considerar que estas recomendaciones en tiempo serán las mismas y por ello en algún momento parecerá que los gastos se verán afectados para mayor.

4.4.1. Presupuesto de operación y mantenimiento alternativa 1

En estos gastos se considerará una resta a los mismos por parte del último rubro, dado que prácticamente se aporta toda la reutilización de agua para que las áreas verdes comunes se mantengan en ornato.

- Operación y mantenimiento

    - Visitas técnicas (cada 3 meses) Q 1 500
    - Análisis bacteriológicos x 2 muestras(cada 6 meses) Q 1 250 x 2 = 2 500
    - Encargado de limpieza y supervisión de plantas, tanque almacenamiento y sistema de recirculación (ejemplo válvulas de limpieza) aproximado de 2 horas diarias (mensual) Q 700
    - Limpieza de lodos, retiro en camión por empresa autorizada x 2 sedimentadores (cada 12 meses) Q 3 000
    - Pago de luz de 2 motores + bomba de recirculación (mes) Q 2 452,28
    - Aceites, grasas y cloro (mes) Q 360
    - Cambio de motor (5 años) Q 6 000

- (–) pago de mantenimiento de jardines áreas comunes Q 2 500

4.4.2. Presupuesto de operación y mantenimiento alternativa 2

Para este inciso adicional al último rubro, como en la alternativa 1 también se contará a favor lo que concierne a pago por exceso de agua en el canon, ya que la reutilización domiciliar limitará esta parte del gasto en cada una de las viviendas.

- Operación y mantenimiento

  - Visitas técnicas (cada 3 meses) Q 1 000
  - Análisis bacteriológicos (cada 6 meses) Q 1 250
  - Encargado de limpieza y supervisión de planta aproximado de 2 horas diarias (mensual) Q 500
  - Limpieza de lodos, retiro en camión por empresa autorizada (cada 12 meses) Q 2 000
  - Pago de luz (mes) Q 1 634,85
  - Aceites, grasas y cloro (mes) Q 180
  - Cambio de motor (5 años) Q 3 000
  - Limpieza de lodos de biodigestor y fosa séptica, retiro en camión por empresa autorizada (5 años) x 50 viviendas (Q 500 considerando la limpieza de 10 casas) Q 50 x 50 = 2 500
  - Pago de luz Sistema de bombeo de recirculación a tanque x 50 viviendas Q 19,46 x 50 = 973
  - Cloración para sistema de recirculación Q 20 x 1 pastilla al mes x 50 casas = 1 000

- pago de agua extra por exceso de consumo en el canon mensual (se asumen lo metros cúbicos que dotará el sistema) Q 4,83 metros cúbicos x 10, 62 metros cúbicos x 50 casas = 2 564,73
- pago de mantenimiento de jardines áreas comunes Q 2 500

- Operación y mantenimiento efectuado por el propietario

  - Limpieza de trampa de grasa y caja de registro, es manual y lo puede realizar un miembro de la vivienda cada 15 días a 1 mes.
  - Inspección y limpieza del tanque igualmente lo puede realizar una persona de la vivienda cada 6 meses aproximadamente.

5. ANÁLISIS DE RESULTADOS

Todas las opciones fueron extendidas para un análisis de 20 años, tiempo de vida útil de las plantas de tratamiento, luego de este tiempo se puede renovar el equipo de la planta, análisis y reparación a la obra civil si lo requiriese para continuar con otro período útil de la misma. Vale la pena hacer notar que los tanques de polietileno utilizados en la alternativa 2, a nivel domiciliar cuenta con una vida útil más amplia.

Los valores dados corresponden a costos en nivel de comunidad, el gasto generado por conjunto de las 50 viviendas, en anexos obsérvese las cotizaciones de las plantas de tratamiento, así también los planos.

5.1. Relación por valor presente neto (VPN)

Se analiza el valor inicial de la inversión y los costos de operación y mantenimiento que se generan mensualmente; ambos valores son traídos a tiempo presente por medio de valor presente neto.

5.1.1. Sistema combinado

Este desglosa el análisis de la planta de tratamiento a nivel comunidad, recolectando como ya se ha expuesto; tanto aguas negras como grises, y posterior a su limpieza la liberación a un cuerpo receptor.

Inversión inicial: Q 250 000,00

Valor presente de operación y mantenimiento 20ª: Q 864 356,60

Costo presente neto total: Q 1 114 356,60

5.1.2. Alternativas

Aquí se analizarán las propuestas expuestas en los capítulos anteriores y se puede comparar entre ellas los valores finales, considerando que se obtienen más beneficios ambientales y económicos para cualquiera de estas dos.

5.1.2.1. Alternativa 1

Se hace un recordatorio que esta alternativa recolecta a nivel comunidad las aguas grises y las reutiliza en áreas comunes, asímismo las aguas negras son recolectadas y vertidas a un cuerpo receptor.

Inversión inicial: Q 497 361,00

Valor presente de operación y mantenimiento 20ª: Q 361 608,87

Costo presente neto total: Q 858 969,87

5.1.2.2. Alternativa 2

Este será el modelo propuesto de reutilización de aguas grises a nivel domiciliar y así también recordar que existe a nivel comunidad la planta de tratamiento de aguas negras, la cual se incluye en los montos presentados.

Inversión inicial: Q 1 062 574,00

Sub-total Valor presente de operación y mantenimiento 20ª: Q 814 229,04

Menos costos de pago extra por exceso en consumo de canon mensual, menos valor de mantenimiento de jardines de áreas comunes: Q 809 721,04

Total valor presente de operación y mantenimiento 20ª: Q 4 508,00
Costo presente neto total: Q 1 067 082,00

5.2. Comparación de resultados

Evaluando únicamente por costo presente neto total, la mejor opción observada es la alternativa 1. Asimismo, también se hace notar la similitud y aún un costo más bajo de la alternativa 2 *versus* el presupuesto combinado, opción actual para los proyectos de urbanizaciones.

