

**UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE CIENCIAS ECONOMICAS
ESCUELA DE ESTUDIOS DE POSTGRADO
MAESTRIA EN FORMULACIÓN Y EVALUACIÓN DE PROYECTOS**



**EVALUACIÓN DE LA ADMINISTRACIÓN,
OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO DE LA PLANTA
DE TRATAMIENTO DE AGUA RESIDUAL
DEL MUNICIPIO Y DEPARTAMENTO
DE RETALHULEU**

JUAN CARLOS LINARES CRUZ

GUATEMALA, NOVIEMBRE 2005

**UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE CIENCIAS ECONOMICAS
ESCUELA DE ESTUDIOS DE POSTGRADO
MAESTRIA EN FORMULACIÓN Y EVALUACIÓN DE PROYECTOS**



**EVALUACIÓN DE LA ADMINISTRACIÓN,
OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO DE LA PLANTA
DE TRATAMIENTO DE AGUA RESIDUAL
DEL MUNICIPIO Y DEPARTAMENTO
DE RETALHULEU**

**Informe final de tesis para la obtención del grado de Maestro en
Formulación y Evaluación de Proyectos, con base en el
Normativo para la elaboración de la Tesis de Grado y Examen
General de Graduación de la Escuela de Estudios de Postgrado
Del 4 de febrero de 1993.**

**Profesor Consejero:
MSc José Rolando Fuentes Handal**

**Postulante:
MSc Ing. Juan Carlos Linares Cruz
Carné: 100009689**

GUATEMALA, NOVIEMBRE 2005

**HONORABLE JUNTA DIRECTIVA
DE LA FACULTAD DE CIENCIAS ECONOMICAS
DE LA UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA**

Decano	Lic. Eduardo Antonio Velásquez Carrera
Secretario	Lic. Oscar Rolando Zetina Guerra
Vocal Primero	Lic. Canton Lee Villela
Vocal Segundo	Lic. Albaro Joel Girón Barahona
Vocal Tercero	Lic. Juan Antonio Gómez Monterroso
Vocal Cuarto	P.C. Mario Roberto Flores Hernández
Vocal Quinto	P.C. José Abraham González Lemus

**TRIBUNAL QUE PRACTICO EL EXAMEN GENERAL
DE TESIS SEGÚN ACTA No. 011-04 DEL 25 DE OCTUBRE DE 2004**

Director de la Escuela	MSc Cesar Adrián Linares
Coordinador de Maestría	MA Maynor Vinicio Cabrera
Vocal Primero	MAI Santiago Alfredo Urbizo Guzmán
Vocal Segundo	MSc Hugo Romeo Arriaza Morales
Profesor Consejero	MSc José Rolando Fuentes Handal

**DECANATO DE LA FACULTAD DE CIENCIAS ECONOMICAS. GUATEMALA,
CUATRO DE OCTUBRE DE DOS MIL CINCO.**

Con base en el Punto CUARTO, inciso 4.3, Subinciso 4.3.2 del Acta 30-2005 de la sesión celebrada por la Junta Directiva de la Facultad el 29 de septiembre de 2005, se conoció el Acta Escuela de Estudios de Postgrado No. 11-2004 de aprobación del Examen Privado de Tesis, de fecha 25 de octubre de 2004 y el trabajo de Tesis de Maestría en Formulación y Evaluación de Proyectos denominado: "EVALUACION DE LA ADMINISTRACION, OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUA RESIDUAL DEL MUNICIPIO Y DEPARTAMENTO DE RETALHULEU", que para su graduación profesional presentó el Ingeniero Civil JUAN CARLOS LINARES CRUZ, autorizándose su impresión.

Atentamente,

"D Y ENSEÑAD A TODOS"


LIC. OSCAR ROLANDO ZETINA GUERRA
SECRETARIO




LIC. EDUARDO ANTONIO VELÁSQUEZ CARRERA
DECANO




Smp.

Acto que Dedico

A Dios:

Por guiarme y darme la sabiduría necesaria para comprender la vida.

A mi Esposa:

Su amor, ternura y comprensión en todo momento.

A mi Hija:

Que su grandeza de amor crezca en su plenitud y florezca una rosa bella.

A mis Padres:

Por su enseñanza y amor, acompañado todos los días de mi vida.

A mis Hermanas:

Por la esperanza de seguir luchando y por el amor eterno que nos brindas desde el cielo.

A mis Sobrinos:

Por su dar a mi vida lindos momentos.

A LA UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS:

Por brindarme su lecho y enseñanza.

RESUMEN EJECUTIVO

La contaminación de ríos, lagunas, presas y otros cuerpos receptores de aguas residuales, se ha constituido en una preocupación de primer orden en virtud de su incidencia sobre la calidad de vida de la población y el desarrollo de las actividades económicas que requieren del uso del agua de tales cuerpos. Esta preocupación, ha dado lugar al surgimiento de un esquema jurídico-administrativo para la regulación de este problema, el que, a su vez, ha estimulado el crecimiento de las inversiones en proyectos de saneamiento ambiental. Si se considera que el uso de estos recursos significa un alto costo de oportunidad, resulta muy importante elevar la calidad de tales inversiones a través del mejoramiento de su rentabilidad social.

Los principales beneficios de este tipo de proyectos pueden ser considerados como intangibles en la medida que se refieren al mejoramiento de la calidad de vida de la población a través de un entorno higiénico (la eliminación de malos olores, plagas; y el desarrollo de la flora y la fauna). El carácter de intangible proviene de la dificultad que significa la cuantificación y la valoración de los beneficios percibidos por las personas y que no existe un mercado donde sea posible observar las cantidades y los precios comerciados de los mismos.

Existe, sin embargo, una forma alternativa para medir ese valor, que consiste en la estimación de esos efectos "con proyecto" y "sin proyecto" en la realidad (capítulo nueve, Evaluación del Estudio Financiero). Es decir, buscando una situación ya existente, que pueda ser observada, y simulada la situación sin contaminación que sería posible con el proyecto.

De esta manera se estarían midiendo y valorando una parte de los beneficios que habían sido señalados como intangibles. Sin embargo, es posible avanzar más y medir otro segmento de los efectos generados por este tipo de proyectos, tal como el ahorro de costos, derivado de la reducción de los índices de morbilidad de la población. Un proyecto de saneamiento probablemente contribuiría de manera parcial a la disminución de los índices de morbilidad de la población, lo que se traduciría en incrementos de la productividad laboral y en ahorro de gastos médicos.

Para medir y valorar estos efectos es necesario conocer, la situación sin proyecto, el estado que guarda la salud de la población del área de influencia. Posteriormente se debe verificar si el tratamiento de las aguas residuales logrará reducir las concentraciones de contaminantes a un nivel que permita que las enfermedades detectadas disminuyan o desaparezcan (plan de mejoramiento para la planta de tratamiento, capítulo 10). La determinación del beneficio obtenido por la disminución de las enfermedades vinculadas con la contaminación de los cuerpos receptores de aguas residuales, se puede realizar multiplicando el número de casos por los costos en que se incurre en cada uno de ellos.

Adicionalmente, es posible considerar que el agua tratada que estaría disponible como consecuencia del proyecto, podría tener usos diversos que generarían beneficios adicionales, tales como el riego de áreas verdes, el lavado de automóviles, algunas actividades industriales, y otras.

La administración es un proceso de lineamientos, que la Corporación Municipal no ha ejercido en el Manejo de la Operación y Mantenimiento de la Planta de Tratamiento de Agua Residual. Por lo que, ha fallado la estrategia de sostenibilidad en recuperación de la inversión del actual proyecto, sin generar los beneficios necesarios.

El alcance en la evaluación de la administración, operación y mantenimiento de la planta de tratamiento de agua residual, es corregir a través del estudio plasmado, la deficiencia existente en la Gestión Municipal Administrativa de Proyectos Sociales.

En el capítulo seis, se describe la evaluación del estudio de mercado y se demostro a través de muestreos (encuestas), investigaciones y calculos estadísticos que existe suficiente demanda actual insatisfecha por el servicio, ya que se atiende una demanda histórica de 5,572 viviendas¹, y se requiere servicios en 53,962 viviendas², teniendo 48,390 viviendas sin el servicio (demanda insatisfecha). La oferta consiste en la máxima capacidad de tratar agua residual en la planta de tratamiento (40 lts./seg.), que es el equivalente de la demanda histórica, pero la planta de tratamiento recibe la demanda actual, que es el equivalente a un caudal de 449.68 lts./seg., sin tener un proceso de degradación al agua residual que ingresa a la planta de tratamiento actualmente.

Por lo que, se pretende que el volumen de caudal de excedencia (demanda actual insatisfecha más demanda histórica) de aguas residuales que llega a la planta de tratamiento sea degradado a su mínima descomposición.

En la evaluación del estudio técnico, capítulo seis, se ha determinado a través de inspecciones y evaluaciones a las unidades, con calculos matemáticos la necesidad de ampliar o realizar las mejoras a las unidades existentes y la construcción de otras unidades, para poder satisfacer la demanda futura según crecimientos escalonados de la población en el municipio de Retalhuleu.

Se analizó la estructura administrativa y del organigrama funcional actual (capítulo siete), se determino que en la Unidad de Agua de la Municipalidad, existe deficiencias administrativas, derivado de la falta de un manual de funciones de la Unidad de Agua y Drenaje de la Municipalidad de Retalhuleu. En el presente estudio se incorpora como parte del mismo los perfiles de cada puesto y un organigrama funcional de la Unidad de Agua y Drenaje, para corregir en parte la administración actual.

Para el capítulo ocho, el estudio de impacto ambiental se demuestra que “sin proyecto”, la contaminación es mayor y los beneficios para los habitantes son nulos, ya que existe contaminación aguas abajo, proliferación de zancudo en la planta, falta de operación y mantenimiento por parte de la municipalidad. El efluente de la descarga no cumple con las normas vigentes de depuración para el agua residual³, por lo que se están generando impactos negativos y deteriorando el medio ambiente del sector en dónde está ubicada la planta de tratamiento. Mientras “con proyecto”, se estará mitigando los impactos negativos actuales, a través de un control, monitoreo, operación y mantenimiento y la construcción de nuevas unidades de tratamiento.

¹ Información de servicios de la Unidad de Agua de la Municipalidad de Retalhuleu.

² Según investigación realizada en el municipio.

³ Ministerio de Medio Ambiente y Recursos Naturales

En la evaluación financiera, del capítulo nueve, se realizaron varios análisis de las inversiones necesarias. Con la situación “sin proyecto”, el análisis no es rentable económicamente ni el beneficio/costo del proyecto. Pero con la situación “con Proyecto” para la inversión parcial, es rentable económicamente, ya que del análisis arroja un VAN de Q 2,611,631.86, una TIR de 22.10 %, con una relación beneficio / costo de 1.06, y un periodo de recuperación de la inversión de 9 años y 5 meses, evaluado todo con un horizonte de 10 años y a una TREMA ponderada de 14.00%. Por lo que se puede concluir que la situación “con proyecto” si es viable, para una entidad pública. Los recursos se obtendrán mayoritariamente de la Cooperación Internacional.

• Cooperación Internacional	Q 1,050,500.00	80.77 %
• Corporación Municipal Retalhuleu	Q 250,000.00	19.23 %
TOTAL FUENTE INTERNA	Q 1,300,500.00	100.00 %

Todos los análisis realizados en cada fase del estudio, permiten indicar y concluir que la Evaluación de la Administración, Operación y Mantenimiento de la Planta de Tratamiento de Agua Residual del Municipio y Departamento de Retalhuleu es rentable con la situación “con proyecto”, mientras que a nivel de un estudio social, es decir con subsidio por parte de la municipalidad en situación “con proyecto” y sin ningún plan de tarifas y manuales que orienten la eficiencia en la administración solo genera beneficios intangibles.

CONTENIDO

	Pagina
RESUMEN	i
INTRODUCCIÓN	1
1. ANTECEDENTES	3
2. PROBLEMA	4
3. MARCO TEORICO	5
4. METODOLOGIA	6
4.1 Justificación	7
4.2 Árbol de problemas	8
4.3 Árbol de objetivos	9
4.4 Objetivos	10
4.5 Selección de Alternativas más viables	10
4.6 Matriz de planificación del proyecto	11
5. EVALUACIÓN DEL ESTUDIO DE MERCADO	
5.1 El Producto	13
5.2 El área de mercado	14
5.3 Instrumento	14
5.4 Procedimiento	14
5.5 Aspectos a estudiar	14
5.6 Componentes del estudio	14
5.7 Metodología estadística	15
5.8 Tabulación de la información	15
5.9 Presentación de resultados	15
5.10 Comportamiento de la demanda	15
5.11 Comportamiento de la oferta	22
5.12 Análisis de la comercialización	28
6. EVALUACIÓN DEL ESTUDIO TECNICO	
6.1 Antecedentes del Proyecto	30
6.2 Localización	30
6.3 Servicios de la Comunidad	32
6.4 Planta de tratamiento actual	34
6.5 Evaluación de la Planta de Tratamiento Actual	35
7. EVALUACIÓN DEL ESTUDIO ADMINISTRATIVO LEGAL	
7.1 Antecedentes	51
7.2 Municipalidad	51
7.3 Fines Generales	51
7.4 Marco Jurídico	51
7.5 Estructura Organizativa	52
7.6 Organigrama funcional	54
7.7 Procesos de la Planta de tratamiento y la administración	54
7.8 Análisis FODA a la planta de tratamiento y la administración	57
7.9 Descripción de puestos	60

8.	EVALUACIÓN DEL ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL	
8.1	Ecología	67
8.2	Descripción del proyecto	71
8.3	Identificación de impactos y ambiente impactado	77
8.4	Relación entre las actividades que pueden causar impacto y el ambiente impactado	77
8.5	Índices de calidad ambiental	78
8.6	Impacto de desastre natural en sistema de planta de de tratamiento de aguas residuales	80
8.7	Resultado de la evaluación (matriz de Leopold)	87
9.	EVALUACIÓN DEL ESTUDIO FINANCIERO	
9.1	Inversiones	89
9.2	Financiamiento	93
9.3	Evaluación Económica	95
10.	PLAN DE MEJORAMIENTO PARA LA PLANTA DE TRATAMIENTO	
10.1	Pretratamiento	111
10.2	Tratamiento Primario	111
10.3	Tratamiento Secundario	112
10.4	Proceso de lodos	112
10.5	Parámetros de diseño y cálculo para la propuesta de mejoramiento	114
	CONCLUSIONES	119
	RECOMENDACIONES	121
	BIBLIOGRAFIA	123
	GLOSARIO	124
	INDICE DE CUADROS	128
	INDICE DE GRAFICA	129
	INDICE DE TABLAS	131
	ANEXOS	133
	Anexo 1: Encuesta	
	Anexo 2: Tabulación datos	
	Anexo 3: Gráficas	
	Anexo 4: Manual de operación y mantenimiento de la planta existente	
	Anexo 5: Formulario Índice de Calidad Ambiental	
	Anexo 6: Fotografías de la planta de tratamiento	
	Anexo 7: Costos de la propuesta de mejoramiento	
	Anexo 8: Manual de operación y mantenimiento de la propuesta de Mejoramiento.	

INTRODUCCIÓN

La generación de aguas residuales es un producto inevitable de la actividad humana. El tratamiento y la disposición apropiada de las aguas residuales suponen el conocimiento de las características físicas, químicas y biológicas de los mismos, de su significado y de sus efectos principales sobre la fuente receptora. La prevención de la contaminación del agua y del suelo es solamente posible si se definen técnicas apropiadas de tratamiento y disposición de las aguas residuales. Sin embargo, ningún programa de control tendrá éxito si no se cuenta con los recursos financieros para su implantación, operación y mantenimiento permanente.

El presente Estudio comprende; la evaluación de la administración municipal, evaluación del manejo de la operación y mantenimiento de la planta de tratamiento de aguas residuales por los operadores, toma de muestra para los exámenes fisicoquímico y bacteriológico, análisis de los resultados de los exámenes en la toma de muestra, mediciones de caudales, flujos de fondos con y sin proyecto, propuestas de manuales de operación y mantenimiento, propuestas de la creación de la unidad de agua con las funciones del personal, etc. Con estas actividades se propone plantear alternativas para mejorar el mal manejo de la administración municipal y la mala operación y mantenimiento de la planta de tratamiento de aguas residuales. Para poder establecer lo anterior se sustento con las evaluaciones realizadas en los estudios de mercado, técnico, administrativo legal, impacto ambiental y financiero, con el afán de plantear soluciones prácticas y manejables a los sistemas técnicos administrados por las municipalidades, como es el caso de Retalhuleu.

En el **capítulo uno (1)** se describe los antecedentes con una breve descripción geográfica del municipio y una breve descripción de las unidades de tratamiento, la problemática municipal en la administración de proyectos técnicos y la mala orientación de los operadores en la realización de la operación y mantenimiento de la planta, en el **capítulo dos (2)**, se describe las razones que tienden a generar el problema y se plantea interrogantes que afectan el proceso. En **capítulo tres (3)** se esta presentando el desarrollo general del estudio y es el marco teórico conceptual, en el **capítulo cuatro (4)** se desarrolla la metodología utilizada en este estudio en base del enfoque del marco lógico, las justificaciones planteadas para el desarrollo del estudio, se presenta el árbol de problema y el árbol de objetivos, los objetivos globales, generales y específicos, la selección de alternativas mas viables y la matriz de planificación del proyecto.

Capítulo cinco (5) se describe la evaluación realizada al estudio de mercado, con recopilación de información primaria a través de encuestas, información en la municipalidad específicamente en la unidad de agua, en instituciones como INFOM, FIS, OPS-OMS, etc., de las cuales, la información obtenida se tabulo para determinar; la administración realizada a los servicios y el proceso de operación y mantenimiento en la degradación de la producción de la planta de tratamiento de aguas residuales; en el **capítulo seis (6)** se describe la evaluación realizada al estudio técnico, con aspectos más generales del municipio, la localización de la planta y la descripción de la planta de tratamiento de aguas residuales actual (construida con financiamiento del Instituto de Fomento Municipal, INFOM en el año de 1,994), como también los principios de los procesos de tratamiento aerobio y anaerobio, para poder conocer las combinaciones de operaciones físicas y de procesos biológicos y químicos que remueven el material suspendido, coloidal o disuelto en los procesos de tratamiento, la oferta y la demanda en agua potable de la población, la situación con proyecto y sin proyecto para tratar el agua

residual, realización de las muestra puntuales y compuestos en las aguas residuales de la planta de tratamiento, con los resultados obtenidos en el proceso de información anterior se tabularon de tal forma que se diferencie las características que se tienen en las aguas residuales (físicas, químicas y bacteriológicas); también se tabuló las diferentes mediciones de caudal que se obtuvo en el canal Parshall. Con estos resultados de muestreo se estableció el análisis e interpretación del actual proceso en la planta de tratamiento. En el **capítulo siete (7)** se describe la evaluación del estudio administrativo legal, tomando como referencia los antecedentes municipales existentes, el código municipal, sus objetivos principales, los marcos jurídicos legales, la estructura organizativa actual y de la unidad de agua, las funciones actuales, los procesos en la administración de los servicios empleados por la municipalidad, como también en los procesos llevados en la planta de tratamiento, también se realizó el FODA, tanto para la administración como en la operación y mantenimiento de la planta de tratamiento. En el **capítulo ocho (8)** se evalúa el estudio de impacto ambiental, dando una breve descripción de que es la ecología, para luego identificar los impactos y el ambiente impactado, para identificar la relación entre las actividades que pueden causar impacto y el ambiente impactado por el proyecto, se desarrollan índices de calidad ambiental hacia la planta de tratamiento de aguas residuales y a la administración funcional de la municipalidad específicamente a la unidad de agua, para poder luego desarrollar la matriz de Leopold. En el **capítulo nueve (9)** se plantea las inversiones del estudio realizado, el financiamiento y se realizara la evaluación económica para establecer la situación financiera y la sensibilización del estudio realizado, a través de las metodologías de Valor actual neto (VAN), Tasa Interna de Retorno (TIR) y la Relación beneficio costo (B/C), el resultado final será un flujo de fondos completo acompañado de todos sus indicadores financieros y socioeconómicos. En el **capítulo diez (10)** se desarrolla un plan de mejoramiento con varias alternativas (al final se propone la mejora adaptada al municipio) para la planta de tratamiento en todo su proceso de degradación de las aguas residuales.

Las conclusiones y recomendaciones para cada uno de las evaluaciones realizadas se describen al final del **capítulo diez (10)**. Posteriormente se encuentra la bibliografía, el glosario, índices de cuadros, de graficas, de tablas y los anexos.

1. ANTECEDENTES

El municipio de Retalhuleu, pertenece al departamento del mismo nombre, está ubicado a una distancia de 180 Kms. de la ciudad capital de Guatemala, con carretera asfaltada en todo el trayecto.

Cuenta con un sistema de alcantarillado combinado (sanitario y pluvial), en la que la descarga principal es tratada mediante varias unidades de tratamiento, antes de su disposición final hacia los cuerpos receptores. El proyecto existente fue planificado en 1,988 y actualizado en 1,993 y construido en 1,994.

A la fecha la planta de tratamiento está operando inadecuadamente, ya que algunas unidades no están funcionando de la forma en que se esperaba, es decir en un 100 % de eficiencia en la degradación a las aguas residuales. Está compuesta por las siguientes unidades: canal **de rejas**, canal **Parshall**, **2 reactores anaeróbicos de flujo ascendente** y **lechos de secado de lodos**.

Cuando la planta de tratamiento se puso en funcionamiento, no hubo por parte de la corporación municipal un control adecuado, tanto en sus servicios nuevos a conectar de alcantarillado sanitario y el drenaje pluvial, por lo que el periodo de diseño se adelantó, es decir que se tenía un horizonte de 20 años, pero éste se redujo al incremento inesperado de la población.

Otro factor importante fue el político, ya que las autoridades municipales apresuraron la realización de la planificación, no efectuando adecuadamente el estudio con una proyección de horizonte a la planta de tratamiento de aguas residuales, lo que ocasiono deficiencias en las unidades a corto plazo.

2. EL PROBLEMA

El municipio de Retalhuleu cuenta con una planta de tratamiento de aguas residuales a base de reactores anaerobicos de flujo ascendente construida en 1994, destinado a dar servicio a 22,000 habitantes, con un gasto influente de 40 lps; actualmente estas cifras se han rebasado, ya que se cuenta con una población de 44,050 habitantes en 2003 y con un gasto influente medio de 449.68 lps.

Este sistema de tratamiento se encuentra abandonado, por lo que no se generan costos de operación y mantenimiento, trayendo como consecuencia que los sólidos sedimentables acumulados a través del tiempo las llenan totalmente, por lo tanto, en las condiciones actuales no realizan su función de saneamiento.

Por otra parte, el sistema de tratamiento se encuentran aledañas a un sector urbano (10 mts aproximadamente), generando molestias a la población circunvecina, mismas que consisten en olores desagradables y proliferación de insectos que son un foco de contagio de enfermedades.

Su descarga final tiene como vertido al río Tzununa, lo cual una vez analizada la información al respecto, se observa que a pesar de que no estar tratada y purificada las aguas residuales, estas generan un efecto dañino aguas abajo, ya que no se cumple con la calidad requerida, tanto a nivel nacional como internacional; a nivel nacional según lo estipulado por el Ministerio de Medio Ambiente y Recursos Naturales (MARN), y a nivel internacional, según los acuerdos de la Comisión Internacional de Límites y Aguas (CILA) en las Actas 294 y 264 (Anexo 8).

Generando el siguiente planteamiento al problema; la planta de tratamiento de aguas residuales del municipio de Retalhuleu, no funciona al 100 % de su eficiencia en las unidades, por lo que surgen interrogantes que pueden afectar el proceso, ¿ LA PLANTA DE TRATAMIENTO DEL MUNICIPIO DE RETALHULEU TIENE UNA ADECUADA OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO, LA ADMINISTRACIÓN QUE MANEJA LA PLANTA DE TRATAMIENTO ACTUAL FUNGE SU PAPEL BIEN?.

3. MARCO TEORICO CONCEPTUAL

Actualmente la corporación municipal de Retalhuleu, no cuenta con una estructura funcional adecuada para la administración y manejo de la operación y mantenimiento, pero si contempla dentro de su organigrama una unidad de Aguas, en donde ésta tiene relación con la planta de tratamiento de aguas residuales, ya que el encargado de esta unidad se encarga de verificar a los operarios si trabajan y si están constantes en la remoción de los sólidos que lleva el agua residual. También esta unidad incluye dentro del canon de agua un porcentaje de tratamiento de aguas residuales para mantener el pago constante a los operarios y cubrir algunos gastos en insumos utilizados en la planta.

Con la información que se tiene en la corporación municipal y con el funcionamiento de la planta de tratamiento, se confrontarán con otras plantas de tratamiento existentes de otros municipios de Guatemala, para verificar el funcionamiento y las posibles alternativas para mejorar la eficiencia de las unidades, también se implantará con este estudio una administración específica y un funcionamiento eficiente en la planta de tratamiento de aguas residuales con la operación y mantenimiento.

Este estudio estará conformado con una serie de visitas que comprende las fechas del mes de Marzo hasta el mes de Octubre del 2003, e involucrará un análisis de los diferentes elementos que conforman el sistema de tratamiento, siendo estos; una estructura de masía (estructura de separación de caudales, pluvial y residual), un canal, un desarenador, un canal Parshall, dos reactores anaerobios de flujo ascendentes y lechos de secado de lodos. En donde se realizaron análisis de muestras de examen físico-químico y bacteriológico.

Se recabará información tanto en campo como en gabinete para realizar la debida tabulación de información, y poder determinar el proceso adecuado para la administración y manejo de la operación y mantenimiento a la planta de tratamiento, con el fin de obtener resultados satisfactorios, en el funcionamiento del proceso de tratamiento.

Al determinar las evaluaciones del estudio de mercado, técnico, administrativo, de impacto ambiental y el financiero, se tendrán las alternativas para el estudio a realizar en la planta de tratamiento, se hará las recomendaciones para que la municipalidad de Retalhuleu tenga una adecuada administración y manejo en la operación y mantenimiento, y origine un compromiso con alguna institución para asesorarlos en el manejo y capacitación, para obtener un adecuado seguimiento sobre la misma.

4. METODOLOGIA

En la actualidad, los proyectos de tratamiento de aguas residuales se evalúan con base en el criterio del mínimo costo, ya que el análisis de costo-beneficio no es de fácil aplicación en este tipo de proyectos. El problema radica en la dificultad de cuantificar y valorar los beneficios, pues éstos se refieren básicamente al mejoramiento de la calidad de vida de la población y de las condiciones para el desarrollo de la vida de la flora y la fauna. Por esta razón los beneficios son considerados como intangibles y no se cuantifican. Al asumir el criterio de mínimo costo, se aceptan los siguientes supuestos: estos proyectos tienen un valor actual neto (VAN) positivo. Los beneficios de todas las opciones de proyectos son iguales, por lo que el criterio de decisión es el menor costo. En este sentido, la ejecución de estos proyectos se justifica siempre y cuando se detecte que los niveles de contaminación de los cuerpos receptores de las descargas de aguas residuales rebasen los niveles máximos permitidos por las normas sanitarias respectivas.¹ Esta consideración supone, asimismo, que los niveles máximos de contaminación permitidos por la norma corresponden a los niveles de degradación del ambiente que comienzan a significar, para la sociedad, costos tan grandes que siempre serán mayores a los costos que implica evitarlos.

Si bien es cierto que el problema de la contaminación ha adquirido dimensiones que obligan a realizar acciones urgentes para mitigar sus efectos, también es cierto que, dado el enorme costo de oportunidad que significa invertir recursos en proyectos de esta naturaleza, es importante seleccionar aquellos que sean más rentables para la sociedad en su conjunto. Es aquí donde cobra gran importancia la técnica del análisis de costo-beneficio, que hace explícitos los beneficios del saneamiento y los cuantifica para poder compararlos con los costos en que es necesario incurrir para obtenerlos, eligiendo aquellos que reporten a la sociedad una rentabilidad social positiva.

El tratamiento de las aguas residuales es un proceso de producción que proporciona el servicio de limpieza de las aguas residuales con la finalidad de mejorar el ambiente, y adicionalmente, arroja como producto agua tratada. La limpieza de las aguas residuales pretende resolver el problema del deterioro de los cuerpos de agua que reciben las descargas; es decir, trata con un problema de contaminación. Y para el análisis económico la contaminación puede ser considerada como un factor de la producción². Esto significa que el proceso de producción de tal o cual bien o servicio implica, en ocasiones, ensuciar, degradar o utilizar el ambiente, y como toda utilización de recursos implica la generación de beneficios y costos. Para el desarrollo del presente estudio de evaluación se utilizó también otras metodologías siguientes:

- Visitas al lugar
- Exámenes bacteriológicos y físicos químicos del agua residual.
- Recopilación de información en la municipalidad.
- Aplicación del Marco Lógico para el componente de planificación del proyecto.
- Revisión de bibliografía mediante consultas en el Instituto de Fomento Municipal – INFOM-, Escuela Regional de Ingeniería Sanitaria y Recursos Hidráulicos –ERIS-, Organización Panamericana de la Salud –OPS-, Organización Mundial de la Salud –OMS-, etc.
- Utilización de herramienta estadística para el análisis de la información recopilada.

¹ Ministerio de Medio Ambiente y Recursos Naturales

² Call y Holahan; Microeconomía; p. 554.

4.1 JUSTIFICACION

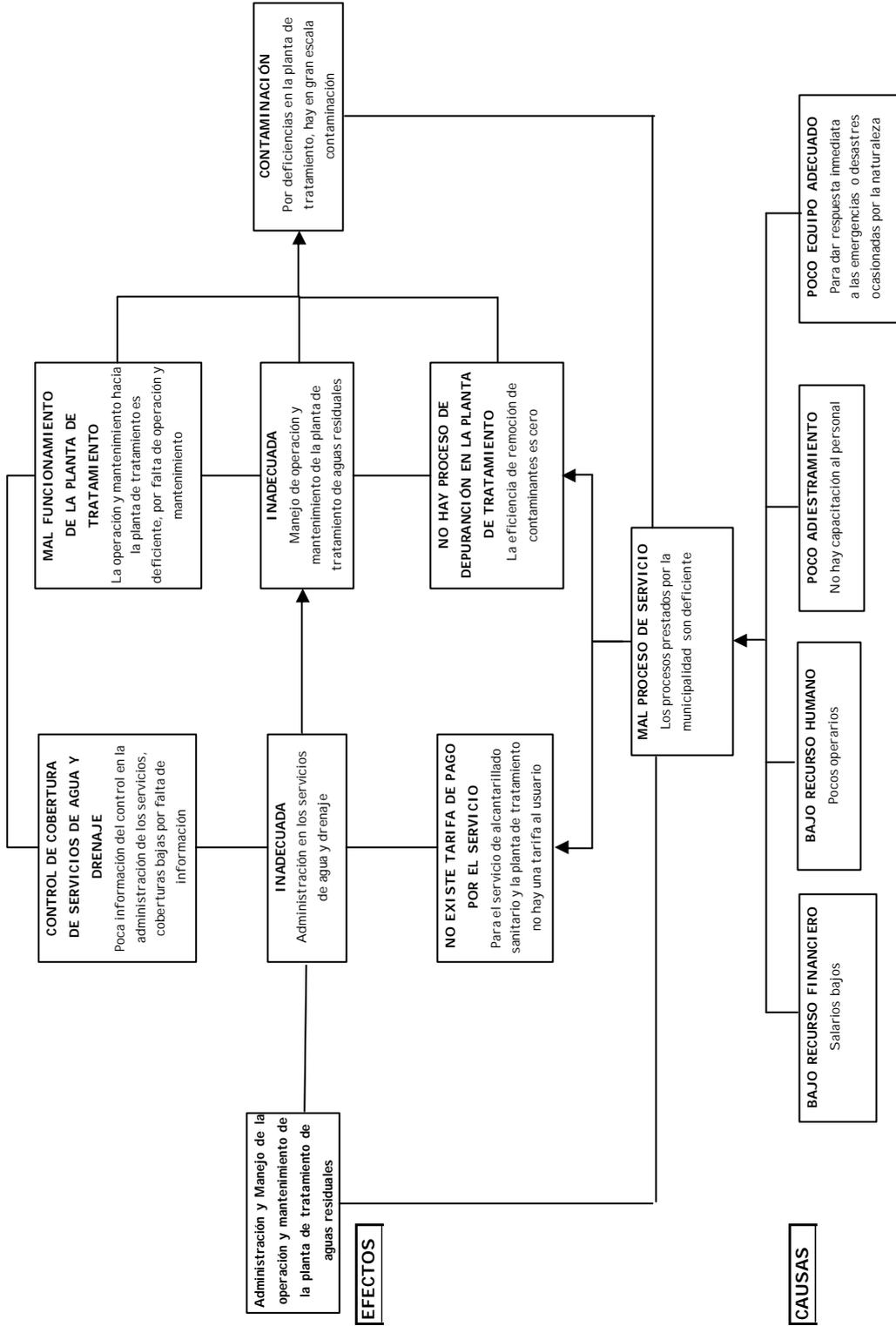
En virtud de los elevados costos de operación y funcionamiento intrínsecos de los tratamientos, la implementación de sistemas de tratamiento de agua residual es un problema significativo en los países en vías de desarrollo. A partir de ello surge la necesidad de la adaptación de tecnología de tratamientos capaces de remover los principales contaminantes de las aguas residuales, con bajos costos de construcción, económicamente factibles y autosostenibles en la recuperación de la inversión a través de una administración implementada en las municipalidades.

Evitando los riesgos sanitarios de utilizar el agua residual cruda indiscriminadamente, por ejemplo en riego directo de cultivos. Todos los sistemas de tratamiento convencionales se constituyen en una alternativa atractiva, siendo sus costos de implementación bajos y su eficiencia con respecto a la remoción de contaminantes elevada; por esto resulta conveniente adoptar esta tecnología para el beneficio de países en desarrollo como el nuestro.

El estudio dará la pauta para poder realizar en el municipio de Retalhuleu las mejoras adecuadas a la solución en contaminación del ecosistema y de mantos subterráneos, y se estará generando un saneamiento ambiental positivo, concentrándose en la disminución de la contaminación que se provoca en el mal funcionamiento de las unidades de tratamiento y la mala administración.

4.2 ARBOL DE PROBLEMAS

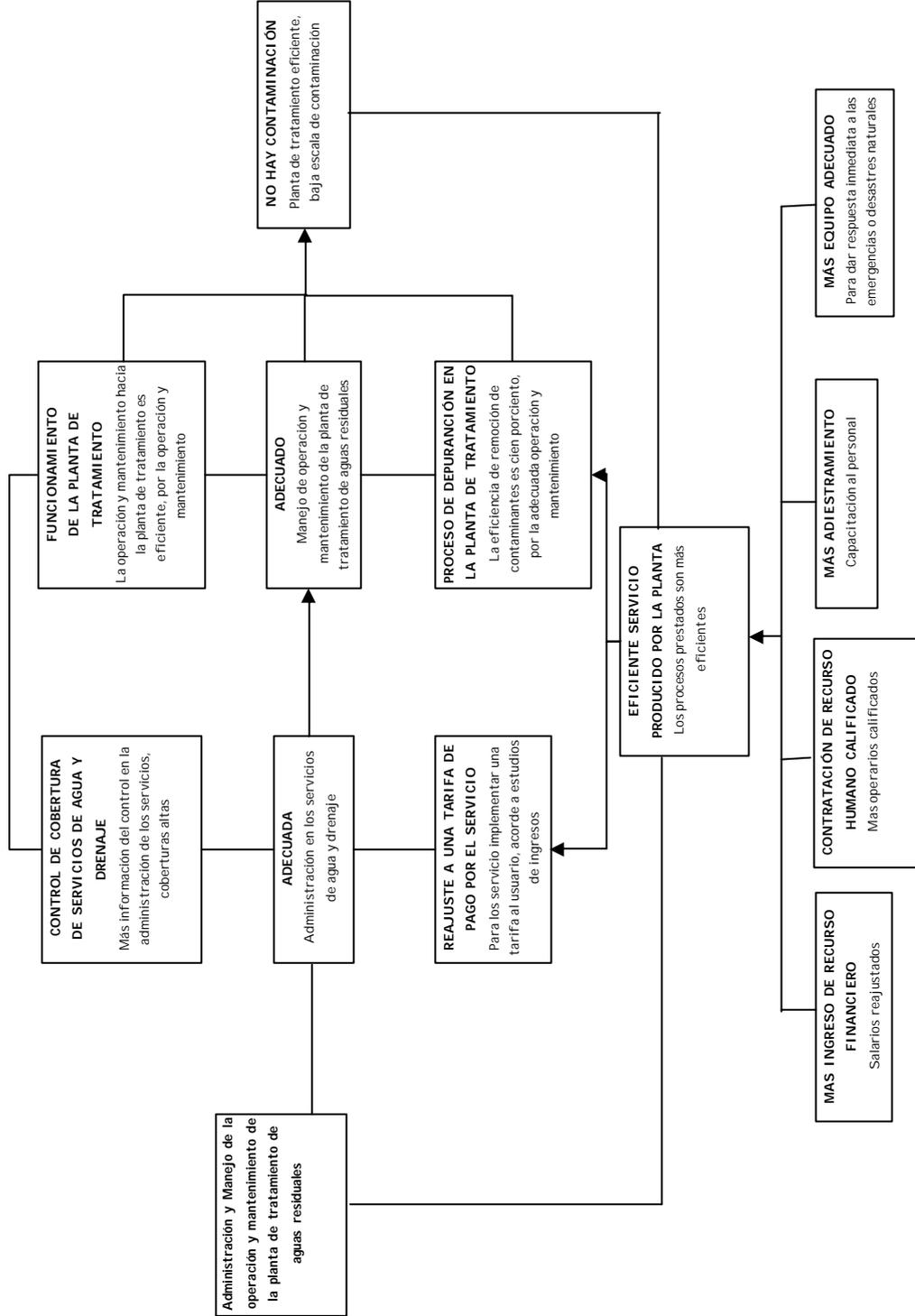
ARBOL DE PROBLEMAS MUNICIPIO DE RETALHULEU DEPARTAMENTO DE RETALHULEU



FUENTE: Elaboración propia con información de campo.

4.3 ARBOL DE OBJETIVOS

ARBOL DE OBJETIVOS MUNICIPIO DE RETALHULEU DEPARTAMENTO DE RETALHULEU



FUENTE: Elaboración propia con información de campo.

4.4 OBJETIVOS

Global

- Contribuir con el saneamiento adecuado, el mejoramiento de la administración pública en el proceso de depuración de las aguas residuales de la planta de tratamiento de aguas residuales de la cabecera municipal de Retalhuleu.

General

- Conocer y mejorar las condiciones de depuración y manejo administrativo público de la planta de tratamiento de aguas residuales del municipio, mejorando su ecosistema (medio ambiente).

Específicos

- Determinar la forma de operación y mantenimiento que se realiza para la planta de tratamiento del municipio de Retalhuleu, y a la vez analizar si está cumpliendo con los requisitos mínimos para que pueda funcionar adecuadamente.
- Evaluar la forma de administración en el manejo de la operación y mantenimiento que la municipalidad contempla.

4.5 SELECCIÓN DE ALTERNATIVAS MÁS VIABLES

SOLUCIONES ALTERNATIVAS



Causas	Estrategias Alternativas
<p>Mala administración y manejo de la operación y mantenimiento de la planta de tratamiento de agua residuales:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Falta de recursos financieros 2. Sueldos bajos 3. Falta de operarios 4. Mal control de servicios 5. Mala operación de las unidades de tratamiento 6. Generación de procedimientos rápidos 	<ul style="list-style-type: none"> - Implementar una tarifa - Reajustar los sueldos con la implementación de la tarifa - Contratación de personal capacitados - Mejorar las metodologías de servicios públicos con capacitación - Capacitar y adiestrar a los operarios - Aplicación de manuales

Fuente: Elaboración propia con información del árbol de objetivos.

4.6 MATRIZ DE PLANIFICACIÓN DEL PROYECTO

Para verificar el cumplimiento de los objetivos se presenta la matriz de planificación, con base al Método del enfoque de Marco Lógico.

TABLA A
MATRIZ DE PLANIFICACIÓN CON BASE AL ENFOQUE DE MARCO LOGICO

Resumen Narrativo de Objetivos y Actividades	Indicadores (Verificables Objetivamente)	Medios de Verificación	Supuestos Importantes (Externalidades)
Objetivo Global Contribuir con el saneamiento adecuado, el mejoramiento de la administración pública en el proceso de depuración de las aguas residuales de la planta de tratamiento de aguas residuales de la cabecera municipal de Retalhuleu.	Mejorar el nivel de contaminación del medio ambiente de los habitantes del municipio de Retalhuleu.	Monitorear la planta de tratamiento, a través de exámenes al agua residual. Realizar visitas de campo para estudiar y recopilar información de cómo está el medio ambiente.	Enfermedades causadas a habitantes de la zona. Muerte de fauna acuática existente. Restricción en diversos usos del agua.
Objetivo General Conocer y mejorar las condiciones de depuración y manejo administrativo público de la planta de tratamiento de aguas residuales del municipio, mejorando su ecosistema (medio ambiente).	Disminuir la degradación y la contaminación del medio ambiente que genera el agua residual del municipio de Retalhuleu. Mejorar las eficiencias de las unidades de tratamiento. Mejorar la administración de la planta de tratamiento por parte de la corporación municipal.	Efectuar mediciones y controles al agua residual que ingresa a la planta de tratamiento, para verificar su degradación. Realizar tomas de muestra de agua residual en cada unidad de la planta de tratamiento y verificar el comportamiento de la eficiencia. Participación del personal en capacitaciones de Administración.	Malos olores. Mala Estética. Pérdidas en la plusvalía de los bienes inmuebles. No identificar y establecer con base técnico, la magnitud y consecuencias de la contaminación. Sensibilización y educación sanitaria. Poco interés generado en el municipio.
Objetivos Específicos Determinar la forma de operación y mantenimiento que se realiza para la planta de tratamiento del municipio de Retalhuleu, y a la vez analizar si está cumpliendo con los requisitos mínimos para que pueda funcionar adecuadamente Evaluar la forma de administración en el manejo de la operación y mantenimiento que la municipalidad contempla.	Implementar un control diario para el manejo de la operación y mantenimiento de la planta de tratamiento, para que sus unidades tengan una eficiencia del 100 % de degradación de las aguas residuales. Implementar y aplicar adecuadamente las metodologías de administración, para mejorar la calidad del servicio y la organización en la unidad de agua.	Supervisar los trabajos de los operarios en la planta, y verificar el procedimiento efectuado por los mismo, a través de técnicos especializados. Verificar la forma en que se administrado la planta de tratamiento, en las mejoras económicas y las mejoras a la planta.	Falta de control y monitoreo, deterioro de las unidades de tratamiento Generación de más egresos en el servicio, costos altos de operación y mantenimiento. Generación de menos ingreso en el servicio. Deterioro de medio ambiente que rodea el sistema de tratamiento de las aguas residuales.

Fuente: Elaboración propia con información del árbol de problemas y el árbol de objetivos.

CONTINUACIÓN DE LA TABLA A
MATRIZ DE PLANIFICACIÓN CON BASE AL ENFOQUE DE MARCO LOGICO

<p>Resultados Esperados</p> <p>Disminución de la contaminación del ecosistema, río Tzununa.</p> <p>Corregir la deficiencia de las unidades de tratamiento de la planta de agua residual.</p> <p>Corregir las deficiencias en la administración de la planta de tratamiento.</p>	<p>Funcionamiento al 100 % de la planta, 1 año.</p> <p>Correcciones en la degradación del agua residual en cada unidad de la planta.</p> <p>Generación de mayor ingreso en el servicio del tratamiento de agua potable.</p> <p>Generación de dos subproductos: agua reciclada para riego y lodos para acondicionar el suelo.</p>	<p>Registro mensual del funcionamiento de la planta.</p> <p>Registro del funcionamiento de cada unidad de la planta de tratamiento.</p> <p>Registro de la calidad del efluente de la planta de tratamiento.</p> <p>Registro de la calidad del lodo hidratado.</p> <p>Control y registro de la administración de la planta.</p>	<p>Corporación municipal cumple con el plazo definido.</p> <p>Suficiente demanda.</p> <p>Interés de los habitantes en mejorar su medio ambiente y especialmente su Río Tzununa.</p> <p>Compromisos de la corporación municipal con instituciones públicas para desarrollar adiestramiento administrativo municipal.</p>
<p>Actividades:</p> <p>Diseñar un manual de operación y mantenimiento para la planta de tratamiento de agua residual.</p> <p>Personal calificado en la operación y mantenimiento de la planta como en la administración del servicio y el manejo de la planta.</p> <p>Diseñar un plan metodológico en la administración del servicio y el manejo de la planta de</p>	<p>Adiestramiento del personal encargado de la operación y mantenimiento de la planta de tratamiento a través del manual.</p> <p>Contratación de pequeñas consultorias para preparar de mejor forma la administración pública específicamente en servicios de agua residual.</p> <p>Generación de un micro laboratorio para el control de calidad del efluente.</p>	<p>Informes del control del personal en funcionamiento.</p> <p>Exámenes de laboratorio para la calidad del efluente.</p> <p>Considerar el Outsorsing por parte de la municipalidad para la planta.</p> <p>Planes de proyección en la administración de servicios de agua residual.</p>	<p>Suficientes recursos disponibles para el mejoramiento de la planta.</p> <p>Visión y proyección de la cobertura en saneamiento.</p> <p>Verificar y comparar las normas de descargas con el efluente de la planta de tratamiento.</p> <p>Creación de una empresa municipal autónoma para el manejo del servicio de las aguas residuales.</p>

Fuente: Elaboración propia con información del árbol de problemas y el árbol de objetivos.

EVALUACIÓN DEL ESTUDIO DE MERCADO

5. EVALUACIÓN DEL ESTUDIO DE MERCADO

Se evaluará la administración y manejo de la operación y mantenimiento de la planta de tratamiento de aguas residuales, en forma social y se comparará en forma privada, con análisis de flujo de caja o efectivo, para aplicar metodologías de rentabilidad TIR y VAN; con estos métodos indicativos se medirá si es rentable que la corporación municipal lleve a cabo la administración y manejo de la operación y mantenimiento de la planta o que se haga un outsourcing para la administración por terceros en forma privada, Actualmente no hay en el mercado empresas que se dediquen al servicio de administrar y manejar la operación y mantenimiento de plantas de tratamiento de aguas residuales en forma permanente, la realizan directa las municipalidades.