Ahora bien, se expone el dato de mensualidad por opción correspondiente a operación y mantenimiento, esto para que el consumidor pueda observar la diferencia económica que le afectará directamente en su presupuesto familiar mensual.

- Mensualidad sistema combinado:

Comunidad: Q 5 446,14
Vivienda: Q 108,92

- Mensualidad sistema Alternativa 1:

Comunidad: Q 2 351,08
Vivienda: Q 47,02

- Mensualidad sistema alternativa 2:

Comunidad: Q 110,84
Vivienda: Q 2,22

Si se puede observar respecto a mensualidad del usuario que la mejor opción en este caso corresponde a la alternativa 2.

El valor real de pago de operación y mantenimiento es mayor a la mensualidad calculada, ya que de ella se deriva el beneficio de uso directo que el usuario tendrá para riego de su jardín, uso de agua en sanitarios y lavado de vehículos. Ver hoja de cálculo por alternativas. Los valores vistos indican la productividad de las propuestas, facilitando así la toma de decisiones.

CONCLUSIONES

1. Las propuestas y el análisis generado en este trabajo de graduación sobre el estudio de prefactibilidad para la reutilización y manejo de aguas grises concluyen en lo siguiente:

2. Las 2 alternativas presentadas generan una ganancia tanto económica como medio ambiental.

3. El reúso de las aguas grises puede lograrse de maneras distintas, sin embargo, a medida de la práctica puede encontrarse la mejor opción viable; como sistema de limpieza e inversión favorable a los generadores-consumidores.

4. Los valores encontrados de inversiones iniciales y mensualidades de operación, y mantenimiento para las alternativas presentadas, únicamente muestran 2 formas distintas de inversión, que según la capacidad y solvencia de la comunidad en que se realice puede ser viable cualquiera de las dos.

5. Se puede observar que la opción de sistema combinado, la cual se utiliza actualmente en la mayoría de proyectos no genera en ningún momento ganancia y siempre crea gastos altos para su mantenimiento; por el otro lado la opción de alternativa 1 a pesar de generar gastos altos de mantenimiento, el hecho de tener un aporte a la comunidad ayuda a que esta opción sea sostenible.

6. El enfoque del presente trabajo demuestra como dada la opción de alternativa 2, reutilización de aguas grises a nivel domiciliar, es en alto porcentaje autosostenible y que únicamente debe de realizarse un esfuerzo para generar la inversión inicial y esta puede llegar a ser la solución a la escasez de agua que, actualmente existe en el planeta.

RECOMENDACIONES

1. La efectividad que se encuentra en la opción demostrada como viable, es debido a su enfoque y mejor orientación en cuanto al uso que se le da a cada elemento; es por ello que debe de utilizarse de la manera más apegada a la productividad posible y así evitar desperdicios de recursos, tanto económicos como naturales.

2. El enfoque fue dado para una comunidad de 50 viviendas, sin embargo, a mayor población, los costos serán menores, tanto por los sistemas de tratamiento como por la demanda en la que los gastos serán divididos.

3. Para las distintas alternativas expuestas se puede constatar que la eficiencia de limpieza de cada una es buena, su diferencia recae en la habilidad de uso de recursos y por ello la recomendación de un cambio a los sistemas actuales de limpieza en niveles de comunidades.

BIBLIOGRAFÍA

1. ARBOLEDA VALENCIA, Jorge. *Teoría y práctica de la purificación del agua*. 3 ed. Colombia: McGraw-Hill, 2000. 793 p.

2. BLANK LELAND, Anthony Tarquin. Trad. María del Carmen Hano Roa. *Ingeniería Económica*. 5 ed. México: McGraw-Hill, 2004. 796 p.

3. FAIR GORDON, Maskew; GEYER, John Charles; OKUN, Daniel Alexander. *Abastecimiento de aguas y remoción de aguas residuales*. México: Limusa, 1980.

4. FAIR GORDON, Maskew. *Ingeniería Sanitaria y de aguas residuales*. México: Limusa, 1993. 269 p. v.1

5. HERNÁNDEZ JUÁREZ, Jaime Raúl. Tesis *Alternativas para el tratamiento de las aguas grises de origen doméstico*. Guatemala: facultad de Ingeniería, escuela regional de Ingeniería Sanitaria, 2010.

6. Metcalf & Eddy, Inc. *Ingeniería de aguas residuales*. 3 ed. México: McGraw-Hill, 1996. 1485 p.

7. Ministerio medio ambiente y recursos naturales. *Descargas de aguas servidas y manejo de lodos, Acuerdo Gubernativo 236-2006.*

8. TCHOBANOGLOUS, George. *Sistemas de manejo de aguas residuales para núcleos pequeños y descentralizados*. Colombia: McGraw-Hill, 2000.

9. _____. *Tratamiento de aguas residuales en pequeñas poblaciones*. Colombia: McGraw-Hill, 2000. 776 p.

ANEXOS

1. Oferta de construcción planta de tratamiento

Mexichem
SOLUCIONES INTEGRALES

Código: FIG P2.3.COMERCIAL.GUA
Versión: 00
Cotización 0116-11-2014
Fecha: 18/11/2014
Código Cliente:

Señor (es):
proyecto urbanizacion

Dirección:
NIT:
Teléfono:
Fax:
Atenció
Email:

Le damos las gracias por su consulta y a continuación le presentamos la oferta para la Planta de Tratamiento ubicada ciudad Guatemala

1 DESCRIPCION DEL SISTEMA DE TRATAMIENTO PROPUESTO

Las plantas AEROBICAS, de tratamiento de Aguas servidas, emplean un proceso biológico conocido como **AERACION EXTENDIDA Y/O DIGESTION AEROBICA.** "LODOS ACTIVADOS"

Con esta modalidad de Aireación Extendida, se lograrán afluentes de calidad con baja producción de lodos y alto grado de oxidación y estabilización de la materia. Acoplada a una estructura de Block pineada y/o concreto.
El sistema tiene como ventaja lo compacto de la planta, su alta eficiencia y no emite malos olores alrededor de la misma.
A la par de la estructura base, se debería de construir tanques para distribuir el excedente de lodos a un sistema de patios para secar los lodos, estas obras son complementarias al sistema.

2 BASE DE COTIZACIÓN

NO. DE VIVIENDAS = 50

PARAMETRO	VALOR	UNIDAI
Capacidad hidraulica	10,260	GPD
Periodo de Retención	21.1	Horas/dia
Eficiencia en remoción de	85	%
Area para planta	5X6	mts
Cota invert de entrada a fondo de la planta	3.5	m (PSI)

m3/dia 38.8341
carga orgar

21.1 ret. Hidraulica 9,020
32.1 # dbo dia

3 PROPUESTA ECONOMICA opciones.

El costo del proyecto llave en mano es de : Q.175,000
El costo del Suministro de Equipo será de : Q. 75000

3.1 TIEMPO DE ENTREGA CLIENTE PUEDE EJEC. O.CIVIL.
El tiempo estimado para la ejecución del proyecto "Llave en Mano" 2
Y el inicio de la obra será a los 15 días de recibido el anticipo.

3.2 CONDICIONES DE PAGO

Anticipo	70%
Al estar concluida la Instalación	20%
Contra entrega	10%

3.3 VALIDEZ DE LA OFERTA 30 Días
3.4 GARANTIA 1 año contra defectos de manufactura e instalación del equipo.

Continuación del anexo 1.

4 DESCRIPCION DE LA PROPUESTA ECONOMICA

4.1 PROYECTO LLAVE EN MANO

Amanco Tubosistemas Guatemala, S.A., le ofrece la modalidad del proyecto **"Llave en Mano"**.

Corre a cuenta de Amanco los siguientes elementos, los cuales están incluidos dentro de la modalidad "Llave en Mano"

1.- Construcción de obra civil para acoplar la Planta de Tratamiento en estructura de block pineado y / ó concreto.
2.- Suministro e instalación de equipo para la Planta de tratamiento.

4.2 SUMINISTRO E INSTALACIÓN DE EQUIPO

Amanco Tubosistemas Guatemala, S.A., le ofrece la modalidad de **"Suministro e Instalación de Equipo"**.

1 Soplador rotatorio de desplazamiento positivo 45 acoplado a motor eléctrico horizontal 110 / 220 de 3 H.P. con un silenciador y su filtro, todo esto protegido por un albergue de fibra de vidrio con apoyo de hierro.

- Tubería de difusión de aire con ramales para las líneas de AIREACION con difusores sellados y una línea que alimenta el desnatador de superficie y la tubería de lodos.
- Desnatadores de superficie con retorno neumático.
- Tubería de evacuación de lodos con retorno neumático.
- Vertedero de transferencia, con cortinas ajustables, mamparas, válvulas y conexiones.
- Tabique de lámina plástica con apoyos
- Tablero eléctrico de control para funcionamiento automático.
- Rejillas Irvin para cubierta superior de la estructura de la planta.
- Manual de operación y mantenimiento.

5 RESPONSABILIDAD DEL CLIENTE

El cliente deberá proveer de una toma eléctrica 220/440 con una caja de flipones a nos mas de 5 metros de la estructura de la planta, para la conexión del equipo eléctrico de aireación. Y deberá tenerse definida la descarga del efluente tratado para su correcta disposición.
Asimismo los estudios y levantamientos topográficos, movimiento de tierra y plataformas o excavación especiales, manejo de aguas pluviales, caja de trampa de grasa en cada uno de los lotes.
Conexiones de la tubería de descarga y vías de acceso hacia el lugar de la construcción.

Corre a cuenta del cliente los siguientes elementos, los cuales no están incluidos dentro de la modalidad "Llave en Mano"

1.- Acometida de Energía Eléctrica requerida por los equipos.
2.- Acometida de Aguas servidas a la Planta de tratamiento con la cota invert
3.- Disposición final de las aguas tratadas, las cuales pueden acondicionarse en Pozos de absorción ó zanjas de infiltración.
4.- La vía de acceso, iluminación si fuerea necesaria.
5.- La excavación en el lugar a construir la Planta de Tratamiento.
6.- Agua para la construcción de obra civil.

De ser aceptada nuestra oferta, se suscribirá un contrato entre ambas partes.

Atentamente,

Ing. Fredy Guillermo/consultor
Celular / Teléfono
Correo Electrónico

asesor tecnico comercial.

Guatemala, Guatemala C. A.
PBX Admón.: (502) 2410-1300
PBX Serv. Cliente: (502) 2410-1301
Fax Ventas: (502) 2473-2883

Fuente: Mexichem.