Para el estudio de mercado se obtuvo una muestra de 384 personas que se encuestaron (ver anexo 1, de la boleta de encuesta), y se obtuvo de la siguiente forma:

Se utilizó la fórmula estadística para poblaciones mayores de 100,000 personas, utilizando un nivel de confianza de 95%, para $Z = 1.96$ y un margen de error de 5%, considerando $p = 50\%$ y $q = 50\%$.

$$n = \frac{Z^2 pq}{e^2}$$

$$n = \frac{1.96^2 (0.5)(0.5)}{0.05^2} = 384$$

Donde:

n = muestra sugerida

Z = nivel de confianza

p = probabilidad de éxito

q = probabilidad de fracaso

e = error muestral

Para la cabecera municipal de Retalhuleu cuenta con una población de 44,050¹ personas, la selección de la muestra se hizo con el método no probabilístico, utilizando el procedimiento de muestreo por conveniencia, solicitando a personas que transitaban en calles, parques, mercado, etc., colaborar de una forma voluntaria, con el fin de conocer sus opiniones respecto a los puntos que se plantearon en la encuesta.

5.1 El producto

- a) **Definición del producto:** Servicios de administración y manejo de la operación y mantenimiento de la planta de tratamiento de agua residual (en forma social a través de la corporación municipal y en forma privada dando la corporación municipal concesión del sistema)
- b) **Producto principal y subproducto:** Adecuada administración y rentabilidad en el servicio y como subproducto, los que se generan en la planta de tratamiento que son la recolección de los lodos ya hidratados, utilizándolos como un acondicionador al suelo y la recolección del metano como combustible.
- c) **Productos sustitutos o similares:** Mejoras en la operación y mantenimiento, dando como resultado la eficiencia adecuada en las unidades de tratamiento, y la posible utilización para riego de las aguas residuales tratadas.
- d) **Productos complementarios:** Propagación continua de la contaminación.

¹ Del Instituto Nacional de Estadística -INE-

5.2 El área del mercado

- a) **Población consumidora, contingente actual y futura:** El 80 % de la población actual 44,050 habitantes, que cuenta con el servicio que son aproximadamente 35,240 habitantes.
- b) **Estructura de la población por grupos, edades, segmentos:** La población está comprendida en edades de 3 hasta los 80 años, y estarán conformados por niños, niñas, jóvenes, adultos y ancianos, tanto mujeres como hombres.
- c) **Tasas de crecimiento de la población:** 3.43 %²
- d) **Ingresos de la población, nivel actual:** Los ingresos se estimaron aproximadamente en Q 850.50 mensuales y el nivel actual es categoría A, con cinturones sociales de pobreza, cuenta con todos los servicios básicos, el municipio es catalogado como categoría A.

5.3 Instrumento

Para recopilar la información, se elaboró un cuestionario, el cual tiene diferente objetivo. Cuestionario: dirigido a todo estrato social y con edades comprendidas de 14 a 65 años, que consta de 10 preguntas; cuyo objetivo es conocer la demanda, la oferta, servicios del sistema, conocimientos del sistema, calidad en el servicio administrativo proporcionado por el ente administrador (la municipalidad).

5.4 Procedimiento

Se realizó el trabajo de campo, el cual consistió en recolectar la información necesaria para la investigación. Esto se llevó a cabo de la siguiente forma: Los cuestionarios se entregaron a las personas para ser completados en forma personal y sin requerir ninguna identificación, ya que esto permitió mayor espontaneidad al dar sus respuestas y opiniones. Posteriormente se tabularon los datos obtenidos en las encuestas (ver anexo 1), se discutió el resultado confrontándolo con el marco teórico, se establecieron las recomendaciones y finalmente las conclusiones.

5.5 Aspectos a estudiar

El plan de estudio se efectuó con fuentes primarias, se realizó encuestas para toda la población que esté conectada al colector que descarga a la planta, para establecer la importancia de un tratamiento a las aguas residuales, la importancia de que la Corporación Municipal maneje la operación y mantenimiento, como también lleve a cabo la administración y recolección de fondos para el pago de este servicio. Además se investigó con fuentes secundarias, verificando los estudios de post-grado en la materia del proceso de operación y mantenimiento, como también el proceso de administración, y a través de instituciones que estén relacionadas con esta materia y así mismo se tomó como herramienta de investigación virtual el Internet, en los portales que tienen relación con esta materia, por ejemplo: Centro Panamericano de Ingeniería Sanitaria y Ciencias del Ambiente –CEPIS-; Centro Inter-Regional de Abastecimiento y Remoción de Agua –CINARA-; Organización Panamericana de la Salud –OPS-; Organización Mundial de la salud –OMS-, etc.

5.6 Componentes del estudio variables

Las variables son la oferta: de prestar un servicio adecuado de tratamiento que no genere un impacto negativo, como lo es la contaminación a los cuerpos receptores o al medio que lo rodea; la demanda: si es necesario el servicio para los pobladores, la evaluación de los costos de operación y mantenimiento, la evaluación de los costos de administración, la

² Del Instituto Nacional de Estadística –INE-

comparación de la rentabilidad de los proyectos sociales, es decir, si un proyecto social es mejor manejarlo en forma privado, la importancia del buen funcionamiento de la depuración de las aguas residuales para no generar impactos ambientales, etc.

5.7 Metodología estadística

La metodología estadística empleada se realizó a través de la ponderación de porcentajes y en algunos casos de la aplicación de una medida de tendencia central (media aritmética) para presentar promedios y determinar los valores que más se repiten dentro de los datos recopilados. Para una mejor visualización de los resultados, los mismos también se representan gráficamente donde se considera necesario.

5.8 Tabulación de la información

La forma de recolección de la información será a través de cuestionarios con 10 preguntas básicas, que se pasará a la población que está conectada al servicio de alcantarillado sanitario y planta de tratamiento del municipio de Retalhuleu, en donde se tabuló en tres aspectos fundamentales: primero; se está prestando un servicio adecuado y si está bien que se conecten más usuarios para este servicio (oferta y demanda), segundo: estarían de acuerdo en pagar una tarifa o que éste pago sea un porcentaje y que se adjunte al pago del canon de agua (costos de administración y del manejo de la operación y mantenimiento, rentabilidad social y privada); tercero: si están de acuerdo que la administración del manejo de la operación y mantenimiento sea llevada a cabo por la corporación municipal o por una empresa (beneficios y costos en rentabilidad social y privada).

5.9 Presentación de resultados

A manera de facilitar la interpretación de los resultados, la información obtenida se agrupó tomando en cuenta las variables que se identificaron, los indicadores de la misma, ver anexo 2.

5.10 Comportamiento de la demanda

En los proyectos sociales muchas veces la demanda es mayor, después de terminar cualquier proyecto (ejemplo, sistemas de abastecimiento, sistemas de alcantarillado sanitario, estufas, etc.), los consumidores o usuarios, se conectan con más frecuencia. Para este caso en donde se está analizando la demanda en el uso de la planta de tratamiento se puede observar la tabla de los resultados obtenidos, el comportamiento, como también en la gráfica.

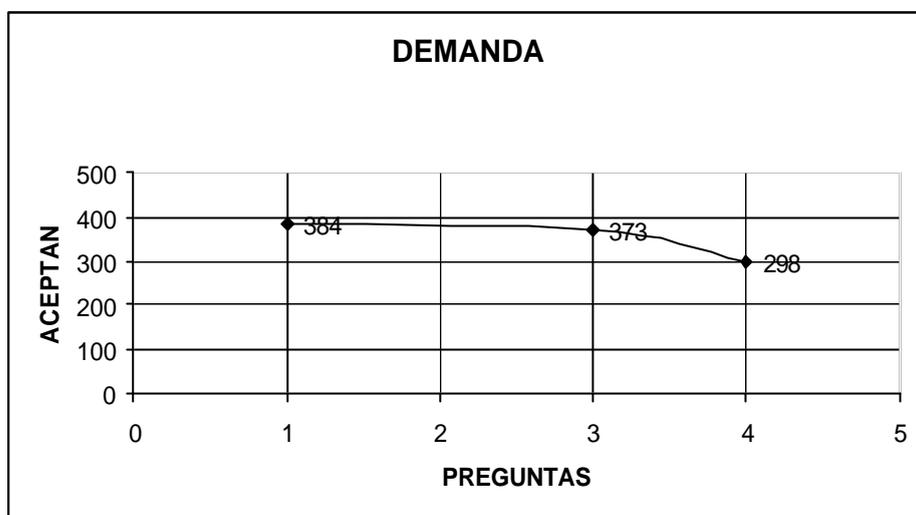
Cuadro 1
(Tabulación de Encuesta)

DEMANDA	PREGUNTAS		
	1	3	4
SI	384	373	298
NO	0	11	34
NULOS	0	0	52

Fuente: Elaboración con datos del anexo 1 y 2 (Demanda)

Puede verse, en el cuadro que la gente está anuente a un servicio de tratamiento de aguas residuales y aceptan que es importante ya que, al no contar con un servicio de recolección y de tratamiento, genera contaminación.

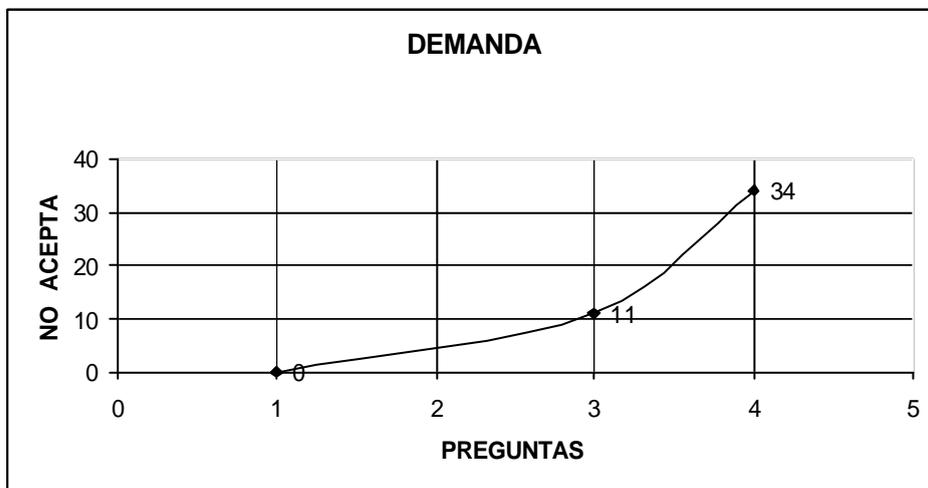
Gráfico 1
CONTAMINACIÓN (DEMANDA DEL SERVICIO)



Fuente: Elaboración con datos del anexo 1 y 2 (aceptan el sistema de tratamiento)

En el cuadro anterior, de un total de 384 encuestados el 91.58 % aceptan que es necesario efectuar un tratamiento en las aguas residuales para no contaminar el ecosistema (medio ambiente).

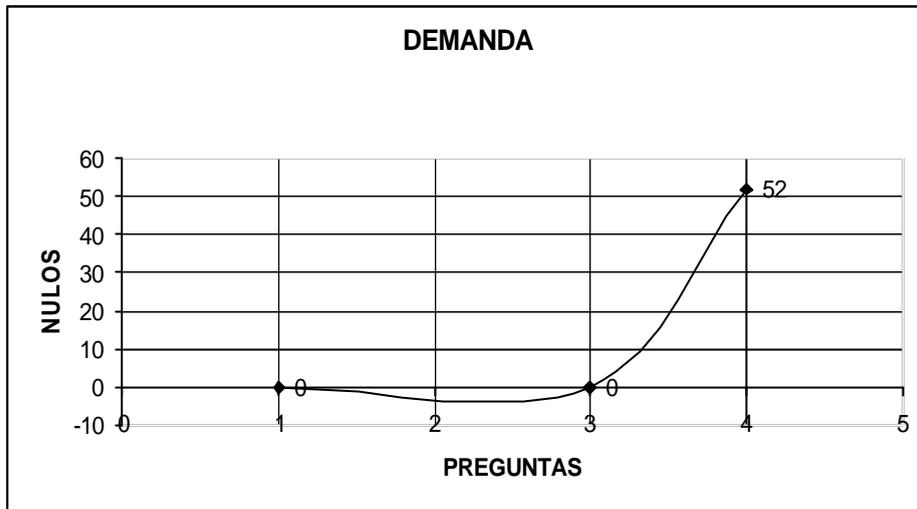
Gráfico 2
CONTAMINACIÓN (DEMANDA DEL SERVICIO)



Fuente: Elaboración con datos del anexo 1 y 2 (No aceptan el sistema de tratamiento)

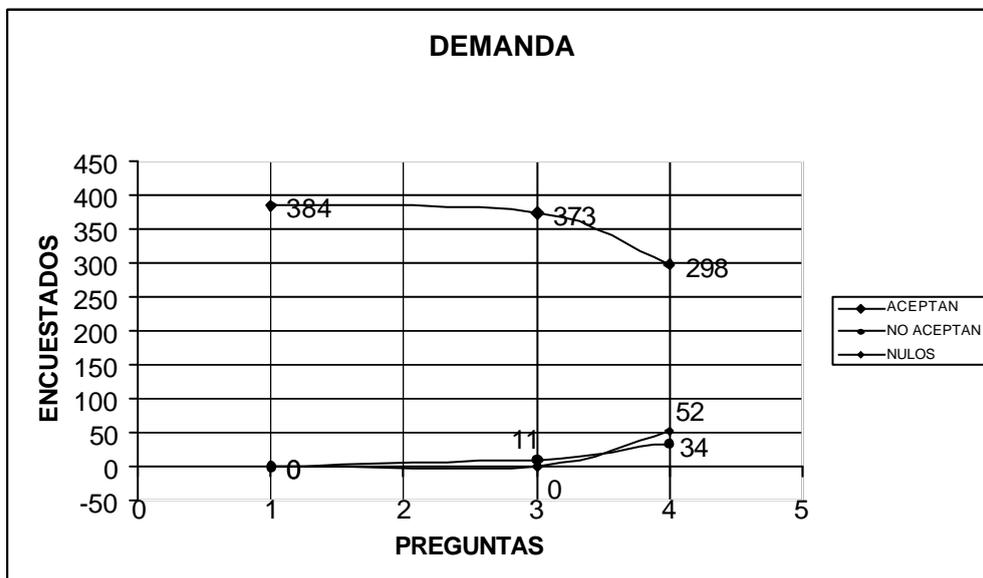
En el grafico 2, es todo lo contrario del grafico 1, en donde el porcentaje de no aceptación y el desconocimiento de que se esta contaminando con las aguas residuales hacia el medio ambiente es de 3.91 %.

**Gráfico 3
CONTAMINACIÓN (DEMANDA DEL SERVICIO)**



Fuente: Elaboración con datos del anexo 1 y 2 (Nulos para el sistema de tratamiento)
 En el gráfico 3, es el complemento del gráfico 2, nulos, el porcentaje es de 4.51 %, se estima que este porcentaje no les interesa la contaminación, dado que si saben que el medio ambiente se está contaminando, al sumar los porcentajes de estas tres gráficas anteriores da el 100 % de los encuestados, y del gráfico 1 se obtiene la demanda del servicio.

**Gráfico 4
CONTAMINACIÓN (DEMANDA DEL SERVICIO)**



Fuente: Elaboración con datos del anexo 1 y 2 (Gráfica general de la encuesta para la demanda)
 En este gráfico 4, es un resumen del gráfico 1, 2 y 3 donde se observa la máxima demanda de un servicio. En el muestreo se obtendrá alturas en centímetros y se identificará con la variable H1, para luego calcular los caudales utilizando la variable Q, y la dimensional será litros sobre segundos, L/s

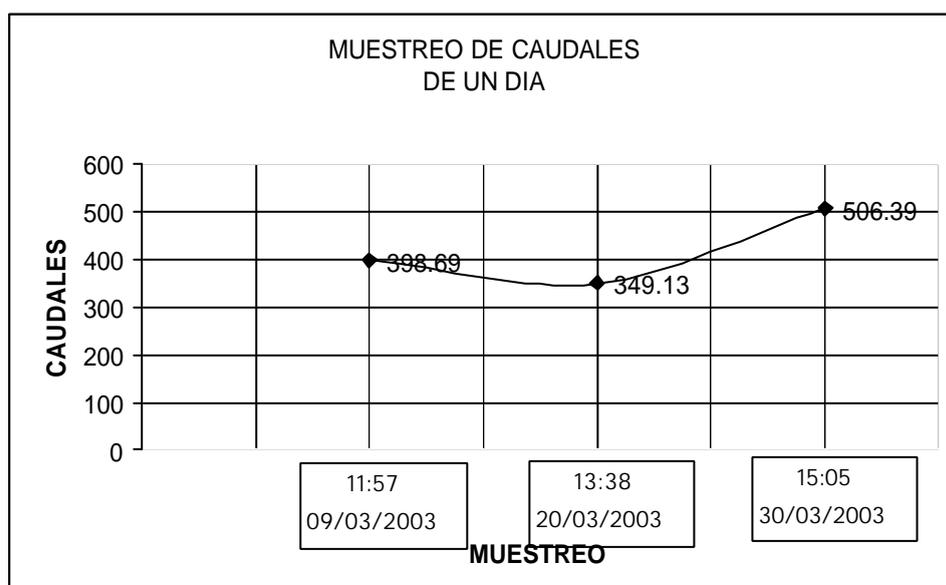
Cuadro 2
Muestreo de caudal en la entrada a la planta de tratamiento

	FECHA MUESTREO	HORA	(H1 cm.) Caudal Q L/s
	09/03/03	11:57	398.69
Rebalse	20/03/03	13:38	543.69
	30/03/03	15:05	425.98
	11/03/03	11:05	349.13
	11/03/03	13:15	506.39
	21/04/03	10:20	339.84
	21/04/03	11:20	383.45
	21/04/03	12:20	476.42
Rebalse	21/04/03	13:20	543.69
Rebalse	21/04/03	14:20	543.69
	21/04/03	15:20	440.33
	29/04/03	11:45	352.25
	29/04/03	12:45	437.44
	29/04/03	13:45	506.39
	29/04/03	14:45	543.17
	29/04/03	15:45	404.29

Fuente: Elaboración propia con datos del anexo del estudio técnico (caudales)

El cuadro 2, muestra el resultado de la evaluación y la determinación del caudal que entra en la planta de tratamiento, la primera columna la fecha en que se determinó el caudal, la segunda la hora en que se determinó y la tercera columna el caudal determinado en la entrada de la planta. En el muestreo y evaluación se tuvo tres rebalses, es decir, que el agua salía de las unidades de tratamiento.

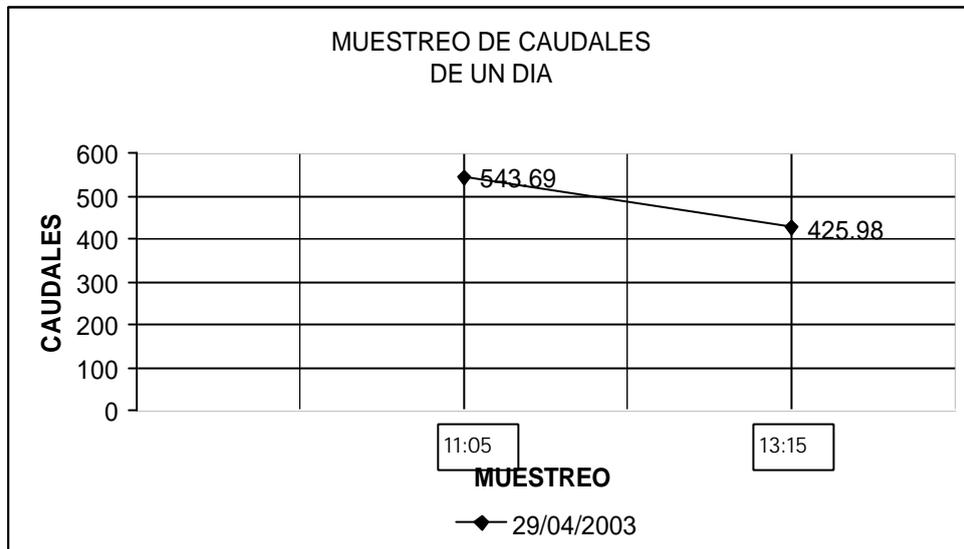
Gráfico 5
CURVA DE CAUDAL (en varios días)



Fuente: Elaboración con datos del anexo del estudio técnico (caudales)

En el grafico 5, muestra una tendencia del comportamiento del caudal en litros sobre segundo, durante un periodo de 22 días de muestreo, con datos mayores indicando que existió revalse en la unidad.

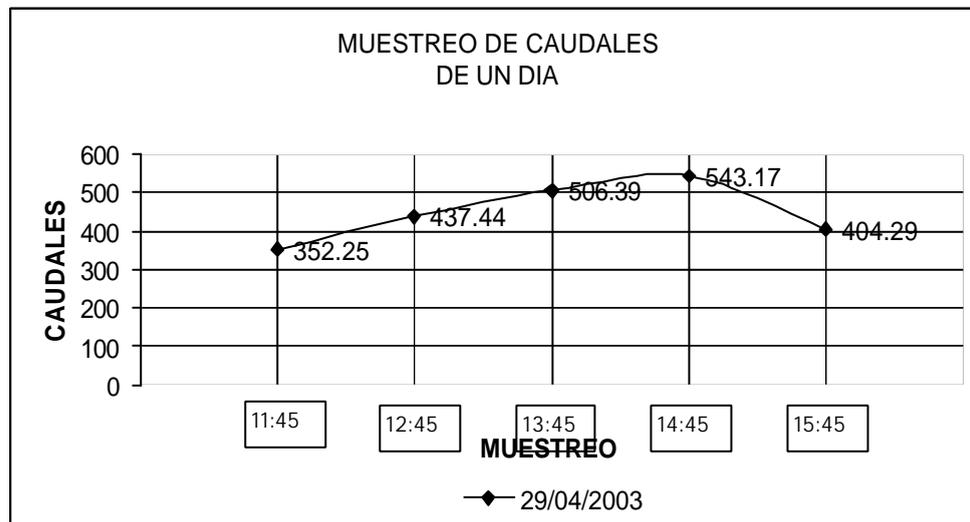
Gráfico 6
CURVA DE CAUDAL (en un día)



Fuente: Elaboración con datos del anexo del estudio técnico (caudales)

En la grafica 6 el comportamiento del caudal a la entrada de la planta en un día, y que la hora pico (uso más frecuente de los servicios sanitarios), oscila entre las 10 y 11.

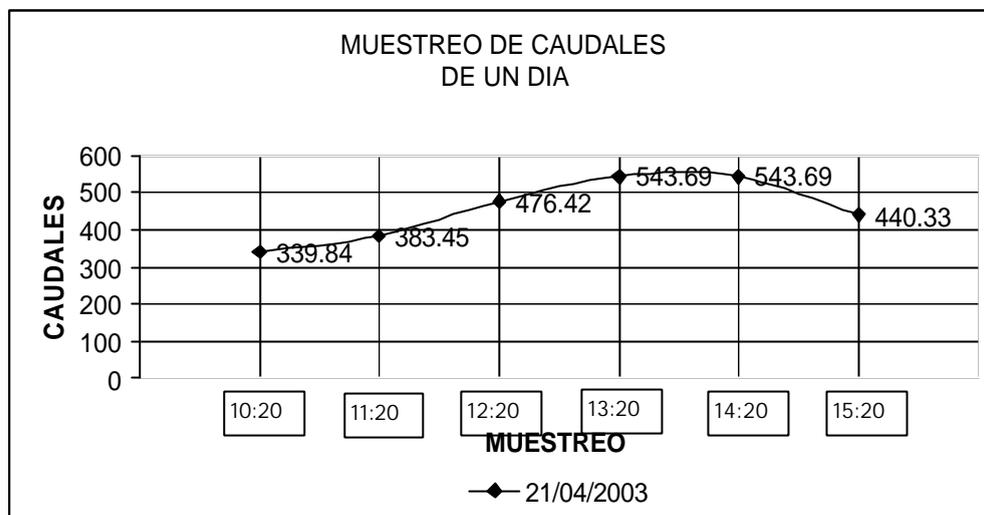
Gráfico 7
CURVA DE CAUDAL (en un día)



Fuente: Elaboración con datos del anexo del estudio técnico (caudales)

En la grafica 7 se puede observar el comportamiento de la hora pico, que oscila entre las 14:00 a 15:00, en un día de muestreo.

Gráfico 8
CURVA DE CAUDAL (en un día)



Fuente: Elaboración con datos del anexo del estudio técnico (caudales)

Y en la ultima grafica 8, también muestra el caudal pico de un día de muestreo en la planta de tratamiento, y para este día el caudal máximo oscila en las horas 13:00 a 14:00.

Los parámetros de diseño son los siguientes:

Cálculo del caudal actual:

Dotación = 150 Litros/habitante/día (Lt/hab/día)

Factor de retorno = 0.8 (adimensional)

Caudal máximo de la planta = 40 Litros/segundos (Lt/s)

Factor poblacional = 6 habitante/casa (hab/casa)

El caudal máximo promedio recibido en la planta es de $Q = 449.68$ lts./seg. y con los datos anteriores se tiene que la demanda que descarga al colector es de: Población demandada = $(449.68)(86400)/(150)(.8) = 323,770$ habitantes; Viviendas demandadas = $323,770/6 = 53,962$ casas. Y para el caudal de $Q = 40$ lts./seg se tiene una población de 28,800 habitantes que es equivalente a 4,800 casas a drenar, y estas viviendas serían las que tendrían que drenar al colector y ser tratadas, pero la demanda es mucho mayor la que está recibiendo la planta. El caudal promedio de $Q = 449.68$ lts./seg., es un caudal que no todo proviene de las casas domiciliarias, se pudo observar que existen industrias, como por ejemplo la gasolinera, restaurantes, mercado central, empresas comerciantes, empresas de car wash, pinchazos, etc., donde contribuyen con más agua hacia los colectores, el cual no se pudo establecer un caudal de descarga al colector principal, pero se estimó que el caudal de $Q = 449.68$ lts./seg. el 10.88 % (viviendas conectadas actualmente por la corporación municipal dividido por las viviendas demandadas = $(5,874/53,962) * 100 = 10.88\%$) es de caudal residual de las viviendas, ya que la corporación municipal cuenta con 5,874 viviendas con servicio de agua y drenaje, comparado este caudal con el diseño de la planta es mucho mayor la demanda que la oferta de recibir y tratar el caudal en la planta.

Demanda Histórica:

Se ha graficado la demanda histórica de las conexiones al sistema de alcantarillado sanitario y planta de tratamiento, ver cuadro 3 y gráfica 9, en donde se proyecta las viviendas demandando el servicio, y su tendencia ascendente.

Cuadro 3
Demanda Histórica

No.	AÑOS	VIVIENDAS CONECTADAS
1	1993	3200
2	1994	4800
3	1995	4880
4	1996	4962
5	1997	5045
6	1998	5129
7	1999	5214
8	2000	5301
9	2001	5390
10	2002	5480
11	2003	5572

Fuente: Elaboración propia con datos de población para cada año

Gráfico 9



Fuente: Elaboración propia con datos del cuadro 3

En la gráfica 9 se puede observar que el sistema de alcantarillado sanitario y planta de tratamiento es creciente su demanda al descargar las aguas residuales. En la corporación municipalidad no saben específicamente cuantas viviendas están conectadas, su control como se muestra en el cuadro 3 es conforme a las conexiones domiciliarias que cuentan con servicio de abastecimiento de agua (viviendas con sistema de abastecimiento cuentan con sistema de alcantarillado sanitario). Para proyectar la demanda (las viviendas) se utiliza la formula aritmética $P_f = P_a (1 + i)^n$, donde:

Pf: población futura
 Pa: población actual
 i : tasa de crecimiento
 n : periodo proyectado

Los datos de la demanda histórica no tiene relación con la actualidad, y se puede determinar que la corporación municipal no ha tenido un control adecuado de las viviendas que se conectan al sistema de alcantarillado sanitario:

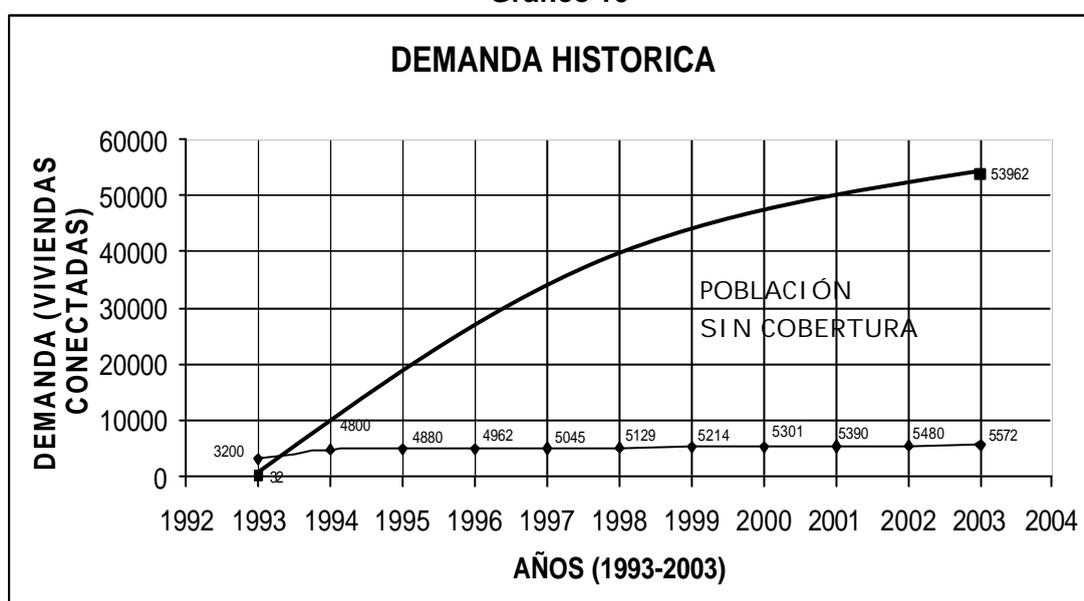
Demanda Histórica (conexiones actuales, información Corporación Municipal):

- Viviendas al año 2,003 ----- 5,572

Demanda Actual (proyección con la formula aritmética):

- Viviendas al año 2,003 ----- 53,962

Gráfico 10



Fuente: Elaboración propia con datos del cuadro 3

Se muestra en la grafica 10 la comparación de la demanda histórica obtenida primero con los datos del cuadro 3, que se obtuvo en la unidad de agua y se ve la curva con tendencia horizontal es decir constante (esto indica que la promoción del servicio de saneamiento es muy mala por parte de la corporación municipal, dando menos cobertura en servicio, sin control y eficiencia), mientras al proyectar con la formula aritmética se tiene una curva con tendencia creciente exponencial de población o demanda histórica, o marcando la diferencia o falta de cobertura en servicio de saneamiento.

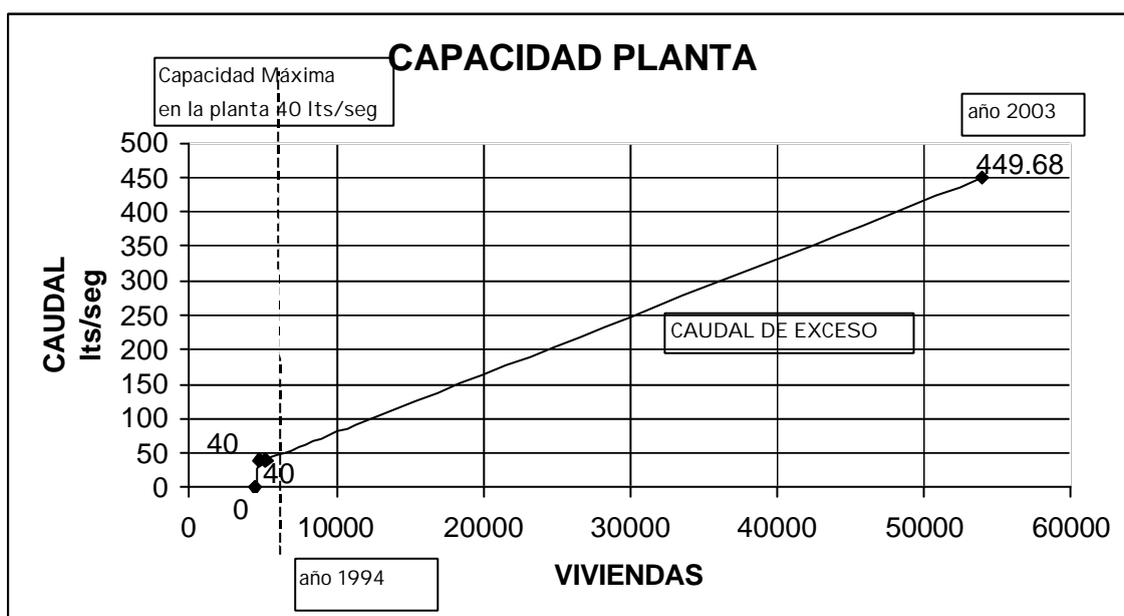
5.11 Comportamiento de la oferta:

En la encuesta se realizaron las preguntas No. 2, 7, 8 y 10, para complementar y sustenta la oferta, ya que para determinarla se analizó la capacidad del caudal a tratar conforme a la demanda de un servicio, y de la proyección que a llevado la corporación municipal en ampliar el servicio (cobertura, conectar a más usuarios). La planta de tratamiento del

municipio y cabecera departamental de Retalhuleu, se planificó en el año de 1,993 y se terminó de construir en el año de 1,994 por Instituto de Fomento Municipal (INFOM), donde contempló el 80 % de las viviendas a conectarse, es decir para una capacidad de 40 lts./seg. (Máxima capacidad en la planta de tratamiento).

Tanto la falta de cobertura en los servicios de saneamiento, como también el control de la constante operación y mantenimiento en la planta de tratamiento, desorientó el análisis de la oferta, es decir, en otras palabras no fue exitoso ya que no fue orientada adecuadamente para el crecimiento de la población del casco urbano y por existir presiones políticas en su momento, sin propiciar una oferta adecuada al servicio de tratamiento de las aguas residuales por el crecimiento de la población, donde no hubo paralelamente un crecimiento en la planta (ampliación) conforme al crecimiento de la población para brindar un mejor servicio en oferta. En la gráfica 11, se puede ver un crecimiento lineal del exceso de caudal que a entrado en la planta de tratamiento, lo que indica es que la oferta no a sido modificada (cobertura paralelamente), y la demanda al servicio de evacuar las aguas residuales ha ido en incremento, obteniendo resultados malos en la operación y mantenimiento en la planta, como también en la administración no a proyectado adecuadamente sus coberturas (ampliación).

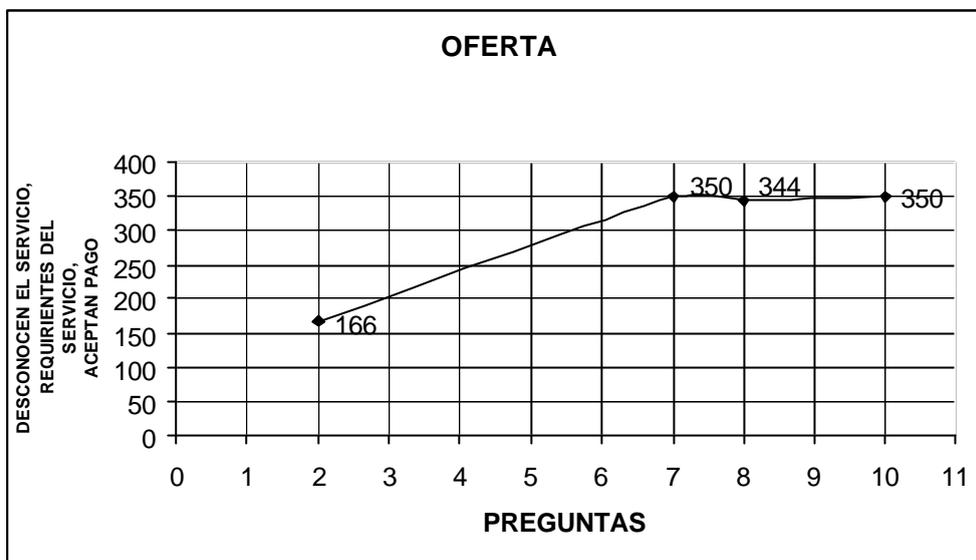
Gráfico 11
MAXIMA PRODUCCIÓN EN PLANTA



Fuente: Elaboración propia con datos del anexo 1 y 2 (Gráfica general de la encuesta para la oferta)

En las gráficas 12, 13, 14 y 15, se muestra los resultados obtenidos en la encuesta y en la tabulación para sustentar la oferta.

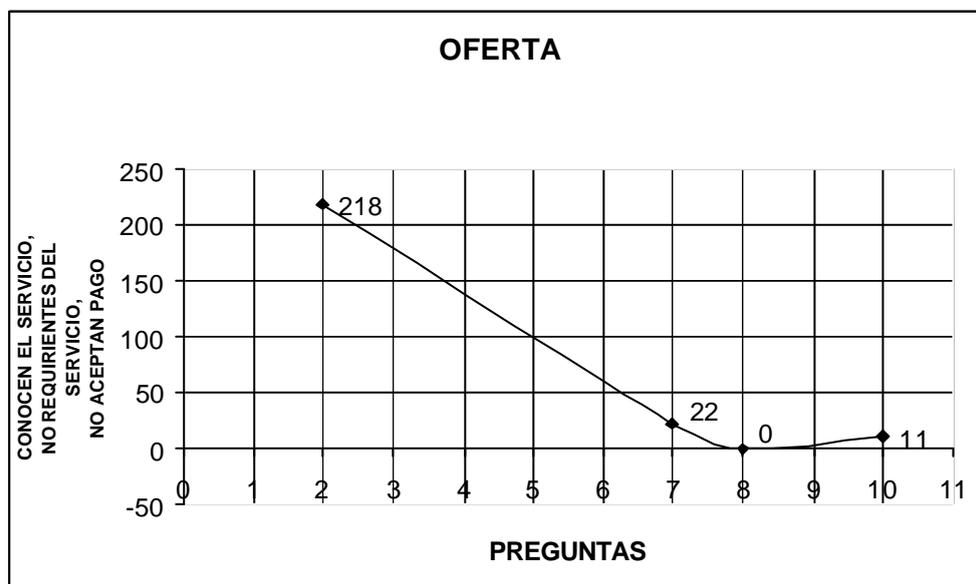
Gráfico 12
EXISTENCIA DE LA CONTAMINACIÓN (DEMANDA DE OFERTA)



Fuente: Elaboración propia con datos del anexo 1 y 2 (Gráfica general de la encuesta para la oferta)

En la grafica 12 se estima que de los encuestados 384 el 78.78 % no saben existe o no una planta de tratamiento que pueda depurar las aguas residuales de sus viviendas, por lo que si quieren que se tenga un tratamiento, ya que saben que existe en gran escala la contaminación del medio ambiente por las aguas residuales de su cabecera municipal.

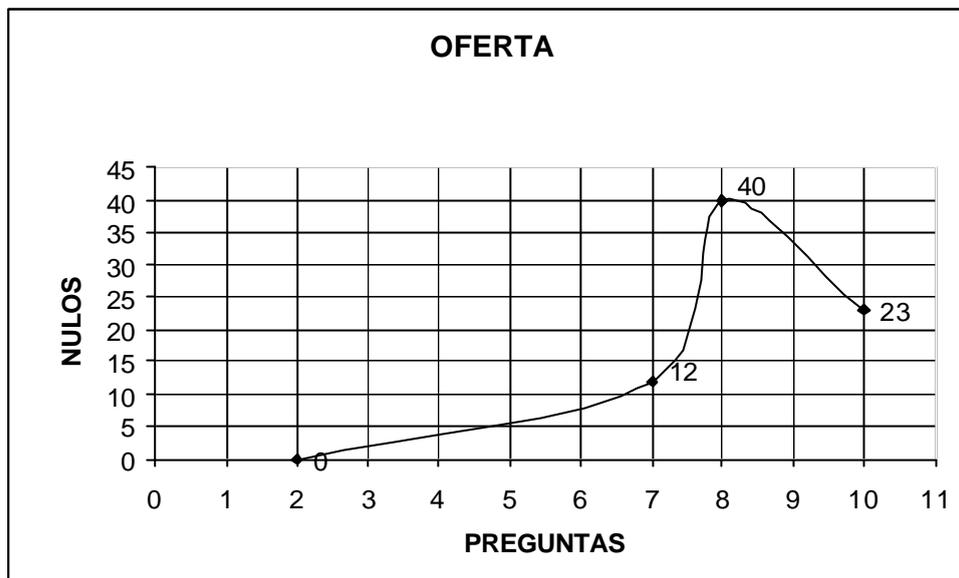
Gráfico 13
EXISTENCIA DE LA CONTAMINACIÓN (DEMANDA DE OFERTA)



Fuente: Elaboración propia con datos del anexo 1 y 2 (Gráfica general de la encuesta para la oferta)

En la gráfica 13, el 16.34 % de los 384 encuestados, saben que existe una planta de tratamiento y que aún se está contaminando el medio ambiente, y también desconocen el proceso de recolección y no saben si pasa algún sistema de alcantarillado cercano a sus viviendas.

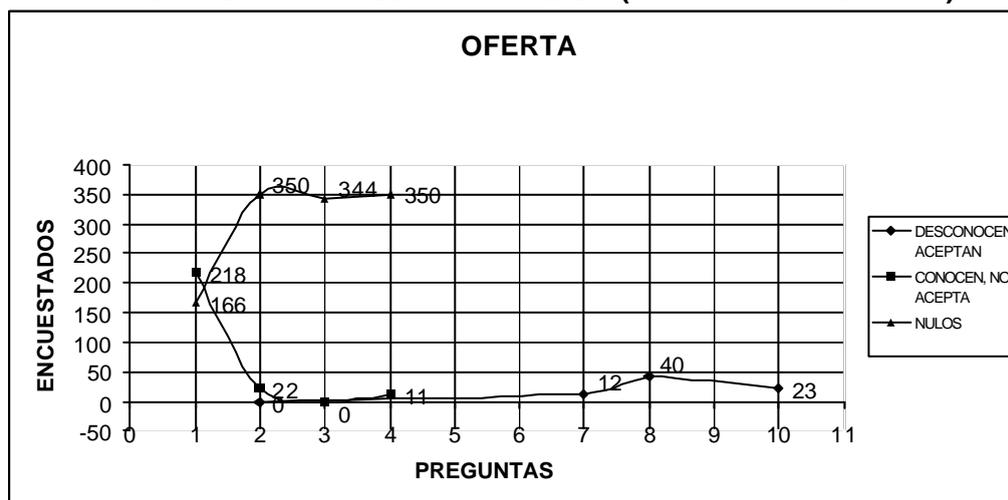
Gráfico 14
EXISTENCIA DE LA CONTAMINACIÓN (DEMANDA DE OFERTA)



Fuente: Elaboración propia con datos del anexo.1 y 2 (Gráfica general de la encuesta para la oferta)

Los que no saben y desconocen lo que es una planta de tratamiento de aguas residuales, y la importancia de la descontaminación del medio ambiente fue 4.88 % de los 384 encuestados y se muestra en la grafica 14.

Gráfico 15
EXISTENCIA DE LA CONTAMINACIÓN (DEMANDA DE OFERTA)



Fuente: Elaboración propia con datos del anexo 1 y 2 (Gráfica general de la encuesta para la oferta)

Para el gráfico 15, se presenta el resumen de las gráficas 12, 13 y 14 interpuestas, para observar la mayor demanda de oferta solicitada, pero con el desconocimiento de que hace una planta de tratamiento.

Oferta Histórica:

La oferta histórica, recibida en la planta de tratamiento fue para el año de 1,994, el cual trató un caudal de $Q = 40$ lts./seg., y está es la capacidad máxima de procesar la planta de tratamiento de aguas residuales

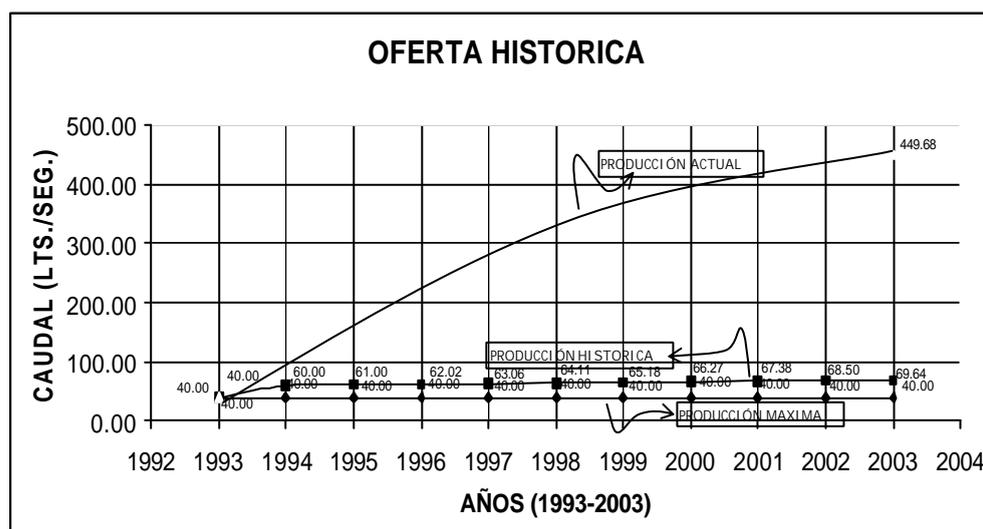
Gráfico 16



Fuente: Elaboración propia con datos históricos (capacidad máxima de la planta)

Se observa en la gráfica 16, que durante 10 años la capacidad o producción en la planta es constante (curva horizontal), dado que es el máximo caudal a tratar 40 lts/seg.

Gráfico 17



Fuente: Elaboración propia con datos históricos (capacidad máxima de la planta)

En la gráfica 17, se muestran tres tendencias de producción; la primera, producción máxima, donde la planta de tratamiento mantiene su máximo caudal a tratar y es de 40 lts/seg., y está representada por la recta lineal y constante (horizontal); la segunda, producción histórica la cual se obtuvo del cuadro 3, donde la información fue proporcionada en la unidad de agua (control de usuarios de abastecimiento), y la tendencia a sido mayor históricamente que la máxima producción que puede tener la planta (esto se da, por falta de conocimiento de los personeros de la unidad de agua de la corporación municipal, ya que al crecer una población, más demanda de servicio, tiene que haber paralelamente un crecimiento en la planta producción creciente o oferta creciente), también es recta lineal y constante; y por último la tercera, producción actual, ésta se obtuvo en el campo y se tabuló en el cuadro 2, y el comportamiento es curvo exponencial creciente, teniendo caudales que sobrepasan el máximo tratable recibido en la planta, esto indica que hay mayor demanda que oferta, es decir, en otras palabras **que la planta de tratamiento no tiene suficiente capacidad de tratar el agua residual.**

Comportamiento de los precios:

El comportamiento del precio por el servicio a sido un estancamiento dentro de la corporación municipal, dado que no cobran una tarifa (pago por el servicio), que esté planificada; y adicionalmente no se a sensibilizado a la población para orientarlos en pago de una tarifa y que éste se convierta en un buen servicio (es decir, un grado de tratamiento eficiente), generando malestares dentro de la población. La estrategia de la corporación municipal a sido inicialmente agregar un porcentaje al canon de agua potable, posteriormente un monto establecido por el consejo municipal y siempre al canon de agua, el cual a sido aumentado paulatinamente ver cuadro 4. Con los montos recaudados mensualmente, la corporación municipal tiene un déficit, el cual tiene que subsidiar para el mantenimiento de la planta (operación y mantenimiento, incluyendo la administración de este servicio, como también las mejoras y reparaciones que suscitan).