2. Descripción del proyecto

Mexichem
SOLUCIONES INTEGRALES

Código: FIG P2.3.COMERCIAL.GUA
Versión: 00
Cotizació 0117-11-2014
Fecha: 18/11/2014
Código Cliente:

Señor (es):
proyecto urbanizacion

Dirección:
NIT:
Teléfono:
Fax:
Atenció
Email:

Le damos las gracias por su consulta y a continuación le presentamos la oferta para la Planta de Tratamiento ubicada ciudad Guatemala

1 DESCRIPCION DEL SISTEMA DE TRATAMIENTO PROPUESTO

Las plantas AEROBICAS, de tratamiento de Aguas servidas, emplean un proceso biológico conocido como **AERACION EXTENDIDA Y/O DIGESTION AEROBICA.** "LODOS ACTIVADOS"

Con esta modalidad de Aireación Extendida, se lograrán afluentes de calidad con baja producción de lodos y alto grado de oxidación y estabilización de la materia. Acoplada a una estructura de Block pineada y/o concreto.
El sistema tiene como ventaja lo compacto de la planta, su alta eficiencia y no emite malos olores alrededor de la misma.
A la par de la estructura base, se debería de construir tanques para distribuir el excedente de lodos a un sistema de patios para secar los lodos, estas obras son complementarias al sistema.

2 BASE DE COTIZACIÓN

NO. DE VIVIENDAS = 50

PARAMETRO	VALOR	UNIDAI	m3/dia	21.1 ret. Hidraulica
Capacidad hidraulica	3,618	GPD	13.69413	3,090
Periodo de Retención	20.5	Horas/dia		
Eficiencia en remoción de	85	%		
Area para planta	5X6	mts		
Cota invert de entrada a fondo de la planta	3.5	m (PSI)	carga orgar	15.5 # dbo dia

3 PROPUESTA ECONOMICA opciones.

El costo del proyecto llave en mano es de : Q.150,000
El costo del Suministro de Equipo será de : Q. 65000

3.1 TIEMPO DE ENTREGA CLIENTE PUEDE EJEC. O.CIVIL.

El tiempo estimado para la ejecución del proyecto "Llave en Mano" 2
Y el inicio de la obra será a los 15 días de recibido el anticipo.

3.2 CONDICIONES DE PAGO

Anticipo	70%
Al estar concluida la Instalación	20%
Contra entrega	10%

3.3 VALIDEZ DE LA OFERTA 30 Días

3.4 GARANTIA 1 año contra defectos de manufactura e instalación del equipo.

Continuación del anexo 2.

4 DESCRIPCION DE LA PROPUESTA ECONOMICA

4.1 PROYECTO LLAVE EN MANO

Amanco Tubosistemas Guatemala, S.A., le ofrece la modalidad del proyecto "**Llave en Mano**".

Corre a cuenta de Amanco los siguientes elementos, los cuales están incluidos dentro de la modalidad "Llave en Mano"

1.- Construcción de obra civil para acoplar la Planta de Tratamiento en estructura de block pineado y / ó concreto.
2.- Suministro e instalación de equipo para la Planta de tratamiento.

4.2 SUMINISTRO E INSTALACIÓN DE EQUIPO

Amanco Tubosistemas Guatemala, S.A., le ofrece la modalidad de "**Suministro e Instalación de Equipo**".

1 Soplador rotatorio de desplazamiento positivo 33 acoplado a motor eléctrico horizontal 110 / 220 de 2 H.P. con un silenciador y su filtro, todo esto protegido por un albergue de fibra de vidrio con apoyo de hierro.

- Tubería de difusión de aire con ramales para las líneas de AIREACION con difusores sellados y una línea que alimenta el desnatador de superficie y la tubería de lodos.
- Desnatadores de superficie con retorno neumático.
- Tubería de evacuación de lodos con retorno neumático.
- Vertedero de transferencia, con cortinas ajustables, mamparas, válvulas y conexiones.
- Tabique de lámina plástica con apoyos
- Tablero eléctrico de control para funcionamiento automático.
- Rejillas Irvin para cubierta superior de la estructura de la planta.
- Manual de operación y mantenimiento.

5 RESPONSABILIDAD DEL CLIENTE

El cliente deberá proveer de una toma eléctrica 220/440 con una caja de flipones a nos mas de 5 metros de la estructura de la planta, para la conexión del equipo eléctrico de aireación. Y deberá tenerse definida la descarga del efluente tratado para su correcta disposición.
Asimismo los estudios y levantamientos topográficos, movimiento de tierra y plataformas o excavación especiales, manejo de aguas pluviales, caja de trampa de grasa en cada uno de los lotes.
Conexiones de la tubería de descarga y vías de acceso hacia el lugar de la construcción.

Corre a cuenta del cliente los siguientes elementos, los cuales no están incluidos dentro de la modalidad "Llave en Mano"

1.- Acometida de Energía Eléctrica requerida por los equipos.
2.- Acometida de Aguas servidas a la Planta de tratamiento con la cota invert
3.- Disposición final de las aguas tratadas, las cuales pueden acondicionarse en Pozos de absorción ó zanjas de infiltración.
4.- La vía de acceso, iluminación si fuerea necesaria.
5.- La excavación en el lugar a construir la Planta de Tratamiento.
6.- Agua para la construcción de obra civil.

De ser aceptada nuestra oferta, se suscribirá un contrato entre ambas partes.

Atentamente,

Ing. Fredy Guillermo/consultor

Celular / Teléfono
Correo Electrónico

asesor tecnico comercial.

Guatemala, Guatemala C. A.
PBX Admón.: (502) 2410-1300
PBX Serv. Cliente: (502) 2410-1301
Fax Ventas: (502) 2473-2883

Fuente: Mexichem.

3. **Aeración extendida**

Mexichem
SOLUCIONES INTEGRALES

Código: FIG P2.3.COMERCIAL.GUA
Versión: 00
Cotización 0118-11-2014
Fecha: 18/11/2014
Código Cliente:

Señor (es):
proyecto urbanizacion

Dirección:
NIT:
Teléfono:
Fax:
Atenció
Email:

Le damos las gracias por su consulta y a continuación le presentamos la oferta para la Planta de Tratamiento ubicada ciudad Guatemala

1 DESCRIPCION DEL SISTEMA DE TRATAMIENTO PROPUESTO

Las plantas AEROBICAS, de tratamiento de Aguas servidas, emplean un proceso biológico conocido como **AERACION EXTENDIDA Y/O DIGESTION AEROBICA.** "LODOS ACTIVADOS"

Con esta modalidad de Aireación Extendida, se lograrán afluentes de calidad con baja producción de lodos y alto grado de oxidación y estabilización de la materia. Acoplada a una estructura de Block pineada y/o concreto.
El sistema tiene como ventaja lo compacto de la planta, su alta eficiencia y no emite malos olores alrededor de la misma.
A la par de la estructura base, se debería de construir tanques para distribuir el excedente de lodos a un sistema de patios para secar los lodos, estas obras son complementarias al sistema.

2 BASE DE COTIZACIÓN

NO. DE VIVIENDAS = 50

PARAMETRO	VALOR	UNIDAI	m3/día	21.1 ret. Hidraulica
Capacidad hidraulica	6,669	GPD	25.242165	5,002
Periodo de Retención	18	Horas/dia		
Eficiencia en remoción de	85	%		
Area para planta	5X6	mts		
Cota invert de entrada a fondo de la planta	3.5	m (PSI)	carga orgar	16.6 # dbo dia

3 PROPUESTA ECONOMICA opciones.

El costo del proyecto llave en mano es de : Q.150,000
El costo del Suministro de Equipo será de : Q. 65000

3.1 TIEMPO DE ENTREGA CLIENTE PUEDE EJEC. O.CIVIL.

El tiempo estimado para la ejecución del proyecto "Llave en Mano" 2
Y el inicio de la obra será a los 15 días de recibido el anticipo.

3.2 CONDICIONES DE PAGO

Anticipo	70%
Al estar concluida la Instalación	20%
Contra entrega	10%

3.3 VALIDEZ DE LA OFERTA 30 Días

3.4 GARANTIA 1 año contra defectos de manufactura e instalación del equipo.

Continuación del anexo 3.

4 DESCRIPCION DE LA PROPUESTA ECONOMICA

4.1 PROYECTO LLAVE EN MANO

Amanco Tubosistemas Guatemala, S.A., le ofrece la modalidad del proyecto "Llave en Mano".

Corre a cuenta de Amanco los siguientes elementos, los cuales están incluidos dentro de la modalidad "Llave en Mano"

1.- Construcción de obra civil para acoplar la Planta de Tratamiento en estructura de block pineado y / ó concreto.
2.- Suministro e instalación de equipo para la Planta de tratamiento.

4.2 SUMINISTRO E INSTALACIÓN DE EQUIPO

Amanco Tubosistemas Guatemala, S.A., le ofrece la modalidad de **"Suministro e Instalación de Equipo"**.

1 Soplador rotatorio de desplazamiento positivo 33 acoplado a motor eléctrico horizontal 110 / 220 de 2 H.P. con un silenciador y su filtro, todo esto protegido por un albergue de fibra de vidrio con apoyo de hierro.

- Tubería de difusión de aire con ramales para las líneas de AIREACION con difusores sellados y una línea que alimenta el desnatador de superficie y la tubería de lodos.
- Desnatadores de superficie con retorno neumático.
- Tubería de evacuación de lodos con retorno neumático.
- Vertedero de transferencia, con cortinas ajustables, mamparas, válvulas y conexiones.
- Tabique de lámina plástica con apoyos
- Tablero eléctrico de control para funcionamiento automático.
- Rejillas Irvin para cubierta superior de la estructura de la planta.
- Manual de operación y mantenimiento.

5 RESPONSABILIDAD DEL CLIENTE

El cliente deberá proveer de una toma eléctrica 220/440 con una caja de flipones a nos mas de 5 metros de la estructura de la planta, para la conexión del equipo eléctrico de aireación. Y deberá tenerse definida la descarga del efluente tratado para su correcta disposición.
Asimismo los estudios y levantamientos topográficos, movimiento de tierra y plataformas o excavación especiales, manejo de aguas pluviales, caja de trampa de grasa en cada uno de los lotes.
Conexiones de la tubería de descarga y vías de acceso hacia el lugar de la construcción.

Corre a cuenta del cliente los siguientes elementos, los cuales no están incluidos dentro de la modalidad "Llave en Mano"

1.- Acometida de Energía Eléctrica requerida por los equipos.
2.- Acometida de Aguas servidas a la Planta de tratamiento con la cota invert
3.- Disposición final de las aguas tratadas, las cuales pueden acondicionarse en Pozos de absorción ó zanjas de infiltración.
4.- La vía de acceso, iluminación si fuerea necesaria.
5.- La excavación en el lugar a construir la Planta de Tratamiento.
6.- Agua para la construcción de obra civil.

De ser aceptada nuestra oferta, se suscribirá un contrato entre ambas partes.

Atentamente,

Ing. Fredy Guillermo/consultor

Celular / Teléfono
Correo Electrónico

asesor tecnico comercial.

Guatemala, Guatemala C. A.
PBX Admón.: (502) 2410-1300
PBX Serv. Cliente: (502) 2410-1301
Fax Ventas: (502) 2473-2883

Fuente: Mexichem.