**Cuadro 4
TARIFA HISTORICA MUNICIPAL**

No.	AÑOS	PRECIO Q.
1	1993	3.00
2	1994	3.00
3	1995	3.00
4	1996	3.00
5	1997	3.00
6	1998	4.50
7	1999	4.50
8	2000	4.50
9	2001	5.25
10	2002	5.25
11	2003	5.25

Fuente: Elaboración propia con datos de precios obtenidos en la unidad de agua de la municipalidad.

Gráfico 18



Fuente: Elaboración propia con datos históricos cuadro 4

Del cuadro 4 se muestra el comportamiento de los precios los cuales se graficaron (precios históricos) y se ha mantenido lineal y constante, sin alguna alteración al cambio de la tarifa.

Para el presente estudio se tomará un precio base, el cual estará especificado en el estudio financiero o económico.

5.12 Análisis de la comercialización:

Producto

La planta de tratamiento actualmente solo puede tratar un caudal de $Q = 40$ Lts./seg., Y exclusivamente solo agua residual, ya que en el alcantarillado viene con fluidos que no son agua residual, perjudicando el proceso unitario de tratar el agua en las unidades del proceso. Dado actualmente que la demanda es mayor que la capacidad a tratar, genera un mal proceso en la descomposición del agua residual en todas sus etapas.

Mercado Meta

Es importante mencionar que el mercado meta está orientado a la cabecera municipal de Retalhuleu, ya que es aquí donde la demanda es mucho mayor a la producción que puede depurar la planta de tratamiento, y existe una tendencia de crecimiento en la demanda (viviendas nuevas que se conectan al colector existente), mientras que la oferta se mantiene constante sin variaciones.

Precio

Con la evaluación se pretende desarrollar un estado de egresos en la administración, operación y mantenimiento de la planta de tratamiento, y establecer un pago de acuerdo con la economía familiar de la comunidad y con esto establecer un superhabit, con el

objetivo de garantizar un balance económico entre los ingresos recibidos por la municipalidad y los egresos que genera el sistema.

Distribución

La distribución se hará conforme a la capacidad actual de todo el sistema y la necesidad de ampliar, mejorar y rehabilitar, para contar con un buen servicio. La distribución actual cuenta con el 80 % de todas las viviendas, esto indica que no todo el casco central hace uso del servicio.

Promoción

La promoción a los servicios básicos tiene que ser el portavoz la corporación municipal a través de la administración que maneje el sistema.

EVALUACIÓN DEL ESTUDIO TECNICO

6.1 ANTECEDENTES

En Guatemala, se han construido muy pocas plantas de tratamiento de agua residual para poder mitigar los impactos negativos causados por toda la población, al tener un sistema de abastecimiento en donde se desecha casi el 80 % de agua consumida en diferentes formas; agua utilizada para la higiene personal, agua para los servicios sanitarios (especialmente inodoros y letrinas lavables, etc.), agua para alimentos y agua para otros usos (lavar ropa, lavar carros, lavado de calles, etc.), por lo que a estas aguas utilizadas se les conocen también como aguas grises o residuales. Y estas aguas al ser recolectadas con un sistema de colectores (sistema de Alcantarillado) se deben descargar a un sistema de tratamiento, lo cual en Guatemala no existe suficientes plantas de tratamiento para todas las descargas en las comunidades, al contrario, la mayoría descarga a zanjones, riachuelos y ríos, lo que generan impactos negativos como por ejemplo; contaminación al medio ambiente, contaminación hacia las especies o los ecosistemas en los ríos, contaminación al agua que es abastecida por otras comunidades, etc., por lo que viene a mitigar las plantas de tratamiento de agua residual en buen porcentaje, evitando la contaminación que se producen en las comunidades.

También existe un factor importante y es la operación y mantenimiento de las plantas de tratamiento que deben efectuar las comunidades o municipalidades, o a su vez que es el caso más común por parte de las municipalidades, la falta de administración de la operación y mantenimiento, creando un panorama más frágil a la contaminación en mayor escala y no como se planteaba al principio, tratar de mejorar las condiciones de vida de las comunidades a través de generar servicios adecuados y eficientes, como es el caso de la formulación de la planta de tratamiento.

Se a recopilado información de estudios de post-grado, informes de los municipios en donde se tiene funcionando una planta de tratamiento, y se ha analizado en un orden de criterios de diseño de plantas de tratamiento (menor capacidad de caudal hasta plantas mas complejas), y se ha observado las deficiencias en los procesos de depuración de las unidades de tratamiento debido a varios factores, el principal operación y mantenimiento.

6.2 LOCALIZACIÓN

La Ciudad de Retalhuleu se encuentra localizada al Suroeste de la República, siendo a la vez Cabecera Departamental y Municipal del Departamento y municipio del mismo nombre. Está catalogada como municipalidad de primera categoría³; el municipio tiene un área superficial de 796 Km.² aproximadamente y se encuentra delimitada por las siguientes colindancias:

Al Norte: con los municipios de San Sebastián, San Felipe, Nuevo San Carlos y el Asintal, pertenecientes al Departamento de Quetzaltenango³. Al Este con los municipios de Santa Cruz Muluá y San Andrés Villa Seca, del Departamento de Retalhuleu³. Al Sur con Champerico municipio del mismo Departamento y el Océano Pacífico³. Al Oeste, con Ocos, municipio del Departamento de San Marcos. El Instituto Geográfico Nacional* tienen establecido un banco de marca (Banco de Nivelación) en la glorieta del parque central de la ciudad, cuya altura exacta sobre el nivel del mar es de 239.39 metros y cuyas coordenadas son: latitud 14° 32'10" Norte, longitud 91° 40'40" Oeste³.

³ Diccionario Geográfico del Instituto Geográfico Nacional

Vías de Comunicación

Esta cabecera municipal y departamental se encuentra conectada con el resto del país con buenas vías de comunicación, tales como: la carretera Nacional número 13 que está totalmente asfaltada y la comunica con el Puerto de Champerico sobre el Océano Pacífico (distancia aproximada de 39 Km.); la carretera internacional del Pacífico CA-2, con Ciudad de Mazatenango (19 kilómetros). La distancia por carretera asfaltada de la capital de la República a la Ciudad de Retalhuleu es de 185 Km.

Topografía

La Ciudad de Retalhuleu se encuentra asentada sobre un terreno poco accidentado, aspecto común a toda esta área llamada "Costa Grande", la cual se caracteriza por una suave pendiente en descenso hacia al Océano Pacífico.

Esta cabecera municipal se encuentra bañada por 4 ríos; Xulá al Occidente de la población; Sunumá o Tzununá, más al Occidente y rodeando el sector urbano denominado Barrio Monterrey; al Oriente el río Pucá y por el Centro de la ciudad corre el río denominado Bolas, los tres primeros con caudales regulares y el último de caudal casi nulo en verano.

Toda el área urbana de la ciudad y que se estima en 450 Ha, no presenta pendientes pronunciadas y fuera de los causes de los ríos no se encuentran barrancos o depresiones mayores de 20 mts.

Suelo

El tipo de suelo puede clasificarse como de grado intermedio de acuerdo con la clasificación de la mayor o menor dificultad que ofrezca a ser excavado. Para el caso presente se estima excavable con piocha y pico, pues son suelos como la arcilla y el talpetate.

Clima

El Observatorio Meteorológico Nacional⁴ muestra los siguientes datos de registro durante siete años:

Temperatura media:	26.1 °C
Temperatura absoluta máxima:	37 °C
Temperatura absoluta mínima:	13.6 °C
Precipitación anual en milímetros 2,903.8 época lluviosa de mayo a noviembre.	
(Como se puede apreciar, el clima de la ciudad es caluroso)	

Actividades de la Población:

La ciudad de Retalhuleu tiene una población sumamente activa, dedicándose preferentemente a explotaciones agropecuarias, dentro de las que se destacan los cultivos del algodón, café, ajonjolí y caña de azúcar; en lo que respecta a las actividades pecuarias, a crianza y engorde de ganado vacuno.

Las actividades comerciales son dedicadas a los productos de primera necesidades, desarrollándose en locales comerciales de la población y en los mercados municipales existentes.

⁴ Del Instituto Nacional de Sismología, vulcanología, Meteorología e Hidrología –INSIVUMEH

Vivienda

El tipo de construcción de la vivienda es variado, predominando las casa de madera y de techo de lámina de zinc y algunos de paredes de block con techo de losas de concreto. En las visitas de campo al municipio de Retalhuleu se apreció que la mayoría de las casas son para personas de medianos y bajos recursos.

Población

Los últimos Censos correspondientes a los años 1950, 1964, 1973 y 2002, proporcionan los siguientes datos de población para la ciudad de Retalhuleu⁵.

AÑO	HABITANTES
1950	9,209
1964	14,925
1973	20,222

Estos datos sirvieron de base para proyectar la población que se espera exista, en la siguiente forma:

AÑO	HABITANTES
1979	24,146
1980	25,000
1988	31,670
1998	42,590

Como se puede apreciar, la población urbana tuvo un aumento de 5,717 habitantes entre 1960-64, o sea con una tasa de crecimiento geométrico del 3.5% anual y entre los años de 1964 y 1973 el incremento de la población fue de 5,297 habitantes o sea el 35.5%, con una tasa de crecimiento geométrico anual de 3.43% o sea, pues, que la población ha mantenido una tasa de crecimiento uniforme en ambos períodos íter censales, como se puede apreciar en las curvas de población que aparecen en este estudio.

6.3 SERVICIOS DE LA COMUNIDAD

Electricidad:

El servicio de energía eléctrica⁶ es proporcionado por la hidroeléctrica municipal 2,700 Kw., debido al crecimiento de la población se ha completado la demanda con energía que se compra al INDE en la cantidad estimada de 1,300 Kw. Para unos 3,200 servicios domiciliarios (trifásicos y monofásico) que existen.

Otros Servicios:

La ciudad cuenta con servicios de comunicación adecuados, tales como correos, telégrafos y teléfonos, asimismo tienen un número de buses extraurbanos que continuamente efectúan el servicio de transporte con la capital de la república, el puerto de Champerico, y con la frontera con México. En el sector educativo⁷, la ciudad de Retalhuleu cuenta con 8 escuelas primarias públicas y un Instituto de Educación Media, con un total de 1,566 alumnos; centros de educación privada, hay uno que abarca los niveles de educación primaria y media con un total de 132 alumnos. Otros servicios

⁵ Del Instituto Nacional de Estadística -INE

⁶ De la Corporación Municipal

⁷ Del Ministerio de Educación

básicos que existen son dos mercados, rastro municipal y, en el sector diversión, cuentan con un estadio para 10,000 personas, dos calas de cines, etc.

Agua Potable:

El sistema de agua potable fue planificado y construido en 1949, y ampliado en 1960 por el Servicio Cooperativo Interamericano de Salud Pública; posteriormente se han efectuado mejoras al sistema por el Instituto de Fomento Municipal, -INFOM-.

Este sistema que abastece la ciudad⁸ proviene de dos fuentes: río Tzununá y ríos Matilde y Concepción. Consta de lo siguiente:

- Obras de captación, líneas de conducción, plantas de tratamiento, con sedimentación con coagulantes y filtros rápidos de presión y dos tanques de almacenamiento de 500 m³ de capacidad cada uno, red de distribución, que cubre el 46% del área urbana actual; existen 2,100 conexiones domiciliarias y a demás se estima que 500 viviendas se abastecen de los servicios públicos, se cuenta con 2 hidrantes para aprovisionar de agua a los bomberos de la localidad.

Este sistema es deficiente en cuanto a la cantidad de agua servida y a la cobertura de la red de distribución; en este mismo programa está incluido el mejoramiento, ampliación y remodelación del servicio de abastecimiento de agua. Se ha comprobado que la planta actualmente trata un caudal de 6,566 m³/d (76 lts/seg); en el nuevo proyecto se mejorará la calidad del agua y se ampliará la capacidad del sistema hasta 10,800 m³/d (125 lts/seg).

El sistema tarifario que funciona por tasa administrativa es de Q 80.00, Q 105.00 y Q 155.00 para 15,000; 30,000 y 60,000 litros mensuales que proporcionan una tasa mensual por el servicio de Q 0.50, Q 1.00 y Q 2.00, todas con un cargo de Q 0.10 por 1,000 litros de exceso que marca el medidor del consumidor al mes. La aplicación de esta tarifa general al año un ingreso de Q 47,000.00 promedio según informe de la Tesorería Municipal.

Alcantarillado Existente:

La ciudad de Retalhuleu cuenta con una red de alcantarillado sanitario, el cual fue diseñado y construido por el Servicio Cooperativo Interamericano de Salud Pública (SCISP) en 1967, con tubería de cemento de 200 mm (8") de diámetro, cubriendo actualmente el centro de la ciudad; adicionalmente se han efectuado algunas ampliaciones construídas por la Municipalidad e Instituto de Fomento Municipal, con planificación de la Dirección General de Obras Publicas, con descargas provisionales, previendo integrarlas a un estudio posterior.

Dicha red ha venido funcionando en forma eficiente y actualmente se encuentra en buenas condiciones, pero a la fecha la ciudad ha crecido en tal forma, que su población urbana es una de las más grandes de la región debido a una alta tasa de crecimiento; tal circunstancia ha obligado a una expansión territorial de la ciudad. Como consecuencia de lo anterior, sus habitantes se han visto obligados a darle soluciones empíricas a la evacuación y disposición de sus aguas servidas; como puede observarse en la cantidad de descargas que funcionan actualmente en los ríos Bolas, Xulá y Tzunami que afectan el área urbana en su salubridad y ornato.

⁸ De la Corporación Municipal

Los elementos que forman parte del sistema actual y que se encuentran en buenas condiciones son:

conexiones domiciliarias

- 8200 metros de colector de 200 mm (8")
- 400 metros de colector de 250 mm (10")

Otro problema del sistema actual es que podrían conectarse inmediatamente unos 500 domiciliarios que se encuentran frente a la red, y aproximadamente 230 en las nuevas zonas del proyecto como los Barrios; Kech, Antigua, Perú y Concepción.

Información importante con respecto al sistema actual es que cuenta con un reglamento para su adecuada administración, incluyendo el cobro de Q 50.00 por los derechos de conexión domiciliar y una tasa de mejoramiento de Q 3.32 por metro de frente, incluyendo el valor de inversión por los trabajos de la conexión domiciliar. La instalación intradomiciliar es por cuenta y responsabilidad del usuario.

Las viviendas que no se encuentran conectadas a la red actual usan como disposición reciente, un 50% a fosas sépticas; 30% a pozos ciegos; 40% a ríos; 15% a la superficie de las calles y 10% no se sabe. Tomando en cuenta lo anteriormente mencionado, se elaboró un proyecto de red de alcantarillado con base a un plan maestro, cuya principal finalidad es el saneamiento de los ríos en referencia, con la disposición y evacuación de las aguas residuales hacia un único lugar localizado al sur occidente de la población donde se adquirió un predio destinado para la construcción de una planta de tratamiento de aguas servidas para la ciudad de Retalhuleu.

Las aguas de lluvia sin embargo, se estableció que no ocasionan problemas, ya que por las pendientes naturales de sus calles la escorrentía fluye hacia los ríos que se han mencionado; por lo que se optó darle solución únicamente a la evacuación de las aguas servidas mediante el proyecto correspondiente.

6.4 PLANTA DE TRATAMIENTO ACTUAL

La planta de tratamiento de aguas residuales para la ciudad de Retalhuleu consta de los siguientes elementos:

- 1 pozo derivador de caudales
- 1 pozo unificador de caudales
- 1 desarenador con canal de rejas
- 1 canal parshall
- 2 unidades de tratamiento anaerobio de flujo ascendente
- 6 unidades de patios de desecados de lodos

Además cuenta con las siguientes unidades accesorias:

- Batería de pozos para recolección de agua tratada
- Batería de pozos para distribución del agua negra
- Instalaciones de recolección del biogas
- Instalaciones de drenaje de la cámara de agua tratada
- Tubería extractora de lodos
- Medias cañas para evacuación de aguas pluviales
- Dos pozos de toma de muestra
- Cerco perimetral protector

- Red de interconexión interna.

La planta está diseñada para dar servicio a una población de 22,000 habitantes con un caudal de aguas negras de 40 l/seg. El tipo de tratamiento utilizado es el anaerobio de flujo ascendente, que es un tratamiento basado en la degradación de la materia orgánica e inorgánica por medio de la acción de las bacterias anaerobias.

EVALUACIÓN DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO ACTUAL

Debido a la deficiencia de la administración municipal en el mantenimiento y operación a la planta de tratamiento, a surgido un mal funcionamiento en ésta, identificándose que no solo la operación y mantenimiento han sido causantes del mal funcionamiento en el proceso de tratamiento, sino hay varios factores que se involucran en dicho proceso, como una administración mal implantada por la corporación municipal, entre otras causas.

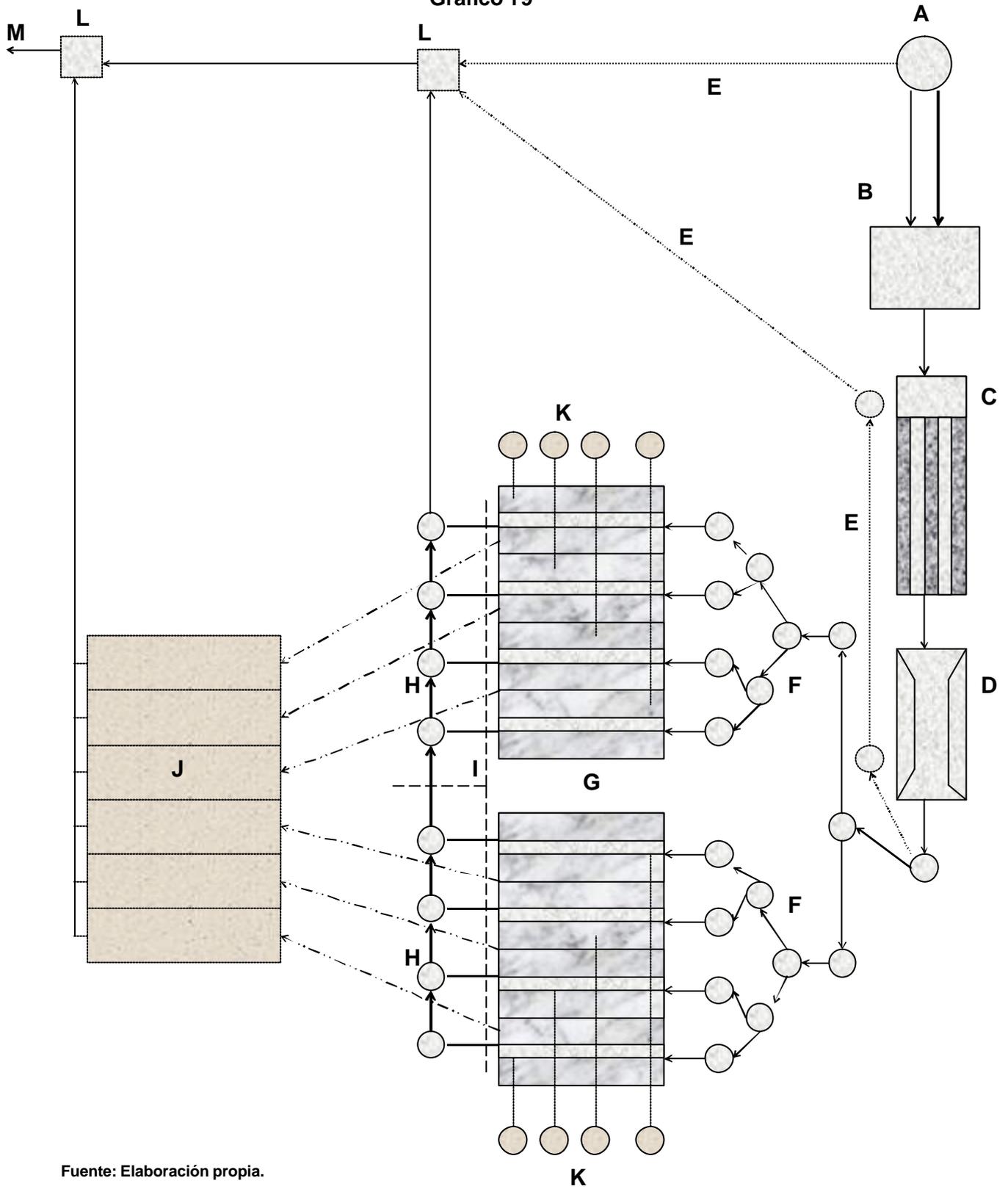
Para su disposición apropiada, el tratamiento de aguas residuales constituye uno de los problemas de salud inherentes a la actividad humana diaria. Los procesos de tratamiento suponen inversiones de capital elevados y costos de operación altos que la mayoría de las comunidades no están en capacidad de asumir ni de financiar. La prevención de la contaminación del agua y del suelo es solamente posible si se definen técnicas apropiadas de tratamiento y disposición de las aguas residuales. Sin embargo, ningún programa de control tendrá éxito si no se cuenta con los recursos financieros para su implantación en la administración y manejo de la operación y mantenimiento permanente. El objetivo básico del tratamiento de aguas es el de proteger la salud y promover el bienestar de los pobladores. El retorno de las aguas residuales a ríos o lagos convierte a estos pobladores en usuarios directos o indirectos de las mismas y, a medida que crece la población, aumenta la necesidad de proveer sistemas de tratamiento o renovación que permitan eliminar los riesgos para la salud y minimizar los daños al ambiente. A continuación se muestra el cuadro 1 y el grafico 1 de la planta de tratamiento existente en el municipio de Retalhuleu, y en el cuadro 1 se describen el nombre de cada unidad que aparece en la planta de tratamiento.

**Cuadro 5
SIMBOLOGIA**

REFERENCIAS	DESCRIPCION
A	POZO DERIVADOR
B	CAJA UNIFICADORA DE CAUDAL
C	REJAS Y DESARENADOR
D	CANAL PARSHALL
E	BY PASS
F	BATERIAS DE POZOS DERIVADORES
G	REACTOR ANAEROBIO DE FLUJO ASCENDENTE RAFA
H	POZOS DE RECOLECCION
I	TUBERIA DE GAS
J	PATIO DE SECADOS DE LODOS
K	POZOS PARA LA TOMA DE MUESTRAS
L	CAJAS DE REGISTRO
M	DESCARGA AL RIO TZUNUNA

Fuente: Elaboración propia, obtenida en campo.

Gráfico 19



Fuente: Elaboración propia.

MUESTREO

Para la interpretación de los resultados de los análisis de laboratorio y su aplicación práctica, es requisito fundamental realizar antes un adecuado muestreo del agua residual. El muestreo no es entonces una labor que carece de importancia, por el contrario, es una parte esencial del análisis global técnico. El tiempo dedicado al muestreo siempre será una inversión útil, pues no hay nada más negativo que un muestreo superficial. Un análisis de laboratorio no puede ser mejor de lo que lo permite la confiabilidad en el muestreo. Ni con el equipo de laboratorio más complejo y los análisis más precisos se podrán contrarrestar errores o negligencias en la inspección y el muestreo realizados en un sitio determinado. Los resultados de los análisis son comprensibles únicamente cuando se tiene un buen conocimiento de las condiciones locales. El muestreo del afluente (entrada) y del efluente (salida) es la única forma para establecer las eficiencias de remoción y el funcionamiento de un proceso.

En el transcurso de un día, grandes variaciones en caudal y carga contaminante ocurren en un colector. Por lo tanto, un dato confiable del funcionamiento de un proceso solamente puede ser obtenido con base a muestras compuestas y en ningún caso de muestras puntuales. Esto se puede ilustrar por el hecho que el efluente (salida) saliendo de un proceso en cierto momento corresponde a un afluente (entrada) que entró en promedio hace un tiempo igual al tiempo de retención hidráulica. Entonces la muestra tomada del afluente (entrada) no tiene relación con la muestra del efluente (salida) del mismo momento.

Se estableció un programa de muestreo que empezó en Marzo y finalizó en Abril del año 2001, dentro de este periodo se realizaron 6 muestras con un intervalo de tiempo entre ellas de 10 días. Los puntos de muestreo se localizaron en lugares que reflejan el comportamiento de la eficiencia de las principales unidades de tratamiento;

- Entrada del canal de rejillas y desarenador
- Salida de los reactores

PARAMETROS EN LA EVALUACION

Los parámetros que fueron tomados en consideración para la evaluación son:

- Demanda Bioquímica de oxígeno (DBO₅).
- Demanda Química de oxígeno (DQO).
- Sólidos Sedimentables.
- Sólidos Disueltos.
- Sólidos Volátiles.
- Sólidos Totales.
- Potencial de Hidrógeno.
- Temperatura, Nitratos (NO₃) y Fosfatos (PO₄).

RESULTADOS DEL MONITOREO

A continuación se presentan las tablas 1, 2 Y 3 con los resultados obtenidos en los muestreos (físicos, químicos y bacteriológicos); como se menciona anteriormente, estos son los resultados obtenidos de los exámenes de muestra en laboratorio, los cuales fueron tomados durante periodos de horas las muestras.

**TABLA 1
CARACTERISTICAS FISICAS**

LUGAR	COLOR	OLOR	pH	TEMP.	TURB.	S.D.	S.S.1 HR	S.S.2 HR
Día - hora	Pt-Co		U	° C	UTN	Mg/L	Cm3/L	Cm3/L
09/03/2003 11:57								
Desarenador	334.00	Séptico	7.33	22.5	110	230	5.0	6.0
Reactor 1	287.00	Séptico	7.35	23.0	51	260	2.0	2.5
Reactor 2	188.00	Séptico	7.49	23.0	28	270	2.5	3.0
20/03/2003 13:38								
Desarenador	158.00	Séptico	6.76	22.0	33	191	7.0	7.0
Reactor 1	210.00	Séptico	6.84	22.0	25	212	1.2	1.2
Reactor 2	234.00	Séptico	6.77	22.0	24	229	2.5	2.6
30/03/2003 15:05								
Desarenador	27.00	Séptico	6.55	21.0	23	136	2.0	2.0
Reactor 1	80.00	séptico	6.40	22.0	9.4	131	0.05	0.1
Reactor 2	59.00	séptico	6.45	22.0	38	333	1.1	1.5
11/04/2003 11:05								
Desarenador	83.00	séptico	7.28	26.0	74	206	5.0	1.5
Reactor 1	0.00	Séptico	7.28	26.0	9	152	0.2	0.8
Reactor 2	0.00	Séptico	7.28	26.0	9	152	0.2	0.75
11/04/2003 13:15								
Desarenador	61.00	Séptico	6.00	22.0	18	225	1.5	2.0
Reactor 1	25.00	Séptico	6.15	22.0	6	165	0.5	0.5
Reactor 2	25.00	Séptico	6.15	22.0	6	165	0.5	0.5
21/04/2003 10:20								
Reactor 1	31.00	Séptico	7.00	21.0	9	175	0.4	0.4
Reactor 2	31.00	Séptico	7.00	21.0	9	175	0.4	0.4
21/04/2003 11:20								
Desarenador	32.00	Séptico	7.00	21.0	29	225	0.7	0.7
21/04/2003 12:20								
Reactor 1	46.00	Séptico	7.00	21.0	19	175	1.6	1.6
Reactor 2	46.00	Séptico	7.00	21.0	19	175	1.6	1.6
21/04/2003 13:20								
Desarenador	56.00	Séptico	7.00	21.0	21	245	0.8	2.0
21/04/2003 14:20								
Reactor 1	26.00	Séptico	7.00	21.0	15	165	0.1	0.1
Reactor 2	26.00	Séptico	7.00	21.0	15	165	0.1	0.1
21/04/2003 15:20								
Desarenador	7.00	Séptico	7.00	22.0	17	230	2.5	2.5
29/04/2003 11:45								
Desarenador	24.00	Séptico	7.00	19.0	46	215	2.5	3.5
29/04/2003 12:45								
Desarenador	23.00	Séptico	7.00	20.0	12	220	4.0	4.0
Reactor 1	29.00	Séptico	7.00	19.0	1	186	1.1	1.1
Reactor 2	29.00	Séptico	7.00	19.0	1	186	1.1	1.1

Fuente: Elaboración propia con información de los exámenes de muestra

En un muestreo el resultado de las tomas de muestra son importantes para definir el grado de eficiencia en que las unidades de depuración están tratando el agua residual, por lo que es necesario la tabulación de los resultados obtenidos a través del muestreo e ir chequeando unidad por unidad, como es el caso de la tabulación de varios muestreos compuestos, tabulando sus resultados como en la tabla 1, donde están los resultados Físicos obtenidos a través de los exámenes realizados al agua residual en varios puntos de la planta de tratamiento.

TABLA 2
CARACTERISTICAS QUIMICAS

LUGAR	DBO5	DQO	FOSFATOS	NITRATOS	NITRITOS	OD
Día - Hora	Mg/L	Mg/L	Mg/L	Mg/L	Mg/L	Mg/L
09/03/2003 11:57						
Desarenador	92.0	1690.0	3.75	110.00	0.0830	1.60
Reactor 1	20.0	1090.0	12.50	75.68	0.2410	2.00
Reactor 2	38.0	1050.0	10.00	70.40	0.0590	2.00
20/03/2003 13:38						
Desarenador	64.0	378.0	9.00	65.56	0.0920	0.50
Reactor 1	26.0	202.0	9.00	58.08	0.0660	0.00
Reactor 2	60.0	255.0	9.00	59.84	0.0330	0.00
30/03/2003 15:05						
Desarenador	14.0	176.0	8.50	18.48	0.0231	2.00
Reactor 1	14.0	164.0	8.50	23.76	0.0231	1.00
Reactor 2	62.0	176.0	8.50	25.96	0.0429	1.00
11/04/2003 11:05						
Desarenador	19.0	408.0	9.00	18.25	0.0250	1.50
Reactor 1	21.0	139.0	10.00	12.32	0.0000	0.70
Reactor 2	21.0	139.0	10.00	12.32	0.0000	0.70
11/04/2003 13:15						
Desarenador	100.0	170.0	8.00	22.44	0.0264	1.80
Reactor 1	50.0	64.0	9.00	11.88	0.0460	0.65
Reactor 2	50.0	64.0	8.50	11.88	0.0460	0.65
21/04/2003 10:20						
Reactor 1	14.0	104.0	8.50	27.72	0.0264	1.10
Reactor 2	14.0	104.0	8.50	27.72	0.0264	1.10
21/04/2003 11:20						
Desarenador	44.0	110.0	9.00	30.80	0.0429	1.80
21/04/2003 12:20						
Reactor 1	24.0	103.0	8.50	16.28	0.0132	1.00
Reactor 2	24.0	103.0	8.50	16.28	0.0132	1.00
21/04/2003 13:20						
Desarenador	60.0	119.0	9.20	33.88	0.0495	1.80
21/04/2003 14:20						
Reactor 1	36.0	101.0	8.40	23.32	0.0165	1.10
Reactor 2	36.0	101.0	8.40	23.32	0.0165	1.10
21/04/2003 15:20						
Desarenador	100.0	103.0	9.00	22.44	0.0672	1.80

Fuente: Elaboración propia con información de los exámenes de muestra.

También es necesario conocer las características químicas principales de las aguas residuales, y tabular la información; las principales características químicas que se evaluarán son la DBO a los 5 días (demanda bioquímica de oxígeno), la DQO (demanda química de oxígeno) y el oxígeno disuelto, como se muestra en la tabla 2, características químicas.

**TABLA 3
CARACTERISTICAS BACTERIOLOGICAS**

LUGAR	NUMERO DE COLIFORMES TOTALES (NMP/100cm ³)	NUMERO DE COLIFORMES FECALES (NMP/100 cm ³)
Día - Hora		
09/03/2003 11:57		
Desarenador	2.2 x 10 ⁸	2.0 x 10 ⁸
Reactor 1	2.0 x 10 ⁸	2.0 x 10 ⁸
Reactor 2	2.0 x 10 ⁸	2.0 x 10 ⁸
20/03/2003 13:38		
Desarenador	2.4 x 10 ⁷	2.4 x 10 ⁷
Reactor 1	2.4 x 10 ⁷	2.4 x 10 ⁷
Reactor 2	2.4 x 10 ⁷	2.4 x 10 ⁷
30/03/2003 15:05		
Desarenador	2.4 x 10 ⁷	2.4 x 10 ⁷
Reactor 1	2.4 x 10 ⁷	2.4 x 10 ⁷
Reactor 2	2.4 x 10 ⁷	2.4 x 10 ⁷
11/04/2003 11:05		
Desarenador	1.2 x 10 ⁷	1.2 x 10 ⁷
Reactor 1	1.2 x 10 ⁷	1.2 x 10 ⁷
Reactor 2	1.2 x 10 ⁷	1.2 x 10 ⁷
11/04/2003 13:15		
Desarenador	2.4 x 10 ⁷	2.4 x 10 ⁷
Reactor 1	2.4 x 10 ⁷	2.4 x 10 ⁷
Reactor 2	2.4 x 10 ⁷	2.4 x 10 ⁷
21/04/2003 10:20		
Desarenador	1.1 x 10 ⁸	1.1 x 10 ⁸
21/04/2003 11:20		
Reactor 1	1.5 x 10 ⁷	1.5 x 10 ⁷
Reactor 2	1.5 x 10 ⁷	1.5 x 10 ⁷
21/04/2003 12:20		
Desarenador	9.3 x 10 ⁷	9.3 x 10 ⁷
21/04/2003 13:20		
Reactor 1	1.4 x 10 ⁷	1.4 x 10 ⁷
Reactor 2	1.4 x 10 ⁷	1.4 x 10 ⁷
21/04/2003 14:20		
Desarenador	4.6 x 10 ⁸	4.6 x 10 ⁸
21/04/2003 15:20		
Reactor 1	5.3 x 10 ⁷	5.3 x 10 ⁷
Reactor 2	5.3 x 10 ⁷	5.3 x 10 ⁷

Fuente: Elaboración propia con información de los exámenes de muestra.

En la tabla 3, se muestra las características Bacteriológicas que contiene el agua residual, teniendo un exponencial máximo de 8 (ocho ciclos); con estos parámetros se tiene que bajar a dos o tres ciclos (degradar el agua, con un proceso de depuración). Los datos de la tabla 3 indica que el agua residual que entra es la misma que sale, sin ningún proceso de depuración.

Medición de caudal

La medición se realizó en el canal parshall, obteniendo las alturas H1 y H2 para luego calcular el caudal que pasa en el canal con la formula $Q = k H^n$, donde Q: caudal en litros por segundo; $k = 0.69$ y $n = 1.522$ (sistema métrico), para $W = 1'$.

Se calcula H2 cuando existe ahogamiento en el canal. El ahogamiento retarda el flujo, habiendo una reducción de descarga. En estas condiciones, el caudal real será inferior a aquel que se obtendría en condiciones libres (en condición libre solo se tomaría la medida de H1 y se calculará el caudal). Para la determinación del caudal será indispensable la aplicación de una corrección.

Para la corrección el valor es de 1.8, el cual se multiplica con el caudal de sumergencia que es de 65 l/s, dando un valor de 117 l/s, el cual se resta del caudal libre (H1).

El canal Parshall, en la evaluación que se realizó en la planta de tratamiento siempre se encontraba ahogado. En el diseño se contemplo un caudal de 40 l/s, el cual estaba proyectado a una altura máxima de 15 cm. En la evaluación se tuvo medidas mayores de 15 cm. y más altas en las horas pico, hasta rebalsar la unidad, (altura de 80 cm.).

H1: Carga medida en el Parshall,
 H2: tirante que no podrá exceder al 60 o 70 % de H1, descarga libre,
 H3: tirante normal del agua en el canal.
 hf: perdida de carga

El canal parshall construido tiene las siguientes medidas las cuales se compararon con el plano original y corresponden a las mismas.

Cuadro 6
MEDIDAS DEL CANAL PARSHALL

W plg	Cm	A cm	B cm	C cm	D cm	E cm	F cm	G cm	K cm	N cm
1	30.5	137.2	134.4	61.0	84.5	91.5	61.0	91.5	7.6	22.9

Fuente: Elaboración propia, medidas obtenidas en campo.

Otras mediciones de caudal

Existen dos By-pass, uno en el último pozo (antes de llegar a la caja unificadora de caudales) con un diámetro de 10 pulgadas (tubería de cemento) de salida, que va directamente al río Tzununa, esta descarga siempre se mantiene con caudal constante a sección llena dando un caudal de 123.19 L/s (pendiente de terreno 5.25 %).

El otro By-pass, está en la unidad del canal Parshall y sale con un diámetro de 4 pulgadas (tubería de PVC), con una pendiente del 3.5 %. Este By-pass evacua un caudal de 13.10 L/s, el cual siempre funciona a sección llena constantemente.

Se efectuaron muestreos del caudal (ver anexo 3) que entra directamente a los reactores de anaerobios de flujo ascendente (RAFA), en la unidad del canal Parshall y se tabularon en la tabla 4.

TABLA 4
MEDICION DE CAUDAL EN EL CANAL PARSHALL

	FECHA MUESTREO	HORA	H1 cm	H2 cm	H3 cm	(H1 cm) Q. L/s
	09/03/03	11:57	65.20	64.60	64.70	398.69
Rebalse	20/03/03	13:38	80.00	79.20	79.30	543.69
	30/03/03	15:05	68.10	67.40	67.60	425.98
	11/03/03	11:05	59.80	59.20	59.30	349.13
	11/03/03	13:15	76.30	75.50	75.70	506.39
	21/04/03	10:20	58.70	58.10	58.30	339.84
	21/04/03	11:20	63.60	62.90	63.10	383.45
	21/04/03	12:20	73.30	72.60	72.70	476.42
Rebalse	21/04/03	13:20	80.00	79.20	79.30	543.69
Rebalse	21/04/03	14:20	80.00	79.20	79.30	543.69
	21/04/03	15:20	69.60	68.90	69.10	440.33
	29/04/03	11:45	60.10	59.50	59.70	352.25
	29/04/03	12:45	69.30	68.60	68.80	437.44
	29/04/03	13:45	76.30	75.50	75.70	506.39
	29/04/03	14:45	79.90	79.10	79.30	543.17
	29/04/03	15:45	65.80	65.10	65.30	404.29

Fuente: Elaboración propia, realizadas en campo.

En la tabulación de caudales, obtenidos en diferentes días y horas, se tuvieron tres caudales de rebalse en la planta, uno en la fecha del 20/03/2003 a las 13:38 y los otros en la fecha de 21/04/2003 a las horas 13:20 y 14:20.

De la obtención de los resultados de las muestras realizadas en la planta, se tabularon los resultados (ver anexo 3), pero también se tabularon los resultados más importantes de las tablas 1, 2 y 3, donde se presenta la tabla 5.

**TABLA 5
RESULTADOS DE LAS MUESTRAS**

LUGAR	DBO₅	DQO	DBO₅/DBO	OD	S. S.
Día - Hora	Mg/L	Mg/L		Mg/L	Cm³/L
09/03/2003 11:57					
Desarenador	92	1690	0.054	1.6	5.0
Reactor 1	20	1090	0.018	2.0	2.0
Reactor 2	38	1050	0.036	2.0	2.5
Eficiencia promedia	68.48%	36.69%	0.036	-25.00%	55.00%
20/03/2003 13:38					
Desarenador	64	378.00	0.16	0.5	7.0
Reactor 1	26	202.00	0.13	0.0	1.2
Reactor 2	60	255.00	0.24	0.0	2.5
Eficiencia promedia	32.81%	39.55%	0.18	100.00%	73.57%
30/03/2003 15:05					
Desarenador	25	176	0.14	2	2
Reactor 1	14	164	0.085	1	0.05
Reactor 2	14	176	0.08	1	1.1
Eficiencia promedia	44.00%	3.41%	0.1	50.00%	71.25%
11/04/2003 11:05					
Desarenador	28	408	0.069	1.5	5
Reactor 1	21	139	0.151	0.7	0.2
Reactor 2	21	139	0.151	0.7	0.2
Eficiencia promedia	25.00%	65.93%	0.12	53.33%	96.00%
11/04/2003 13:15					
Desarenador	100	170	0.59	1.8	1.5
Reactor 1	50	64	0.781	0.65	0.5
Reactor 2	50	64	0.781	0.65	0.5
Eficiencia promedio	50.00%	62.35%	0.717	63.89	66.67%
21/04/2003 10:20					
Reactor 1	14	104	0.134	1.1	0.4
Reactor 2	14	104	0.134	1.1	0.4
21/04/2003 11:20					
Desarenador	44	110	0.4	1.8	0.7
21/04/2003 12:20					
Reactor 1	24	103	0.233	1	1.6
Reactor 2	24	103	0.233	1	1.6
21/04/2003 13:20					
Desarenador	60	119	0.504	1.8	0.8
21/04/2003 14:20					
Reactor 1	36	101	0.356	1.1	0.1
Reactor 2	36	101	0.356	1.1	0.1
21/04/2003 15:20					
Desarenador	100	103	0.971	1.8	2.5
Eficiencia promedia	63.72%	7.23%	0.369	40.74%	47.50%

Fuente: Elaboración propia con información de los exámenes de muestra.

De la tabla 5 se tabularon los parámetros que tiene mucha relación en la eficiencia de las unidades de tratamiento, por lo que se describe en breve los parámetros más importantes obtenidos en las muestras.

Temperatura

La temperatura máxima fue registrada con 26°C en la entrada y en la salida (tomada en la muestra con fecha 09/04/03, ver tabla 1) y por su parte la temperatura mínima registrada fue de 19°C en la entrada y en la salida (con fecha del 20/03/03). Todas las temperaturas registradas se encuentran dentro del rango mesófilo de operación: 20 a 35 °C.

Potencial de Hidrogeno

De todas las experiencias existentes y consultadas el pH recomendado fluctúa entre 6.5 y 7.5. De tal manera al observar los resultados de los análisis de laboratorio se obtuvo pH mínimos de 6 y máximo de 7.5 (ver tabla 1), lo cual está dentro de los rangos para favorecer el crecimiento de microorganismos y bacterias (fases acidogénicas y metanogénicas) encargadas de estabilizar la materia orgánica.

Sólidos Sedimentables

Para los sólidos Sedimentables se obtuvo un valor de remoción mínima del 47.50 % y una máxima del 96.00 % (ver tabla 5), pero en el transcurso de los muestreos se puede observar que la eficiencia de remoción de sólidos es irregular, esto indica que en el funcionamiento del proceso en las horas pico no hay remoción eficiente de sólidos en los RAFAS, a lo cual su carga máxima está sobrepasada, ya que en las horas no fluctuantes de caudal (horas no pico), si presenta una remoción bastante aceptable (esto es debido a que entra un caudal mínimo, ya que ponen a funcionar un By-pass donde el caudal residual va directamente al río Tsununa); también existe otro indicativo, actualmente los rafas funcionan como sedimentadores, los cuales tienen el 85.00 % de los depósitos con sólidos, a lo cual viene a repercutir en el asentamiento de los sólidos ya que se van directamente a la salida de los rafas.

Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO₅)

Se puede observar que la eficiencia en casi todas las muestras se encuentra dentro de un rango 25 a 68 %, lo cual varió durante los muestreos (ver tabla 5), esto indica que en verano muestra una eficiencia aceptable del 68.48% (el caudal baja y se mantiene la carga de diseño en los reactores), lo cual muestra que el reactor opera adecuadamente con un rendimiento aceptable, acorde a su periodo de funcionamiento.

Actualmente en la planta de tratamiento ponen a funcionar los By-pass (2, ver grafica 19), desviando en gran cantidad el caudal que llega a la planta, desviándolo hacia el Río Tzununa, ya que sobrepasa el caudal máximo tratable en la planta, comúnmente 2 a 3 días de la semana, a esto también afecta el no operar los fines de semanas en buena forma ya que también ponen a funcionar los By-pass para desviar el caudal.

Demanda Química de Oxígeno (DQO)

Al igual que el parámetro anterior, las eficiencias de remoción de DQO se observan en la tabla 5. Todas las muestras presentan un rango de eficiencia operacional de un 3.41 a un 65.93 %, estos son indicativos que no existe una adecuada remoción de materia orgánica. Las personas que operan la planta de tratamiento no tienen un adecuado adiestramiento en la operación, lo cual se observa en la tabla 5, que existe poca remoción de materia orgánica y en las eficiencias mayores se debe a que dos días antes se solicitó que abrieran las válvulas para sacar los lodos de los reactores en los patios de secado de lodos.

Relación DBO₅/DQO

La relación DBO₅/DQO (ver tabla 5), las cuales representan un índice de la tratabilidad de las aguas industriales pero aplicables a las aguas residuales domésticas, por lo que se da a dicha relación como se aprecia en la tabla 6.

**TABLA 6
INDICE DE TRATABILIDAD**

RELACIÓN DBO ₅ /DQO	RESIDUO BIOLÓGICAMENTE
0.60	Tratable
Mayor que 0.20	Parcialmente Tratable
Menor que 0.20	No es tratable o bien los microorganismos necesitan aclimatarse a las condiciones del medio

Fuente: Metcalf & Eddy, Elaboración Ingeniería de Aguas Residuales,

Las relaciones obtenidas (ver tabla 5), no son las esperadas en la planta de tratamiento de Retalhuleu, por lo que se puede interpretar como una toxicidad del agua residual que interfiere en el análisis de la DBO. En el sistema de alcantarillado de Retalhuleu se pudo observar que tienen influencia las descargas de desechos industriales (gasolineras, cargadores de baterías para automóviles, etc.) que generalmente inhiben la biología de las aguas en mayor o menor grado, dependiendo del tipo y calidad del proceso.

Nitratos y Fosfatos

Algunos elementos minerales son esenciales para el metabolismo bacteriano. Así durante la fase de crecimiento bacteriano, el nitrógeno es necesario para la síntesis celular. Para completar el funcionamiento óptimo del metabolismo celular hay varios científicos e ingenieros como es el caso de ECKENFELDER⁹ sugiere una relación óptima de DBO removida: N : P de 100: 5: 1. Obteniendo con ello un adecuado tratamiento del agua residual. En cuanto a los nitratos existe una remoción de este tipo de nutrientes, sin embargo presenta un comportamiento irregular, esto se observa en la tabla 2.

Por su parte los fosfatos a la salida presentan un aumento de concentración con respecto a la entrada del reactor. Por lo que se desarrolla la tabla 7 donde se describe las relaciones obtenidos de DBO₅ : N : P.