4. Lodos extendidos

Mexichem
SOLUCIONES INTEGRALES

Código: FIG P2.3.COMERCIAL.GUA
Versión: 00
Cotización 0119-11-2014
Fecha: 18/11/2014
Código Cliente:

Señor (es):
proyecto urbanizacion

Dirección:
NIT:
Teléfono:
Fax:
Atenció
Email:

Le damos las gracias por su consulta y a continuación le presentamos la oferta para la Planta de Tratamiento ubicada ciudad Guatemala

1 DESCRIPCION DEL SISTEMA DE TRATAMIENTO PROPUESTO

Las plantas AEROBICAS, de tratamiento de Aguas servidas, emplean un proceso biológico conocido como **AERACION EXTENDIDA Y/O DIGESTION AEROBICA.** "LODOS ACTIVADOS"

Con esta modalidad de Aireación Extendida, se lograrán afluentes de calidad con baja producción de lodos y alto grado de oxidación y estabilización de la materia. Acoplada a una estructura de Block pineada y/o concreto.
El sistema tiene como ventaja lo compacto de la planta, su alta eficiencia y no emite malos olores alrededor de la misma.
A la par de la estructura base, se debería de construir tanques para distribuir el excedente de lodos a un sistema de patios para secar los lodos, estas obras son complementarias al sistema.

2 BASE DE COTIZACIÓN

NO. DE VIVIENDAS = 50

PARAMETRO	VALOR	UNIDAD
Capacidad hidraulica	5,535	GPD
Periodo de Retención	21.7	Horas/dia
Eficiencia en remoción de	85	%
Area para planta	5X6	mts
Cota invert de entrada a fondo de la planta	3.5	m (PSI)

m3/dia 20.949975
carga orgai

21.1 ret. Hidraulica 5,005
26.8 # dbo dia

3 PROPUESTA ECONOMICA opciones.

El costo del proyecto llave en mano es de : Q.175,000
El costo del Suministro de Equipo será de : Q. 70000

3.1 TIEMPO DE ENTREGA CLIENTE PUEDE EJEC. O.CIVIL.
El tiempo estimado para la ejecución del proyecto "Llave en Mano" 2
Y el inicio de la obra será a los 15 días de recibido el anticipo.

3.2 CONDICIONES DE PAGO

Anticipo	70%
Al estar concluida la Instalación	20%
Contra entrega	10%

3.3 VALIDEZ DE LA OFERTA 30 Dias
3.4 GARANTIA 1 año contra defectos de manufactura e instalación del equipo.

Continuación del anexo 4.

4 DESCRIPCION DE LA PROPUESTA ECONOMICA

4.1 PROYECTO LLAVE EN MANO

Amanco Tubosistemas Guatemala, S.A., le ofrece la modalidad del proyecto **"Llave en Mano"**.

Corre a cuenta de Amanco los siguientes elementos, los cuales están incluidos dentro de la modalidad "Llave en Mano"

1.- Construcción de obra civil para acoplar la Planta de Tratamiento en estructura de block pineado y / ó concreto.
2.- Suministro e instalación de equipo para la Planta de tratamiento.

4.2 SUMINISTRO E INSTALACIÓN DE EQUIPO

Amanco Tubosistemas Guatemala, S.A., le ofrece la modalidad de **"Suministro e Instalación de Equipo"**.

1 Soplador rotatorio de desplazamiento positivo 33 acoplado a motor eléctrico horizontal 110 / 220 de 3 H.P. con un silenciador y su filtro, todo esto protegido por un albergue de fibra de vidrio con apoyo de hierro.

Tubería de difusión de aire con ramales para las líneas de AIREACION con difusores sellados y una linea que alimenta el desnatador de superficie y la tubería de lodos.
Desnatadores de superficie con retorno neumático.
Tubería de evacuación de lodos con retorno neumático.
Vertedero de transferencia, con cortinas ajustables, mamparas, válvulas y conexiones.
Tabique de lámina plástica con apoyos
Tablero eléctrico de control para funcionamiento automático.
Rejillas Irvin para cubierta superior de la estructura de la planta.
Manual de operación y mantenimiento.

5 RESPONSABILIDAD DEL CLIENTE

El cliente deberá proveer de una toma eléctrica 220/440 con una caja de flipones a nos mas de 5 metros de la estructura de la planta, para la conexión del equipo eléctrico de aireación. Y deberá tenerse definida la descarga del efluente tratado para su correcta disposición.
Asimismo los estudios y levantamientos topográficos, movimiento de tierra y plataformas o excavación especiales, manejo de aguas pluviales, caja de trampa de grasa en cada uno de los lotes.
Conexiones de la tubería de descarga y vias de acceso hacia el lugar de la construcción.

Corre a cuenta del cliente los siguientes elementos, los cuales no están incluidos dentro de la modalidad "Llave en Mano"

1.- Acometida de Energía Eléctrica requerida por los equipos.
2.- Acometida de Aguas servidas a la Planta de tratamiento con la cota invert
3.- Disposición final de las aguas tratadas, las cuales pueden acondicionarse en Pozos de absorción ó zanjas de infiltración.
4.- La vía de acceso, iluminación si fuerea necesaria.
5.- La excavación en el lugar a construir la Planta de Tratamiento.
6.- Agua para la construcción de obra civil.

De ser aceptada nuestra oferta, se suscribirá un contrato entre ambas partes.