⁹ De Metcalf y Eddy, Ingeniería de agua residual

TABLA 7
RELACIÓN DBO₅ : N : P

LUGAR	DBO ₅	N	P
Día - Hora			
09/03/2003 11:57			
Desarenador	24.53	29.33	1
Reactor 1	1.6	6.05	1
Reactor 2	3.8	7.04	1
20/03/2003 13:38			
Desarenador	7.11	7.28	1
Reactor 1	2.89	6.45	1
Reactor 2	6.67	6.65	1
30/03/2003 15:05			
Desarenador	1.65	2.17	1
Reactor 1	1.65	2.8	1
Reactor 2	7.29	3.05	1
11/04/2003 11:05			
Desarenador	2.11	2.03	1
Reactor 1	2.1	1.23	1
Reactor 2	2.1	1.23	1
11/04/2003 13:15			
Desarenador	12.5	2.81	1
Reactor 1	5.55	1.32	1
Reactor 2	5.88	1.4	1
21/04/2003 10:20			
Reactor 1	1.65	3.26	1
Reactor 2	1.65	3.26	1
21/04/2003 11:20			
Desarenador	4.89	3.42	1
21/04/2003 12:20			
Reactor 1	2.82	1.91	1
Reactor 2	2.82	1.91	1
21/04/2003 13:20			
Desarenador	6.52	3.68	1
21/04/2003 14:20			
Reactor 1	4.28	2.78	1
Reactor 2	4.28	2.78	1
21/04/2003 15:20			
Desarenador	11.11	2.49	1

Fuente: Elaboración propia con información de los exámenes de muestra.

Los resultados obtenidos de la tabla 7 de la relación óptima para un mejoramiento en el metabolismo celular de las aguas residuales, se puede indicar que el agua residual en las unidades de tratamiento no tienen una degradación celular del metabolismo de la descomposición del agua residual, ya que no cumplen con dicha relación.

Determinación de las Cargas Orgánicas

Para el cálculo de las cargas orgánicas removidas a las que opera el Rafa, conjuntamente con sus respectivas cargas hidráulicas, se utilizó la siguiente ecuación:

$$CO = (DQOe - DQOs) \times Q_{\text{promedio}} / \text{Vol.} \quad (\text{Kg DQO} / \text{m}^3 - \text{día})$$

En donde:

- CO: carga orgánica
- DQOe: promedio de la DQO de entrada al Rafa (mg/L)
- DQOs: promedio de la DQO de salida al Rafa (mg/L)
- Qpromedio: caudal promedio de entrada al Rafa (mg/L)

Vol: volumen útil del Rafa (m^3)

El volumen útil del Rafa es de $76 m^3$ (ya que el volumen real es de $90 m^3$, con el caudal de diseño utilizado que es de $40 L/s$), teniendo un periodo de retención hidráulica de 10 horas y una carga orgánica de $2 Kg DQO / m^3 / día$.

Calculando la carga orgánica real con los parámetros de muestreo obtenidos presenta, los siguientes valores:

Cálculo del caudal actual:

Población actual	=	44050 hab
Dotación	=	150 Lt/hab/día
Factor de retorno	=	0.8
Población contribuyente 80%	=	35240 hab
Caudal actual en planta	=	52 L/s = $4492.8 m^3 / día$

Cálculo carga orgánica:

09/03/03

CO reactor 1	=	$35.47 Kg DQO / m^3 x día$
CO reactor 2	=	$37.83 Kg DQO / m^3 x día$
CO promedio	=	$36.65 Kg DQO / m^3 x día$

20/03/03

CO reactor 1	=	$10.40 Kg DQO / m^3 x día$
CO reactor 2	=	$7.27 Kg DQO / m^3 x día$
CO promedio	=	$8.84 Kg DQO / m^3 x día$

30/03/03

CO reactor 1	=	$0.71 Kg DQO / m^3 x día$
CO reactor 2	=	$0.0 Kg DQO / m^3 x día$
CO promedio	=	$0.36 Kg DQO / m^3 x día$

11/04/03

CO reactor 1	=	$15.90 Kg DQO / m^3 x día$
CO reactor 2	=	$15.90 Kg DQO / m^3 x día$
CO promedio	=	$15.90 Kg DQO / m^3 x día$

21/04/03

CO reactor 1	=	$6.27 Kg DQO / m^3 x día$
CO reactor 2	=	$6.27 Kg DQO / m^3 x día$
CO promedio	=	$6.27 Kg DQO / m^3 x día$

29/04/03

CO reactor 1	=	$0.47 Kg DQO / m^3 x día$
CO reactor 2	=	$0.47 Kg DQO / m^3 x día$
CO promedio	=	$0.47 Kg DQO / m^3 x día$

Según Metcalf & Hedí¹⁰, existen cargas orgánicas de operación dependiendo de la temperatura, entre las cuales se tienen:

2 a 5 Kg DQO / m ³ x día	T = 15 °C
5 a 10 Kg DQO / m ³ x día	T = 20 °C
10 a 15 Kg DQO / m ³ x día	T = 30 °C

Los valores de carga orgánica obtenidos son irregulares en los muestreos realizados, de forma tal que no está operando a su máxima capacidad de carga orgánica en los valores bajos, y en los valores altos se encuentra en una fase máxima en la cual hay aumento de carga hidráulica la que ocasiona arrastre del manto de lodos.

Los Tiempos de Retención Hidráulico

Para el cálculo del tiempo de retención hidráulico en los reactores se utilizó el volumen útil del Rafa que es de 76 m³ y el caudal actual que es de 4,492.8 m³/día presentando un tiempo de retención hidráulica de:

$$TR = (76 \text{ m}^3) / (187.2 \text{ m}^3/\text{hora}) = 0.45 \text{ horas}$$

El tiempo de retención calculado es bajo, y esto es debido al aumento de la carga hidráulica y a la mala operación y mantenimiento de la planta, ya que no es recomendable tiempo bajo de retención menor de 8 horas y esto es para evitar los posibles arrastres del manto de lodos, lo cual ocurre actualmente.

6.5 EVALUACION DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO ACTUAL

La situación actual de planta es deficiente, ya que no tiene el propósito de depurar las aguas residuales hasta un punto en el cual no contamine el cuerpo receptor (Río Tzununa), lo cual, no se da en la planta de tratamiento del municipio de Retalhuleu debido a varios factores.

EVALUACIÓN DE LA OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO

- Tienen una inadecuada operación y mantenimiento en la planta de tratamiento, ya que se verificó con monitoreo e inspección en el personal que maneja la planta:
 - En la operación de las rejas, únicamente verifican la entrada del caudal si está pasando bien y es diario la inspección, mientras que en el mantenimiento y limpieza de las rejas lo efectúan cada 4 días, todo el desecho extraído de las rejas las colocan a la par del canal, hasta que se seque lo queman en el mismo lugar, que es cada 15 días.
 - En el desarenador tiene dos cámaras, y no lo están operando bien, ya que el objetivo es cerrar uno y tener funcionando el otro para su mantenimiento, lo cual no lo hacen desde que empezó a funcionar la planta. Para su mantenimiento lo que hacen es desviar el caudal de entrada en el canal, con esta función limpian y quitan las arenas del desarenador cada 6 meses, con este largo tiempo de limpieza, se está perjudicando los reactores ya que las arenas son arrastradas del desarenador.

¹⁰ De Metcalf y Eddy, Ingeniería de agua residual

- El canal Parshall, no lo están operando adecuadamente, ya que no toman medición de caudales para su verificación de que cantidad de caudal está entrando a los reactores, ya que el máximo caudal de diseño es de 40 L/s (a una altura máxima de 15 cm de tirante de agua) que pueden recibir los reactores. En el monitoreo se comprobó que en los reactores está entrado un caudal promedio de 388.25 L/s (ver tabla 4), en el mantenimiento, no se la están efectuando en esta unidad, ya que el mayor tiempo permanece ahogado (lleno) el canal, salvo cuando desvían el caudal para limpieza del desarenador, ya no pasa el agua residual.
- En los reactores anaeróbicos de flujo ascendente, la operación y mantenimiento son deficientes, no evacuan los lodos desde que fue construida la planta de tratamiento, no se toma medición de los lodos, ni muestras para los análisis de laboratorio con el fin de verificar el proceso, lo cual se ha asentado el lodo y las arenas en los reactores, retardando aún más el proceso biológico, más el incremento de caudal (388.25 L/s, ver tabla 4), a perjudicado el periodo de retención en estas unidades.
- El patio de lodos no lo utilizan, ya que no extraen los lodos de los reactores debido a la mala operación y mantenimiento de las unidades.

OTRAS EVALUACIONES

- Existe un by-pass (ver anteriormente las mediciones), antes de llegar al desarenador, donde el operador descarga el afluente (un caudal de 123.19 L/s) directamente al río Tzununa, ya que mantiene el by-pass abierto, lo cual a crecido la contaminando al río. La municipalidad, al descargar directamente al río por medio del by-pass, pensó en reducir el caudal de las unidades de tratamiento, pero realmente no sabían que caudal estaba pasando en las unidades debido a que nunca hicieron medición en el canal Parshall, ya que al operador se le rebalsan las unidades de tratamiento como es el desarenador, el canal parshall, los pozos derivadores y hasta los reactores, por el incremento en las horas pico (se pudo detectar tres periodos pico 10:00, 13:00 y 17:00, la planta de tratamiento está diseñada para un caudal de 40 L/s, actualmente está recibiendo un caudal de 388.25 L/s, incremento de caudal 348.25 L/s) de caudal residual.
- La caja reunidora de caudal se mantiene en las horas pico lleno, hasta que rebalsa.
- En la unidad del desarenador no asientan las arenas o partículas sólidas, ya que estas al pasar a las otras unidades dificultan el proceso. Esto es debido al aumento de la carga hidráulica, en donde no hay un tiempo de retención, máxime también que no existe un mantenimiento adecuado en esta unidad, a lo que hace más aun el arrastre de las arenas hacia los reactores.
- El canal Parshall siempre esta ahogado, el cual ya no tiene el objetivo de la medición de caudal, debido al incremento de carga hidráulica lo cual hace que se llene y rebalse.
- En los pozos derivadores, en las horas pico se llenan y rebalsan.
- Los reactores 1 y 2 se constató que están saturados de sólidos, lo que dificulta el proceso, más el incremento de la carga hidráulica, también hace que esta unidad rebalse en las horas pico y esto es debido a que no existe una operación, mantenimiento y control constante en la planta (los

operadores tienen vivienda en el predio de la planta de tratamiento pero solo trabajan de lunes a viernes, 8 horas y los fines de semana casi las 8 horas), ya que al saturarse los pozos derivadores saturan los reactores 1 y 2.

- Los patios o lechos de lodos no los están utilizando (no han abierto las válvulas desde que ha funcionado la planta, aproximadamente 11 años), ya que los operadores no saben el significado de estas unidades, debido a que no han recibido una capacitación en la operación y mantenimiento por parte de la municipalidad u otra institución encargada del saneamiento.

Por tal razón los reactores 1 y 2 se están saturando de lodos y no generan su proceso debido.

**EVALUACIÓN DEL
ESTUDIO
ADMINISTRATIVO
LEGAL**

7.1 ANTECEDENTES

Las municipalidades están organizadas en instituciones autónomas de derecho público, tiene personalidad y capacidad jurídica para adquirir derechos y contraer obligaciones. Su finalidad es servir para el bien común y sus autoridades son elegidas por el municipio a donde pertenece dicha municipalidad; y ejerce por medio de ellas la administración de los intereses, recursos patrimoniales y servicios públicos locales de su jurisdicción.

7.2 MUNICIPALIDAD

Es una institución autónoma, la cual esta integrada por un alcalde, síndicos y concejales; cada uno de ellos es electo por el municipio, en elecciones populares conforme lo establece la ley.

7.3 FINES GENERALES

- “Velar por que se cumplan los fines y deberes del Estado.
- Ejercer y defender la autonomía municipal conforme la Constitución Política de la República y el Código Municipal.
- Impulsar permanentemente el desarrollo integral del municipio.
- Velar por su integridad territorial, el fortalecimiento de su patrimonio económico y la preservación de su patrimonio natural y cultural.
- Promover sistemáticamente la participación efectiva, voluntaria y organizada de los habitantes en la resolución de los problemas locales.”

7.4 MARCO JURÍDICO

Decreto 58-88 Código Municipal, Ley de Servicio Municipal Decreto 1-87, Código Civil Decreto Ley No. 106.

Misión

Dar a conocer al personal de la Municipalidad la estructura organizacional, sus relaciones, jerarquías y autoridad de manera que los empleados conozcan y respeten las líneas de mando y su ubicación dentro de la estructura organizacional.

Visión de la Municipalidad

Crear el desarrollo integral del Municipio; su integridad territorial, seguridad, el fortalecimiento de su patrimonio económico y la preservación de su patrimonio natural y cultural.

Objetivo General

Dar a conocer a los empleados Municipales la estructura de la Municipalidad para que tengan claras sus funciones, atribuciones y jerarquías.

Objetivo Específico

- Mejorar el proceso administrativo
- Dar a conocer al personal sus puestos, atribuciones y responsabilidades.
- Dar a conocer al personal el nivel jerárquico de la Municipalidad.

Nivel Superior o Direccional

Consejo Municipal, Alcaldía Municipal, Alcaldía Auxiliar.

Nivel Medio o Corporativo

Secretario, Secretaria Específica, Tesorería, Juzgado Municipal, Jefatura de Personal, Registro Civil, Policía Municipal.

Nivel Operativo u Operacional

Auxiliar Tesorería, Oficial Tesorería, Receptor de Tesorería, Planillero de Tesorería, Oficial 1 de Personal, Oficial II de personal, Conserje de personal, Auxiliar de Registro Civil, Ayudante de registro civil, Encargado de mercado, Cobradores de Mercado.

ASPECTOS LEGALES**ARTICULO 197 (CODIGO DE TRABAJO)**

Todo patrono está obligado a adoptar las precauciones necesarias para proteger eficazmente la vida, la salud y la moralidad de los trabajadores. Para este efecto debe proceder, dentro del plazo que determine la inspección General de Trabajo.

ARTICULO 198 (CODIGO DE TRABAJO)

Todo patrono está obligado a acatar y hacer cumplir las medidas que indique el Instituto Guatemalteco de Seguridad Social –IGSS–, con el fin de prevenir el acaecimiento de accidentes de trabajo y de enfermedades profesionales.

Obligaciones de la Municipalidad

- Colocar en lugares visibles, advertencias, anuncios, sobre como deben de conducirse para no correr riesgo.
- El suministro , uso y mantenimiento de los equipos de protección personal.
- Facilitar el funcionamiento de las organizaciones de seguridad que recomienden las autoridades.
- Capacitación en materia de seguridad e higiene.
- La colocación y mantenimiento de lugares de resguardo y protección del equipo de seguridad.

Obligaciones de los Habitantes

- Cumplir paso a paso las recomendaciones técnicas que se proporcionen en materia seguridad.
- Conservación del equipo de protección.
- Observancia de todas las normas de higiene y seguridad, las cuales tienen por finalidad proteger la vida de toda persona.

7.5 ESTRUCTURA ORGANIZATIVA CORPORACIÓN MUNICIPAL O CONCEJO MUNICIPAL

Definición

De acuerdo con lo indicado en el Código Municipal¹¹ en su artículo 6, lo define como “la corporación autónoma integrada por el alcalde y por los síndicos y concejales, todos electos directa y popularmente en cada municipio, de conformidad con la ley de la materia, que ejerce el gobierno y la administración de los intereses del municipio. Tiene su sede en la cabecera del distrito municipal, y es el órgano superior deliberante y de decisión de los asuntos municipales”.

Objetivos

Tomar decisiones en conjunto con el alcalde en la formulación de planes y programas en beneficio de la comunidad, por medio de comisiones específicas.

Funciones

Reuniones con el alcalde para tomar decisiones posteriormente de situaciones que se presenten en los diferentes departamentos de la Municipalidad; así como en la

¹¹ Del Código Municipal

comunidad. Presentar planes de desarrollo de la comunidad para su posterior aprobación.

ALCALDÍA MUNICIPAL

De acuerdo con lo indicado en el Código Municipal en su Artículo 60, la define como “preside y representa a la Municipalidad, es el personero legal de la misma, miembro constitucional del consejo departamental respectivo y presidente del consejo municipal de desarrollo, sin perjuicio de la representación específica que se atribuye al síndico. Es además, el órgano ejecutivo del gobierno y administración municipal y jefe de los mismos”.

Objetivos

Tomar decisiones en conjunto con el Concejo Municipal y Alcaldes Auxiliares para administrar con eficiencia la Municipalidad.

Funciones

Atender solicitudes de diferente índole de los habitantes de la comunidad y darles solución inmediata. Ser el medio de comunicación entre la Corporación Municipal y las autoridades y funcionarios públicos.

ALCALDÍA AUXILIAR

De acuerdo con lo indicado en el Código Municipal en su artículo 65, lo define como “la persona que ejerce y representa en su demarcación a la autoridad Municipal en aldeas, caseríos, cantones, barrios, zonas, colonias, parcelamientos urbanos y agrarios y fincas en que se considere necesario”.

Objetivo

Velar por el bienestar social, económico y político de las aldeas vecinas a la cabecera.

Funciones

Atender solicitudes de diferente índole de los habitantes de las aldeas y darles solución. Reportar al alcalde de las diferentes situaciones ocurridas en las aldeas para darles solución.

INFOM

Definición

De acuerdo con lo indicado en la Ley Orgánica del Instituto de Fomento Municipal, Decreto 11-32, 4 de febrero 1957 del Congreso de la República, lo define como “una institución con la finalidad de promover la creación de condiciones favorables para el desarrollo de los Municipios y por ende, el bienestar de sus habitantes”.

Objetivos

Dar asistencia técnica y financiera a las municipalidades a fin de promover el mejoramiento de los pueblos, asistir a los gobiernos locales en la explotación de los bienes y empresas municipales, proporcionar los servicios de agua y saneamiento priorizando el área rural.

Funciones

Asistencia financiera, administrativa y técnica para el mejoramiento de los pueblos, explotación de los bienes y empresas municipales priorizando el área rural.

SECRETARIO

Definición

De acuerdo con lo indicado en el Código Municipal, en su artículo 72, lo define como “la persona responsable de la dirección y el orden de los trabajos de oficina,

bajo la dependencia del alcalde para que los empleados cumplan sus obligaciones legales y reglamentarias”.

Objetivos

Dirigir y coordinar las actividades administrativas de la Municipalidad.

Funciones

Levantar actas de sesiones, certificarlas, dirigir y ordenar los trabajos administrativos de la Municipalidad.

Dirigir al personal de la Municipalidad para que cumplan sus obligaciones legales y reglamentarias.

TESORERIA

Definición

De acuerdo con lo indicado en el Código Municipal, en su artículo 75, lo define como “persona encargada de recaudar, depositar y custodiar los fondos y valores municipales, así como la ejecución de los pagos que de conformidad con la ley proceda hacer”.

Objetivos

Cuidar los valores monetarios y mobiliarios del municipio a través de un estricto control interno.

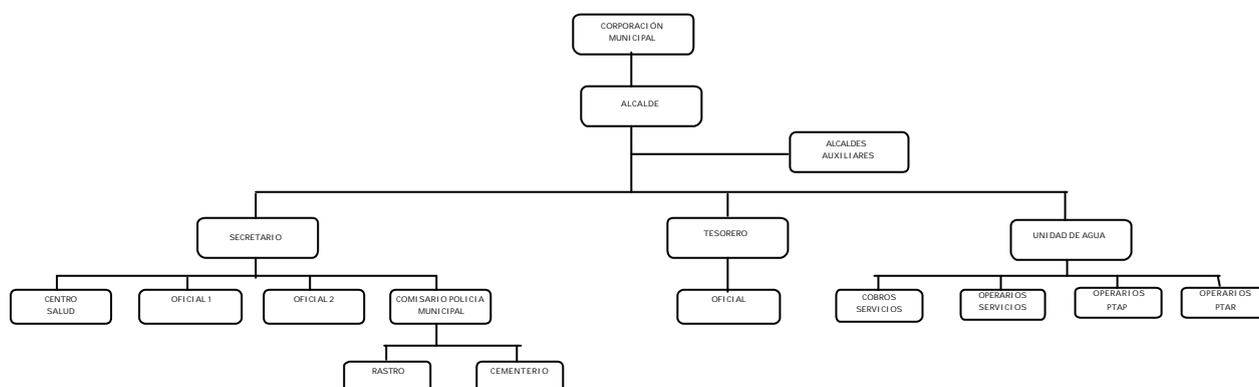
Funciones

Recaudar, depositar y custodiar los fondos ingresados a la municipalidad.

Llevar el registro y control de los libros de contabilidad.

7.6 ORGANIGRAMA FUNCIONAL

**GRAFICO 20
ORGANIGRAMA FUNCIONAL
MUNICIPALIDAD DE RETALHULEU TIPO A**



Fuente: Elaboración propia con información de Corporación Municipal.

7.7 PROCESOS DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO Y LA ADMINISTRACIÓN

A continuación se detallan las funciones que realiza la Municipalidad; con el fin de que las conozcan sus usuarios tanto internos como externos; de las cuales se encuentra un flujograma de sus procesos en las páginas siguientes:

- ✓ Proceso para la Planta de tratamiento
- ✓ Proceso para la Administración del servicio

GRAFICO 21 PROCESOS DE OPERACIÓN DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO

ANALISIS DE PROCESOS

DEPARTAMENTO: AGUA		RESUMEN				
PROCESO: OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO P.T.A.R.		ACTIVIDAD				
Revisado por:	Tiempo: en minutos	OPERACIÓN	○	ACTUAL	PROPUESTO	DIFERENCIA
Elaborado por:		TRANSPORTE	⇒	6		
Fecha:		INSPECCIÓN	□	4		
		ESPERA	D	1		
		ALMACENAMIENTO	▽	7		
		TOTALES		18		

#	Persona que realiza el proceso	EVENTO	SÍMBOLO					TIEMPO	OBSERVACIONES
			○	⇒	□	D	▽		
1	Operador	Limpieza de canal de rejillas, quitar basuras	●					15	
2	Operador	traslado a pozo ciego, hechar basuras		●				10	
3	Operador	Limpieza de desarenador, quitar arenas y otros	●					30	
4	Operador	Retiro de las arenas y otros		●				15	
5	Operador	Limpieza de canal parshall, quitar arenas	●					20	
6	Operador	Retiro de las arenas y otros		●				20	
7	Operador	Limpieza Receptor de Gas o quema de gas				●		0	
8	Operador	Limpieza de Natas en reactor	●					20	
9	Operador	Traslado de natas pozo ciego para desechos		●				15	
10	Operador	Extracción de lodos en reactores				●		0	
11	Operador	Hidratación del lodo				●		0	
12	Operador	Limpieza de patios de lodos	●					30	
13	Operador	Cambio de filtro en patios de lodos				●		0	
14	Operador	Limpieza general, en la P.T.A.R.	●					70	
15	Coordinador	Inspección a la P.T.A.R., por parte del coordinador.				●		25	
16	Tecnico	No se levanta información de caudal, ni el volumen de los desechos, como también no se realiza exámenes al agua residual				●		0	
17	Operador	Informes diarios				●		0	
18	Coordinador	Archivos de los informes, elaboraciones de exámenes físico-químicos, bacteriológicos, daños a las estructuras de tratamiento				●		0	
Total de Tiempos			6	4	1	7		270 Min.	

ANALISIS: Los pasos a seguir para realizar este proceso son necesarios pues se necesita que la planta de tratamiento tenga eficiencia en las depuración de las aguas residuales y que se lleve su control, información, historial de las operaciones, las reparaciones, etc.

Fuente: Elaboración propia con información de Corporación Municipal.

GRAFICO 22 PROCESOS ADMINISTRATIVOS

ANALISIS DE PROCESOS

DEPARTAMENTO: AGUA		RESUMEN							
PROCESO: PAGOS POR CONEXIONES NUEVAS DE A.R.		ACTIVIDAD				ACTUAL	PROPUESTO	DIFERENCIA	
Revisado por:	tiempo: en minutos	OPERACIÓN	○	→	□	D	▽	9	
Elaborado por:		TRANSPORTE	→	□	D	▽		1	
Fecha:		INSPECCIÓN	□	D	▽			3	
		ESPERA	D	▽				3	
		ALMACENAMIENTO	▽					3	
		TOTALES					16		
		SÍMBOLO					T I E M P O	OBSERVACIONES	
#	Persona que realiza el proceso	EVENTO	○	→	□	D	▽		
1	Contribuyente	Se presenta a la unidad de agua a solicitar la información para saber que pasos debe seguir para tramitar su nueva conexión	●					10	
2	Secretaria o Oficial	Le entrega un listado de los pasos a seguir	●					5	
3	Contribuyente	Reúne la documentación necesaria y la presenta a la oficina de tesorería de la Municipalidad	●					180	
4	Secretaria o Oficial	Revisa los documentos y les da el visto bueno			●			25	
5	Secretaria o Oficial	Le traslada la papelería al oficial para que le emita el pago correspondiente		●				10	
6	Oficial	Busca en la tabla de arbitrios, tasas y contribuciones la cantidad que debe cancelar y le indica al contribuyente			●			5	
7	Contribuyente	Cancela en efectivo su contribución	●					15	
8	Oficial	Recibe la contribución y la autorización de la conexión nueva	●					10	
9	Oficial	Emite el recibo correspondiente y la nota de la autorización de la conexión nueva	●					15	
10	Oficial	Tramita las firmas correspondientes para la autorización y la ejecución			●			20	
11	Oficial	Archiva las copias del recibo y la autorización, con copia al alcalde	●					5	
12	Alcalde	Autorización para ejecutar la conexión y la instalación de tubería para el agua residual			●			45	
13	Operario	Inspección para construir la nueva conexión			●			60	
14	Operario	Construcción	●					180	
15	Oficial y operario	Inspeccionan varias conexiones con quejas, y las descargas de los comercios	●					60	
16	Oficial	Archiva informes, y presentar al alcalde para propuesta de mejoras			●			25	
Totales			9	1	3	3	0	670	Min.

ANALISIS: Los pasos a realizar para este tipo de proceso son indispensables sin embargo se debería agilizar ya que actualmente se esta utilizando mucho tiempo, este tipo de contribución se da esporádicamente. El costo que conlleva es del 1% sobre el valor del inmueble.

Fuente: Elaboración propia con información de Corporación Municipal.

7.8 FODA DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO

Fortalezas

- Las estructuras se encuentran casi todas en buen estado
- Las labores cotidianas se realizan todas con la luz natural
- La planta cuenta con cerco perimetral
- Los instrumentos de operación se pueden adquirir en el municipio
- Los operarios tienen un grado académico hasta 3ro. Básico

Oportunidad

- Se puede tratar el agua eficientemente, con personal altamente calificado
- Pueden recibir asesoría por parte de INFOM, ERIS, etc., para tener personal técnicamente calificado
- Evitar la contaminación al medio ambiente

Debilidades

- No se cuenta con un manual de operación, es decir, un orden adecuado para la operación
- No está identificada la ubicación de la planta
- No se cuenta con laboratorio para realizar los exámenes
- No cuenta con equipo de primeros auxilios para los operarios
- La limpieza en la planta no es frecuente, por lo que crece la maleza
- No existe un plan o visión con respecto al tratamiento por parte de la municipalidad
- No existe capacitación hacia el personal que opera la planta
- No se realiza adecuada la operación y mantenimiento
- No se realiza todos los días la operación y mantenimiento
- No se chequea el caudal de ingreso
- No se chequea el caudal de salida

Amenazas

- No existe financiamiento para hacer las mejoras a la planta
- No existe un plan para desastres naturales, como es el caso de las inundaciones que pueda tener la planta
- Falta de conciencia de la población para pagar la contribución tributaria
- No hay interés por parte de la municipalidad para efectuar las mejoras necesarias, por lo que el funcionamiento será malo de la planta

FODA DE LA ADMINISTRACIÓN

Fortalezas

- Cuentan con una unidad específica, unidad de agua para los trámites respectivos
- Los ingresos son registrados por el tesorero para contabilizarlos
- Cuentan con archivos, de los abonados o usuarios actuales

Oportunidad

- Con capacitación al personal para adiestrar y sea eficiente la gestión
- Pueden recibir asesoría por parte de INFOM, ERIS, etc., para tener personal técnicamente calificado
- Evitar el exceso de corrupción

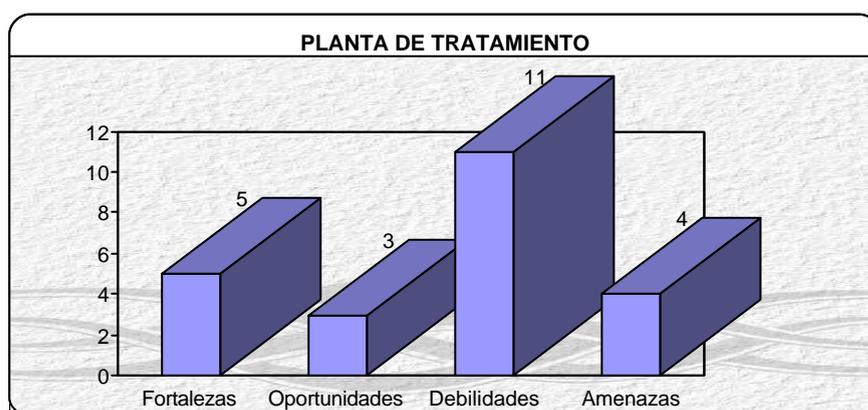
Debilidades

- El personal no esta capacitado
- Desconocen algunos trabajadores que realiza la planta de tratamiento
- No saben de la importancia de tratar las aguas residuales
- No realizar la gestión adecuadamente
- El ingreso percibido no es lo suficiente para operar y mantener la planta
- No existe un control y un análisis de los fondos captados
- El tesorero tiene que controlar los ingresos
- Las personas de esta unidad no tienen mando, ya que esperan la autorización del alcalde para cada nueva conexión
- No existe un control de la proyección de los habitantes versus caudal a tratar en la planta
- El personal no cuenta con estudios superiores

Amenazas

- No existe financiamiento para hacer las mejoras en la administración
- No existe un plan para de capacitación al personal a futuro
- Falta de conciencia de la población para pagar la contribución tributaria
- No hay interés por parte de la municipalidad para efectuar las mejoras necesarias

GRAFICO 23
FODA DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO

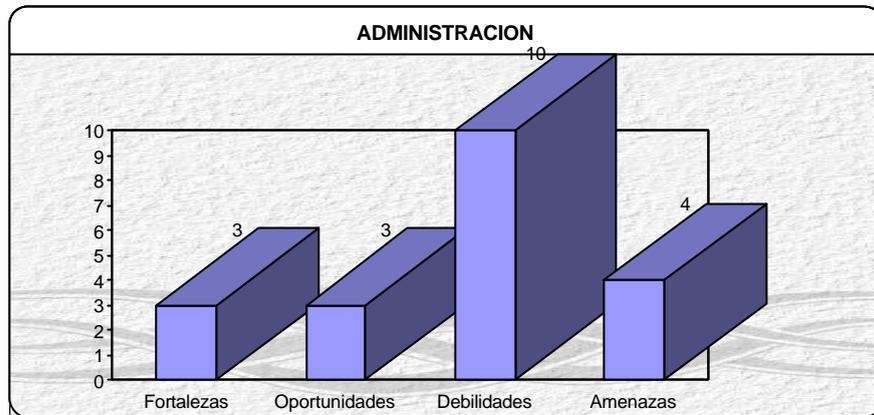


Análisis:

A través de la Presente Evaluación y el sistema FODA, se detecto que dentro de la Municipalidad hay pocas fortalezas, así también deficiencias en sus arreas administrativas, por tener limitaciones en algunos casos de presupuesto o asignación de fondos lo que dificultan el alcanzar los objetivos de esta entidad, lo que repercute negativamente su imagen ante la población y puede provocar una interrupción en sus actividades y obtención de sus objetivos.

Fuente: Elaboración propia con información de Corporación Municipal.

**GRAFICO 24
FODA DE LA ADMINISTRACIÓN**



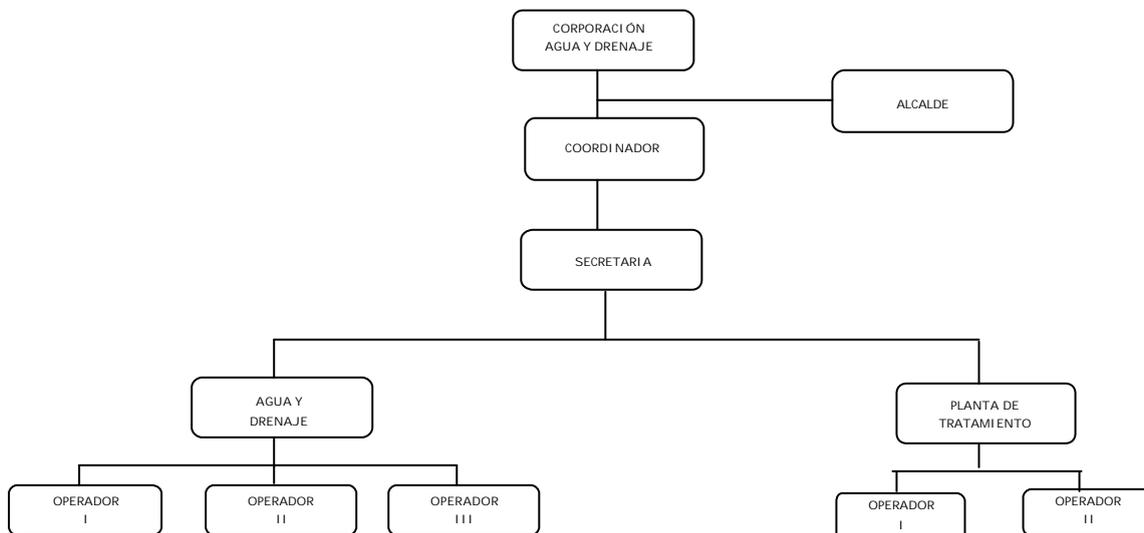
Análisis:

Las características de las personas de la administración ayuda a que el área tenga menores Fortalezas que Debilidades y que contribuya al mal funcionamiento de la Institución por ser personal encargadas de la administración de un servicio publico, en cuanto a Oportunidades si las tiene, sin embargo tiene que saber como llegar a ellas para beneficios propios y de la Institución.

Fuente: Elaboración propia con información de Corporación Municipal.

ORGANIGRAMA PROPUESTO

**GRAFICO 25
ORGANIGRAMA FUNCIONAL
MUNICIPALIDAD DE RETALHULEU TIPO A
COORDINACIÓN AGUA Y DRENAJE**



Para representación grafica del organigrama, se separa el servicio de agua y drenaje con el servicio de la planta de tratamiento, pero es una función y será el coordinador el encargado de velar estas funciones por separado.

7.9 DESCRIPCIÓN DE PUESTOS

CORPORACION MUNICIPAL DE RETALHULEU		
PERFIL DEL PUESTO		
1	IDENTIFICACION	
1.1.	Nombre del Puesto	Coordinador
1.2.	Unidad Administrativa	Alcaldia
1.3.	Departamento	Tesoreria
1.4.	Sección	
1.5.	Unidad	Agua y Drenaje
2	SUPERVISION	
2.1.	Supervisado Directamente por	Alcaldia
2.2.	A Quien Supervisa Directamente	Coordinador
3	OBJETIVOS DEL PUESTO	
		Coordinar las actividades tecnicas en los sistemas de agua y drenaje.
4	DESCRIPCION DEL PUESTO	
4.1.	General	Coordinación
4.2.	Específica	Jefe de operarios
5	INTERACCIONES PERSONALES	
5.1.	Con los Clientes	Atención a los problemas causados por los sistemas de agua y drenaje
5.2.	Con el Personal Interno	Coordinar las tareas y trabajos de campo
5.3.	Con el Personal Externo	Facilitador de información, estadísticas de cobertura
6	RESPONSABILIDADES	
6.1.	Equipo, Herramientas y/o Maquinaria	Control de todo el equipo, herramienta y maquinaria
6.2.	Bienes y Valores	Encargado de cobros, elaborar los balances y estados financieros bien
6.3.	Uso de Vehículo	Ninguno
6.4.	Consecuencias del Error	Ninguno
6.5.	Seguridad y Salud Ocupacional	Velar porque sus tecnicos tengan la mejor seguridad en el trabajo
6.6.	Manejo de Información Confidencial	Ninguno
6.7.	Documentos y Reportes	Todo lo concierne a la cobertura de servicios y cobros
7	LIMITES DE AUTORIDAD	
		Solo su personal, tendra responsabilidad de manejo
8	CONDICIONES DE TRABAJO	
8.1.	Tipo de Trabajo	Coordinar en gabinete las actividades de cobro y los nuevos servicios en campo
8.2.	Ambiente Físico	Reducido, sin condiciones adecuadas
8.3.	Exposición al Riesgo	En la planta de tratamiento de agua residual, por el mal manejo de la operación
9	REQUISITOS	
9.1.	Académicos	Ninguno
9.2.	Experiencia	En fontanería y trabajos similares
9.3.	Capacitación	Ninguno
9.4.	Aptitudes	Conocer el trabajo
9.5.	Destrezas	Ninguno
9.6.	Idiomas	Ninguno

CORPORACION MUNICIPAL DE RETALHULEU

PERFIL DEL PUESTO

1	IDENTIFICACION	
1.1.	Nombre del Puesto	Secretaria
1.2.	Unidad Administrativa	Alcaldia
1.3.	Departamento	Tesoreria
1.4.	Sección	
1.5.	Unidad	Agua y Drenaje
2	SUPERVISION	
2.1.	Supervisado Directamente por	Coordinador de Agua y Drenaje
2.2.	A Quien Supervisa Directamente	Ninguno
3	OBJETIVOS DEL PUESTO	
		Cobros de los servicios, archivo de los usuarios y correspondencia al coordinador
4	DESCRIPCION DEL PUESTO	
4.1.	General	Atención a los clientes y efectuar todo lo solicitado por el coordinador
4.2.	Específica	Extender recibos, archivar información de los usuarios, dictados del coordinador
5	INTERACCIONES PERSONALES	
5.1.	Con los Clientes	Extender recibos de cobro y cobrar, atención a los problemas con los usuarios
5.2.	Con el Personal Interno	Llevar el control de los reportes de daños, caja chica para compras de equipo
5.3.	Con el Personal Externo	Ninguno
6	RESPONSABILIDADES	
6.1.	Equipo, Herramientas y/o Maquinaria	Ninguno
6.2.	Bienes y Valores	Caja chica, equipo de trabajo, el ingreso de los cobros de los servicios
6.3.	Uso de Vehículo	Ninguno
6.4.	Consecuencias del Error	Ninguno
6.5.	Seguridad y Salud Ocupacional	Ninguno
6.6.	Manejo de Información Confidencial	Ninguno
6.7.	Documentos y Reportes	Mantener el balance de los cobros, reportes de los daños y nuevos servicios
7	LIMITES DE AUTORIDAD	
		No tiene autoridad
8	CONDICIONES DE TRABAJO	
8.1.	Tipo de Trabajo	Secretaria y cobrador
8.2.	Ambiente Físico	Reducido
8.3.	Exposición al Riesgo	Ninguno
9	REQUISITOS	
9.1.	Académicos	Secretaria comercial o Perito Contador
9.2.	Experiencia	Ninguna
9.3.	Capacitación	Ninguna
9.4.	Aptitudes	Ninguna
9.5.	Destrezas	Ninguna
9.6.	Idiomas	Ninguna

CORPORACION MUNICIPAL DE RETALHULEU

PERFIL DEL PUESTO

1 IDENTIFICACION		
1.1.	Nombre del Puesto	Operador I de Servicios de agua y drenaje
1.2.	Unidad Administrativa	Alcaldía
1.3.	Departamento	Tesorería
1.4.	Sección	
1.5.	Unidad	Agua y Drenajes
2 SUPERVISION		
2.1.	Supervisado Directamente por	Coordinador de Agua y Drenaje
2.2.	A Quien Supervisa Directamente	Ninguno
3 OBJETIVOS DEL PUESTO		
		Efectuar las operaciones de reparación en los sistemas de agua y drenaje
4 DESCRIPCION DEL PUESTO		
4.1.	General	Realizar las reparaciones de los servicios de agua y drenaje
4.2.	Específica	Reparaciones en campo de sistema de agua y drenaje
5 INTERACCIONES PERSONALES		
5.1.	Con los Clientes	Respeto, educación y verificar los daños para reportarlos
5.2.	Con el Personal Interno	Colaboración con los otros operarios
5.3.	Con el Personal Externo	Ninguno
6 RESPONSABILIDADES		
6.1.	Equipo, Herramientas y/o Maquinaria	Uso, cuidado y mantenimiento
6.2.	Bienes y Valores	La herramienta
6.3.	Uso de Vehículo	Ninguno
6.4.	Consecuencias del Error	Ninguno
6.5.	Seguridad y Salud Ocupacional	En los trabajos de reparación
6.6.	Manejo de Información Confidencial	Ninguno
6.7.	Documentos y Reportes	Informar de los daños y de los materiales usados
7 LIMITES DE AUTORIDAD		
		No tienen subalternos
8 CONDICIONES DE TRABAJO		
8.1.	Tipo de Trabajo	Técnico de campo, reparaciones, albañil y fontanero
8.2.	Ambiente Físico	Campo o calles
8.3.	Exposición al Riesgo	En las reparaciones en las calles y avenidas
9 REQUISITOS		
9.1.	Académicos	Ninguno
9.2.	Experiencia	Albañil y fontanero
9.3.	Capacitación	Ninguno
9.4.	Aptitudes	Ninguno
9.5.	Destrezas	Ninguno
9.6.	Idiomas	Ninguno

CORPORACION MUNICIPAL DE RETALHULEU

PERFIL DEL PUESTO

1 IDENTIFICACION		
1.1.	Nombre del Puesto	Operador II de Servicios de agua y drenaje
1.2.	Unidad Administrativa	Alcaldia
1.3.	Departamento	Tesoreria
1.4.	Sección	
1.5.	Unidad	Agua y Drenajes
2 SUPERVISION		
2.1.	Supervisado Directamente por	Coordinador de Agua y Drenaje
2.2.	A Quien Supervisa Directamente	Ninguno
3 OBJETIVOS DEL PUESTO		
		Efectuar las operaciones de reparación en los sistemas de agua y drenaje
4 DESCRIPCION DEL PUESTO		
4.1.	General	Realizar las reparaciones de los servicios de agua y drenaje
4.2.	Específica	Reparaciones en campo de sistema de agua y drenaje
5 INTERACCIONES PERSONALES		
5.1.	Con los Clientes	Respeto, educación y verificar los daños para reportarlos
5.2.	Con el Personal Interno	Colaboración con los otros operarios
5.3.	Con el Personal Externo	Ninguno
6 RESPONSABILIDADES		
6.1.	Equipo, Herramientas y/o Maquinaria	Uso, cuidado y mantenimiento
6.2.	Bienes y Valores	La herramienta
6.3.	Uso de Vehículo	Ninguno
6.4.	Consecuencias del Error	Ninguno
6.5.	Seguridad y Salud Ocupacional	En los trabajos de reparación
6.6.	Manejo de Información Confidencial	Ninguno
6.7.	Documentos y Reportes	Informar de los daños y de los materiales usados
7 LIMITES DE AUTORIDAD		
		No tienen subalternos
8 CONDICIONES DE TRABAJO		
8.1.	Tipo de Trabajo	Tecnico de campo, reparaciones, albañil y fontanero
8.2.	Ambiente Físico	Campo o calles
8.3.	Exposición al Riesgo	En las reparaciones en las calles y avenidas
9 REQUISITOS		
9.1.	Académicos	Ninguno
9.2.	Experiencia	Albañil y fontanero
9.3.	Capacitación	Ninguno
9.4.	Aptitudes	Ninguno
9.5.	Destrezas	Ninguno
9.6.	Idiomas	Ninguno

CORPORACION MUNICIPAL DE RETALHULEU

PERFIL DEL PUESTO

1 IDENTIFICACION		
1.1.	Nombre del Puesto	Operador III de Servicios de agua y drenaje
1.2.	Unidad Administrativa	Alcaldía
1.3.	Departamento	Tesorería
1.4.	Sección	
1.5.	Unidad	Agua y Drenajes
2 SUPERVISION		
2.1.	Supervisado Directamente por	Coordinador de Agua y Drenaje
2.2.	A Quien Supervisa Directamente	Ninguno
3 OBJETIVOS DEL PUESTO		
		Efectuar las operaciones de reparación en los sistemas de agua y drenaje
4 DESCRIPCION DEL PUESTO		
4.1.	General	Realizar las reparaciones de los servicios de agua y drenaje
4.2.	Específica	Reparaciones en campo de sistema de agua y drenaje
5 INTERACCIONES PERSONALES		
5.1.	Con los Clientes	Respeto, educación y verificar los daños para reportarlos
5.2.	Con el Personal Interno	Colaboración con los otros operarios
5.3.	Con el Personal Externo	Ninguno
6 RESPONSABILIDADES		
6.1.	Equipo, Herramientas y/o Maquinaria	Uso, cuidado y mantenimiento
6.2.	Bienes y Valores	La herramienta
6.3.	Uso de Vehículo	Ninguno
6.4.	Consecuencias del Error	Ninguno
6.5.	Seguridad y Salud Ocupacional	En los trabajos de reparación
6.6.	Manejo de Información Confidencial	Ninguno
6.7.	Documentos y Reportes	Informar de los daños y de los materiales usados
7 LIMITES DE AUTORIDAD		
		No tienen subalternos
8 CONDICIONES DE TRABAJO		
8.1.	Tipo de Trabajo	Técnico de campo, reparaciones, albañil y fontanero
8.2.	Ambiente Físico	Campo o calles
8.3.	Exposición al Riesgo	En las reparaciones en las calles y avenidas
9 REQUISITOS		
9.1.	Académicos	Ninguno
9.2.	Experiencia	Albañil y fontanero
9.3.	Capacitación	Ninguno
9.4.	Aptitudes	Ninguno
9.5.	Destrezas	Ninguno
9.6.	Idiomas	Ninguno

CORPORACION MUNICIPAL DE RETALHULEU

PERFIL DEL PUESTO

1 IDENTIFICACION		
1.1.	Nombre del Puesto	Operador I de la Planta de Tratamiento de Agua Residual
1.2.	Unidad Administrativa	Alcaldía
1.3.	Departamento	Tesorería
1.4.	Sección	
1.5.	Unidad	Agua y Drenajes
2 SUPERVISION		
2.1.	Supervisado Directamente por	Coordinador de Agua y Drenaje
2.2.	A Quien Supervisa Directamente	Ninguno
3 OBJETIVOS DEL PUESTO		
		Efectuar las operaciones de reparación y mantenimiento en la planta
4 DESCRIPCION DEL PUESTO		
4.1.	General	Realizar las reparaciones en la planta de tratamiento de agua residual
4.2.	Específica	Operación y mantenimiento, y las reparaciones en la planta de tratamiento
5 INTERACCIONES PERSONALES		
5.1.	Con los Clientes	Ninguno
5.2.	Con el Personal Interno	Colaboración con los otros operarios, en el mantenimiento de los trabajos
5.3.	Con el Personal Externo	Ninguno
6 RESPONSABILIDADES		
6.1.	Equipo, Herramientas y/o Maquinaria	Uso, cuidado y mantenimiento
6.2.	Bienes y Valores	La herramienta
6.3.	Uso de Vehículo	Ninguno
6.4.	Consecuencias del Error	Ninguno
6.5.	Seguridad y Salud Ocupacional	En los trabajos de operación y mantenimiento en la planta de tratamiento
6.6.	Manejo de Información Confidencial	Ninguno
6.7.	Documentos y Reportes	Informar de los daños y de los materiales usados
7 LIMITES DE AUTORIDAD		
		No tienen subalternos
8 CONDICIONES DE TRABAJO		
8.1.	Tipo de Trabajo	Técnico de campo, reparaciones, albañil y fontanero
8.2.	Ambiente Físico	En el Predio de la planta de tratamiento
8.3.	Exposición al Riesgo	Manejo de las aguas residuales
9 REQUISITOS		
9.1.	Académicos	Ninguno
9.2.	Experiencia	Albañil y fontanero
9.3.	Capacitación	Ninguno
9.4.	Aptitudes	Ninguno
9.5.	Destrezas	Ninguno
9.6.	Idiomas	Ninguno

CORPORACION MUNICIPAL DE RETALHULEU

PERFIL DEL PUESTO

1 IDENTIFICACION		
1.1.	Nombre del Puesto	Operador II de la Planta de Tratamiento de Agua Residual
1.2.	Unidad Administrativa	Alcaldía
1.3.	Departamento	Tesorería
1.4.	Sección	
1.5.	Unidad	Agua y Drenajes
2 SUPERVISION		
2.1.	Supervisado Directamente por	Coordinador de Agua y Drenaje
2.2.	A Quien Supervisa Directamente	Ninguno
3 OBJETIVOS DEL PUESTO		
		Efectuar las operaciones de reparación y mantenimiento en la planta
4 DESCRIPCION DEL PUESTO		
4.1.	General	Realizar las reparaciones en la planta de tratamiento de agua residual
4.2.	Específica	Operación y mantenimiento, y las reparaciones en la planta de tratamiento
5 INTERACCIONES PERSONALES		
5.1.	Con los Clientes	Ninguno
5.2.	Con el Personal Interno	Colaboración con los otros operarios, en el mantenimiento de los trabajos
5.3.	Con el Personal Externo	Ninguno
6 RESPONSABILIDADES		
6.1.	Equipo, Herramientas y/o Maquinaria	Uso, cuidado y mantenimiento
6.2.	Bienes y Valores	La herramienta
6.3.	Uso de Vehículo	Ninguno
6.4.	Consecuencias del Error	Ninguno
6.5.	Seguridad y Salud Ocupacional	En los trabajos de operación y mantenimiento en la planta de tratamiento
6.6.	Manejo de Información Confidencial	Ninguno
6.7.	Documentos y Reportes	Informar de los daños y de los materiales usados
7 LIMITES DE AUTORIDAD		
		No tienen subalternos
8 CONDICIONES DE TRABAJO		
8.1.	Tipo de Trabajo	Técnico de campo, reparaciones, albañil y fontanero
8.2.	Ambiente Físico	En el Predio de la planta de tratamiento
8.3.	Exposición al Riesgo	Manejo de las aguas residuales
9 REQUISITOS		
9.1.	Académicos	Ninguno
9.2.	Experiencia	Albañil y fontanero
9.3.	Capacitación	Ninguno
9.4.	Aptitudes	Ninguno
9.5.	Destrezas	Ninguno
9.6.	Idiomas	Ninguno

EVALUACIÓN DEL ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL

8. EVALUACIÓN DEL ESTUDIO IMPACTO AMBIENTAL

8.1 ECOLOGIA

Definición

Se trata mediante ellas de explicar cuáles plantas y animales viven en un determinado espacio, como obtienen la materia y la energía que necesitan para vivir; las relaciones existentes entre las plantas y los animales entre sí y con su ambiente físico; así mismo trata de explicar las modificaciones que puede sufrir este sistema con el tiempo.