Atentamente,

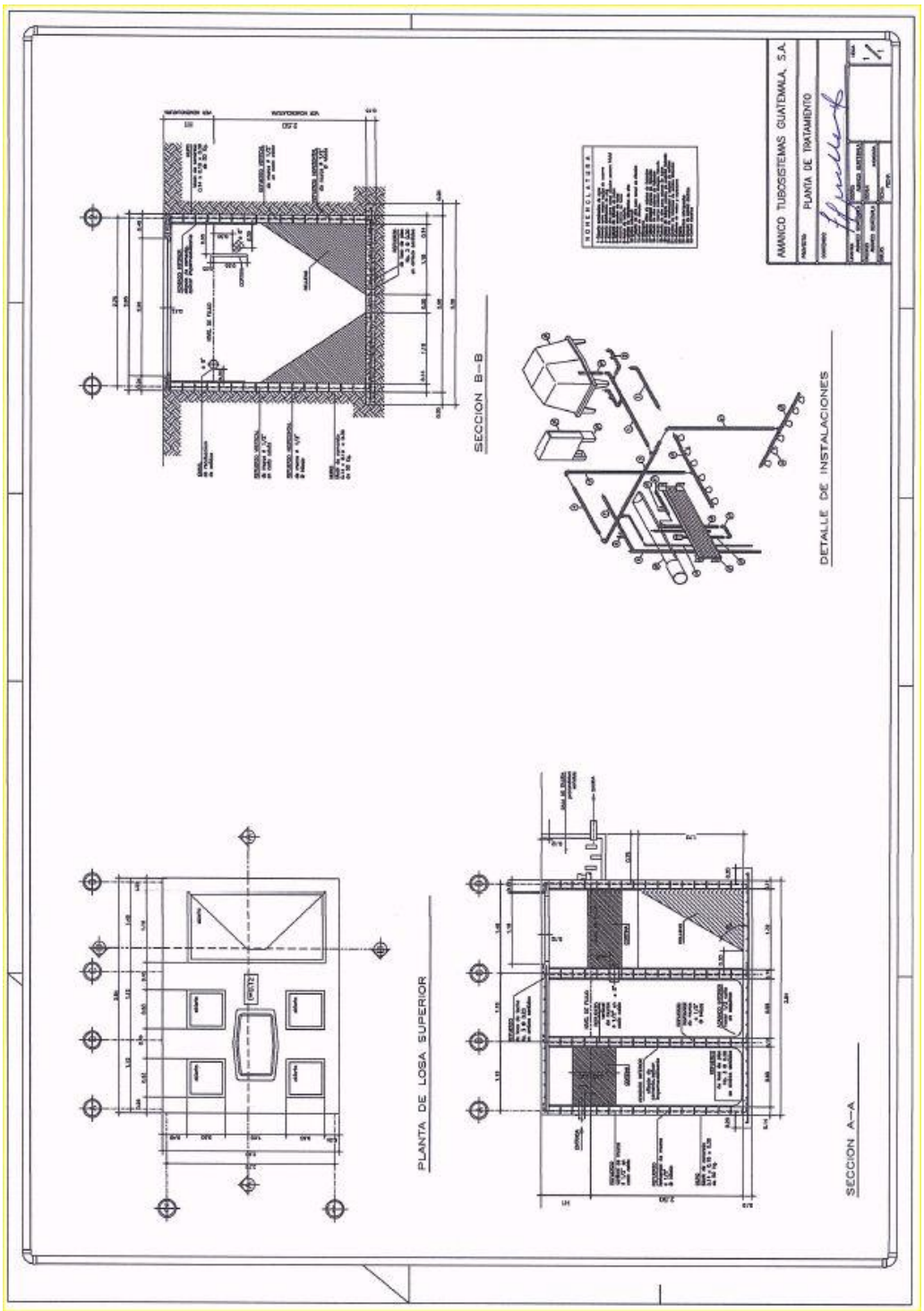
Ing. Fredy Guillermo/consultor
Celular / Teléfono
Correo Electrónico

asesor tecnico comercial.

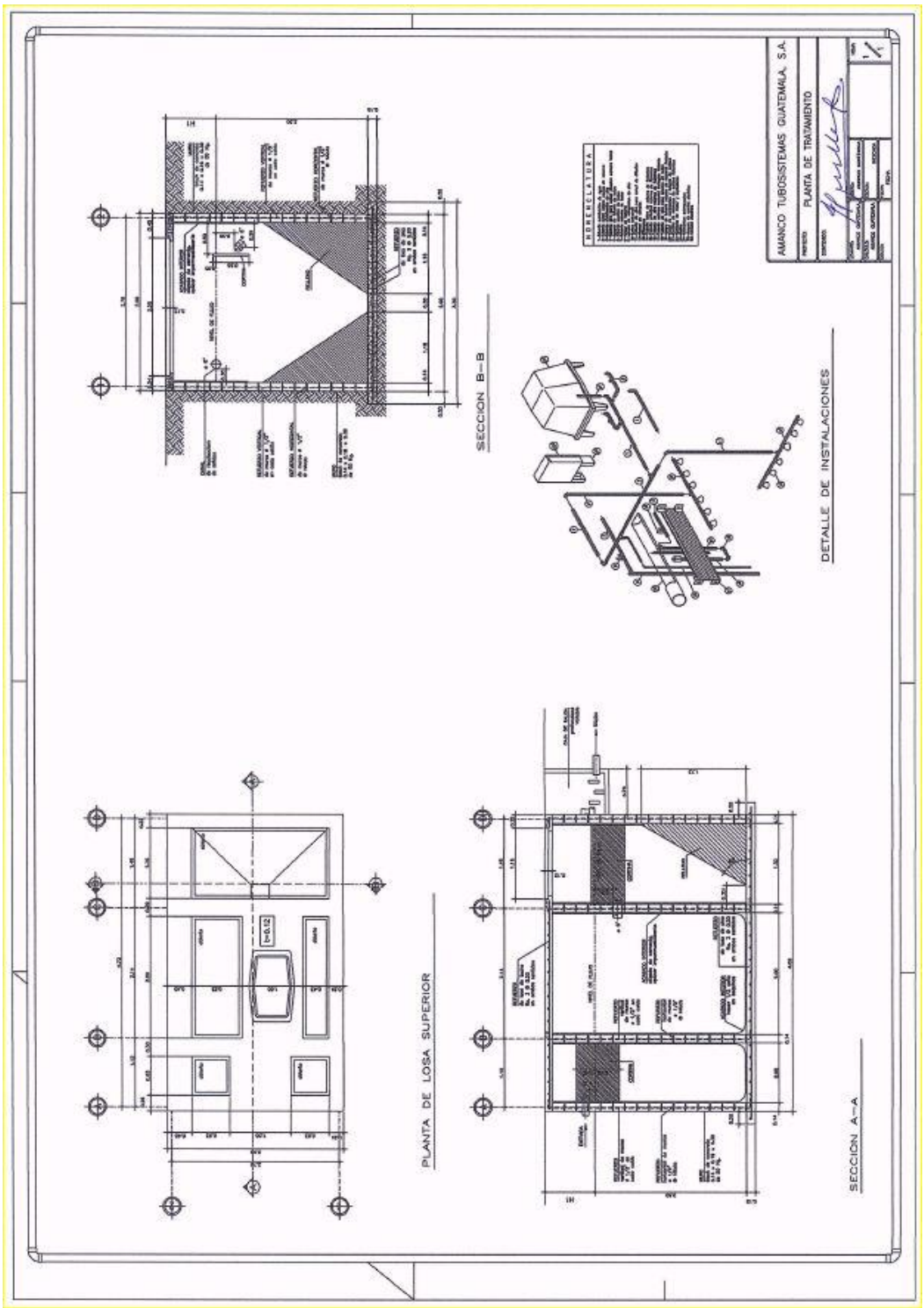
Guatemala, Guatemala C. A.
PBX Admón.: (502) 2410-1300
PBX Serv. Cliente: (502) 2410-1301
Fax Ventas: (502) 2473-2883