El sistema ecológica (Ecosistema) es la denominación que se le da a una comunidad de seres vivos que interactúan entre sí y con el ambiente físico. Está determinado por unos límites a través de los cuales se puede medir una entrada y salida de materia y relacionarla a uno o más factores ambientales. Los límites son arbitrarios.

Estructura

Se componen de una parte viviente (biota) y no viviente (abiota). La no viviente incluye una fuente externa de energía, varios factores físicos tales como viento, calor y todas las sustancias químicas esenciales para la vida. La viviente se clasifica entre productores de alimentos y en consumidores, estos a su vez se dividen en macroconsumidores (animales) y en descomponedores (bacteria y hongos principalmente).

La supervivencia de un organismo depende de factores químicos (suelo), tales como la disponibilidad de dióxido de carbono, oxígeno, nitrógeno, fósforo y sodio; y de factores físicos (clima) tales como temperatura, luz, precipitación y humedad.

Todo ser vivo se ve afectado por la acción combinada de muchos de tales factores y cada organismo tiene un cierto rango de tolerancia a sus variaciones. Sin embargo, demasiado o muy poco de un factor determinado puede destruir un organismo o limitar su número y distribución.

Impacto Ambiental

Factores incidentes en el desarrollo normal de la ecología

La contaminación de los principales ríos, hasta convertirse en verdaderas fuentes de contaminación, que recorren parte de las ciudades y del país, y el deterioro de sitios de recreación, son entre otros, elementos que muestran la capacidad de contaminación que el desarrollo industrial, comercial y domiciliar alcanza en las sociedades que pueden causar. Muchos de los sectores en que ésta se compone contribuyen al daño cada vez más creciente contra el medio ambiente. La extracción de minerales, la tala de bosques y el desarrollo de vías de infraestructura destrozan el paisaje natural. Los municipios vierten las aguas residuales y los residuos sólidos a las corrientes de agua y los industriales contaminan indiscriminadamente el agua, el aire y el suelo con sus residuos o con los subproductos del proceso de producción.

Los Gobiernos tampoco son ajenos a la degradación ambiental, se permite y estimula la transferencia de la propiedad pública al dominio privado; y el estímulo a la producción industrial apenas está empezándose a limitar con normas destinadas a proteger el medio ambiente.

Los programas de explotación exhaustiva de la madera, el fomento de la industria, los proyectos de vivienda y renovación de las ciudades han pasado por alto los efectos ambientales secundarios.

Dado que el enfoque público a estos problemas no permite enfrentar su solución con una sola política, es conveniente agruparlos por categorías.

Control de la Contaminación

El esfuerzo para purificar el ambiente beneficia a todos por igual en muchos aspectos, pero es costoso. La inversión, instalación y operación de los equipos de control requieren grandes sumas de dinero. Desde luego, el costo debería compararse con los costos externos de la contaminación en sí misma, pero no cabe duda que el control es más barato que la contaminación.

Lo más usado es el impuesto de contaminación. A cada industria contaminadora se le carga una cantidad de impuesto proporcional a la cantidad de contaminantes emitidos. Esto estimula el proceso de producción ecológicamente limpia, pues establece condiciones económicas onerosas a las industrias contaminantes. El principal inconveniente de este sistema es que a largo plazo el impuesto resulta pagado por el consumidor.

Entonces es el futuro del ser humano una opción desalentadora entre degradación ambiental, desastres naturales y pérdida de la libertad individual. Este punto de vista no toma en cuenta los profundos recursos de la voluntad humana para sobrevivir, la gran plasticidad del comportamiento y al ingenio del hombre para descubrir alternativas que produzcan un mejoramiento en su condición.

Parece racional una política de equilibrio que favorezca el desarrollo industrial pero sin contaminación; y el establecimiento de medidas tendientes a solucionar los problemas existentes de una manera secuencial.

En una corriente de agua que recibe aguas residuales se pueden distinguir 3 zonas:

Zona de degradación: Es una zona deteriorada, la vegetación acuática desaparece, las apariencias estéticas como color y olor no son las mejores; el agua va adquiriendo color grisáceo. Es el punto en donde se efectúa la descarga. Existe presencia de oxígeno.

Zona de descomposición: En ella el agua presenta un color gris y a veces negro, se nota producción de burbujas, surgen malos olores, el sedimento se desprende del fondo y flota en forma de trozos aislados con apariencia de natas, no existe vida acuática y el oxígeno disuelto se agota del todo.

Zona de recuperación: En ella el agua va gradualmente recuperando su apariencia física normal, surgen plantas pequeñas de color verde, el contenido del oxígeno disuelto aumenta, los peces y otros animales acuáticos superiores pueden revivir nuevamente en la corriente. No existen normas exactas acerca de la rapidez y efectividad del proceso de autopurificación; depende y está influenciado por gran variedad de factores locales, los cuales cambian de una corriente de agua a otra y aún dentro de la misma corriente.

Este proceso se presenta cuando la corriente receptora es lo suficientemente larga para que permita la presencia de las diferentes zonas. Sin embargo, a veces la contaminación

es tan grande o el río tan corto, que no se recupera totalmente, y otras veces, la zona de descomposición se prolonga hasta la desembocadura, convirtiendo la corriente en una alcantarilla a cielo abierto.

Leyes Ecológicas

Todo está relacionado con lo demás

Nada de lo que ocurre en la ecósfera es un fenómeno aislado; existe una complicada red de interconexiones entre los diferentes organismos vivos, y entre las poblaciones, especies, organismos individuales y su medio físico-químico.

Ningún animal, planta o microorganismo existe en aislamiento total y ningún factor (físico o biótico) opera en completa independencia. Esta es la primera ley de la ecología que se conoce como el principio de interdependencia.

Este hecho tiene consecuencias sobre el funcionamiento del ecosistema; los componentes vivos y no vivos de un ecosistema proporcionan una dinámica interna; un equilibrio en una parte que el sistema no puede compensar, puede derrumbar el conjunto del sistema. Ello explica porque en los ecosistemas todo está relacionado con todo lo demás. El sistema se estabiliza por sus propiedades dinámicas autocompensadoras; si una interferencia en la dinámica natural perturba el sistema, éste puede desequilibrarse y en una situación extrema autoderrumbarse.

Todo debe ir a alguna parte

Todos sabemos que la materia es indestructible. Es la confirmación de una de las leyes básicas de la física que aplicada a la ecología se formularía de la manera siguiente:

En la naturaleza no existe basura alguna. Lo que se expulsa por un organismo como desperdicio, es tomado por otro como alimento (eslabón desperdicio-alimento).

Teniendo en cuenta esta ley, cuando se vierte algo en la naturaleza, siempre hay que hacerse una pregunta: ¿Adónde va a parar? Nada desaparece, sólo cambia de lugar.

Con esta base se afirma que una de las principales razones de la crisis actual del medio ambiental se debe a que grandes cantidades de materiales y sustancias han sido extraídas de la tierra, convertidos en nuevas formas y tirados en cualquier parte, sin tener en cuenta que, como se dijo al principio, todo va a parar a alguna parte.

La naturaleza sabe lo que hace

Todo cambio importante realizado por el hombre en un sistema natural resultará, probablemente, perjudicial para este sistema.

Esta afirmación, que aparenta ser exagerada, ayuda a comprender algunos aspectos de la crisis ecológica que hoy vivimos. Es claro que la introducción artificial de un compuesto orgánico que no existe en la naturaleza, sino que es fabricado por el hombre, resultará probablemente perjudicial. Así todo compuesto orgánico fabricado por el hombre que tenga alguna actividad biológica, deberá ser manejado con gran prudencia, cautela y responsabilidad.

No existe la comida gratis

Muchas veces se ha escuchado que todo tiene un precio. En ecología al igual que en economía, todas las ganancias cuestan algo. Como el ecosistema mundial es un todo conexo, en el que nada puede ganarse o perderse, y no es susceptible de un mejoramiento total, cualquier cosa extraída de él por medio del esfuerzo humano, debe ser reemplazada. El pago de este precio es inevitable; tarde o temprano se tendrá que pagar. Lo más que se puede hacer es aplazarlo.

Estas leyes tienden a dar una visión del tejido de la vida en el mundo como él mismo lo explica. Además nos ayudan a comprender la necesidad de la armonía humana con la naturaleza. De esto podemos afirmar que toda acción sobre la naturaleza debe tener en cuenta las leyes de la ecología. Cualquier manipulación arbitraria que sufra el medio llevará a mayor crisis ecológica.

Dinámica de los ecosistemas

Los ecosistemas siempre estarán cambiando mientras exista vida en ellos. Sus componentes bióticos y abióticos se mantienen en constante interacción que da como resultado un equilibrio dinámico. Lo que permite a los sistemas tener estabilidad, una estructura y apariencia propia.

En la actualidad los elementos que intervienen en este proceso de equilibrio: las plantas, los animales, el clima, el suelo y el hombre mismo, que coexisten en un sitio, han sufrido cambios drásticos. Lo que ha afectado el equilibrio dinámico y provocado una transformación muy compleja.

¿Y si los cambios no son drásticos, qué ocurre con los componentes de la población que integran el ecosistema? Existe un ámbito de tolerancia que permite un grado de adaptación de la especie a cierto conjunto de valores de los componentes ambientales. Es claro que si las condiciones cambian sobre los límites, máximos o mínimos, la especie no podrá existir en ese ecosistema.

Las actividades antropogénicas (de origen humano), han causado interferencias en el funcionamiento de los ecosistemas. Han alterado los mecanismos naturales de autorregulación que ellos poseen y por consiguiente se ha roto el equilibrio ambiental.

8.2 DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO

La información que a continuación se describe, fue proporcionada por la corporación municipal, INFOM y también se recabó en el campo, en la planta de tratamiento.

Identificación del proyecto

- a) Nombre del proyecto: Planta de tratamiento de agua residual
- b) Nacionalidad: Guatemalteca
- c) Actividades principales: Depuración o degradación del agua residual, en un 90% a través de un proceso con unidades convencionales.
- d) Mercado del producto: Los habitantes del municipio de Retalhuleu.
- e) Ubicación del proyecto: Cantón Perú, del municipio de Retalhuleu (aproximadamente a 10 Km. del palacio municipal).
- f) Representante: Alcalde municipal de Retalhuleu.
- g) Fecha de Construcción: 1,994 por el INFOM, con préstamo del BID.

El Proyecto

El proyecto consiste en degradar, depurar o tratar las aguas residuales provenientes del casco urbano de la cabecera municipal del municipio de Retalhuleu, a través de sistemas o unidades convencionales como lo es, el reactor anaerobio de flujo ascendente, la planta concibe una capacidad de tratamiento de 40 lts./seg. y la descarga ya tratada o el efluente será descargado al río Tzununa.

Actualmente el afluente que llega a la planta de tratamiento es demasiado que puede recibir, el cual no lo trata debido a la mala operación y mantenimiento existente en la planta, sus operarios no cuentan con equipo de seguridad y de emergencia como también de higiene.

Método, sistema y procedimiento empleados para obtener el producto final

Los métodos iniciales para obtener el producto final fueron plasmados en un manual de operación y mantenimiento, donde nunca fueron exitosos, debido a la poca preparación y capacitación del personal que opera la planta, los procedimientos dirigidos por la corporación municipal son muy escuetos y pobres de eficiencia, dando un resultado pobre en el producto final, no deseado, es decir, que el agua residual que ingresa a la planta no es tratada por las unidades, saliendo al final o a la descarga en el río Tzununa el mismo agua residual que entra a la planta, gran escala de contaminación. La corporación municipal no cuenta con el apoyo administrativo para el manejo de la operación y mantenimiento de la planta de tratamiento de agua residual, pero sí existen instituciones que tienen interés para capacitar, asesorar y dirigir estos sistemas de tratamiento, como lo son INFOM, ERIS, etc.

Descargas al ambiente por el proceso

- a) **Gaseosas:** durante el proceso de tratamiento, en la unidad de reactores anaerobios de flujo ascendente, la descomposición de la materia orgánica por la acción de las bacterias anaerobias y una parte de descomposición se da por un grupo de bacterias metanogénicas, que transforman el producto de las primeras en gas metano, gas carbónico y en una pequeña cantidad en gases sulfurosos. Estos gases son

recolectados en tuberías de PVC, y evacuados hacia un gasómetro (deposito de metálico o plástico), ésta es la función que se debería tener, al funcionar adecuadamente la planta, y la operación adecuada, actualmente no se da este proceso.

- b) Ruido: durante el proceso de operación y mantenimiento no se da el ruido, salvo en el chapeo a través de motosierras manuales de baja potencia.
- c) **Líquidas:** en la planta actualmente ingresa un caudal de 40 lts./seg. los cuales no son tratados o depurados hasta un grado determinado para evitar la contaminación de la descarga del río Tzununa. Con la implementación de una adecuada administración, operación y mantenimiento se mejorara dicha descarga.
- d) **Sólidas:** los sólidos que ingresan en la planta se caracterizan tres; uno los recolectados en la entrada en la unidad de Pretratamiento, canal de rejillas, los cuales son evacuados en un pozo ciego, las arenas que se extraen en el desarenador, también son extraídas y colocadas en el pozo ciego y por ultimo los sólidos o lodos de las aguas residuales que deberían ser tratados en los patios de secado, pero actualmente no son tratados.

Entorno del proyecto

El entorno del proyecto está definido por:

Medio Físico

Totalidad compleja de factores biogeoclimáticos que actúan sobre una comunidad ecológica o sobre un organismo y determinan finalmente su forma de supervivencia.

Medio Actual

Conjunto de condiciones económicas, sociales, políticas y culturales, incluyendo los recursos y las estructuras (legislación, hábitos y costumbres) que influyen en la vida de la comunidad y del individuo.

Descripción del entorno ambiental

Esta cabecera municipal y departamental se encuentra conectada con el resto del país con buenas vías de comunicación, tales como: la carretera Nacional número 13 que está totalmente asfaltada y la comunica con el Puerto de Champerico sobre el Océano Pacífico (distancia aproximada de 39 Kms); la carretera internacional del Pacífico CA-2, con Ciudad de Mazatenango (19 kilómetros); la vía férrea nacional que la une a la ciudad capital de la República, el puerto de Champerico y a la frontera con la República de México, como lo hace la carretera CA-2. La distancia por carretera asfaltada de la capital de la República a la Ciudad de Retalhuleu es de 185 kilómetros.

Hidrología superficial

La Ciudad de Retalhuleu se encuentra asentada sobre un terreno poco accidentado, aspecto común a toda esta área llamada "Costa Grande", la cual se caracteriza por una suave pendiente en descenso hacia al Océano Pacífico.

Esta cabecera municipal se encuentra bañada por 4 ríos; Xulá al Occidente de la población; Sunumá o Tzununá, más al Occidente y rodeando el sector urbano denominado Barrio Monterrey; al Oriente el río Pucá y por el Centro de la ciudad

corre el río denominado Bolas, los tres primeros con caudales regulares y el último de caudal casi nulo en verano.

Toda el área urbana de la ciudad y que se estima en 450 has., no presenta pendientes pronunciadas y fuera de los causes de los ríos no se encuentran barrancos o depresiones mayores de 20 metros.

Geología, Geomorfología y Pedología

El tipo de suelo puede clasificarse como de grado intermedio de acuerdo con la clasificación de la mayor o menor dificultad que ofrezca a ser excavado. Para el caso presente se estima excavable con piocha y pico, pues son suelos como la arcilla y el talpetate.

Clima

El Instituto Nacional de Sismología, Vulcanología, Meteorología e Hidrología – INSIVUMEH, Observatorio Meteorológico Nacional presenta los siguientes datos de registro durante siete años:

Temperatura media:	26.1 °C
Temperatura absoluta máxima:	37 °C
Temperatura absoluta mínima:	13.6 °C

Precipitación anual en milímetros 2903.8 época lluviosa de mayo a noviembre.
(Como se puede apreciar, el clima de la ciudad es caluroso)

Actividades de la Población

La ciudad de Retalhuleu tiene una población sumamente activa, dedicándose preferentemente a explotaciones agropecuarias dentro de las que se destacan los cultivos del algodón, café, ajonjolí y caña de azúcar; en lo que respecta a las actividades pecuarias, a crianza y engorde de ganado vacuno.

Las actividades comerciales son dedicadas a los productos de primera necesidades, desarrollándose en locales comerciales de la población y en los mercados municipales existentes.

Servicios

Electricidad

El servicio de energía eléctrica¹² es proporcionado por la hidroeléctrica municipal 2,700 Kw., Debido al crecimiento de la población se ha completado la demanda con energía que se compra al INDE en la cantidad estimada de 1,300 Kw. Para unos 3,200 servicios domiciliarios (trifásicos y monofásico) que existen.

Otros Servicios

La ciudad cuenta con servicios de comunicación adecuados, tales como correos, telégrafos y teléfonos, asimismo tienen un número de buses extraurbanos, que continuamente efectúan el servicio de transporte con la capital de la república, el puerto de Champerico, y con la frontera con México, iguales servicios prestaron los ferrocarriles nacionales de

¹² Información de la Municipalidad de Retalhuleu

Guatemala “FEGUA”, ya que actualmente ya no existen. Posee también un aeródromo, el cual principalmente es ocupado para servicio de avioneta de transporte particular y fumigación de las fincas aldoneras.

En el sector educativo, la ciudad de Retalhuleu cuenta con 8 escuelas primarias públicas y un Instituto de Educación Media, con un total de 1,566¹³ alumnos; centros de educación privada, hay uno que abarca los niveles de educación primaria y media con un total de 132 alumnos. Otros servicios básicos que existen son dos mercados, rastro municipal, un estadio para 10,000 personas y dos salas de cine.

Agua Potable

El sistema de agua potable fue planificado y construido en 1949, y ampliado en 1960 por el Servicio Cooperativo Interamericano de Salud Pública; posteriormente se han efectuado mejoras al sistema por el Instituto de Fomento Municipal.

Este sistema que abastece la ciudad proviene de dos fuentes: río Tzununá y ríos Matilde y Concepción. Consta de los siguientes:

Obras de Captación,
Líneas de Conducción

Plantas de Tratamiento¹⁴, con sedimentación con coagulantes y filtros rápidos de presión y dos tanques de almacenamiento de 500 m³ de capacidad cada uno. Red de Distribución, que cubre el 46% del área urbana actual; existen 2100 conexiones domiciliarias y a demás se estima que 500 viviendas se abastecen de los servicios públicos, se cuenta con 2 hidrantes para aprovisionar de agua a los bomberos de la localidad.

Este sistema es deficiente en cuanto a la cantidad de agua servida y a la cobertura de la red de distribución; en este mismo programa está incluido el mejoramiento, ampliación y remodelación del servicio de abastecimiento de agua. Se ha comprobado que la planta actualmente trata un caudal de 6,566 m³/d (76 LP.S); en el nuevo proyecto se mejorará la calidad del agua y se ampliará la capacidad del sistema hasta 10,800 m³/d (125 LP.S).

El sistema tarifario¹⁴ que funciona por tasa administrativa es de Q 80.00, Q 105.00 y Q 155.00 para 15,000; 30,000 y 60,000 litros mensuales que proporcionan una tasa mensual por el servicio de Q 0.50, Q 1.00 y Q 2.00, todas con un cargo de Q 0.10 por 1,000 litros de exceso que marca el medidor del consumidor al mes. La aplicación de esta tarifa general al año un ingreso de Q 47,000.00 promedio según se informó en la Tesorería Municipal.

Alcantarillado Existente

La ciudad de Retalhuleu cuenta con una red de alcantarillado sanitario, el cual fue diseñado y construido por el Servicio Cooperativo Interamericano de Salud Pública (SCISP) en 1967, con tubería de cemento de 200 mm (8")

¹³ Del Ministerio de Educación

¹⁴ Información de La Municipalidad de Retalhuleu

de diámetro, cubriendo actualmente el centro de la ciudad; adicionalmente se han efectuado algunas aplicaciones construídas por la Municipalidad e Instituto de Fomento Municipal, con planificación de la Dirección General de Obras Publicas, con descargas provisionales, previendo integrarlas a un estudio posterior.

Dicha red ha venido funcionando en forma eficiente y actualmente se encuentra en buenas condiciones, pero a la fecha la ciudad ha crecido en tal forma que su población urbana es una de las más grandes de la región debido a una alta tasa de crecimiento; tal circunstancia ha obligado a una expansión territorial de la ciudad. Como consecuencia de lo anterior, sus habitantes se han visto obligados a darle soluciones empíricas a la evacuación y disposición de sus aguas servidas. Como puede observarse en la cantidad de descargas que funcionan actualmente en los ríos Bolas, Xulá y Tzunumá que afectan el área urbana en su salubridad y ornato.

Los elementos que forman parte del sistema actual y que se encuentran en buenas condiciones son:

1664	conexiones domiciliarias
8200	metros de colector de 200 mm (8")
400	metros de colector de 250 mm (10")

Otro problema del sistema actual es que podrían conectarse inmediatamente unos 500 domiciliarios que se encuentran frente a la red, y aproximadamente 230 en las nuevas zonas del proyecto como los Barrios; Kech, Antigua, Perú y Concepción.

Información importante con respecto al sistema actual es que cuenta con un reglamento para su adecuada administración, incluyendo el cobro de Q 50.00 por los derechos de conexión domiciliar y una tasa de mejoramiento de Q 3.32 por metro de frente, incluyendo el valor de inversión por los trabajos de la conexión domiciliar. La instalación intradomiciliar es por cuenta y responsabilidad del usuario.

Las viviendas que no se encuentran conectadas a la red actual¹⁵ usan como disposición actual un 50% a fosas sépticas; 25% a pozos ciegos; 15% a la superficie de las calles y 10% no se sabe.

Tomando en cuenta lo anteriormente mencionado, se elaboró un proyecto de red de alcantarillado con base a un plan maestro, cuya principal finalidad es el saneamiento de los ríos en referencia, con la disposición y evacuación de las aguas residuales hacia un único lugar localizado al suroccidente de la población, donde se adquirió un predio destinado para la construcción de una planta de tratamiento de aguas servidas para la ciudad de Retalhuleu.

Las aguas de lluvia sin embargo, se estableció que no ocasionan problemas, ya que por las pendientes naturales de sus calles la escorrentía fluye hacia los ríos que se han mencionado, por lo que se optó a darle

¹⁵ Información de la Municipalidad de Retalhuleu

solución únicamente a la evacuación de las aguas servidas mediante el proyecto correspondiente.

Vegetación

La zona de vida vegetal¹⁶ se clasifica como Bosque Húmedo montano Bajo Subtropical, según la clasificación, que se caracteriza por contar con vegetación natural a las siguientes especies: *Pinus pseudostrobus*, *Pinus montesumae*, *Alnus jorulensie*, *Quercus* sp.

Fauna

La fauna original¹⁶ de la zona fue y sigue desplazada paulatinamente cuando principió la población del área, siendo substituida por camiones, asfalto, edificaciones, vehículos y algunos animales, caballos, gallinas, vacas, perros y gatos.

De la fauna original¹⁶ aun subsisten en su hábitat pequeños roedores, reptiles y aves, entre los que se puede mencionar a la ardilla de pino, conejos, tacuazin, armadillo o armado y tepezcuintle.

Paisaje

Existen varias definiciones de lo que es el paisaje, entre ellas existe la que afirma que es un conjunto de elementos de un territorio ligado por relaciones de interdependencia. De ellas se deriva la del paisaje natural, el cual se define como un conjunto de caracteres físico visible de un lugar, que no han sido modificados por el hombre. Dentro de los elementos básicos del paisaje se encuentran la topografía, la vegetación, el clima y el hábitat.

En general, el entorno inmediato al proyecto es natural.

Calidad del aire

Las mediciones son tomadas y monitoreadas de la calidad del aire en zona de transición de lo rural a lo urbano

Punto: planta de tratamiento		NORMA OMS
SO ₂ (Ug/m ³) -----	3	80
PH (grados) -----	7.0	7.0
PSD (mg/cm ² /mes) ----	0.04	0.50

SO₂ : concentración de bióxido de azufre en microgramos por metro cúbico (Ug/m³) durante 24 horas.

PSD: concentración de polvo sedimentable en miligramos por centímetro cuadrado durante un mes (mg/cm²/mes).

pH: potencial de hidrógeno en grados, menor que 7.0 indica acidez, mayor que 7.0 alcalinidad, igual a 7.0 punto neutral e ideal.

Como puede observarse en el cuadro de resultados del análisis del aire, se nota que los valores obtenidos de los parámetros bióxido de azufre, polvo sedimentable y potencial de hidrógeno se encuentran por debajo de la norma de referencia de la organización mundial

¹⁶ Del Ministerio de Agricultura, Ganadería y Alimentación -MAGA-

de la salud –OMS-, no existiendo por lo tanto contaminación del aire por dichos parámetros.

La poca contaminación encontrada es producto del paso de vehículos livianos y pesados que utilizan diesel y gasolina, de las condiciones naturales y de los aspectos climáticos del lugar.

8.3 IDENTIFICACIÓN DE IMPACTOS Y AMBIENTE IMPACTADO

Se identificaron los posibles impactos y los ambientes que se ven más impactados.

Impacto Ambiental

Donde está ubicada la planta de tratamiento hay calles y viviendas (cantón Perú), y se encuentra en un entorno que se podría denominar de un alto grado de intervención humana, por que se encuentra en un área de diversos usos, tales como: calle, vivienda, cultivos y otros. Esto tiene varias implicaciones:

- No hay entorno natural inmediato en condiciones de protección especial.
- Hay viviendas que todavía descargan a flor de tierra (cantón Perú).
- Existen malos olores en la planta de tratamiento.
- Se sigue contaminando el río Tzununa.
- Existe tala inmoderada cercana a la planta.
- No hay control de la municipalidad de la contaminación de desechos sólidos.

Ambiente Impactado

Se describen los indicadores ambientales que se consideran de importancia para la evaluación del proyecto, haciendo especial énfasis en los aspectos:

FISICO-QUIMICO

Tierras	Suelo (erosión)
Agua	Calidad
Aire	Calidad (gases y partículas)

BIOLÓGICAS

Flora	Arbustos y hierbas
Fauna	Pájaros y animales terrestres

CULTURALES

Uso del suelo	Zona residencial, turística y comercial
Estética	Visitas panorámicas y paisaje
Cultural	Empleo, salud y seguridad

8.4 Relación entre las actividades que pueden causar impacto y el ambiente impactado

Modificación al régimen

Con la mala operación y mantenimiento, la planta no depura o no tiene buen tratamiento a las aguas residuales y se modifica el río Tzununa, contaminación a gran escala, y modifica también el régimen de consumo poblados aguas abajo, como lo es la salud.

Contaminación del ambiente

Los posibles impactos que tendrá el proyecto a cada uno de los elementos (aire, agua y suelo) que conforman el medio ambiente son:

Aire

La planta genera malos olores por la mala operación y mantenimiento.

Agua

Se contamina el agua del río Tzununa debido a la descarga de la planta ya que aguas abajo comunidades utilizan dicha agua.

Suelo

Por mala operación y mantenimiento se están contaminando los suelos debido a los desechos sólidos que se extraen en la planta de tratamiento, dicha contaminación es de baja escala.

Fauna y Flora

Por el tipo de proceso en la planta de tratamiento no debería existir riesgos significativos, pero debido al mal proceso de la operación y mantenimiento si existe riesgos en la fauna debido a la contaminación del río Tzununa, donde los animales terrestres llegan poco al río, el ecosistema del río se esta perdiendo, los peces están desapareciendo.

Características culturales

Uso de tierra

El área donde se ubica la planta de tratamiento tiene varios usos: residencial y agrícola, todas interactuando en el mismo espacio y en alguna medida relacionadas con las actividades de construcción y ocupación.

Estéticos y de interés humano

La apariencia o estética está relacionada con la integración de la planta al paisaje y con las acciones que la planta desarrolle.

Los aspectos culturales incluyen: empleo, refiriéndose a la generación o eliminación del mismo por las acciones que se deben de desarrollar en la planta; salud y seguridad para sus trabajadores como el de los habitantes cercanos.

Salud

La planta trabajando en una forma eficiente beneficiará a los habitantes, reduciendo las enfermedades propias y como también a los que usan el agua en la parte baja, evitando las enfermedades gastrointestinales y parasitarias.

8.5 INDICES DE CALIDAD AMBIENTAL

El índice de calidad ambiental pretende ser una herramienta muy utilizada en los sistemas locales de salud, con el fin de corregir y controlar los factores de riesgo ambientales presentes en los poblados o municipios y reducir el deterioro ambiental. Los resultados del sistema también sirven para educar y organizar a la sociedad civil y asegurar su participación activa en la solución de estos problemas.

La metodología se desarrolla considerando cuidadosamente las limitaciones de personal, tanto en cantidad como en calidad; estos índices se miden a través de formularios lo que se puede obtener una evaluación rápida de la calidad del medio ambiente. El método de valoración es el siguiente:

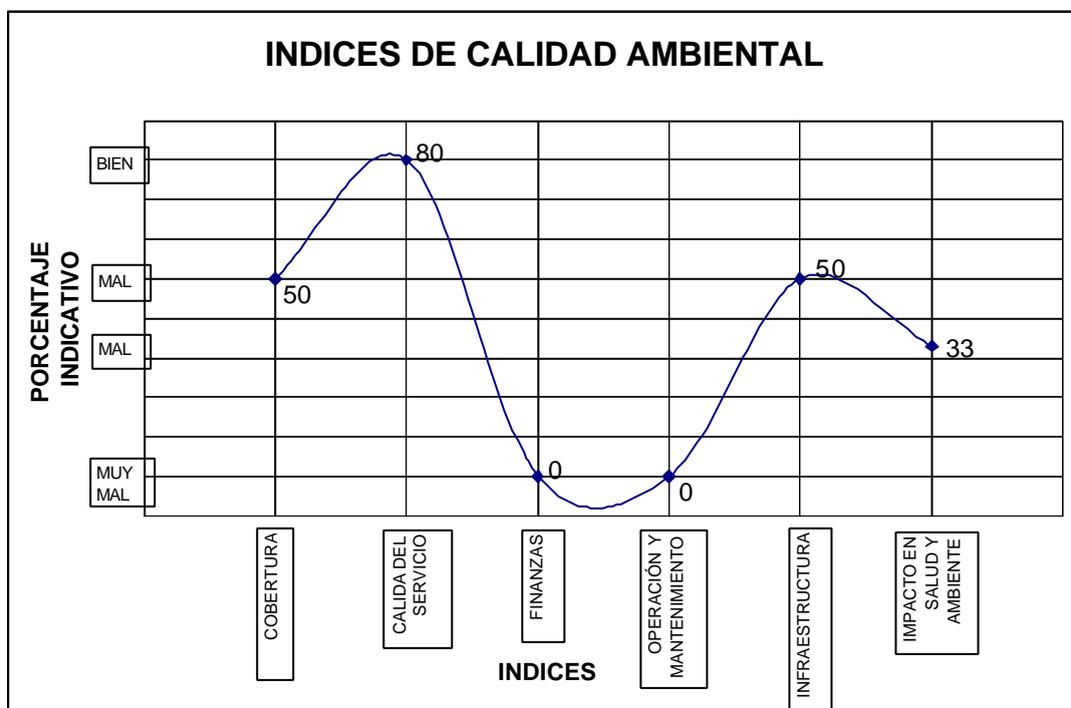
EXCELENTE	91-100 Puntos
BIEN	71- 90 Puntos
MEDIO	51- 70 Puntos
MAL	26- 50 Puntos
MUY MAL	0- 25 Puntos

Teniendo los siguientes índices de calidad ambiental para la planta de tratamiento de agua residual resultados (ver formulario en anexo):

- Calidad del servicio 80 puntos BIEN
- Infraestructura 50 puntos MAL
- Cobertura 50 puntos MAL
- Impacto en salud y ambiente 33 puntos MAL
- Finanzas 0 puntos MUY MAL
- Operación y Mantenimiento 0 puntos MUY MAL

Como puede verse, los resultados obtenidos indican que todo el proceso se encuentra muy mal, por lo que requiere que se le ponga más atención al proceso de tratamiento de aguas residuales.

Gráfico 26



Fuente: Elaboración propia con datos del anexo 5 (índices de calidad ambiental)

Gráfico 27
MATRIZ CAUSA Y EFECTO AMBIENTAL

ASPECTOS AMBIENTALES		PLAN DE MEJORAS			OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO			ADMINISTRACIÓN	ABANDONO DE LA OBRA
		CARACTERIZACIÓN CUERPO RECEPTOR	USOS DEL CUERPO RECEPTOR	RIESGOS DEL EFLUENTE	LIMPIEZA	REPARACIONES	OPERACIÓN UNIDADES		
AGUA	CANTIDAD	x	x	x	x	x	x		x
	CALIDAD	x	x	x	x	x	x	x	x
	FACTORES/FUENTES CONTAMINANTES	x	x	x			x		
SUELO	CALIDAD		x	x	x	x	x	x	x
AIRE	CALIDAD			x	x	x	x	x	x
FLORA Y FAUNA	ECOSISTEMA		x	x			x		x
ESTETICO	ORNATO Y PAISAJE		x	x	x	x			x
SOCIO ECONOMICO	VALOR DE LA TIERRA		x	x	x	x	x		x
	ACEPTACIÓN Y PARTICIPACIÓN COMUNITARIA		x	x	x	x		x	x
	EMPLEO Y MANO DE OBRA		x	x	x	x			x
	INFRAESTRUCTURA Y SERVICIOS				x	x	x	x	
	SALUD PÚBLICA				x	x	x		x

Fuente: Elaboración propia anexo 5

8.6 Impacto de desastre natural en sistema de planta de tratamiento de aguas residuales

Los servicios cumplen una misión especial en el proceso de desarrollo y son un elemento esencial para garantizar las condiciones de salud y de bienestar de la población. En situaciones de emergencias o desastres, son un recurso primordial para permitir la vuelta rápida a la normalidad. El impacto de un fenómeno natural puede provocar contaminación y desastres en vidas humanas, rupturas de tuberías o estructuras, escasez de agua, o incluso el colapso total del sistema.

El mejor momento para actuar es en las fases iniciales del ciclo de los desastres, cuando con medidas de prevención y mitigación se pueden reforzar los sistemas y evitar o reducir daños, pérdidas humanas y materiales, reduciendo la vulnerabilidad del sistema y atenuando el impacto de la amenaza.

Esas amenazas naturales no son fuerzas incontrolables ante las que nada se puede hacer: La experiencia demuestra que con una acertada planificación y las medidas preventivas necesarias para reforzar los sistemas y tener listos los mecanismos de respuesta para casos de emergencia, el efecto de un desastre será minimizado. La implementación de programas que definan planes de mitigación y emergencia en continuo proceso de actualización garantizan una respuesta responsable y eficaz ante los desastres.

La metodología será empleando matrices, (aspectos operativos, administrativos, físicos e impacto en el sistema y medidas de mitigación y emergencia), para lo cual se realizaron para el servicio de la planta de tratamiento de la municipalidad de Retalhuleu.

Metodología

Es necesario contar con información tanto de la zona, del sistema y como funciona, y esto es responsabilidad de la unidad que administra, opera y mantiene, para relevar la información necesaria, para luego tabular y determinar las medidas de mitigación para un desastre a un servicio.

Descripción de la zona, del sistema y su funcionamiento

Descripción de la zona: es deseable caracterizar la zona donde se ubica, y a la cual sirve el sistema, mediante datos como ubicación (distancia a otros centros poblados, región en que se encuentra, etc.); clima (temperatura, precipitación, humedad, etc.); población (tasa de crecimiento, densidad, etc.); estructura urbana (zona residencial, industrial y comercial, tipo de vivienda, etc.); salud pública y saneamiento (servicios de salud, recolección de basura, etc.); desarrollo socioeconómico (actividades socioeconómicas, desempleo, etc.), datos geológicos, geomorfológicos y topográficos. También es importante conocer los servicios con los que cuenta la zona, tales como comunicaciones, vías de acceso, servicios públicos en general, etc.

Descripción física del sistema: en esta etapa se recopilarán los datos físicos del sistema y se describirán los datos más relevantes de cada componente, tales como geometría, materiales, diámetros, masas, anclajes, etc., mediante planos, esquemas y detalles. Se efectuará la descripción del funcionamiento del sistema especificando, junto con los respectivos esquemas de cada sistema, datos de cantidad y calidad, y las diferentes modalidades de operación y mantenimiento en condiciones de los servicios.

Descripción funcional del sistema: se describirá el funcionamiento del sistema con los datos más relevantes de cada componente, tales como flujos, niveles, presiones y calidad del servicio.

Aspectos operativos (matriz 1D)

Para los sistemas, en la primera columna de la matriz 1D se anota el componente analizado: zona de recolección, planta de tratamiento y disposición final. En la segunda columna se anotó la cobertura del área; en la tercera, la capacidad y déficit si lo hubiera; y en la cuarta columna, la existencia de sistemas remotos de alerta. Y en la parte inferior se estructura las posibilidades sistemas de alerta e información para transmitir (radios) en forma oportuna sobre la ocurrencia o desarrollo del fenómeno natural.

Aspectos administrativos y capacidad de respuesta (matriz 2D)

Para evaluar las debilidades y limitaciones relativas a los aspectos administrativos del sistema, es preciso conocer las normas de funcionamiento y de los recursos disponibles que puedan ser usados en situaciones de emergencia, así como en la fase de rehabilitación por parte de la corporación municipal de Retalhuleu.

Organización institucional

En la primera columna de esta matriz 2D se indica las fortalezas y debilidades correspondientes a la organización institucional. Donde se diferencian los niveles.

Operación y mantenimiento

En la segunda columna de esta matriz 2D se detallan las fortalezas y debilidades correspondientes a los aspectos de operación y mantenimiento para todos los niveles.

Apoyo administrativo

En la tercera columna se anota la vulnerabilidad de los sistemas de apoyo administrativo.

La capacidad de respuesta institucional para implementar medidas de mitigación y atender el impacto de los desastres es evaluada de acuerdo con el análisis de los resultados obtenidos en estas tres columnas.

CUADRO 8

MATRIZ 2D VULNERABILIDAD ADMINISTRATIVA Y CAPACIDAD DE RESPUESTA

NOMBRE SISTEMA: Planta de tratamiento de aguas residuales		
ORGANIZACIÓN INSTITUCIONAL	OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO	APOYO ADMINISTRATIVO
PLANES DE ATENCIÓN DE EMERGENCIAS <input checked="" type="checkbox"/> SI <input checked="" type="checkbox"/> NO ULTIMA REVISIÓN	PROGRAMAS DE PLANIFICACIÓN <input checked="" type="checkbox"/> SI <input checked="" type="checkbox"/> NO	DISPONIBILIDAD Y MANEJO DE DINERO <input checked="" type="checkbox"/> SI <input checked="" type="checkbox"/> NO MONTO
PLANES DE MITIGACIÓN <input checked="" type="checkbox"/> SI <input checked="" type="checkbox"/> NO	PROGRAMAS DE OPERACIÓN <input checked="" type="checkbox"/> SI <input checked="" type="checkbox"/> NO	APOYO LOGÍSTICO DE PERSONAL ALMACENES Y TRANSPORTE <input checked="" type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> NO
COORDINACIÓN INTERINSTITUCIONAL <input checked="" type="checkbox"/> SI <input checked="" type="checkbox"/> NO	PROGRAMAS DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO <input checked="" type="checkbox"/> SI <input checked="" type="checkbox"/> NO	
COMISIÓN DE FORMULACIONES DE LOS PLANES DE MITIGACIÓN <input checked="" type="checkbox"/> SI <input checked="" type="checkbox"/> NO	PERSONAL CAPACITADO <input checked="" type="checkbox"/> SI <input type="checkbox"/> NO	
COMITÉ DE EMERGENCIAS <input checked="" type="checkbox"/> SI <input checked="" type="checkbox"/> NO	DISPONIBILIDAD DE EQUIPO Y MAQUINARIA <input checked="" type="checkbox"/> SI <input checked="" type="checkbox"/> NO TIPO DE EQUIPO Y MAQUINARIA	CONTRATACIÓN DE EMPRESA PRIVADA <input checked="" type="checkbox"/> SI <input checked="" type="checkbox"/> NO NOMBRE

Fuente: Elaboración propia

Aspectos físicos e impacto en el sistema

En el encabezado está el tipo de la zona que pudiera impactar los sistemas físicos de las unidades de tratamiento, así como el área de impacto que corresponde a la zona que ve afectada la operatividad del sistema. Para la evaluación se simuló eventos posibles y se analizaron las consecuencias esperadas en el sistema, lo cual se facilita superponiendo los planos cartográficos ubicando la planta y verificar la intensidad de la amenaza considerada. Además se consideró las instituciones que se ven afectadas.

CUADRO 9
MATRIZ 3D ASPECTOS FISICOS Y DE IMPACTO EN EL SERVICIO

NOMBRE SISTEMA: Planta de tratamiento de aguas residuales						
COMPONENTES EXPUESTOS	ESTADO DEL COMPONENTE	DAÑOS ESTIMADOS	TR 100 % (DIAS)	CAPACIDAD REMANENTE		IMPACTO EN EL SERVICIO
				PRIORIDAD	%	
Caja derivadora de caudal	fisuras	terremoto	10 - 15	3	75	interrupción parcial del servicio
Canal de rejillas	fisuras y rajaduras	terremoto y inundaciones	10 - 20	2	80	interrupción parcial del servicio
Canal de desarenador	fisuras y rajaduras	terremoto y inundaciones	10 - 20	2	80	interrupción parcial del servicio
Canal Parshall	fisuras	terremoto y inundaciones	15 - 25	2	80	interrupción parcial del servicio
Pozos derivadores	fisuras	terremoto y inundaciones	5 - 10	3	55	interrupción parcial del servicio
Reactores	fisuras	terremoto y inundaciones	10 - 60	1	95	interrupción total del servicio
Gasometro	sin uso, taponamiento	terremoto	3 - 6	2	0	interrupción parcial del servicio
Tubería de interconexión	fisuras	terremoto	10 - 90	2	100	interrupción parcial del servicio
Cajas de registro	fisuras	terremoto	10 - 15	3	70	interrupción parcial del servicio
Posos de inspección	fisuras y rajaduras	terremoto y inundaciones	10 - 20	3	70	interrupción parcial del servicio
Patios de lodos	sin uso, taponamiento	terremoto y inundaciones	10 - 20	2	80	interrupción parcial del servicio
Cajas y válvulas	fisuras	terremoto y inundaciones	10 - 20	2	75	interrupción parcial del servicio
Cabezal	fisuras y rajaduras	terremoto y inundaciones	10 - 20	2	75	interrupción parcial del servicio
Conexiones domiciliarias	rajaduras	terremoto y inundaciones	10 - 20	1	100	interrupción total del servicio
Alcantarillado	sin observación	terremoto y inundaciones	10 - 20	2	90	interrupción parcial del servicio

PRIORIDAD 1 (ALTA): > 50% DE COMPONENTES AFECTADOS Y/O DAÑO DE LA EVACUACIÓN DE LAS AGUAS RESIDUALES Y SU PROCESO
 PRIORIDAD 2 (MEDIA): 25 - 50% DE COMPONENTES AFECTADOS, SIN DAÑO DE LA EVACUACIÓN DE LAS AGUAS RESIDUALES Y SU PROCESO
 PRIORIDAD 3 (BAJA): < 25% DE COMPONENTES AFECTADOS, SIN DAÑO DE LA EVACUACIÓN DE LAS AGUAS RESIDUALES Y SU PROCESO
 TR 100% : TIEMPO DE REHABILITACIÓN DEL COMPONENTE EN DIAS AL 100 %

Fuente: Elaboración propia

Componentes expuestos: en la primera columna se indican los componentes de la planta de tratamiento de aguas residuales expuestas directamente al impacto de la amenaza.

Estado del componente: aquí se indican la situación actual en que se encuentran las unidades de tratamiento en la planta como también las conexiones domiciliarias.

Daños estimados: aquí se describen las características del impacto esperado sobre cada uno de los elementos expuestos. Ver efectos de los desastres naturales (OPS, 1982)¹⁷.

CUADRO 10
EFFECTOS DE LOS DESASTRES NATURALES (OPS, 1982)

SERVICIO	EFFECTOS ESPERADOS	TERREMOTO	INUNDACIONES
	Daños a las estructuras de ingeniería civil	●	●
	Rupturas a las tuberías	●	●
	Interrupción del suministro eléctrico	●	●
	Contaminación	●	●
	Desorganización del transporte	●	●
	Escasez de personal	●	●
	Sobrecarga de las redes (debido a los movimientos de la población)	●	●
	Escasez de equipos, repuestos y suministro	●	●

● posibilidad grave
 ● posibilidad menos grave

¹⁷ Efectos desastres naturales, Organización Panamericana de la Salud, -OPS-, 1,982.

Tiempo de rehabilitación (TR): en la cuarta columna se describe la estimación del tiempo esperado para la rehabilitación de los componentes analizados. Donde se estima que el tiempo total para la rehabilitación del sistema es la sumatoria de los tiempos estimados y dependerá de la institución encargada; en este caso la corporación municipal en rehabilitar ya sea en forma de serie o paralelo. Es en serie cuando la rehabilitación se hace uno después del otro, y en paralelo cuando se realicen en forma simultánea. Con esta metodología se determinará que unidad o componente era el crítico del sistema.

Capacidad remanente: en la quinta columna se describirá la capacidad remanente de operación del componente en prioridades y su porcentaje (el máximo alcanzado para la operación).

Impacto al servicio: en la sexta columna, se indica el impacto al servicio por componente o actividad, donde se toma como impacto la interrupción del servicio, pero también puede verse deteriorado en términos de calidad o de cantidad.

Medida de mitigación y emergencia (aspectos administrativos y operativos, matriz 4D)

De manera general, la reducción de la vulnerabilidad operativa y administrativa se puede lograr con medidas como mejoras en los sistemas de comunicación, previsión del adecuado número y tipo de transporte, previsión de generadores auxiliares, frecuencia de inspecciones, planificación para atención de emergencias. Es decir, acciones preventivas identificadas en el análisis de vulnerabilidad, que además de reducir las debilidades ante la eventual ocurrencia de desastres naturales, optimicen la operación del sistema y minimicen el riesgo de fallas en condiciones normales de servicio.

En esta matriz se plantean las medidas de mitigación y de emergencia para cada componente analizado o identificado.

CUADRO 11
MATRIZ 4D MEDIDAS DE MITIGACIÓN Y EMERGENCIA
(ASPECTOS ADMINISTRATIVOS Y OPERATIVOS)

NOMBRE SISTEMA: Planta de tratamiento de aguas residuales				
AREA	MITIGACIÓN		EMERGENCIA	
		COSTO Q.		COSTO Q.
A) ORGANIZACIÓN INSTITUCIONAL	Recursos para Planificaciones	Q 50,000.00	Recursos Financieros para mitigación	Q 35,000.00
	Recursos didácticos	Q 3,500.00	Recursos de apoyo visual y didáctico	Q 5,000.00
	Recursos visuales	Q 2,500.00		
	Recursos informativos de comunicación	Q 15,000.00		
	Capacitaciones sensibilización a la población	Q 55,000.00		
B) OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO	Mejoras y reparaciones menores a unidades	Q 75,000.00	10 Ayudantes	Q 3,000.00
	Personal de operación y albañilería	Q 20,000.00	3 Albañiles	Q 1,350.00
	Forestación y mantener cobertura vegetal	Q 10,000.00	3 Operadores	Q 1,500.00
	Capacitaciones a los operadores	Q 25,000.00	1 Ingeniero	Q 1,325.00
C) APOYO ADMINISTRATIVO	Capacitación	Q 25,000.00	Personal extra por tiempo limitado (un mes)	Q 1,750.00
	Calidad en los servicios	Q 15,000.00		
	Recursos optimos a utilizar	Q 5,000.00		
D) ASPECTOS OPERATIVOS	Consultorias en administración	Q 20,000.00	Transporte de personal (gasolina, aceites, et)	Q 3,500.00
	Consultorias en análisis financieros	Q 20,000.00	Depreciación de vehículos	Q 2,000.00
	Consultorias en ingeniería	Q 20,000.00	Equipos y herramienta	Q 1,500.00
	Consultorias en evaluaciones de emergencias	Q 20,000.00		
TOTAL		Q 381,000.00		Q 55,925.00

Fuente: Elaboración propia con información de la corporación municipal de Retalhuleu

Medidas de mitigación y emergencia (aspectos físicos, matriz 5D)

En la matriz se sintetizan las medidas de mitigación y emergencia correspondientes a los componentes físicos; éstos se indicarán en el mismo orden en que fueron analizados en la matriz 3D. Esta matriz también está dividida en dos secciones. En el primer -plan de mitigación- aquí se indica las medidas de mitigación para los componentes físicos que corresponden a obras de reforzamiento, sustituciones, rehabilitaciones, colocación de equipos redundantes, mejoramientos de accesos, etc. En la segunda -plan de emergencia- se indica las medidas y procedimientos de emergencias necesarios a ser implementadas, si el impacto se presentara antes que las medidas de mitigación fuesen ejecutadas.

CUADRO 12
MATRIZ 5D MEDIDAS DE MITIGACIÓN Y EMERGENCIA
(ASPECTOS FÍSICOS)

NOMBRE SISTEMA: Planta de tratamiento de aguas residuales				
COMPONENTES EXPUESTOS	PLAN DE MITIGACIÓN		PLAN DE EMERGENCIA	
		COSTOS Q.		COSTOS Q.
Caja derivadora de caudal	fisuras	Q 650.00	Zanjas drenantes en zona inestable	Q 10,000.00
Canal de rejillas	fisuras y rajaduras	Q 1,500.00	Muro perimetral	Q 25,000.00
Canal de desarenador	fisuras y rajaduras	Q 1,325.00	Inundaciones	Q 20,000.00
Canal Parshall	fisuras	Q 1,250.00	Construir pasos subfluviales	Q 10,000.00
Pozos derivadores	fisuras	Q 750.00	Forestar y mantener coberturas vegetal	Q 5,000.00
Reactores	fisuras	Q 17,520.00	Sismos	Q 35,000.00
Gasometro	sin uso, taponamiento	Q 1,500.00	Reforzamiento estructural de los elementos	Q 25,000.00
Tubería de interconexión	fisuras	Q 2,500.00	Protección del sitio contra deslizamientos	Q 5,000.00
Cajas de registro	fisuras	Q 1,500.00	Reforzamiento o cambio de los elementos	Q 15,000.00
Posos de inspección	fisuras y rajaduras	Q 3,580.00		
Patios de lodos	sin uso, taponamiento	Q 5,652.00		
Cajas y válvulas	fisuras	Q 1,254.00		
Cabezal	fisuras y rajaduras	Q 450.00		
Conexiones domiciliarias	rajaduras	Q 77,000.00		
Alcantarillado	sin observación	Q 75,000.00		
Jardinización	no cuenta	Q 8,500.00		
Forestación al contorno del sistema	no hay un plan	Q 5,000.00		
Equipo y herramienta nuevo	no es el suficiente	Q 1,500.00		
Desinfectantes	no tienen	Q 750.00		
TOTAL		Q 207,181.00		Q 150,000.00

Fuente: Elaboración propia

8.7 Resultado de la Evaluación (matriz de Leopold)

Existen acciones que causan efectos negativos al ambiente, debido a la mala operación y mantenimiento de la planta de tratamiento. También al mal manejo de la administración por el servicio prestado a la población.

Operación y Mantenimiento del sistema

Recursos hídricos: Existe actualmente contaminación de mayor grado en el río Tzununa, debido a que la planta de tratamiento no cuenta con el proceso de depuración.

Recurso suelo: En el suelo existe poca influencia de contaminación, pero se focaliza que si no se implementa y se mejora el proceso de tratamiento se contaminará.

CUADRO 13

Predicción de Impactos Ambientales, Durante Operación y Mantenimiento, y la Administración del proyecto

Matriz Ambiental de Impactos									
Componentes del proyecto:	OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO DE LA OBRA						ADMINISTRACIÓN		
Actividades del proyecto	Conexiones	Pozos	Tubería	Pretratamiento	RAFAS	Patio Lodos	Descarga	Servicio	Procedimientos
Clasificación de impactos sobre recursos hídricos									
Aumento de sedimentos	-2	-2	-3	-4	-4	-1	-4	-1	-4
Modificación del cauce							-4	-2	-4
Vertido de Desechos contaminantes	-4	-4	-4	-4	-4	-4	-4	-4	-4
Riesgo de desbordamiento	-1	-2	-1	-3	-3				
Extracción total o parcial del agua				-1	-1		-2		
Retención del agua	-4	-4	-4	-4	-4			-3	-2
Introducción de desechos fecales	-4	-4	-4	-4	-4		-4	-3	-4
Daño del uso actual y potencial	-4	-1	-1	-3	-4	-1	-4	-4	-4
Daño de zonas y recarga	-4	-1	-1	-4	-4	-1	-4	-4	-4
Resto de contaminación	-2	-2	-2	-4	-4	-1	-4	-4	-4
Clasificación de impactos sobre los suelos									
Condiciones de erosión				-3	-1	-1	-4	-1	
Riesgo de deslizamiento				-3	-1	-1		-1	
Arrastre por lluvias				-3	-1	-1	-3	-1	
Riesgo de hundimientos	-3	-2		-3	-2	-1	-1	-1	
Daño de drenajes	-3	-3	-4					-1	-4
Desestabilización	-3	-3	-4	-3	-4	-1	-4		-4
Introducción de Desechos contaminantes	-4	-2	-4	-4	-4	-2	-4	-3	
Introducción de basura	-4	-2	-4	-4		-2	-4	-3	
Introducción de desechos fecales	-4	-2	-4	-4		-2	-4	-3	
Daño del uso actual y potencial	-4	-4	-4	-4	-4	-1	-4	-4	-4

REFERENCIAS

MAGNITUD		INTENSIDAD	
IMPACTO NEGATIVO	-	POCO SIGNIFICATIVO	1
IMPACTO POSITIVO	+	MODERADAMENTE SIGNIFICATIVO	2
IMPACTO NEUTRO	0	SIGNIFICATIVO	3
		ALTAMENTE SIGNIFICATIVO	4

Fuente: Elaboración propia y fuente MATRIZ DE LEOPOLD.

CUADRO 14

Predicción de Impactos Ambientales, Durante Operación y Mantenimiento, y la Administración del proyecto

Matriz Ambiental de Impactos									
Componentes del proyecto:	OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO DE LA OBRA						ADMINISTRACIÓN		
Actividades del proyecto	Conexiones	Pozos	Tubería	Pretratamiento	RAFAS	Patio Lodos	Descarga	Servicio	Procedimientos
Clasificación de impactos sobre flora y fauna									
Remoción de árboles									
Remoción de cobertura	-1	-1	-1						
Daño de especies valiosas o amenazadas				-4	-4		-4		
Interferencia a su desarrollo				-4	-4		-4	-1	-1
Daño de áreas críticas protegidas				-1	-1		-4	-1	-1
Daño de ecosistema	-3	-3	-3	-4	-4	-4	-4	-1	-1
Clasificación de impactos sobre el ecosistema Humano primario o inmediato									
Riesgo de enfermedades respiratorias	-1	-1	-1	-2	-2			-1	-2
Riesgo de enf. estomacales	-4	-4	-4	-3	-3		-4	-4	-4
Riesgo de enf. auditivas								-1	-2
Riesgo de accidentes graves para vecinos	-1	-1	-1				-4	-4	-4
Degradación del paisaje	-2	-2	-2	-2	-2		-4	-2	-2
interferencia de actividades	-2	-2	-2	-3	-3	-2	-4	-3	-3
Clasificación de impactos Atmosféricos									
Calidad del aire	-2	-2	-1	-3	-1			-1	-1
Olor	-3	-3	-1	-3	-4	-1	-4	-2	-1
Emisión de gases	-3	-3	-1	-3	-4	-3	-4	-2	-1
polvo								-1	-1

REFERENCIAS

MAGNITUD		INTENSIDAD	
IMPACTO NEGATIVO	-	POCO SIGNIFICATIVO	1
IMPACTO POSITIVO	+	MODERADAMENTE SIGNIFICATIVO	2
IMPACTO NEUTRO	0	SIGNIFICATIVO	3
		ALTAMENTE SIGNIFICATIVO	4

Fuente: Elaboración propia y fuente MATRIZ DE LEOPOLD.

Recurso Flora y fauna: actualmente con la descarga 100% de contaminación se está modificando y perjudicando la flora y fauna, debido a que no se a tenido un proceso de degradación al agua residual que entra a la planta de tratamiento.

Ecosistema Humano: el agua residual está afectando el ecosistema desde la recolección en el sistema de alcantarillado hasta la disposición final o sea en la planta de tratamiento, debido a que no hay un control y seguimiento al servicio, es muy mediocre, por lo que causa más porcentaje de personas enfermas de origen hídrico.

Clasificación Atmosférica: la planta emana gases los cuales contaminan el medio atmosférico, debido a que se degrada el agua residual por la mala operación y mantenimiento de la planta.

EVALUACIÓN DEL ESTUDIO FINANCIERO

9.1 INVERSIONES PREVIAS A LA PUESTA EN MARCHA

Inversión significa formación de capital. Desde el punto de vista económico, se entiende por capital al conjunto de bienes que sirven para producir otros bienes.

La presupuestación de inversiones es el proceso por medio del cual se procede a la asignación racional de recursos entre diferentes proyectos de inversión. La presupuestación de inversión analiza, fundamentalmente, las inversiones cuyos efectos se manifiestan en varios períodos anuales.

Las inversiones efectuadas antes de la puesta en marcha del proyecto se pueden agrupar en tres tipos: **activos fijos, activos intangibles y capital de trabajo.**

1. Las inversiones en activos fijos son todas aquellas que se realizan en los bienes tangibles que se utilizarán en el proceso de transformación de los insumos o que sirvan de apoyo a la operación normal del proyecto.

Constituyen activos fijos, entre otros, los terrenos; las obras físicas, el equipamiento de la planta y oficinas. Y la infraestructura de servicios de apoyo (agua potable, desagües, red eléctrica, comunicaciones, energía, etc.).

En consecuencia, el capital de trabajo inicial constituirá una parte de las inversiones de largo plazo, ya que forma parte del monto permanente de los activos corrientes necesarios para asegurar la operación del proyecto.

**TABLA 8
COSTOS FIJOS
(Quetzales)**

No.	DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	UNIDAD	COSTO UNITARIO	TOTAL
EDIFICIOS EXISTENTES					
1	Terreno	1	global	150,000.00	Q 150,000.00
2	Bodega y Guardiania	1	global	25,000.00	Q 25,000.00
3	Cerco Perimetral	3600	m	12.25	Q 44,100.00
4	Planta de tratamiento aguas residuales	1	global	425,000.00	Q 425,000.00
SUB TOTAL EDIFICIOS EXISTENTES					Q 644,100.00
EDIFICIOS NUEVOS					
1	Replanteo Planta de tratamiento aguas residuales	1	global	2,680,522.80	Q 2,680,522.80
SUB TOTAL EDIFICIOS NUEVOS					Q 2,680,522.80
TOTAL EDIFICIOS					Q 3,324,622.80
MAQUINARIA Y EQUIPO EXISTENTE					
1	Palas	2	u	35.00	Q 70.00
2	Rastrillos	2	u	45.00	Q 90.00
3	Cucharas	2	u	20.00	Q 40.00
4	Escobas	3	u	5.00	Q 15.00
5	Mangueras	2	u	45.00	Q 90.00
6	Carretillas	2	u	125.00	Q 250.00
7	Martillos	2	u	18.00	Q 36.00
8	Desarmadores	3	u	7.00	Q 21.00
9	Mascarillas	1	u	15.00	Q 15.00
10	Guantes	2	u	16.00	Q 32.00
SUB TOTAL MAQUINARIA Y EQUIPO EXISTENTES					Q 659.00
MAQUINARIA Y EQUIPO NUEVO					
1	Rastrillos	3	u	85.00	Q 255.00
2	Guantes industriales	3	u	55.00	Q 165.00
3	Botas industriales	3	u	65.00	Q 195.00
4	Palas	3	u	45.00	Q 135.00
5	Azadón	2	u	40.00	Q 80.00
6	Cubetas plásticas	5	u	25.00	Q 125.00
7	Mangueras	3	u	65.00	Q 195.00
8	Mascarillas industriales	3	u	65.00	Q 195.00
9	Carretillas	3	u	250.00	Q 750.00
10	Tijeras	2	u	35.00	Q 70.00
11	Machetes	3	u	35.00	Q 105.00
SUB TOTAL MAQUINARIA Y EQUIPO NUEVO					Q 2,270.00
TOTAL MAQUINARIA Y EQUIPO					Q 2,929.00
MOBILIARIO Y EQUIPO DE OFICINA EXISTENTE					
1	Escritorios	2	u	250.00	Q 500.00
2	Sillas ejecutivas	3	u	180.00	Q 540.00
3	Mesa	1	u	215.00	Q 215.00
4	Sillas de metal	4	u	35.00	Q 140.00
5	Computadoras	1	u	6,500.00	Q 6,500.00
SUB TOTAL MOBILIARIO Y EQUIPO DE OFICINA EXISTENTE					Q 7,895.00
MOBILIARIO Y EQUIPO DE OFICINA NUEVO					
1	Escritorios ejecutivos	4	u	450.00	Q 1,800.00
2	Sillas ejecutivas	5	u	275.00	Q 1,375.00
3	Mesa redonda para sesiones con sillas	1	u	650.00	Q 650.00
4	Sillas de metal	8	u	55.00	Q 440.00
5	Escritorios para computadoras operativas	4	u	550.00	Q 2,200.00
6	Escritorios para computadoras ejecutivas	2	u	650.00	Q 1,300.00
7	Dispensador de agua	2	u	350.00	Q 700.00
8	Computadoras operativas	4	u	5,500.00	Q 22,000.00
9	Computadoras ejecutivas	2	u	5,000.00	Q 10,000.00
10	Microondas	1	u	600.00	Q 600.00
11	Cafetera	1	u	250.00	Q 250.00
SUB TOTAL MOBILIARIO Y EQUIPO DE OFICINA NUEVO					Q 41,315.00
TOTAL MOBILIARIO Y EQUIPO DE OFICINA					Q 49,210.00
1	SUB-TOTAL				Q 3,376,761.80
2	IMPREVISTOS 10 %				Q 337,676.18
3	TOTAL INVERSIÓN FIJA				Q 3,714,437.98

Fuente: Elaboración propia con información corporación municipal.

2. Las inversiones en activos intangibles son todas aquellas que se realizan sobre activos constituidos por los servicios o derechos adquiridos necesarios para la puesta en marcha del proyecto. Constituyen inversiones intangibles susceptibles de amortizar y, al igual que la depreciación, afectarán al flujo de caja indirectamente por la vía de una disminución en la renta imponible y, por tanto, de los impuestos pagaderos. Los principales ítems que configuran esta inversión son los gastos de organización, las patentes y licencias, los gastos de puesta en marcha, la capacitación, las bases de datos y los sistemas de información preoperativas.

**TABLA 9
COSTOS INTANGIBLES
(Quetzales)**

No.	DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	UNIDAD	COSTO UNITARIO	TOTAL
CONSULTORIAS					
1	Asistencia técnica Administrativa	1	global	35,000.00	Q 35,000.00
2	Asistencia técnica para la planta de tratamiento	1	global	45,000.00	Q 45,000.00
3	Capacitaciones y adiestramiento Administrativo	1	global	60,000.00	Q 60,000.00
4	Capacitaciones y adiestramiento para la planta de tratamiento	1	global	75,000.00	Q 75,000.00
1	SUB-TOTAL				Q 215,000.00
2	IMPREVISTOS 10 %				Q 21,500.00
3	TOTAL INVERSIÓN INTANGIBLES				Q 236,500.00

Fuente: Elaboración propia con información corporación municipal.

3. La inversión en capital de trabajo constituye el conjunto de recursos necesarios, en la forma de activos corrientes, para la operación normal del proyecto durante un ciclo productivo (se denomina ciclo productivo al proceso que se inicia con el primer desembolso para cancelar los insumos de la operación y termina cuando se venden los insumos, transformados en productos terminados), para una capacidad y tamaño determinados. La teoría financiera se refiere normalmente al capital de trabajo que se denomina activos de corto plazo.

**TABLA 10
COSTOS CAPITAL DE TRABAJO EXISTENTE
(Quetzales)**

No.	DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	UNIDAD	COSTO UNITARIO	TOTAL
GASTOS FIJOS EXISTENTES					
1	Lector y Operario de agua y drenaje	2	mes	950.00	Q 1,900.00
2	Cobrador	1	mes	850.00	Q 850.00
3	Jefe de Agua y drenaje	1	mes	2,500.00	Q 2,500.00
Cuotas Patronales Administrativos					
1	Cuotas patronales (12.6%)		mes	0.13	Q 656.25
Otros Gastos Fijos					
1	Papelería y útiles de oficina	1	global	250.00	Q 250.00
2	Combustible y lubricantes	1	mes	450.00	Q 450.00
3	Disponibilidad de caja	1	global	500.00	Q 500.00
	SUB TOTAL GASTOS FIJOS				Q 7,106.25
1	SUB-TOTAL				Q 7,106.25
2	IMPREVISTOS 10 %				Q 710.63
3	TOTAL CAPITAL DE TRABAJO EXISTENTE				Q 7,816.88

Fuente: Elaboración propia con información corporación municipal.

**TABLA 11
COSTOS CAPITAL DE TRABAJO NUEVO
(Quetzales)**

No.	DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	UNIDAD	COSTO UNITARIO	TOTAL
GASTOS FIJOS NUEVOS					
1	Operarios de agua y drenaje	3	mes	1,125.00	Q 3,375.00
2	Operarios de la planta de tratamiento	2	mes	1,500.00	Q 3,000.00
3	Coordinador	1	mes	4,500.00	Q 4,500.00
4	Secretaria	1	u	950.00	Q 950.00
Cuotas Patronales Administrativos					
1	Cuotas patronales (12.6%)		mes	0.13	Q 1,478.13
Otros Gastos Fijos					
1	Telefonia	1	mes	195.00	Q 195.00
2	Papeleria y útiles de oficina	1	global	450.00	Q 450.00
3	Agua potable	1	mes	75.00	Q 75.00
4	Electricidad	1	mes	185.00	Q 185.00
5	Combustible y lubricantes	1	mes	850.00	Q 850.00
6	Disponibilidad de caja	1	global	1,500.00	Q 1,500.00
SUB TOTAL GASTOS FIJOS NUEVOS					Q 16,558.13
1	SUB-TOTAL				Q 16,558.13
2	IMPREVISTOS 10 %				Q 1,655.81
3	TOTAL CAPITAL DE TRABAJO NUEVO				Q 18,213.94

Fuente: Elaboración propia con información corporación municipal.

La inversión total existente (sin proyecto) y nueva (con proyecto) se presenta en las tablas 5 y 6.

**TABLA 12
INVERSIÓN TOTAL EXISTENTE (sin proyecto)
(Quetzales)**

No.	DESCRIPCIÓN	SUB TOTAL	TOTAL
INVERSIÓN FIJA EXISTENTE			Q 717,919.40
1	Edificios Existentes	Q 644,100.00	
2	Maquinaria y Equipo Existente	Q 659.00	
3	Mobiliario y equipo de oficina existente	Q 7,895.00	
INVERSIÓN INTANGIBLES EXISTENTE			Q 0.00
1	Ninguno	Q 0.00	
INVERSIÓN CAPITAL DE TRABAJO EXISTENTE			Q 7,816.88
1	Gastos Fijos	Q 7,816.88	
TOTAL DE INVERSIÓN EXISTENTE			Q 725,736.28

Fuente: Elaboración propia con información corporación municipal.

TABLA 13
INVERSIÓN TOTAL NUEVA (con proyecto)
(Quetzales)

No.	DESCRIPCIÓN	SUB TOTAL	TOTAL
INVERSIÓN FIJA NUEVO			Q 2,996,518.58
1	Edificios Nuevos	Q 2,680,522.80	
2	Maquinaria y Equipo Nuevos	Q 2,270.00	
3	Mobiliario y equipo de oficina Nuevos	Q 41,315.00	
INVERSIÓN INTANGIBLES NUEVO			Q 236,500.00
1	Consultorias	Q 236,500.00	
INVERSIÓN CAPITAL DE TRABAJO NUEVO			Q 18,213.94
1	Gastos Fijos	Q 18,213.94	
TOTAL DE INVERSIÓN NUEVO			Q 3,251,232.52

Fuente: Elaboración propia con información corporación municipal.

9.2 FINANCIAMIENTO

Las opciones de financiamiento están determinadas por la forma en que se adquieran los recursos necesarios para llevar a cabo las inversiones, se tiene contemplado obtener financiamiento de dos fuentes principales: Fuentes internas y fuentes externas.

Las fuentes internas son los recursos propios de la corporación municipal para llevar a cabo sus inversiones. Los recursos se obtendrán mediante varios aportes de las cooperaciones internacionales destinadas a la calidad de vida específicamente al saneamiento y medio ambiente:

• Cooperación Internacional	Q 1,050,500.00	80.77 %
• Corporación Municipal Retalhuleu	Q 250,000.00	19.23 %
TOTAL FUENTE INTERNA	Q 1,300,500.00	100.00 %

Las fuentes externas son aquellos recursos financieros provenientes de las actividades u operaciones generadas por entes o unidades económicas ajenas al proyecto, utilizados para expansión y crecimiento. Según el plan de inversión total la corporación municipal necesita un monto Q 3,251,233.00, con lo cual el préstamo a obtener asciende a la suma de Q 1,950,733.00.

• Nombre del Prestatario:	INFOM
• Monto préstamo:	Q 1,950,733.00
• Tasa de interés:	10 % anual (2.5 % trimestral)
• Plazo:	3 años
• Pago de interés:	anual
• Garantías:	% municipal trimestral
• Forma de pago:	Capital + intereses final c/trimestre a partir del segundo año

TABLA 14
PROYECCIÓN DE PAGO DE CAPITAL E INTERESES (con proyecto)
(Quetzales)

PRESTAMO	Q 1,950,733.00
INTERES ANUAL %	10.00
PAGO CAPITAL + INTERES	Q 244,732.90

No. TRIMESTRES	AMORTIZACIÓN INTERES	AMORTIZACIÓN CAPITAL	PAGO TRIMESTRAL	SALDO
0				Q 1,950,733.00
1	Q 48,768.33		Q 244,732.90	Q 1,950,733.00
2	Q 48,768.33		Q 244,732.90	Q 1,950,733.00
3	Q 48,768.33		Q 244,732.90	Q 1,950,733.00
4	Q 48,768.33	Q 195,964.57	Q 244,732.90	Q 1,754,768.43
5	Q 43,869.21	Q 200,863.68	Q 244,732.90	Q 1,553,904.75
6	Q 38,847.62	Q 205,885.28	Q 244,732.90	Q 1,348,019.47
7	Q 33,700.49	Q 211,032.41	Q 244,732.90	Q 1,136,987.06
8	Q 28,424.68	Q 216,308.22	Q 244,732.90	Q 920,678.84
9	Q 23,016.97	Q 221,715.92	Q 244,732.90	Q 698,962.92
10	Q 17,474.07	Q 227,258.82	Q 244,732.90	Q 471,704.10
11	Q 11,792.60	Q 232,940.29	Q 244,732.90	Q 238,763.80
12	Q 5,969.10	Q 238,763.80	Q 244,732.90	Q 0.00
TOTAL	Q 398,168.03	Q 1,950,733.00	Q 2,936,794.74	

Fuente: Elaboración y cálculos propios.

TABLA 15
INVERSION TOTAL Y FUENTES DE FINANCIAMIENTO (con proyecto)
(Quetzales)

No.	DESCRIPCIÓN	SUB TOTAL	TOTAL	RECUROS	
				PROPIOS	PRESTAMO
	INVERSIÓN FIJA NUEVO		Q 2,996,518.58		
1	Edificios Nuevos	Q 2,948,575.08		Q 997,842.08	Q 1,950,733.00
2	Maquinaria y Equipo Nuevos	Q 2,497.00		Q 2,497.00	
3	Mobiliario y equipo de oficina Nuevos	Q 45,446.50		Q 45,446.50	
	INVERSIÓN INTANGIBLES NUEVO		Q 236,500.00		
1	Consultorias	Q 236,500.00		Q 236,500.00	
	INVERSIÓN CAPITAL DE TRABAJO NUEVO		Q 18,213.94		
1	Gastos Fijos	Q 18,213.94		Q 18,213.94	
	TOTAL DE INVERSION NUEVO		Q 3,251,232.52	Q 1,300,500.00	Q 1,950,733.00
	PORCENTAJES		1.00	0.40	0.60

Fuente: Elaboración y cálculos propios.

9.3 EVALUACIÓN ECONOMICA

La evaluación económica del proyecto contempló el análisis bajo los indicadores:

- Valor Actual Neto (VAN)
- Tasa Interna de Retorno (TIR)
- Relación Beneficio costo
- Tarifa propuesta para el servicio de saneamiento
- Periodo de Recuperación de la inversión

La tasa de rendimiento mínima aceptable (TREMA), con que será evaluado el presente estudio será:

TABLA 16
TASA DE RENDIMIENTO MÍNIMA ACEPTABLE (TREMA)

ORIGEN DE LOS FONDOS	% APORTACIÓN	TASA REQUERIDA	PONDERACIÓN
Propios	40	0.20	8.00
Prestamo	60	0.10	6.00
TREMA PONDERADA			14.00

Fuente: Elaboración y cálculos propios.

La capacidad instalada a usar será del 100 %, de la degradación de las aguas residuales de la planta de tratamiento.

TABLA 17
CALCULO DE LA TARIFA PARA EL SERVICIO DE EL
TRATAMIENTO DE LAS AGUAS RESIDUALES
(SIN PROYECTO)

TASA ANUAL	14	%		COSTO ESTIMADO	AÑOS PERIODOS										
MUNICIPIO:	RETALHULEU					1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
DEPTO.:	RETALHULEU														
EGRESOS	OPERACION	operarios	5,250.00	6,460.30	8,560.08	12,051.90	17,844.42	27,559.16	44,104.65	72,748.02	123,125.45	213,038.57			
	INSUMOS	equipo de campo	659.00	810.92	1,074.49	1,512.80	2,239.90	3,459.33	5,536.18	9,131.61	15,465.18	26,741.41			
		repuestos tuberías	500.00	615.27	815.25	1,147.80	1,699.47	2,624.68	4,200.44	6,928.38	11,726.23	20,289.39			
		repuestos de accesorios de equipo	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00			
		jabon anti bacterias	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00			
	ADMINISTRACION	combustible	450.00	553.74	733.72	1,033.02	1,529.52	2,362.21	3,780.40	6,236.54	10,553.61	18,280.45			
		energia electrica	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00			
		papelaria	250.00	307.63	407.62	573.90	849.73	1,312.34	2,100.22	3,464.19	5,863.12	10,144.69			
		viaticos	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00			
	MENSUAL EGRESOS	gastos de transporte	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00			
			7,109.00	8,747.86	11,591.16	16,319.42	24,163.04	37,317.73	59,721.90	98,507.75	166,723.58	288,474.51			
INGRESO	ANUAL EGRESOS		85,308.00	104,974.26	139,093.89	195,893.03	289,956.52	447,812.75	716,662.82	1,182,092.99	2,000,683.00	3,481,694.15			
	CONEXIONES	viviendas	5,572.00	5,962.04	6,349.57	6,730.55	7,100.73	7,485.76	7,911.27	8,102.92	8,386.53	8,638.12			
	TARIFA SUPUESTA	costo	5.25			5.25			5.25			5.25			
	ANUAL INGRESOS		29,253.00	31,300.71	33,335.26	35,335.37	37,276.82	39,142.76	40,904.18	42,540.35	44,029.26	45,350.14			
	ANUAL INGRESOS		351,036.00	375,608.52	400,023.07	424,024.46	447,345.80	469,713.09	490,850.18	510,484.19	528,351.14	544,201.67			
	SUPERHABIT ANUAL		265,728.00	270,634.26	269,938.18	228,191.43	157,389.28	21,900.34							
	DEFICIT ANUAL														
	COMPLEMENTO														
	TARIFA ADOPTADA MENSUAL		5.25	5.25	5.25	5.25	5.25	5.25	5.25	5.25	5.25	5.25	5.25	5.25	
	AHORRO MENSUAL		22144.00	22552.85	21744.10	19015.95	13115.77	1825.03	NOVALIDO	5.25	NO VALIDO	NO VALIDO	5.25	NO VALIDO	

FUENTE: Elaboración propia con información de la corporación municipal de Retalhuleu.

TABLA 18
ESTADO DE RESULTADOS PROYECTADOS
(SIN PROYECTO)

DESCRIPCIÓN	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
(-) INVERSION FIJA EXISTENTE											
Edificios Existentes		708,510.00	708,510.00	708,510.00	708,510.00	708,510.00	708,510.00	708,510.00	708,510.00	708,510.00	708,510.00
Maquinaria y Equipo Existente		724.90	724.90	746.65	746.65	769.05	769.05	792.12	792.12	815.88	815.88
Mobiliario y equipo de oficina existente		8,684.50	8,684.50	8,684.50	8,684.50	9,118.73	9,118.73	9,118.73	9,118.73	9,574.66	9,574.66
(-) INVERSION INTANGIBLES EXISTENTE											
Ninguno		0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
(-) INVERSION CAPITAL DE TRABAJO EXISTENTE											
Gastos Fijos		93,802.50	99,430.65	105,396.49	111,720.28	118,423.50	125,528.90	133,060.64	141,044.28	149,506.93	158,477.35
(+) INGRESO DE TARIFA ANUAL											
Tarifa, sin proyecto		351,036.00	375,608.52	400,023.07	424,024.46	447,345.80	469,713.09	490,850.18	510,484.19	528,351.14	544,201.67
UTILIDAD NETA DEL EJERCICIO											
		-460,685.90	-441,741.53	-423,314.56	-405,636.97	-389,475.46	-374,213.58	-360,631.30	-348,980.93	-340,056.34	-333,176.22

FUENTE: Elaboración propia con información de la corporación municipal de Retalhuleu.

TABLA 19
CALCULO DE LA TARIFA PARA EL SERVICIO DE EL
TRATAMIENTO DE LAS AGUAS RESIDUALES
(CON PROYECTO)

TASA ANUAL	14	%		COSTO ESTIMADO	ANOS PERIODOS	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
MUNICIPIO:	RETALHULEU															
DEPTO.:	RETALHULEU															
EGRESOS	OPERACION			6,735.00		8,287.84	10,981.35	15,460.86	22,891.84	35,354.47	55,579.97	83,325.32	157,952.36	273,298.05		
	INSUMOS			2,270.00		2,793.31	3,701.21	5,211.01	7,715.59	11,916.06	19,070.01	31,454.86	53,237.10	92,113.82		
				1,500.00		1,845.80	2,445.74	3,443.40	5,098.41	7,874.05	12,601.33	20,785.15	35,178.70	60,868.16		
				1,000.00		1,230.53	1,630.49	2,295.60	3,398.94	5,249.36	8,400.89	13,866.77	23,452.47	40,578.78		
				500.00		615.27	815.25	1,147.80	1,699.47	2,624.68	4,200.44	6,928.38	11,726.23	20,289.39		
				850.00		1,045.95	1,385.92	1,951.26	2,899.10	4,461.96	7,140.75	11,778.25	19,934.60	34,491.96		
				185.00		227.65	301.64	424.69	628.80	971.13	1,554.16	2,563.50	4,338.71	7,507.07		
				450.00		553.74	733.72	1,033.02	1,529.52	2,362.21	3,780.40	6,235.54	10,553.61	18,260.45		
				1,500.00		1,845.80	2,445.74	3,443.40	5,098.41	7,874.05	12,601.33	20,785.15	35,178.70	60,868.16		
				500.00		615.27	815.25	1,147.80	1,699.47	2,624.68	4,200.44	6,928.38	11,726.23	20,289.39		
	MENSUAL EGRESOS			15,490.00		19,060.95	25,296.30	35,558.84	52,849.53	81,372.65	130,129.73	214,841.31	363,278.70	629,588.23		
	ANUAL EGRESOS			185,880.00		228,731.38	303,075.59	426,706.10	631,794.42	975,551.80	1,561,556.76	2,575,695.67	4,359,344.46	7,542,782.73		
INGRESO	CONEXIONES viviendas			5,572.00		5,962.04	6,340.57	6,730.55	7,100.73	7,455.76	7,791.27	8,102.92	8,396.53	8,638.12		
	TARIFA SUPUESTA costo			50.00		50.00	50.00	50.00	50.00	50.00	50.00	50.00	50.00	50.00		
	MENSUAL INGRESOS			278,800.00		298,102.00	317,478.63	336,527.35	355,036.35	372,788.17	389,563.64	405,146.18	419,326.30	431,906.09		
	ANUAL INGRESOS			3,343,200.00		3,577,224.00	3,809,743.56	4,038,328.17	4,260,436.22	4,473,458.03	4,674,763.65	4,861,754.19	5,031,915.59	5,182,873.06		
	SUPERHABIT ANUAL			5,167,300.00		5,348,492.62	5,568,667.97	5,811,622.08	6,078,641.80	6,349,706.23	6,613,206.88	6,872,571.13				
	DEFICIT ANUAL															
COMPLEMENTO																
	TARIFA ADOPTADA MENSUAL			50.00		50.00	50.00	50.00	50.00	50.00	50.00	50.00	50.00	50.00		
	AHORRO MENSUAL			263,110.00		279,041.05	292,222.33	300,968.51	302,386.82	291,475.52	259,433.91	190,504.88	56,047.59	NO VALIDO		

FUENTE: Elaboración propia con información de la corporación municipal de Retalhuleu.

TABLA 20
ESTADO DE RESULTADOS PROYECTADOS
(CON PROYECTO)

DESCRIPCION	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
(-) INVERSIÓN FIJA NUEVO											
Edificios Nuevos (unidades de tratamiento)		2,948,575.08	2,948,575.08	2,948,575.08	2,948,575.08	2,948,575.08	2,948,575.08	2,948,575.08	2,948,575.08	2,948,575.08	2,948,575.08
Maquinaria y Equipo Nuevos		2,497.00	2,497.00	2,497.00	2,497.00	2,497.00	2,497.00	2,497.00	2,497.00	2,497.00	2,497.00
Mobiliario y equipo de oficina Nuevos		45,446.50	45,446.50	45,446.50	45,446.50	45,446.50	45,446.50	45,446.50	45,446.50	45,446.50	45,446.50
(-) INVERSIÓN INTANGIBLES NUEVO											
Consultorías		236,500.00	236,500.00	236,500.00	236,500.00	236,500.00	236,500.00	236,500.00	236,500.00	236,500.00	236,500.00
(-) INVERSIÓN CAPITAL DE TRABAJO NUEVO											
Gastos Fijos		218,567.25	231,681.29	245,582.16	260,317.09	275,936.12	292,492.28	310,041.82	328,644.33	348,362.99	369,264.77
(+) INGRESO DE TARIFA ANUAL		3,451,988.83	3,464,699.87	3,478,675.65	3,500,505.58	3,518,474.09	3,535,030.26	3,559,967.12	3,578,569.63	3,600,756.08	3,629,269.26
Tarifa, con proyecto		3,343,200.00	3,577,224.00	3,809,743.56	4,038,328.17	4,260,436.22	4,473,458.03	4,674,763.65	4,861,754.19	5,031,915.59	5,182,873.06
UTILIDAD NETA DEL EJERCICIO		-108,385.83	112,524.14	331,067.91	537,822.59	741,962.13	938,427.78	1,114,796.53	1,283,184.57	1,431,159.51	1,553,603.80

FUENTE: Elaboración propia con información de la corporación municipal de Retalhuleu.

TABLA 21
FLUJO NETO DE FONDOS PROYECTADO
(SIN PROYECTO)

TASA DE RENDIMIENTO MÍNIMA	14	%
Flujos	-441,741.53	-423,314.56
Factor de Descuento	0.87719	0.59208
Flujo Ajustado, Factor de Descuento	-339,905.76	-285,725.27
VAN	(2,103,581.55)	
TIR		

	-441,741.53	-423,314.56	-405,636.97	-389,475.46	-374,213.58	-360,631.30	-348,980.93	-340,056.34	-333,176.22
	0.87719	0.67497	0.59208	0.51937	0.45559	0.39964	0.35056	0.30751	0.26974
	-339,905.76	-285,725.27	-240,169.65	-202,281.35	-170,486.67	-144,121.73	-122,338.42	-104,570.03	-89,872.22
VAN	(2,103,581.55)								
TIR									

FUENTE: Elaboración propia con información de la corporación municipal de Retalhuleu.

TABLA 22
FLUJO NETO DE FONDOS PROYECTADO
CON PRESTAMO TOTAL
(CON PROYECTO)

TASA DE RENDIMIENTO MÍNIMA	14.00	%
Utilidad neta del ejercicio	(3,251,232.52)	-108,385.83
(-) Pago a capital	1,631,558.08	1,631,558.08
(-) Intereses	325,123.25	325,123.25
Flujo Neto de Fondos	(3,251,232.52)	-2,065,067.16
VAN	(873,359.25)	
TIR	13.22%	

	112,524.14	331,067.91	537,822.59	741,962.13	938,427.78	1,114,796.53	1,283,184.57	1,431,159.51	1,553,603.80
	1,631,558.08	1,631,558.08	1,631,558.08	1,631,558.08	1,631,558.08	1,631,558.08	1,631,558.08	1,631,558.08	1,631,558.08
	241,404.13	97,088.23	325,123.25	1,397,578.40	537,822.59	741,962.13	938,427.78	1,114,796.53	1,283,184.57
	-1,760,438.07	-1,397,578.40	-1,026,455.15	-741,962.13	-537,822.59	-325,123.25	-202,281.35	-122,338.42	-89,872.22
VAN	(873,359.25)								
TIR	13.22%								

FUENTE: Elaboración propia con información de la corporación municipal de Retalhuleu.

TABLA 23
FLUJO NETO DE FONDOS PROYECTADO
CON PRESTAMO PARCIAL
(CON PROYECTO)

TASA DE RENDIMIENTO MÍNIMA	14.00	%
Utilidad neta del ejercicio	(1,950,733.00)	-108,385.83
(-) Pago a capital	1,950,733.00	1,950,733.00
(-) Intereses	195,073.30	195,073.30
Flujo Neto de Fondos	(1,950,733.00)	-1,282,390.71
VAN	2,611,631.86	
TIR	22.10%	

	112,524.14	331,067.91	537,822.59	741,962.13	938,427.78	1,114,796.53	1,283,184.57	1,431,159.51	1,553,603.80
	1,950,733.00	1,950,733.00	1,950,733.00	1,950,733.00	1,950,733.00	1,950,733.00	1,950,733.00	1,950,733.00	1,950,733.00
	144,841.99	97,088.23	195,073.30	741,962.13	285,725.27	399,636.97	514,741.53	631,306.34	746,850.83
	-1,011,249.44	-744,951.90	-537,822.59	-325,123.25	-202,281.35	-122,338.42	-89,872.22	-57,927.22	-26,974.22
VAN	2,611,631.86								
TIR	22.10%								

FUENTE: Elaboración propia con información de la corporación municipal de Retalhuleu.

TABLA 24
FLUJO NETO DE FONDOS ACTUALIZADOS PROYECTADO
CON PRESTAMO TOTAL, RELACIÓN BENEFICIO COSTO
(CON PROYECTO)

DESCRIPCIÓN	TASA DE RENDIMIENTO MÍNIMA										
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Ingresos (tarifa) con proyecto	0.00	3,343,200.00	3,577,224.00	3,809,743.56	4,038,328.17	4,260,436.22	4,473,458.03	4,674,763.65	4,861,754.19	5,031,915.59	5,182,873.06
Egresos (sumatoria de inversiones) con proyecto	3,251,232.52	3,451,585.83	3,464,699.87	3,478,675.65	3,500,505.58	3,518,474.09	3,535,030.26	3,559,967.12	3,578,569.63	3,600,756.08	3,629,269.26
Factor de actualización de Ingresos e Egresos actualizados	1	0.87719	0.76947	0.67497	0.59208	0.51937	0.45559	0.39964	0.35056	0.30751	0.26974
Ingresos actualizados	0.00	2,932,631.58	2,752,557.71	2,571,468.39	2,391,014.47	2,212,737.07	2,038,047.30	1,868,210.03	1,704,331.95	1,547,354.01	1,398,047.92
Egresos actualizados	3,251,232.52	3,027,706.87	2,665,974.04	2,348,006.98	2,072,580.32	1,827,385.19	1,610,512.23	1,422,695.73	1,254,499.99	1,107,261.10	978,972.92
Suma Ingresos actualizados	21,416,400.43										
Suma Egresos actualizados	21,566,827.87										
Relación Beneficio Costo	0.99										

FUENTE: Elaboración propia con información de la corporación municipal de Retalhuleu.