Fuente: Mexichem.

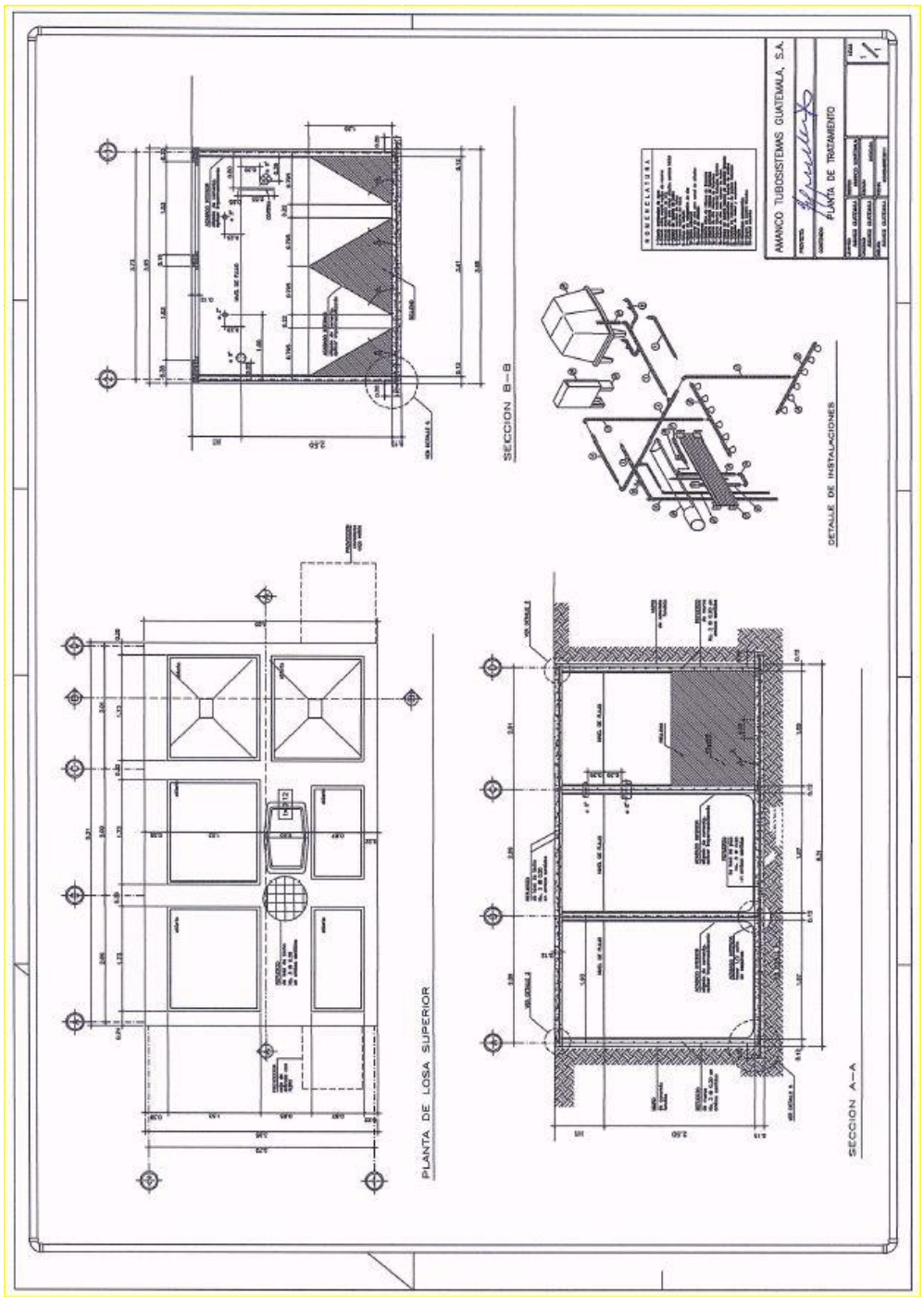
5. **Planos**


AMANCO TUBOSISTEMAS GUATEMALA, S.A.
PLANTA DE TRATAMIENTO
SECCION B-B
DETALLE DE INSTALACIONES
PLANTA DE LOSA SUPERIOR
SECCION A-A

Continuación del anexo 5.



Continuación del anexo 5.



Fuente: elaboración propia, con programa AutoCAD 2008.