TABLA 25
FLUJO NETO DE FONDOS ACTUALIZADOS PROYECTADO
CON PRESTAMO PARCIAL, RELACIÓN BENEFICIO COSTO
(CON PROYECTO)

DESCRIPCIÓN	TASA DE RENDIMIENTO MÍNIMA										
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Ingresos (tarifa) con proyecto	0.00	3,343,200.00	3,577,224.00	3,809,743.56	4,038,328.17	4,260,436.22	4,473,458.03	4,674,763.65	4,861,754.19	5,031,915.59	5,182,873.06
Egresos (sumatoria de inversiones) con proyecto	1,950,733.00	3,451,585.83	3,464,699.87	3,478,675.65	3,500,505.58	3,518,474.09	3,535,030.26	3,559,967.12	3,578,569.63	3,600,756.08	3,629,269.26
Factor de actualización de Ingresos e Egresos actualizados	1	0.87719	0.76947	0.67497	0.59208	0.51937	0.45559	0.39964	0.35056	0.30751	0.26974
Ingresos actualizados	0.00	2,932,631.58	2,752,557.71	2,571,468.39	2,391,014.47	2,212,737.07	2,038,047.30	1,868,210.03	1,704,331.95	1,547,354.01	1,398,047.92
Egresos actualizados	1,950,733.00	3,027,706.87	2,665,974.04	2,348,006.98	2,072,580.32	1,827,385.19	1,610,512.23	1,422,695.73	1,254,499.99	1,107,261.10	978,972.92
Suma Ingresos actualizados	21,416,400.43										
Suma Egresos actualizados	20,266,328.35										
Relación Beneficio Costo	1.06										

FUENTE: Elaboración propia con información de la corporación municipal de Retalhuleu.

TABLA 26
FLUJO NETO DE FONDOS ACTUALIZADOS PROYECTADO
CON PRESTAMO TOTAL (CON PROYECTO)

	14.00	%											
TASA DE RENDIMIENTO MÍNIMA	14.00												
Flujos	(3,251,232.52)	-108,385.83	112,524.14	331,067.91	537,822.59	741,962.13	938,427.78	1,114,796.53	1,283,184.57	1,431,159.51	1,553,603.80		
Factor de Descuento	1	0.87719	0.76947	0.67497	0.59208	0.51937	0.45559	0.39764	0.35056	0.30751	0.26974		
Flujo Ajustado, Factor de Descuento	(3,251,232.52)	-95,075.29	86,583.67	223,461.41	318,434.15	385,351.88	427,535.07	445,514.30	449,831.97	440,092.92	419,075.01		
VAN	(150,427.44)												
TIR	13.22%												

FUENTE: Elaboración propia con información de la corporación municipal de Retalhuleu.

TABLA 27
FLUJO NETO DE FONDOS ACTUALIZADOS PROYECTADO
CON PRESTAMO PARCIAL (CON PROYECTO)

	14.00	%											
TASA DE RENDIMIENTO MÍNIMA	14.00												
Flujos	(1,950,733.00)	-108,385.83	112,524.14	331,067.91	537,822.59	741,962.13	938,427.78	1,114,796.53	1,283,184.57	1,431,159.51	1,553,603.80		
Factor de Descuento	1	0.87719	0.76947	0.67497	0.59208	0.51937	0.45559	0.39764	0.35056	0.30751	0.26974		
Flujo Ajustado, Factor de Descuento	(1,950,733.00)	-95,075.29	86,583.67	223,461.41	318,434.15	385,351.88	427,535.07	445,514.30	449,831.97	440,092.92	419,075.01		
VAN	1,150,072.08												
TIR	22.10%												

FUENTE: Elaboración propia con información de la corporación municipal de Retalhuleu.

edificios (unidades de tratamiento) se mantendrán su valor inicial
maquinaria y equipo se mantendrá cada 2 años y se incrementará en 3 %
mobiliario y equipo de oficina se mantendrá cada 4 años y se incrementará en 5 %
consultorías se mantendrá cada 3 años y se incrementará en 3 %
gastos fijos se incrementará en 6 % anual

TABLA 28
PROYECCIÓN DE PAGO DE CAPITAL E INTERESES (con proyecto)
SI EL PRESTAMO FUERA COMPLETO
(Quetzales)

PRESTAMO	Q 3,251,232.52
INTERES ANUAL %	10.00
PAGO CAPITAL + INTERES	Q 407,889.52

No. TRIMESTRES	AMORTIZACIÓN INTERES	AMORTIZACIÓN CAPITAL	PAGO TRIMESTRAL	SALDO
0				Q 3,251,232.52
1	Q 81,280.81		Q 407,889.52	Q 3,251,232.52
2	Q 81,280.81		Q 407,889.52	Q 3,251,232.52
3	Q 81,280.81		Q 407,889.52	Q 3,251,232.52
4	Q 81,280.81	Q 326,608.71	Q 407,889.52	Q 2,924,623.81
5	Q 73,115.60	Q 334,773.93	Q 407,889.52	Q 2,589,849.89
6	Q 64,746.25	Q 343,143.27	Q 407,889.52	Q 2,246,706.61
7	Q 56,167.67	Q 351,721.86	Q 407,889.52	Q 1,894,984.76
8	Q 47,374.62	Q 360,514.90	Q 407,889.52	Q 1,534,469.86
9	Q 38,361.75	Q 369,527.77	Q 407,889.52	Q 1,164,942.08
10	Q 29,123.55	Q 378,765.97	Q 407,889.52	Q 786,176.12
11	Q 19,654.40	Q 388,235.12	Q 407,889.52	Q 397,941.00
12	Q 9,948.52	Q 397,941.00	Q 407,889.52	Q 0.00
TOTAL	Q 663,615.61	Q 3,251,232.52	Q 4,894,674.24	

Fuente: Elaboración y cálculos propios.

SIN PROYECTO

En las tablas 18 y 21, se puede reflejar que el manejo en la administración, operación y mantenimiento de la planta de tratamiento, no es beneficioso para la corporación municipal, ya que le genera déficit financiero en mantener la planta de tratamiento funcionando, ya que por el servicio se tiene una tarifa baja (tabla 17) y no se tiene el adecuado análisis para poder establecer una tarifa acorde al proyecto.

Se deduce con este análisis financiero (tablas 17, 18 y 21) que no es rentable económicamente a la corporación municipal tener un proyecto que solo genere egresos, ya que, por ser un proyecto que cuenta con beneficios sociales, es el más importante, y es la descontaminación de las aguas residuales del municipio, generadas por las viviendas. Por lo que la municipalidad tiene que mantener en funcionamiento este proyecto, aunque tenga pérdidas.

Este análisis efectuado sin proyecto, refleja el proyecto tal y como está actualmente, solo implementando algunas mejoras en la administración, y no así en las unidades de tratamiento para mejorar la degradación de las aguas residuales, ya que actualmente la planta no está funcionando con una eficiencia del 100 %.

CON PROYECTO

El proyecto desde el punto de vista social cuenta con beneficios, y se mencionan algunos:

- Descontaminación de las aguas residuales domesticas del municipio.
- El ecosistema natural o ambiental sin intervención por contaminantes orgánicos.
- Concentración de los desechos líquidos en un solo punto.

Aunque, el proyecto no tenga rentabilidad económica es importante su funcionamiento, su proceso de operación y mantenimiento como su administración.

Se realizan algunos análisis económicos con la situación con proyecto y se efectuará un análisis desde el punto de vista privado, con el afán de que la corporación municipal tenga la visión de rentabilidad económica y no retornable (aunque su finalidad primordial es dar beneficios sociales y no lucrar), para contar con ingresos y mejorar las condiciones sanitarias y las obras de tratamiento, para degradar las aguas residuales al 100 %.

Aplicando los criterios de capacitar y adiestrar a los operarios, como también al personal de la administración de los servicios de agua y drenaje (abarcando la planta de tratamiento), la corporación municipal de Retalhuleu contará con una eficiencia en los servicios y una pronta respuesta para operarlos, mantenerlos y para cualquier eventualidad catastrófica. En la tabla 19, se propone la aplicación de una tarifa mínima de Q 50.00, donde se generará más ingresos que egresos, en la tabla 20 se muestra el flujo de fondos con los egresos generados en la administración, operación y mantenimiento del proyecto del tratamiento de las aguas residuales, teniendo como resultado una utilidad neta positiva con proyecto.

En la tabla 26 se efectúa el análisis económico con la metodología VAN y TIR (la tabla 22 es igual), se propone que toda la inversión sea financiada el 100 % de la inversión con proyecto, Q 3,251,233.00, generando una TIR de 13.22 % en el punto de equilibrio igual a cero, y un VAN de – Q 150,427.44, en resumen para el financiamiento total el proyecto es rentable a una tasa menor de 13.22 %, aunque el VAN diga lo contrario, ver la relación TIR vrs. VAN en la grafica 28.

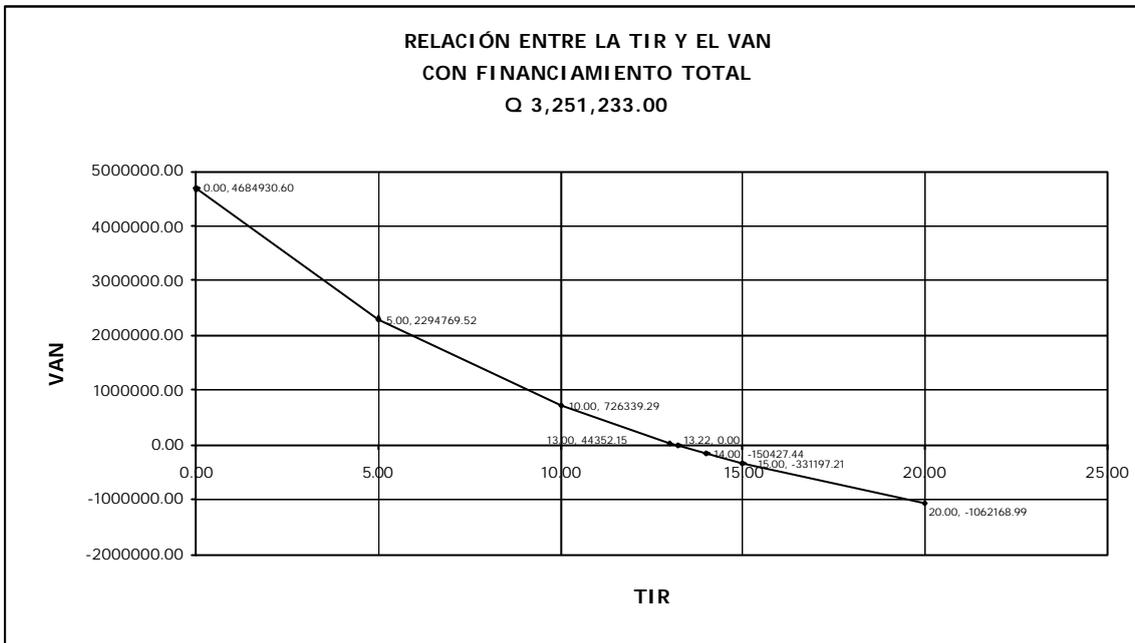
De igual forma se realizo el análisis económico con proyecto para el financiamiento parcial 60 %, Q 1.950,733.00, ya que el complemento 40 % lo pondrá la corporación municipal.

En la tabla 27 (la tabla 23 es igual) se muestra los resultados obtenidos una TIR 22.10 % en el punto de equilibrio igual a cero, y un VAN de Q 1,150,072.08, deduciendo que se obtendrán mejores rentabilidades económicas con el financiamiento parcial para la corporación municipal, también se muestra en la grafica 29, la relación de la TIR vrs. VAN, para este análisis.

Los beneficios para este análisis del financiamiento parcial (1.06) es mayor que 1 (ver tabla 25), mientras que los beneficios para el análisis del financiamiento total (0.99), es menor que 1 (ver tabla 24).

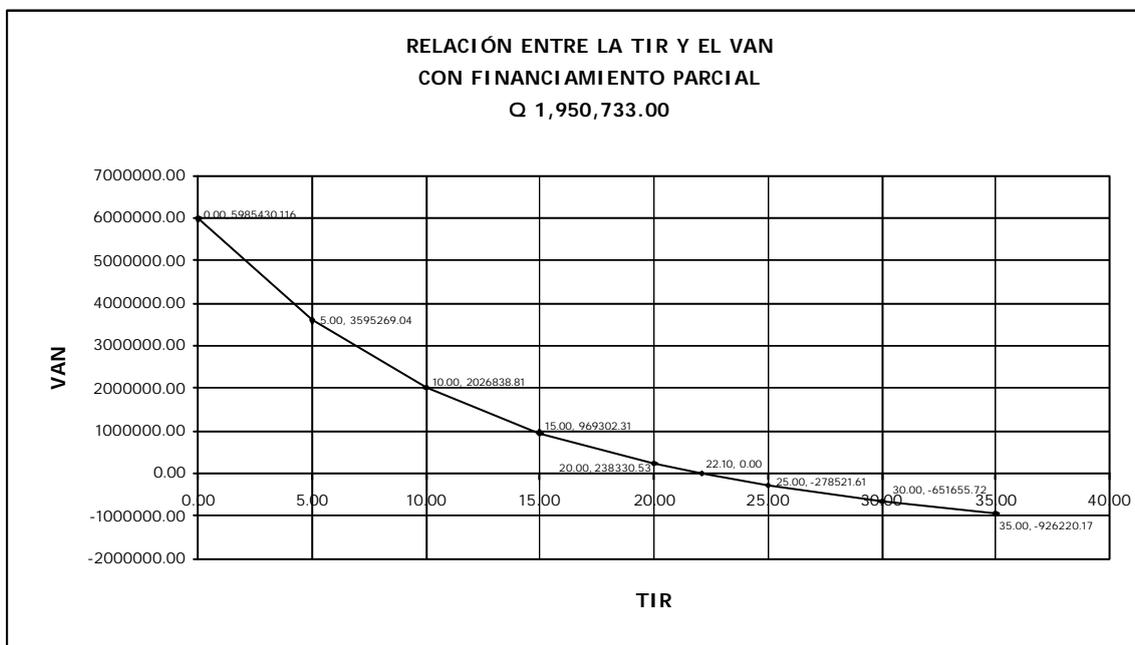
Finalizando que generara más ingresos la corporación municipal si no se endeuda demasiado y obtendrá más beneficios económicos para dar un mejor servicio al usuario, mejorando la administración, la operación y mantenimiento de la planta de tratamiento de aguas residuales

**GRAFICA 28
RELACIÓN TIR VRS VAN**



Fuente: Elaboración y cálculos propios.

**GRAFICA 29
RELACIÓN TIR VRS VAN**



Fuente: Elaboración y cálculos propios.

Las graficas 28 (con financiamiento total) y 29 (con financiamiento parcial) muestran la relación de la evaluación del valor máximo que puede alcanzar el VAN y el TIR máximo cuando el VAN sea cero. Indicando el rango optimo de rentabilidad de la evaluación realizada al proyecto.

BENEFICIOS Y COSTOS

Para la identificación de beneficios y costos del proyecto que son pertinentes para su evaluación se definió la situación base optimizada o situación sin proyecto. La comparación de lo que sucede con proyecto *versus* lo que hubiera sucedido sin proyecto, se definieron los costos y beneficios.

Los costos y beneficios sociales podrán ser distintos de los contemplados por una evaluación privada económica porque:

- Los valores (precios) de bienes o servicios difieren del que paga o recibe el inversionista privado.
- Parte de los beneficios y costos recaen sobre terceros (externalidades o efectos indirectos)

Beneficios privados

Son todos aquellos flujos monetarios y/o económicos que se perciben. Pueden ser evaluados y comprenden los siguientes conceptos:

- Los ingresos adicionales por el cobro del servicio de saneamiento a los usuarios del agua potable.
- La venta de agua tratada para diversos usos.

En el caso que una Empresa proporcione el servicio de tratamiento los beneficios son:

- El cobro que se efectúe al organismo operador por el tratamiento de las aguas residuales.

Beneficios sociales

Los beneficios sociales por descontaminación de una planta de tratamiento de aguas residuales son:

- Mejoramiento de la calidad ambiental, por eliminación de olores, mosquitos, fauna nociva, etc.
- Mejoramiento de la salud de la población, por disminución de enfermedades (ahorro en costos de tratamiento de enfermedades de los habitantes de la zona de influencia).
- Aumento en la disponibilidad de agua, cuyo uso puede ser riego agrícola o la sustitución de agua potable.
- Mejoramiento de la calidad del agua debido al tratamiento, lo que permite un incremento en la productividad de las zonas agrícolas que utilizan el agua, al cambiar a cultivos más rentables.

- Ahorro en costos de potabilización de agua extraída en la zona de acuíferos afectados (en su caso).
- Incremento en la plusvalía de bienes inmuebles (no agrícolas) en su caso.

Costos Privados

Son todos los costos en que incurre la empresa de agua y drenaje o la entidad ejecutora del proyecto. Corresponden a aquellos costos de insumos a precios de mercado e incluyen:

- Estudios y diseños (pre-inversión)

Costos de inversión:

- Insumos en materiales
- Máquinas y equipos
- Mano de obra para la ejecución del proyecto

De igual modo para la operación del proyecto:

- Mano de obra para la operación del proyecto
- Insumos en materiales y mano de obra para el mantenimiento
- Energía
- Consumibles (polímeros, cloro, etc.)
- Análisis de laboratorios
- Máquinas y equipos de reposición.

Los precios deben incluir todos los impuestos que gravan los materiales, maquinarias y equipos. Para la mano de obra deben incluir las prestaciones de ley, premios, bonificaciones, etc. Si se emplean insumos de la empresa ejecutora del proyecto, el valor de ellos queda determinado por su valor alternativo.

Costos Sociales

Deben valorarse a los respectivos precios sociales:

- Deducidos de la situación de oferta y demanda para las unidades requeridas por el proyecto.
- Eliminando las distorsiones producidas por la existencia de impuestos y subsidios.

El costo de los insumos:

- Estudios y diseños
- Construcción, operación y mantenimiento del proyecto

Para los costos sociales de construcción, operación y mantenimiento deben descontarse:

- Los impuestos (IVA)
- Derechos de aduana
- Otros impuestos específicos

Como externalidad o costo indirecto se deben analizar y tratar de valorar:

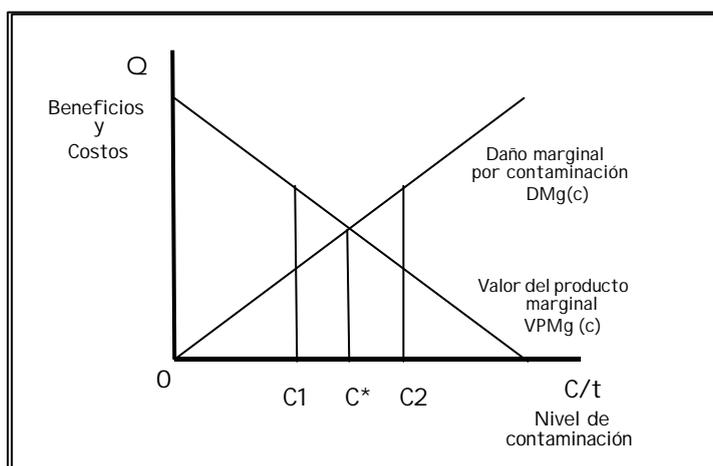
- Enfermedades causadas a habitantes de la zona
- Pérdidas en la plusvalía de los bienes inmuebles
- Muerte de fauna acuática existente
- Restricción en diversos usos del agua
- Malos olores
- Mala estética

El nivel óptimo de contaminación se encuentra donde se maximiza la diferencia entre beneficios y costos totales de descontaminar el Agua Residual.

El tratamiento de las aguas residuales es un proceso de producción que proporciona el servicio de limpieza de las aguas residuales con la finalidad de mejorar el ambiente, y adicionalmente, arroja como producto agua tratada. La limpieza de las aguas residuales pretende resolver el problema del deterioro de los cuerpos de agua que reciben las descargas; es decir, trata con un problema de contaminación. Y para el análisis económico la contaminación puede ser considerada como un factor de la producción. Esto significa que el proceso de producción de tal o cual bien o servicio implica, en ocasiones, ensuciar, degradar o utilizar el ambiente, y como toda utilización de recursos implica la generación de beneficios y costos.

En el grafico, los costos estarían representados por una curva con pendiente positiva que expresaría el costo marginal de cada unidad de contaminación que le es impuesto a la comunidad por los daños ocasionados al ambiente. Los beneficios se representarían por una curva con pendiente negativa que expresaría el valor del producto marginal, o beneficios, que para un proceso productivo le reporta la generación de unidades de contaminación o la utilización de unidades del ambiente.

GRAFICA30
Análisis económico de la contaminación



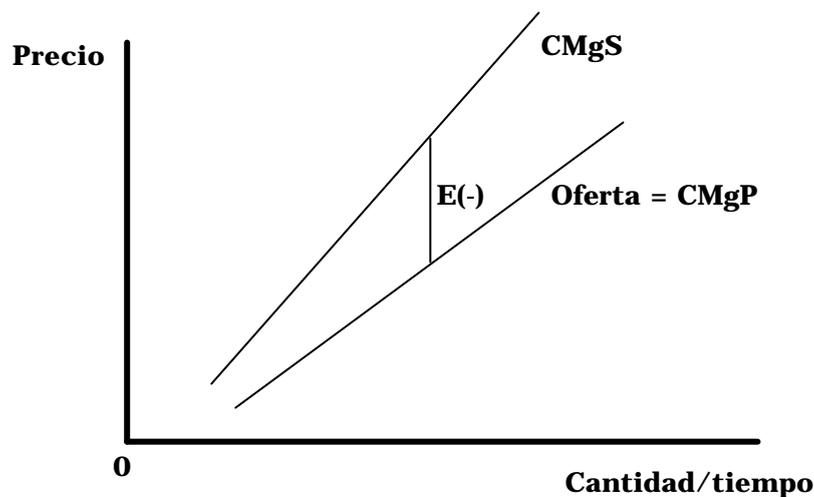
Fuente: Call y Holahan; Microeconomía;

El punto en donde $DMg(c) = VPMg(c)$ nos indica el nivel óptimo social de contaminación C^* , ya que los beneficios y costos marginales son iguales. En el nivel C_1 , el valor del

producto marginal es mayor que los daños ocasionados, mientras que en el nivel C_2 los daños son mayores que el valor del producto marginal.

Si los agentes que generan la contaminación no internalizan ese costo o no compensan de alguna manera la contaminación que ocasionan, se puede decir que tales costos son externos a ellos; es decir, la contaminación habría de ser considerada como una externalidad negativa de tal o cual proceso de producción. Gráficamente, esta externalidad podría ser representada como se muestra en la grafica 31.

GRAFICA 31
Externalidad negativa en la producción

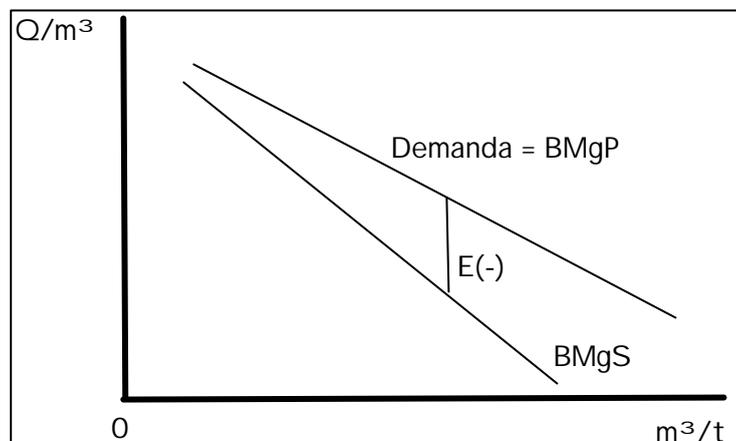


Fuente: Call y Holahan; Microeconomía;

La curva de oferta representa el costo marginal privado (CMgP) de los procesos de producción que utilizan agua. El costo marginal social (CMgS) está representado por una curva que se encuentra por encima del CMgP ilustrando el hecho de que, ante la ausencia de tratamiento, el uso de agua potable en algún proceso productivo, con el consecuente deterioro de su calidad, representa cierto nivel de costos privados, pero implica también la imposición, al resto de la comunidad, de los costos que van implícitos en el deterioro de los cuerpos de agua que reciben las descargas de aguas residuales. Es por eso que los costos sociales de producir ese bien son mayores a los privados. Esta es la externalidad negativa [E(-)], cuyo monto está representado por la distancia vertical que separa ambas curvas.

Parece, entonces, que el análisis de este tipo de externalidad tendría que hacerse en cada uno de los procesos productivos que la generan. Sin embargo, es posible simplificar de manera significativa el problema, ya que todos aquellos procesos productivos pueden ser considerados como consumidores de agua potable. Por tanto, se puede visualizar al problema como una externalidad negativa por el consumo de agua potable, ya que quien la consume también la ensucia y al descargarla deteriora la calidad de los cuerpos de agua que la reciben. Gráficamente, esta externalidad podría ser representada sobre el mercado de agua potable como se muestra en la grafica 32.

GRAFICA 32
Externalidad negativa por el consumo de agua potable

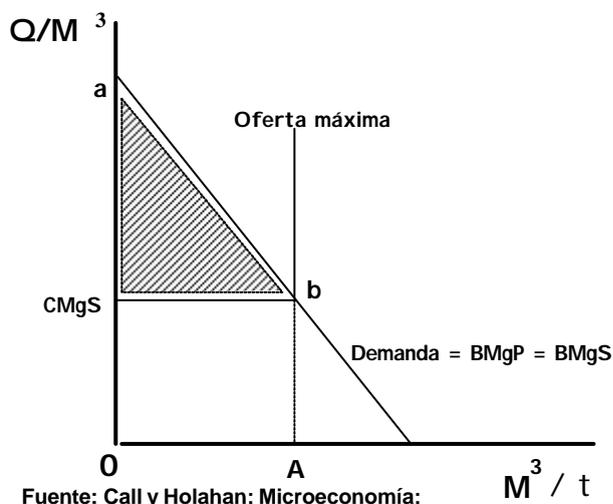


Fuente: Call y Holahan; Microeconomía;

La curva de demanda representa el beneficio marginal privado por el consumo de agua potable, mientras que el beneficio marginal social (BMgS) está representado por una curva que se encuentra por debajo del BMgP, grafica 32, el hecho de que, ante la ausencia de tratamiento, el consumo de agua potable representa cierto nivel de beneficios privados para quien la consume, pero implica también la imposición, al resto de la comunidad, de los costos que van implícitos en el deterioro de los cuerpos de agua que reciben las descargas de aguas residuales. Esta es la externalidad negativa $E(-)$, cuyo monto está representado por la distancia vertical que separa ambas curvas.

Al aparecer la oferta de agua tratada o ampliar su disponibilidad, el proyecto permitirá la realización de consumos que anteriormente eran imposibles en virtud de las restricciones de la oferta. Como consecuencia del proyecto se observaría, entonces, un beneficio por el bienestar asociado a la satisfacción de una demanda por agua tratada, como se muestra en la grafica figura 33.

GRAFICA 33
Beneficio por consumo de agua tratada



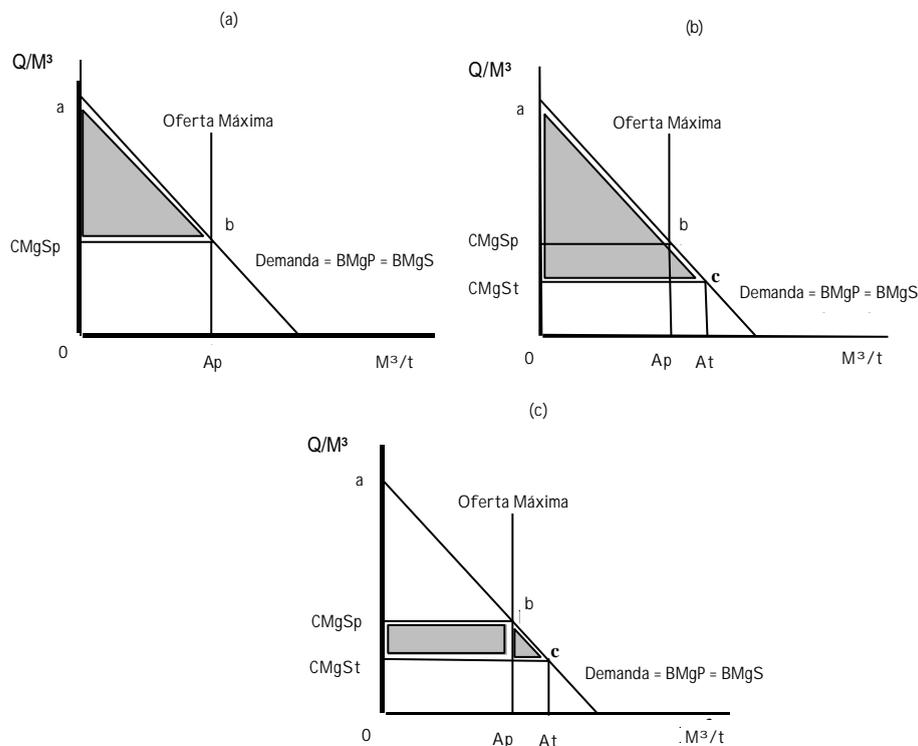
Fuente: Call y Holahan; Microeconomía;

Dada una oferta máxima de agua tratada que hará posible nuevos consumos, representada por una línea vertical que denota la existencia de una capacidad máxima disponible, y dada una demanda como la representada por la línea con pendiente negativa, el proyecto permitiría su satisfacción. Así, se tendría un beneficio por consumo de agua tratada igual al área (a,b,CMgS).

En el caso de que la disponibilidad de agua tratada permitiera la sustitución de agua potable por agua tratada, el proyecto generaría un beneficio como consecuencia del diferencial de costos que existiera entre la producción de ambos tipos de agua. Por tanto, la ocurrencia de este beneficio, como se muestra en la grafica 34, estaría sujeta al cumplimiento del supuesto de que los costos de producción de agua tratada sean menores a los costos de producción de agua potable.

En la situación sin proyecto descrita por el inciso (a), se obtiene el beneficio representado por el triángulo (a,b,CMgSp) como consecuencia de satisfacer esa demanda a través del consumo de agua potable. Sin embargo, si el proyecto que produce agua tratada permite que se disponga de ésta a un costo de producción más bajo (CMgSt) que el del agua potable (CMgSp), y para esa actividad específica es posible utilizar agua tratada y no necesariamente potable, entonces será factible sustituir agua potable por agua tratada, y el beneficio por consumir ésta última sería igual al triángulo (a,c,CMgSt) del inciso (b). Se puede apreciar que, como consecuencia del diferencial de costos, es posible obtener beneficios mayores consumiendo agua tratada; es decir, es posible ampliar el excedente del consumidor. Por tanto, el beneficio por el diferencial de costos, atribuible al proyecto, estaría representado por el área (CMgSp,b,c,CMgSt) del inciso (c).

GRAFICA 34
Beneficio por sustitución de agua potable por agua tratada



Fuente: Call y Holahan; Microeconomía;

Finalmente, debe señalarse que el proyecto aquí expuesto implica incurrir en costo por concepto de inversión para la construcción de la planta de tratamiento, así como por los conceptos de mantenimiento y operación de la misma.

Estos costos deben ser valorados a precios sociales y pueden ser desagregados de la siguiente manera:

Inversión

- Comerciables
- No comerciables

Mantenimiento y operación

- Mano de obra (calificada, semicalificada y no calificada)
- Materiales y suministros (comerciables y no comerciables)

RESUMEN GENERAL SIN PROYECTO Y CON PROYECTO FINANCIAMIENTO TOTAL Y PARCIAL

ACTIVIDAD DE INVERSIÓN	SIN PROYECTO			CON PROYECTO		
	VAN	TIR	BENEFICIO COSTO	VAN	TIR	BENEFICIO COSTO
Situación actual	Q (2,103,581.55)					
Financiamiento Total Q 3,251,232.52				Q (150,427.44)	13.22%	0.99
Financiamiento Parcial Q 1,950,733.00				Q 1,150,072.08	22.10%	1.06

**PLAN DE
MEJORAMIENTO PARA
LA PLANTA DE
TRATAMIENTO**

10.1 PRETRATAMIENTO

Como unidades fundamentales y necesarias para un proceso de tratamiento se está proponiendo un canal de rejillas y un desarenador, para que tenga capacidad el caudal actual y el caudal de 20 años más, ya que el desarenador actual tiene incluido un canal de rejillas el cual ha sobrepasado su periodo de diseño y no brinda su función adecuada ya que ha incrementado la carga hidráulica, por lo que se pretende diseñar un canal de rejillas que cumpla con lo deseado y tiene como objeto retener y separar los cuerpos voluminosos flotantes y en suspensión, que arrastra consigo el agua residual. Por lo que se pretende eludir posteriores depósitos, evitar obstrucciones en canales, tuberías y conducciones en general, interceptar las materias que por sus excesivas dimensiones podrían dificultar el funcionamiento de las unidades de pretratamiento y aumentar la eficiencia del tratamiento posterior.

También se pretende diseñar un desarenador que cumpla con las características hidráulicas de funcionamiento. La función, es separar los elementos pesados en suspensión (arenas) que lleva el agua residual y que perjudican el tratamiento posterior, como es el caso de la sobrecarga, depósitos en las conducciones hidráulicas, tuberías y canales, y la disminución de la capacidad hidráulica, a fin de lograr sedimentar todo material inerte o de peso específico superior a los sólidos orgánicos en descomposición de las aguas residuales, la velocidad de paso por esta estructura será controlada mediante la instalación aguas abajo de un vertedero del tipo proporcional SUTRO. Además se incluirá de un vertedero de excedencia para las aguas pluviales.

10.2 TRATAMIENTO PRIMARIO

En el tratamiento primario se analizó varias alternativas, tomando la opción más precisa para la rehabilitación de la planta de tratamiento, siendo ésta la siguiente; debido al incremento de la carga hidráulica en la planta de tratamiento, hace deficiente los reactores 1 y 2, afectándolo en el proceso anaeróbico, lo cual se pretende convertir los reactores en decantadores primarios, ya que el objetivo fundamental de la decantación primaria es la eliminación de los sólidos Sedimentables.

La mayor parte de las sustancias en suspensión en las aguas residuales no pueden retenerse -por razón de su finura o densidad- en las rejillas, desarenadores, ni tampoco pueden separarse mediante flotación por ser más pesadas que el agua. Teniendo la reducción de la velocidad de corriente por debajo de un determinado valor, para tener una eficacia de sedimentación y es el fundamento de la eliminación de un 50 a 60 % de las materias en suspensión del afluente. Al depositarse estas partículas, arrastran en su caída una cierta cantidad de bacterias, con lo que se alcanza también, en este tipo de tratamiento una reducción de la DBO y una cierta depuración biológica. Sirven como decantadores todos los depósitos que sean atravesados con velocidad suficientemente lenta y de forma adecuada por el agua a tratar.

Por lo que se sugiere cambiar los reactores 1 y 2 (eliminando el sistema de gas también) en decantadores, para mejorar el proceso y poder soportar la carga hidráulica actual y futura.

Se analizaron otras alternativas, las cuales se indican a continuación:

- Sé pensó en diseñar otra batería de reactores paralelos a los actuales y que cubriera la carga actual, lo que impedía en un futuro que no tendría capacidad de más carga hidráulica, ya que se estaría diseñando únicamente el exceso de carga hidráulica que reciben los reactores 1 y 2, por lo que esta alternativa se obvió.
- La otra alternativa fue la de buscar un predio con más área y retirada de la población, y diseñar un lagunaje para el caudal actual y futuro, pero no se pudo conseguir, por el alto costo del terreno.

10.3 TRATAMIENTO SECUNDARIO

Se pretende mejorar las condiciones del agua residual que sale del tratamiento primario con una laguna facultativa, en donde el mecanismo característico ocurre en el estrato superior y corresponde a una simbiosis o comensalismo de bacterias aerobias y algas. Las bacterias heterotróficas descomponen la materia orgánica produciendo compuestos inorgánicos insolubles y CO₂. La cantidad de oxígeno requerido para esta degradación es suministrada fundamentalmente por el proceso de fotosíntesis. El sistema carbonatado está sujeto a cambios cíclicos durante el día, y aunque los cambios de alcalinidad no son grandes, ocurren transformaciones en los componentes de la misma, tales como variaciones de bicarbonatos a carbonatos e hidróxidos.

El propósito de la laguna facultativa es remover la DBO bajo condiciones aeróbicas, aprovechando la simbiosis entre las algas y la bacteria y la reacción por el viento; la laguna también contribuye a la remoción de patógenos a través del largo período de retención hidráulica, típico en el diseño y la mortalidad causado por los rayos ultravioleta de la energía solar.

10.4 PROCESOS DE LODOS

Las unidades instaladas actualmente están adecuadas, y como estructuras físicas se encuentran bien, y tienen la capacidad de almacenar lodos, como también el volumen es suficientemente aceptable y se estima para su secamiento normalmente para cada seis meses, siempre y cuando el lodo a depositar esté de acuerdo con el tiempo estimado para su secamiento.

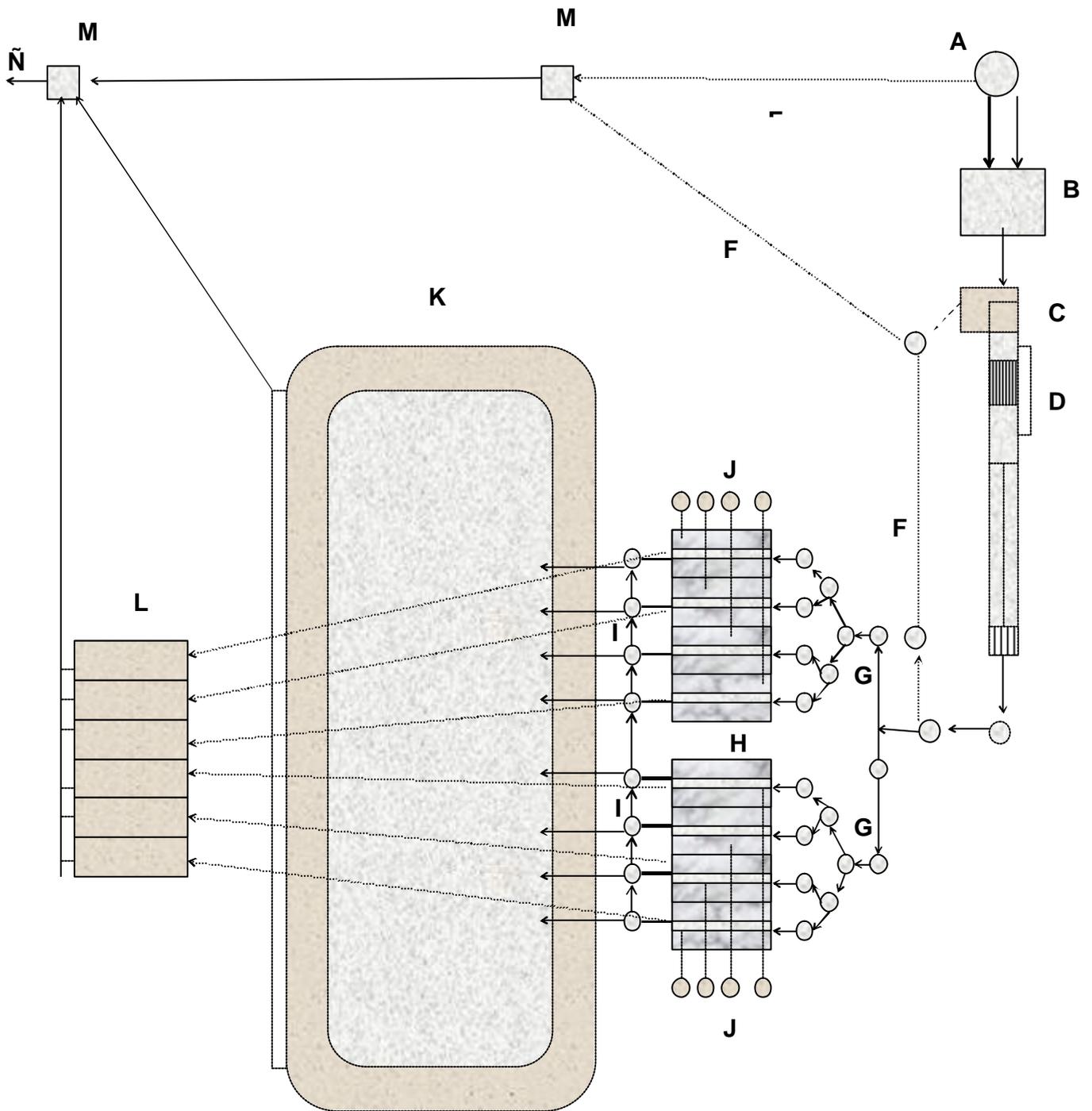
A continuación se describe en la grafica 1, la nueva propuesta y en la tabla 1, las referencias de la grafica.

TABLA 29
DESCRIPCION DE LA NUEVA PROPUESTA

REFERENCIA	DESCRIPCION	REFERENCIA	DESCRIPCION
A	POZO DERIVADOR	H	REACTORES
B	CAJA UNIFICADORA DE CAUDAL	I	RECOLECTORES
C	CAJA DE EXCEDENCIAS	J	TOMA MUESTRAS
D	CANAL DE REJAS	K	LAGUNA
E	DESARENADOR	L	PATIO DE LODOS
F	BY-PASS	M	CAJAS REGISTRO
G	BATERIA POZOS DERIVADORES	N	DESCARGA AL RIO

Fuente: Elaboración propia, obtenida en campo.

Gráfico 30
 DIAGRAMA DE FLUJO DE MEJORAMIENTO DE LA PLANTA



Fuente: Elaboración propia.

10.5 PARAMETROS DE DISEÑO Y CALCULOS PARA LA PROPUESTA DE MEJORAMIENTO

Sobre la base de lo existente se diseñó una nueva propuesta de manejo de la planta de tratamiento, de acuerdo con los datos obtenidos en campo (en el municipio de Retalhuleu), así como también en gabinete, obteniendo los siguientes resultados:

Cabecera Municipal de Retalhuleu actual	44,050 habitantes
Conexiones Existentes domiciliarias	5,873 [Alcantarillado]
	35,238 habitantes
	80 % de cobertura
Población de diseño 2023	69,174 habitantes
Conexiones domiciliarias de diseño 2023	11529 [Alcantarillado]
Tasa de crecimiento poblacional	3.43 %
Dotación	175 lt/hab/día
Factor de retorno	80 %
Kmín.	0.6
Kmáx.	2.30
Calculando:	
Qmedio	112.09 lt/s
Qmín.	67.25 lt/s
Qmáx.	257.80 lt/s

CANAL DE REJAS

CALCULOS DE CAUDALES

Población	69,174	habitantes
Dotación	175	lt/hab/día
Contribución al desagüe	80	%
Kmin	0.6	
Kmax	2.3	
Qmin	0.0672525	M ³ /s
Qprom	0.1120875	M ³ /s
Qmax	0.25780125	M ³ /s

CALCULO DE LAS REJAS PARA EL Qmáximo

Q máximo (m ³ /s)	0.25780125	M ³ /s
Espesor de barra, "e" (pulgadas)	0.25	
Separación entre barras, "a" (pulgadas)	1	
"Eficiencia de barra" E=(a/(e+a))	0.8000	
Velocidad en rejas, V (m/s)(0.6 - 1.0)	0.8	
Velocidad de aproximación Vo (m/s)(0.4 - 0.75)	0.64	
Ancho canal, b (m)	1.1	
Coefficiente de Manning, n	0.013	
Numero de barras "n" = (b-a)/(e+a)	33	
Cálculos para el caudal máximo		
Área útil en rejas (m ²)	0.3223	
Área total (m ²)	0.4028	
Cálculo de tirante "y" (m)	0.3662	

Cálculo de radio hidraulico,m	0.2198
Calculo de S (m/m)	0.0005
Calculo de pérdida de carga con 50% de ensuciamiento Hf= 1.143*((2V) ² -Vo ²)/(2g)	
Pérdida carga Hf(m)	0.1567
VERIFICACION DE VELOCIDAD PARA Qmínimo	
Calculo de constante para ingresar a ábaco	
Valor de AR ^(2/3) /b ^(8/3)	0.0297
Resultado de la lectura del ábaco y/b	0.1200
Calculo del tirante, y	0.1320
Calculo del area,m ²	0.1452
Calculo de la velocidad, Vo,m/s	0.4632

DESARENADOR

Población	69,174.00	habitantes
Dotación	175.00	lt/hab/día
Ancho de canal	1.10	m
Angulo de transición ø	30.00	°
Kmin	0.60	
Kmax	2.30	
Qmin	0.07	m ³ /s
Qprom	112.09	lts/s
Qmax	0.26	m ³ /s
CALCULO DE a, b y Hmax. PARA EL Qmáximo		
Q máximo (m ³ /s)	0.26	m ³ /s
Asumir un valor de b	0.45	m
a=[((3*Qmax)/(2*2.74))/b ^(1/2)] ^(3/2)	0.10	m
Hmax=(Qmax/2.74(a* b) ^(0.5))+a/3	0.48	m
Bmax.=Qmax./(Hmax.*.3)	1.78	m
Lmax.=25*Hmax.	12.09	m
CALCULOS DE VOLUMEN DE TOLVA		
Vol. Tolva = ((Bmax. +(Bmax.-0.2))/2)*a* Lmax.	1.96	m ³
CALCULOS DE LA ARENA RETENIDA (30 lts ==> 1000 m ³)		
AR=30*Qmax.*86400/1000	668.22	Lts.arena / día
CALCULOS PARA EL PERIODO DE LIMPIEZA		
PL=Vol.Tolva / (30/1000)*ARmiles de m ³ /día	2.93	días
CALCULOS PARA LONGITUD DE TRANSICION		
LT=((2*Bmax.+a)- Ancho canal)/2*Tg30°	2.43	m
CALCULOS PARA EL VERTEDERO SUTRO		
Ycm	Xcm	
0	45.00	
1	40.39	
2	38.48	
3	37.01	

4	35.78
5	34.69
10	30.42
15	27.14
20	24.38
25	21.94
30	19.74
35	17.72
38	16.58
40	15.84

DECANTADOR

El decantador primario se diseñará sobre la base de las medidas de los reactores (medidas útiles):

Largo total de un reactor	31.80 m
Base total de un reactor	3.90 m
Altura total de un reactor	4.585 m

Los reactores 1 y 2 están compuestos de 8 sub - reactores cada uno, teniendo las siguientes medidas:

Largo	3.975 m
Base	3.90 m
Altura total de un reactor	4.585 m

Tiempo de retención:

Qmed	112.09 lt/s = 403.42 m ³ /Hr
Qmed para 8 unidades	25.21 m ³ /Hr
Qmáx.	0.26 m ³ /s = 936 m ³ /Hr
Qmáx. Para 8 unidades	58.5 m ³ /s
Volumen de una unidad	71.08 m ³
Tret. Med =	71.08 / 25.21 = 3.10 Hr.
Tret. Máx =	71.08 / 58.5 = 1.30 Hr.

Normalmente, en los tanques de decantación primaria se proyectan para proporcionar un tiempo de retención entre 1.5 a 3.0 horas para el caudal medio y para el caudal máximo 1.0 a 2.0 horas del agua residual.

Se calculó las velocidades ascensionales ($V_{asc.} = Q / \text{Area superficie}$), las cuales también se proyectan entre 0.80 a 1.80 m³/m²/Hr para el caudal medio y para el caudal máximo 1.80 a 2.60 m³/m²/Hr, teniendo los siguientes resultados:

Velocidad ascensional med.	1.52 m ³ /m ² /Hr.
Velocidad ascensional máx.	3.53 m ³ /m ² /Hr.

En la producción de los lodos, se debe conocer o estimar el volumen producido en el decantador primario, de modo que el proyecto y dimensionamiento de los decantadores, junto con las instalaciones de tratamiento y eliminación del lodo, se pueda llevar a cabo correctamente. El volumen del lodo producido depende de las características del agua residual cruda, incluidas la edad y concentración de la misma, el tiempo de retención y el grado de tratamiento a llevar a cabo en los decantadores, el estado de los sólidos sedimentables, incluyendo el peso específico, el contenido de agua, y el tiempo

transcurrido entre las operaciones de extracción de lodos. Se estima una producción de volumen de lodos de:

Sólidos totales	473 mg/l (datos del muestreo, los valores mas altos)
D.B.O ₅	350 mg/l (estimado)
Tiempo de retención	3.10 horas
Se estima el 60 % de eliminación de sólidos	
Caudal medio	9,682 m ³ /día
Peso específico lodo 1.03 y contiene un 6 % de sólidos (humedad del 94 %)	
Sólidos secos =	$0.6 \times 140 \text{ g/m}^3 \times 9682 \text{ m}^3/\text{día} \times (1\text{Kg}/1000 \text{ g}) = 813.29 \text{ Kg/día}$
Volumen =	$813.29 \text{ Kg/día} / 1.03 \times 1000 \text{ Kg/m}^3 \times 0.06 = 13.16 \text{ m}^3/\text{día}$
Reducción S.S. =	$13.95 \times (473)^{0.27} / (1.52)^{0.22} = 67 \%$
Reducción D.B.O =	$1.05 \times (350)^{0.728} / (1.52)^{0.452} = 62 \%$

Con estos cálculos obtenidos se esperan obtener el 100 % de eficiencia en el proceso de depuración en la planta de tratamiento de aguas residuales .

LAGUNA FACULTATIVA

POBLACION DE DISEÑO	69,174	Habitantes
DOTACION	175	lt/hab/día
CONTRIBUCIONES:		
DESAGÜE	80	%
DBO ₅	45	grDBO/hab/día
TEMPERATURA DEL AGUA PROMEDIO		
DEL MES MÁS FRIO	19.0	°C
Caudal de Aguas residuales (Q):		
Población x Dotación x %Contribución	9684.36	m ³ /día
Q(l/s)	112.09	l/s
Carga de DBO ₅ (C):		
Población x Contribución per cápita	3112.83	KgDBO ₅ /día
Carga Superficial máxima (CSmax)		
CSmax = $357.4 \times 1.085^{(T-20)}$	329.40	KgDBO ₅ /Ha.día
Factor de Seguridad		
Carga superficial de diseño (CSdis)	296.46	KgDBO ₅ /Ha.día
CSdis = CSmax x factor de seguridad		
Area Superficial requerida para lagunas primarias (At)		
At = C/CSdis	10.50	Ha

Número de lagunas

1

AREA UNITARIA (Au)	10.50	Ha
CAUDAL UNITARIO AFLUENTE (Qu)	9,684.36	m ³ /día
RELACION Largo/Ancho (L/W)	2.00	<entre 2 y 3>
ANCHO APROX (W):	229.00	
LONG. APROX (L):	458.00	
Pérdida: infiltración - evaporación	2.00	cm/día
Coliformes fecales en el crudo:	1.00E+09	NMP/100 ml
Lagunas Primarias facultativas		
Tasas netas de mortalidad		

$$K_b \text{ PRIMARIAS } K_b(P) = 0.6 \times 1.04^{(T-20)} \quad 0.577 \quad (1/\text{días})$$

Diseño:

Longitud Primarias (Lp)	140.00	m	d =	0.055
Ancho Primarias (Wp)	70.00	m	a =	1.129
Profundidad primarias (Zp)	3.50	m		
P.R. (Primarias)	3.6	Días		
Factor de corrección hidráulica(HCF)	0.60		Concentración	de
P.R. (Primarias) corregido	2.2	días	Coliformes fecales	
Caudal efluente unitario	9,488.36	M ³ /día	N1 =	3.07E+08
Caudal efluente total	9,488.36	M ³ /día		
Area Unitaria	0.98	Ha		
Eficiencia parcial de remoción de C.F.			69.2545	%
Area Acumulada	0.98	Ha		

Resumen de dimensiones**PRIMARIA**

Número de primaria	1.00		
Inclinación de taludes (z, relación vertical : horizontal)	3.00		
Profundidad	3.50	m	
Borde Libre	0.50	m	
Dimensiones de espejo de agua			
Longitud	150.50	m	
Ancho	80.50	m	
Dimensiones de Coronación			
Longitud	153.50	m	
Ancho	83.50	m	
Dimensiones de fondo			
Longitud	129.50	m	
Ancho	59.50	m	
Caudal efluente unitario			
q	9488.36	m ³ /día	
q	109.82	l/s	
Caudal efluente total primario			
Q	9488.36	m ³ /día	
Q	109.82	l/s	
Area unitaria en la coronación	1.28	ha	
Area total primarias (coronación)	1.28	ha	
Area total de tratamiento		1.28	ha
Area Total (+ 15%)	1.47	Ha	
Requerimiento de terreno:	0.21	m ² /habitante	

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

CONCLUSIONES

1. Por medio de inspecciones que se realizaron a la planta de tratamiento se pudo comprobar que la operación y el mantenimiento de la misma es deficiente, ya que los operarios carecen de una capacitación adecuada para el manejo de cada unidad de la planta en referencia.
2. La planta actualmente tiene una sobrecarga hidráulica (exceso de caudal), teniendo una deficiencia en la capacidad de diseño, por lo que las unidades no funcionan al 100%, con lo que viene a contribuir al rebalse en las unidades de desarenador y canal parshall, delimitando su funcionamiento en cada unidad (arrastre de arenas en el desarenador y ahogamiento en el canal Parshall), como también el mal proceso biológico interno en los reactores anaeróbicos de flujo ascendente (RAFA) debido a la contribución excesiva de caudal y al mal manejo de la operación en los sólidos en esta unidad.
3. En la planta realizan una mala operación y mantenimiento, ya que sus operarios no conocen el proceso de cada unidad en el tratamiento, debido a que no han recibido una capacitación adecuada al funcionamiento y al proceso que efectúan cada unidad, lo cual hace que no exista un interés en saber y solicitar asesoría a instituciones relacionadas al tema.
4. Con la propuesta de plantear una administración adecuada a la corporación municipal y la elaboración de un manual para el manejo de la operación y mantenimiento (ver anexo 8) de la planta se estará mejorando la eficiencia de las unidades de tratamiento en aproximadamente de 65 a 70% en remoción de la materia orgánica y remoción de coliformes, lo cual vendrá a beneficiar la fuente receptora, río Tzununa (actualmente la planta no tiene remoción de coliformes).
5. En la evaluación del estudio de mercado se midió la demanda (actual), para el servicio del sistema de tratamiento de las aguas residuales y es mucho mayor a la oferta (actual), que puede brindar la Corporación Municipal con la planta de tratamiento de aguas residuales actual, por lo que no es viable desde el punto de vista del análisis y evaluación del mercado.
6. Desde el punto de vista de la evaluación del estudio técnico, la planta de tratamiento de aguas residuales del municipio de Retalhuleu, sobrepasa su diseño y su periodo de horizonte, debido a la sobre carga de caudal por la gran demanda actual existente, teniendo poca eficiencia de remoción de contaminantes en la degradación de las aguas residuales, adicionalmente también la falta de operación y mantenimiento por parte de la corporación municipal.
7. En el aspecto administrativo se realizó el estudio de la estructura administrativa, del organigrama funcional y una descripción de los puestos, considerando que desde el punto de vista de este estudio no debería de haber problemas para realizar el proyecto.
8. En la evaluación del estudio de impacto ambiental se consideraron varios impactos negativos significativos, los más importantes son; debido a la mala administración de la corporación municipal por no contar con un control, monitoreo y una programación adecuada para el servicio del sistema de alcantarillado sanitario, por lo que los habitantes están dejando ir al alcantarillado sanitario otros contaminantes (aceites

industriales, gasolinas, colorantes, etc.), otro la falta de operación y mantenimiento en la planta de tratamiento ya que no se realiza las operaciones debidas a las unidades, por lo que no se esta degradando las aguas provenientes del sistema de alcantarillado sanitario. Estas son las mas importantes ya que se esta contaminando al 100 %, la descarga que es el Río Tzununa, están recibiendo directamente las aguas residuales del municipio de Retalhuleu.

9. En el caso de la evaluación del estudio financiero, se realizaron varios análisis de las inversiones necesarias para implementar el proyecto, con la situación "Sin Proyecto", el análisis no es rentable económicamente ni el beneficio/costo del proyecto actualmente. Pero con la situación "Con Proyecto" para la inversión parcial, es rentable económicamente ya que del análisis nos arroja un VAN de Q **2,611,631.86**, una TIR de 22.10 % con una relación beneficio / costo de 1.06, y un periodo de recuperación de la inversión de 9 años y 5 meses , evaluado todo con un horizonte de 10 años y a una TREMA ponderada de 14.00 %, por lo que se puede concluir que la situación "Con Proyecto" si es viable, para una corporación municipal que es una identidad pública.
10. Que la propuesta vendrá a veneficiar al municipio de Retalhuleu en el tratamiento de las aguas residuales, en donde se propone un rediseño; una laguna facultativa y el cambio de los reactores anaeróbicos de flujos ascendentes en decantadores, con esto se estará reduciendo en un 85 % la contaminación.

RECOMENDACIONES

1. Con una capacitación hacia los operarios, mejorará la operación y mantenimiento de las unidades de tratamiento de la planta. Con esta capacitación mejorará las condiciones del tratamiento y la vida útil de las unidades que componen el tratamiento.
2. Para la sobrecarga hidráulica de caudal en la planta de tratamiento de aguas residuales, se recomienda realizar el planteamiento de la propuesta que es el rediseño de la planta de tratamiento de aguas residuales.
3. Se recomienda el uso del manual de operación y mantenimiento que se propone (ver anexo 8) para la planta de tratamiento de aguas residuales, ya que este será la guía más la capacitación se tendrá un acoplamiento adecuado para el funcionamiento de las unidades de tratamiento.
4. Es necesario mejorar la situación actual de la administración de la planta de tratamiento de aguas residuales por parte de la corporación municipal, tomando en consideración la propuesta que se realizara en el estudio, para reducir la contaminación que se descarga al río Tzununa del municipio de Retalhuleu.
5. Con la propuesta de mejoramiento, rediseño y con la situación “con proyecto”, se mejorará la oferta actual y futura, cubriendo la demanda actual y futura, para que el proyecto sea viable desde el punto de vista del mercado, teniendo cobertura en la demanda actual y futura.
6. Se plantea la situación “con proyecto”, rediseñando unidades de degradación con la tecnología apropiada para el mejoramiento de la planta y que la eficiencia pueda alcanzar el 100 % en la degradación de las aguas residuales descargadas en la planta de tratamiento actual.
7. Programar y realizar en la administración municipal el organigrama funcional que se propone en la evaluación del estudio administrativo o tratar de implementar un Outsourcing (dentro de las empresas en funcionamiento, son los que probablemente exhiben un mayor desarrollo, entre las opciones de inversión para mejorar y optimizar la rentabilidad de la empresa. El Outsourcing es la externalización de los servicios con terceros muestra claros beneficios a las empresas que lo adoptan; por ejemplo, la posibilidad de que la administración del servicio agua y drenaje concentre sus esfuerzos en desarrollar la actividad de su giro principal, compartir el riesgo de las inversiones con los proveedores externos, generar entradas de capital por la eventual venta de activos que se dejen de ocupar, mejorar la eficiencia al traspasar la ejecución de actividades a expertos y acceder a tecnologías de punta sin tener que realizar inversiones frecuentes en modernizaciones, entre otras cosas) por parte de la corporación municipal de Retalhuleu.
8. Con la evaluación del estudio de impacto ambiental, se recomienda las medidas de mitigación de esos impactos que actualmente se están percibiendo en el municipio de Retalhuleu, para el proyecto actualmente en funcionamiento y para la propuesta que es el rediseño de la planta de tratamiento.
9. Se recomienda que la municipalidad de Retalhuleu, tenga una orientación en la administración de servicios públicos, para orientarlos a semi-privados y que sean

autosostenibles y que pueda implementar el Outsourcing, esto vendrá a beneficiar las inversiones públicas de estado.

10. Que la propuesta presentada en este estudio sea de mucho interés y que se pueda implementar, ya que el beneficio final será de los habitantes del municipio de Retalhuleu, también se estarán generando beneficios indirectos (intangibles) de trascendencia y es la descontaminación del medio ambiente (la descarga de las aguas residuales hacia el Río Tzununa).

BIBLIOGRAFIA

BIBLIOGRAFIA

- HERNANDEZ, AURELIO, Depuración de Aguas Residuales, Colegio de Ingenieros de Caminos, Canales y Puertos, España, Cuarta Edición 1,998.
- C.E.P.E.P., "Metodología de Preparación y Evaluación de Proyectos de Plantas de Tratamiento de Aguas Residuales" 1996
- RODRIGUEZ PARRA, GUILLERMO, Diseños de Procesos de Depuración, FACULTAD DE INGENIERIA, UNIVERSIDAD DEL VALLE, Cali, Colombia, 1,995.
- JOHNSON, REBECA L. y JOHNSON, GARY V., Economic valuation of natural resources, San Francisco y Oxford, Primera Edición.
- Manual de Disposición de Aguas Residuales Tomo I y II, Cooperación Técnica República Federal de Alemania (GTZ)/ Programa de Salud Ambienta, Lima 1,991.
- METCALF Y EDDY; Ingeniería de Agua Residual, Tratamiento, Vertido y Reutilizado, Tomo I y II, McGRAW-HILL, tercera edición 1,996.
- YAÑEZ COSSIO, FABIAN, Normas de Diseño de Plantas de Tratamiento de Aguas Residuales, Programa de Desarrollo Tecnológico en el Campo del Tratamiento de Aguas Residuales en Guatemala, Borrador para Discusión OPS, Septiembre 1,993.

GLOSARIOS

AFLUENTE:

Agua residual u otro líquido que ingrese a un reservorio, planta de tratamiento o proceso de tratamiento.

AGUAS RESIDUALES:

El agua luego de ser usada por una comunidad o industria, que contiene material disuelto y en suspensión.

ANAEROBIO:

Condición en la cual hay ausencia de aire u oxígeno libre.

ANALISIS:

El examen de agua, agua residual o lodos, efectuado por un laboratorio.

BACTERIA:

Grupo de organismos microscópicos unicelulares, rígidos y carentes de clorofila, que desempeñan una serie de procesos de tratamiento incluyendo; oxidación biológica, digestión, nitrificación y desnitrificación.

BASES DE DISEÑO:

Conjunto de datos para las condiciones finales e intermedias de diseño, que sirven para el dimensionamiento de los procesos de tratamiento.

BY-PASS:

Conjunto de tuberías, canales, válvulas y compuertas que permiten el paso de un líquido alrededor de un proceso o planta de tratamiento. Conducto usado para desviar el agua residual de un proceso o planta de tratamiento en condiciones de emergencia o de tratamiento correctivo.

CANAL PARSHAL:

Unidad para medir caudal, vertedero con contracciones.

CARGA SUPERFICIAL:

Caudal o masa de un parámetro por unidad de área, que se usa para dimensionar un proceso de tratamiento.

CENTRO PANAMERICANO DE INGENIERIA SANITARIA Y CIENCIAS DEL AMBIENTE –CEPIS-:

Instituto Gubernamental de investigación y de estudios post-grados y cursos ambientales, Lima, Perú.

CENTRO INTER-REGIONAL DE ABASTECIMIENTO Y REMOCIÓN DE AGUA – CINARA:

Instituto de investigación Gubernamental, Cali, Colombia.

COMENSALISMO:

Dos especies distintas, no parásitos, comparten el alimento. Esta relación es inofensiva para ambos y en muchos casos obtienen ventajas mutuas.

COLIFORMES:

Bacterias Gram. Negativas, de forma alargada capaces de fermentar lactosas con producción de gas a la temperatura de 35° C (coliformes totales). Aquellas que tiene las mismas propiedades a la temperatura de 44.5°C se denominan coliformes fecales.

DEMANDA BLOQUIMICA DE OXIGENO (DBO₅):

Cantidad de oxígeno usado en la estabilización de la materia orgánica bajo condiciones de tiempo y temperatura especificado (generalmente 5 días y 20°C).

DEMANDA QUIMICA DE OXIGENO (DQO):

Medida de la cantidad de oxígeno requerido para oxidación química de la materia orgánica (carbonácea) del agua residual, usando como oxidantes sales inorgánicas de permanganato o dicromato en una prueba que dura dos horas.

DESARENADORES:

Cámara diseñada para reducir la velocidad del agua residual y permitir la separación de sólidos minerales (arena), por sedimentación.

DIGESTIÓN:

Descomposición biológica de la materia orgánica de un lodo, produciendo una mineralización, licuefacción y gasificación parcial.

DISPOSICIÓN FINAL:

Disposición del efluente de una planta de tratamiento o de los lodos tratados.

ECOLOGIA:

Se refiere al estudio de los pobladores de la tierra, incluyendo plantas, animales, microorganismos y el género humano, quienes conviven a manera de componentes dependientes entre si.

EFICIENCIA DE TRATAMIENTO:

Relación entre la masa de concentración removida y la masa o concentración en el efluente, para un proceso o planta de tratamiento y un parámetro específico. Puede expresarse en términos decimales y normalmente se expresa en porcentajes.

EFLUENTE:

Líquido que sale de un proceso de tratamiento.

EFLUENTE FINAL:

Líquido que sale de una planta de tratamiento de aguas residuales.

ESCUELA REGIONAL DE INGENIERIA SANITARIA Y RECURSOS HIDRAULICOS – ERIS-:

Escuela de Post-grado en Ingeniería sanitaria de la Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Ingeniería.

FOTOSINTESIS:

Proceso en virtud del cual los organismos con clorofila, como las plantas verdes, las algas y algunas bacterias, capturan energía en forma de luz y la transforman en energía química. Prácticamente toda la energía que consume la vida de la biosfera terrestre la zona del planeta en la cual hay vida procede de la fotosíntesis.

INSTITUTO DE FOMENTO MUNICIPAL –INFOM-:

Instituto Gubernamental semi autónomo, apoyo al fomento municipal.

LAGUNA FACULTATIVA:

Son canales abiertos con geometría rectangular y son especialmente para remover patógenos y DBO.

LECHOS DE SECADOS:

Tanques de profundidad reducida con arena y grava sobre drenes, sobre los cuales se descarga lodo digerido para secado. El proceso de secado ocurre principalmente por evaporación.

LODO CRUDO:

Lodo retirado de tanques de sedimentación primaria o secundaria, que requiere tratamiento posterior (espesamiento y/o digestión).

MUESTREO:

Colección de muestras de volumen predeterminado y con la técnica de preservación correspondiente para el parámetro que se va analizar en el laboratorio.

OUTSOURING:

Corresponde a la externalización de ciertos procesos que actualmente se realizan en el interior de la empresa o la elaboración de productos provistos por empresas externas. Externalización de actividades que realiza internamente, la ampliación de sus niveles de operación o el reemplazo de su tecnología.

ORGANIZACIÓN MUNDIAL DE LA SALUD –OMS-:

Agencia especializada de la Organización de las Naciones Unidas, según su constitución es la autoridad directiva y coordinadora en materia de labor sanitaria mundial.

OXIGENO DISUELTO:

Concentración de oxígeno disuelto medida en un líquido, por debajo de la saturación, normalmente expresada en mg/L.

PARASITO:

Organismos protozoarios y helmintos que habitando en el intestino pueden causar enfermedades. Los helmintos pueden ser de forma plana y redonda (nematodos). Estos últimos son los de mayor significación en aguas residuales.

PERIODO DE ARRANQUE:

Es el procedimiento para poner en funcionamiento las unidades que componen un sistema de tratamiento en un determinado tiempo, con requerimientos estipulados en cada unidad.

POTENCIAL DE HIDROGENO (pH):

Logaritmo con signo negativo de la concentración de iones hidrógeno, expresado en moles por litro.

PLANTA DE TRATAMIENTO:

Conjunto de obras, facilidades y procesos en una planta de tratamiento de aguas residuales.

PRETRATAMIENTO:

Procesos de tratamiento localizados antes del tratamiento primario, y que puede incluir: equalización, cribado, desarenado, trituración, preaeración, ajuste del pH y remoción de grasas.

REACTOR ANAEROBIO DE FLUJO ASCENDENTE RAFA:

Unidad de tratamiento secundaria, en el cual el desecho fluye hacia arriba a través de una zona de manto de lodos. Consiste en un reactor en el cual el afluente es introducido a través de un sistema de distribución localizado en el fondo y fluye hacia arriba atravesando un medio de contacto anaeróbico.

SEDIMENTACION PRIMARIA:

Remoción de una significativa proporción de materia orgánica en suspensión, pero poco a nada de la materia orgánica en estado coloidal o disuelto. Este proceso requiere de tratamiento posterior del lodo separado, normalmente por digestión anaeróbica.

SEDIMENTACION SECUNDARIA:

Proceso de separación de la biomasa en suspensión producida en tratamiento biológico.

SIMBIOSIS:

La interdependencia de dos organismos de especies diferentes.

SUTRO:

Vertedero para medición de caudal.

TRATAMIENTO ANAEROBICO:

Estabilización de un desecho orgánico por la acción de microorganismos en ausencia de oxígeno.

TRATAMIENTO BIOLÓGICO:

Procesos de tratamiento en los cuales se intensifica la acción de los microorganismos para estabilizar la materia orgánica presente.

TRATAMIENTO PRIMARIO:

La remoción de una considerable cantidad de materia en suspensión pero poco a nada de la materia en estado coloidal y disuelta.

TRATAMIENTO SECUNDARIO:

Nivel de tratamiento por encima del tratamiento primario en donde se alcanzan eficiencias de remoción de DBO y sólidos del orden del 80%.

INDICE DE CUADROS

Cuadro 1

Tabulación de encuesta

Cuadro 2

Muestreo de caudal en la entrada a la planta de tratamiento

Cuadro 3

Demanda histórica

Cuadro 4

Tarifa histórica municipal

Cuadro 5

Simbología

Cuadro 6

Medidas del canal parshall

Cuadro 7

Matriz 1D aspectos operativos

Cuadro 8

Matriz 2D vulnerabilidad administrativa y capacidad de respuesta

Cuadro 9

Matriz 3D aspectos físicos y de impacto en el servicio

Cuadro 10

Efectos de los desastres naturales

Cuadro 11

Matriz 4D medidas de mitigación y emergencia (aspectos administrativos y operativos)

Cuadro 12

Matriz 5D medidas de mitigación y emergencia (aspectos físicos)

Cuadro 13

Predicción de impactos ambientales, durante operación y mantenimiento, y la administración del proyecto

Cuadro 14

Predicción de impactos ambientales, durante operación y mantenimiento, y la administración del proyecto

INDICE DE GRAFICAS**Grafica 1**

Contaminación (demanda del servicio)

Grafica 2

Contaminación (demanda del servicio)

Grafica 3

Contaminación (demanda del servicio)

Grafica 4

Contaminación (demanda del servicio)

Grafica 5

Curva de caudal (en varios días)

Grafica 6

Curva de caudal (en un día)

Grafica 7

Curva de caudal (en un día)

Grafica 8

Curva de caudal (en un día)

Grafica 9

Demanda histórica

Grafica 10

Demanda histórica

Grafica 11

Máxima producción en planta

Grafica 12

Existencia de la contaminación (demanda de oferta)

Grafica 13

Existencia de la contaminación (demanda de oferta)

Grafica 14

Existencia de la contaminación (demanda de oferta)

Grafica 15

Existencia de la contaminación (demanda de oferta)

Grafica 16

Oferta histórica

Grafica 17

Oferta histórica

Grafica 18

Precios históricos

Grafica 19

Croquis de la planta de tratamiento existente

Grafica 20

Organigrama funcional municipalidad de Retalhuleu tipo A

Grafica 21

Procesos de operación de la planta de tratamiento

Grafica 22

Procesos administrativos

Grafica 23

Foda de la planta de tratamiento

Grafica 24

Foda de la administración

Grafica 25

Organigrama funcional municipalidad de Retalhuleu tipo A, coordinación agua y drenaje

Grafica 26

Índices de calidad ambiental

Grafica 27

Matriz causa y efecto ambiental

Grafica 28

Relación TIR VRS VAN

Grafica 29

Relación TIR VRS VAN

Grafica 30

Análisis económico de la contaminación

Grafica 31

Externalidad negativa en la producción

Grafica 32

Externalidad negativa por el consumo de agua potable

Grafica 33

Beneficio por consumo de agua tratada

Grafica 34

Beneficio por sustitución de agua potable por agua tratada

INDICE DE TABLAS

Tabla A

Matriz de planificación con base al enfoque de marco lógico

Tabla 1

Características físicas

Tabla 2

Características químicas

Tabla 3

Características bacteriológicas

Tabla 4

Medición de caudal en el canal parshall

Tabla 5

Resultados de las muestras

Tabla 6

Índice de tratabilidad

Tabla 7

Relación $DBO_5 : N : P$

Tabla 8

Costos fijos (quetzales)

Tabla 9

Costos intangibles (quetzales)

Tabla 10

Costo capital de trabajo existente (quetzales)

Tabla 11

Costo capital de trabajo nuevo (quetzales)

Tabla 12

Inversión total existente sin proyecto (quetzales)

Tabla 13

Inversión total nueva con proyecto (quetzales)

Tabla 14

Proyección de pago de capital e intereses con proyecto (quetzales)

Tabla 15

Inversión total y fuentes de financiamiento con proyecto (quetzales)

Tabla 16

Tasa de rendimiento mínima aceptable (TREMA)

Tabla 17

Calculo de la tarifa sin proyecto

Tabla 18

Estado de resultados proyectados sin proyecto

Tabla 19

Calculo de la tarifa con proyecto

Tabla 20

Estado de resultados proyectados con proyecto

Tabla 21

Flujo neto de fondos proyectado sin proyecto

Tabla 22

Flujo neto de fondos proyectado con préstamo total con proyecto

Tabla 23

Flujo neto de fondos proyectado con préstamo parcial con proyecto

Tabla 24

Flujo neto de fondos actualizados proyectados con préstamo total con proyecto, relación Beneficio / Costo

Tabla 25

Flujo neto de fondos actualizados proyectados con préstamo parcial con proyecto, relación Beneficio / Costo

Tabla 26

Flujo neto de fondos actualizados proyectado con préstamo total con proyecto

Tabla 27

Flujo neto de fondos actualizados proyectado con préstamo parcial con proyecto

Tabla 28

Proyección de pago de capital e intereses con proyecto, si el préstamo fuera completo (quetzales)

ANEXOS

**ANEXOS 1 Y 2
DE LA EVALUACION DEL
ESTUDIO DE MERCADO**



UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE CIENCIAS ECONOMICAS
ESCUELA DE POST-GRADO
MAESTRIA DE FORMULACIÓN Y EVALUACIÓN DE PROYECTOS
PLANTA DE TRATAMIENTO DEL MUNICIPIO DE RETALHULEU

ENCUESTA TRATAMIENTO A LAS AGUAS DOMICILIARES

- 1) Es adecuado que todos los habitantes que descargan las aguas domiciliars (de regadera, inodoro, pila, etc., menos las aguas de lluvia) se conecten a un servicio de alcantarillado sanitario y que estas aguas domiciliars tenga un tratamiento para no contaminar su ambiente:
 sí no comentarios: _____
- 2) Conoce usted, el procedimiento de recolección y tratamiento de sus aguas domiciliars que desecha de su casa:
 sí no comentarios: _____
- 3) Sabe que las aguas domiciliars si no se tratan adecuadamente generan contaminación al ambiente, y si no se tienen un proceso de recolección como es el alcantarillado (aguas a flor de tierra) pueden generar contaminación y enfermedades a su salud:
 sí no comentarios: _____
- 4) Su casa o vivienda no esta conectado a un sistema de alcantarillado sanitario, ni siquiera tiene un proceso de tratamiento a sus aguas, le gustaria conectarse a un servicio:
 sí no comentarios: _____
- 5) El servicio de preferencia le gustaria que la administración fuera publica (Municipal):
 sí no comentarios: _____
- 6) Si su respuesta a la pregunta anterior fue no, le gustaria que la administración fuera privada:
 sí no comentarios: _____
- 7) Le gustaria conectarse a un sistema de recolección para sus aguas residuales y que estas sean tratadas, pagaria por el servicio, ya fuese por administración publica o privada:
 sí no comentarios: _____
- 8) Si su respuesta a la pregunta anterior fue sí, que monto estaria de acuerdo a pagar por el servicio:
 Q. 20.00 Q. 25.00 Q. 30.00 Q. 35.00 Q. 40.00 Q. 45.00 Q. 50.00
- 9) Con esta tarifa se estara pagando la administración del servicio, lo que involucra la operación y mantenimiento de la planta de tratamiento de las aguas domiciliars, sera suficiente tener esta tarifa unica o incrementar conforme a las necesidades futuras (crecimiento a la población), para mantener una planta se requiere como mínimo 2 a 3 personas:
 sí no comentarios: _____
- 10) Si usted es usuario con un sistema existente le gustaria contar con un servicio adecuado, y que le indiquen como esta conformado el sistema de recolección y de tratamiento, para no contaminar el medio en que vive y pagar una tarifa adecuada a sus ingresos:
 sí no comentarios: _____



UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
 FACULTAD DE CIENCIAS ECONOMICAS
 ESCUELA DE POST-GRADO
 MAESTRIA DE FORMULACIÓN Y EVALUACIÓN DE PROYECTOS
 PLANTA DE TRATAMIENTO DEL MUNICIPIO DE RETALHULEU

TABULACION DE DATOS

DEMANDA	PREGUNTAS				
	1	3	4		
SI	384	373	298	1055	
NO	0	11	34	45	
NULOS	0	0	52	52	
	384	384	384	1152	384

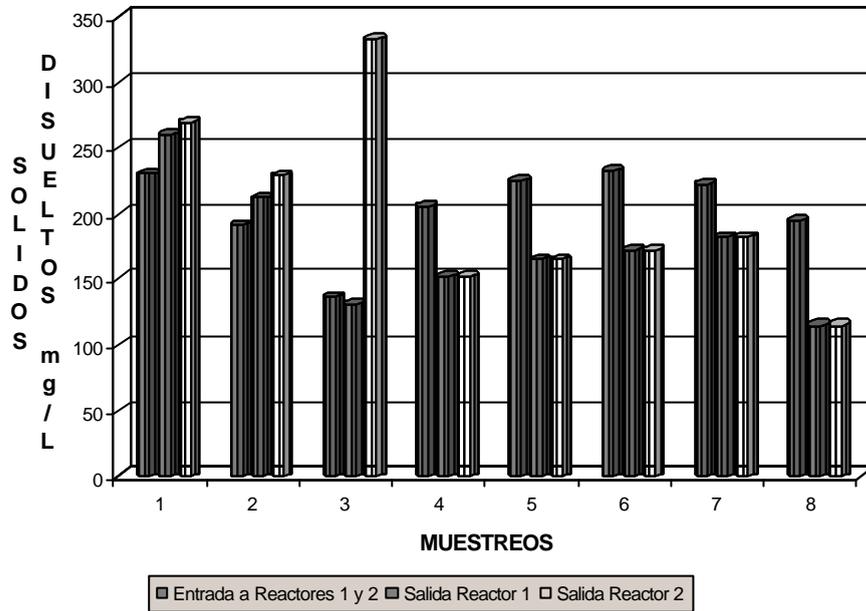
OFERTA	PREGUNTAS					
	2	7	8	10		
SI	166	350	344	350	1210	
NO	218	22	0	11	251	
NULOS	0	12	40	23	75	
	384	384	384	384	1536	

RENTABILIDAD SOCIAL Y PRIVADO	PREGUNTAS				
	5	6	9		
SI	270	126	298	694	
NO	114	86	46	246	
NULOS	0	172	40	212	
	384	384	384	1152	384

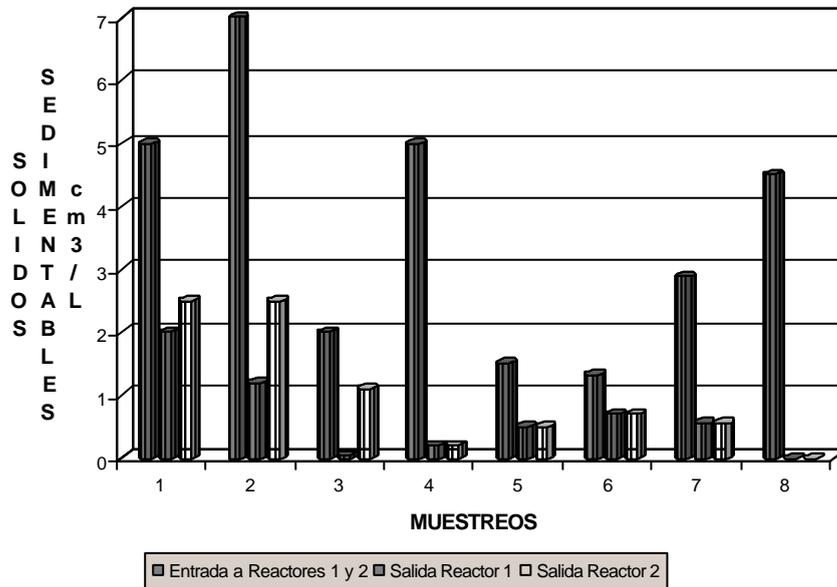
PREGUNTA	COSTO	
8	20	223
	25	51
	30	42
	35	3
	40	18
	45	0
	50	26
	NULAS	21
		384

**ANEXO 3
DE LA EVALUACION DEL
ESTUDIO TECNICO**

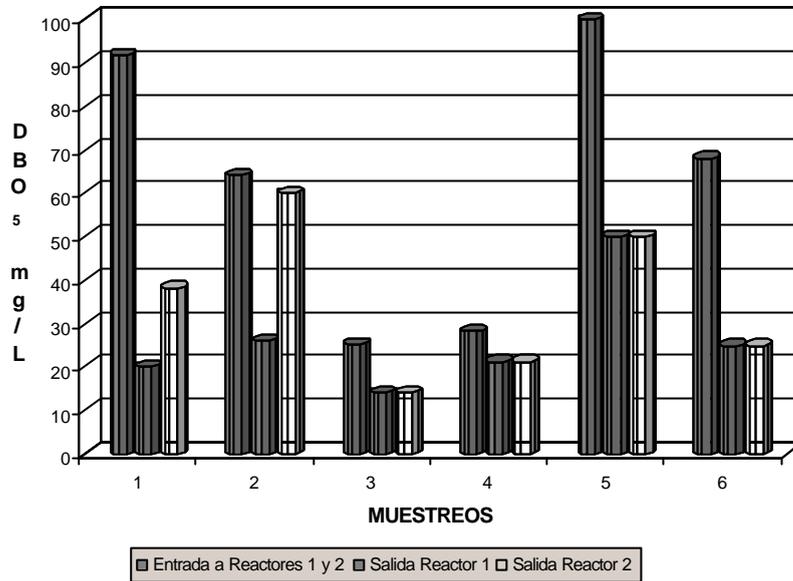
REMOCION DE SOLIDOS DISUELTOS REACTORES ANAEROBICOS DE FLUJO ASCENDENTES



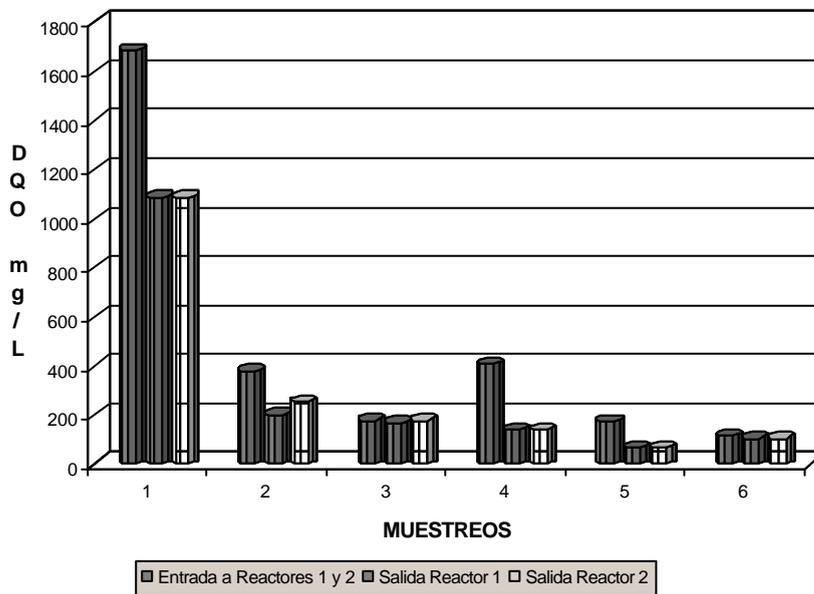
REMOCION DE SOLIDOS SEDIMENTABLES REACTORES ANAEROBICOS DE FLUJO ASCENDENTES



RENDIMIENTO EN REMOCION DEL DBO₅
REACTORES ANAEROBICOS DE FLUJO ASCENDENTES



RENDIMIENTO EN REMOCION DEL DQO
REACTORES ANAEROBICOS DE FLUJO ASCENDENTES



MEDICIONES DE CAUDALES



**ANEXO 4
DE LA EVALUACION DEL
ESTUDIO ADMINISTRATIVO**

MANUAL DE OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO DE LAS UNIDADES QUE CONFORMAN LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES

DESCRIPCION DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO

La planta de tratamiento de aguas residuales para la ciudad de Retalhuleu consta de los siguientes elementos:

- 1 pozo derivador de caudales
- 1 pozo unificador de caudales
- 1 desarenador con canal de rejillas
- 1 canal pershall
- 2 unidades de tratamiento anaerobio de flujo ascendente
- 6 unidades de patios de desecados de lodos

Además cuenta con las siguientes unidades accesorias:

- Batería de pozos para recolección de agua tratada
- Batería de pozos para distribución del agua negra
- Instalaciones de recolección del biogás
- Instalaciones de drenaje de la cámara de agua tratada
- Tubería extractora de lodos
- Medias cañas para evacuación de aguas pluviales
- Dos pozos de toma de muestra
- Cerco perimetral protector
- Red de interconexión interna.

La planta está diseñada para dar servicio a una población de 22,000 habitantes con un caudal de aguas residual de 40 l/s.. El tipo de tratamiento utilizado es el anaerobio de flujo ascendente, que es un tratamiento basado en la degradación de la materia orgánica e inorgánica por medio de la acción de las bacterias anaerobias.

A continuación se describen algunos conceptos esenciales para el entendimiento de la teoría de los procesos anaerobios.

Tratamiento Anaerobio

En nuestros días la digestión anaerobia se está convirtiendo rápidamente en una alternativa ventajosa sobre otros métodos de tratamiento de aguas residuales. Las principales ventajas de la digestión anaerobia en comparación con el tratamiento aerobio son las siguientes:

- a. El proceso no tiene requerimientos de energía eléctrica al no utilizar equipo mecánico.
- b. No requiere oxígeno para su funcionamiento.
- c. En lugar de requerir energía el proceso es un excelente productor de gas combustible conocido con el nombre de biogás.
- d. El lodo excedente puede ser utilizado como fertilizante y acondicionador del suelo.
- e. La cantidad de lodo excedente es mínima y su manejo y disposición también.

La descomposición de la materia orgánica por la acción de las bacterias anaerobias se realiza en dos fases. En la primera los complejos son desdoblados en ácidos, alcoholes, etc., por la acción de un grupo de Bacterias acetogénicas; en la segunda fase un grupo de bacterias metanogénicas transforman el producto de las primeras en gas metano, gas carbónico y en una pequeña cantidad en gases sulfurosos.

Otros aspectos que deben resaltarse en este tipo de tratamiento son los ocasionados por la temperatura y la acidez. La temperatura afecta a la velocidad de las reacciones bioquímicas influyendo en el proceso al grado de paralizarla. El control de la acidez es indispensable pues el PH es un indicador del equilibrio de la actividad de las bacterias acetogénicas y metanogénicas de la siguiente forma: las bacterias acetogénicas tienen una tasa de crecimiento mayor que las metanogénicas, por esta razón en el inicio del proceso el PH se reduce en valores de 5 y 6; en estas condiciones el crecimiento de las bacterias metanogénicas es inhibido y la producción del metano es reducido, aumentando la producción de gas sulfhídrico; lo que origina los malos olores que caracterizan a la digestión ácida.

Cuando se restablece el equilibrio de la actividad bacteriana los ácidos son consumidos por las bacterias metanogénicas en la medida que se van produciendo y el PH se mantiene alrededor de 6.9 a 7.2 desapareciendo los malos olores.

Principios del funcionamiento del proceso

El afluente que entra en la base de los tanques, conforme sube, su velocidad de ascensión se reduce, permitiendo que los sólidos sedimentables encuentren un punto de equilibrio entre la fuerza ascensional y la fuerza de la gravedad, estacionándose a una determinada altura. Estos sólidos estacionados y distribuidos en toda el área transversal de los tanques sirven de soporte para el crecimiento y desarrollo de las bacterias.

Como en el ambiente no existe oxígeno suficiente, solamente las bacterias anaerobias tienen condiciones de desarrollo. A medida que el manto de lodos se torna más denso, el manto pasa a funcionar como un filtro, reteniendo también los sólidos de menores dimensiones que en los procesos de desarenación difícilmente son removidos. La masa biológica representada por el manto de lodos, presenta condiciones ideales en lo que se refiere a la relación alimento/bacteria. El sustrato disponible pasa a ser totalmente biodegradado.

La eficiencia de este proceso como ya se dijo además de depender de la temperatura y la acidez del medio, es altamente dependiente del tiempo de retención hidráulico, o sea el tiempo disponible para que las bacterias utilicen el sustrato.

Los gases generados durante el proceso escapan en forma de bolas formadas por la colisión de microbolas. Siendo los tanques cerrados, el biogás producido se acumulará de este elevado potencial energético representado por gas metano.

Bases de diseño

No. de conexiones domiciliarias actuales de alcantarillado	2,724
No. de conexiones domiciliarias actuales de agua potable	3,043
Dotación de agua negra	140 l/h/d
Caudal de diseño	40 l/s
Caudal mínimo	20.25 l/s
Caudal de emergencia	81 l/s
Periodo de retención hidráulica	10 horas
Carga hidráulica en la cámara de digestión	2.2 m ³ /m ³ /d
Carga orgánica en la cámara de digestión	2 kg. DQO / m ³ /d
Demanda bioquímica de oxígeno	64 gr. / h/ d
Concentración máxima de bacterias	9.65 kg. DQO /m ³ de manto de lodo por día
Carga máxima	0.15 kg. DQO/ kg bacteria por día
Población de diseño	22,000 hab.
Distribución de difusores	1 difusor p/ cada 4 a 5 m ² del área del fondo de los tanques

MANUAL DE OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO DE LAS UNIDADES QUE CONFORMAN LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES

DESCRIPCION DEL FUNCIONAMIENTO DEL SISTEMA

El sistema de tratamiento consta de las siguientes unidades:

- 1 instalación de rejillas
- 1 desarenador con instalación de rejillas
- 1 canal parshall
- 2 tanques anaerobios de flujo ascendente como pretratamiento biológico
- 6 patios de secados de lodos.

Recomendación Inicial

El trabajo en las facilidades del tratamiento preparatorio requiere precauciones para evitar enfermedades típicas de transmisión por el agua, como paratifoideas, tifoidea o disentería, por la frecuencia con la que el operador está en contacto con las unidades de la planta. Ello requiere que el operador observe estrictas medidas de higiene personal, principalmente en manos y uñas, cuidándose de lavarlas perfectamente antes de comer. Un jabón neutro es suficiente, sin embargo, puede usarse soluciones antisépticas.

Es recomendable que el operador esté vacunado contra la tifoidea y tetanos. Se recomienda también que use ropa especial durante las horas de trabajo la cual deberá lavarse separada del resto de la ropa familiar, así como guantes durante la remoción de residuos y arena.

Deberá prohibirse la entrada a la planta a personas particulares, en especial de niños porque se ponen en peligro de sufrir algún accidente.

El cerco perimetral que rodea las unidades de la planta, deberá mantenerse en buen estado para evitar el acceso de personas y animales con la finalidad de prevenir cualquier accidente.

Es importante también que el operador aparte de cumplir con los controles rutinarios que aquí se describen mantenga las instalaciones de la planta libre de hierbas y maleza y si es posible jardinizar el área para darle un aspecto agradable.

Descripción de las unidades, su funcionamiento, operación y mantenimiento

Pozo derivador de caudales

Las aguas residuales que transportan las tuberías del alcantarillado y que son conducidas a la planta de tratamiento para ser tratadas, encuentran a su paso la primera estructura de la planta, la cual es un pozo derivador de caudales, el que mediante las dos medias cañas internas que posee, deriva el agua residual hacia la planta, o bien por la operación de compuertas en el desarenador desvía directamente el agua residual al río Tzununá.

El desvío de las aguas residuales sin pasar por la planta se hará en aquellos casos en que así se desee, ya sea por que la planta necesita reparaciones o bien porque alguna unidad de la misma no esté trabajando adecuadamente y que para su mantenimiento requiera de una desviación temporal del agua residual. Por otro lado en caso que el alcantarillado lleve mayor caudal que el puede soportar porque se conecte agua de lluvia

al funcionamiento del proceso, o bien porque haya un número de conexiones ilícitas fuerte (lo que es casi imposible) o porque haya un caudal de infiltración excesivo. Cuando esto suceda, el pozo automáticamente derivará el caudal excedente al cabezal de descarga ubicado en el río Tzununá al entrar a funcionar las medias cañas internas.

Es recomendable por lo tanto que por lo menos cada tres meses se inspeccione este pozo con el objeto de observar que no haya alguna obstrucción en las medias cañas.

Pozo unificador de caudales

Después de pasar por el pozo derivador, el agua residual llega mediante dos tuberías paralelas de diámetro 400 mm (16") al pozo unificador de caudales; el cual como su nombre lo indica unificará los caudales provenientes del pozo derivador.

Es recomendable la inspección visual por lo menos cada tres meses con la finalidad de observar que no existan taponamientos que impidan el corrimiento libre de las aguas residual.

Rejas

El agua residual proveniente del pozo unificador llega a la instalación de rejas, donde es retenido todo el material flotante que conduce, tales como: papel, pelos, ratas, lombrices y plásticos. Para que la reja opere satisfactoriamente, debe ser limpiada por lo menos dos veces diarias ya que de lo contrario a medida que retenga el material se obstruirá el canal de llegada, originando elevación del tirante aguas arriba que causa sedimentación de la materia orgánica, reducción de oxígeno disuelto condiciones sépticas que pueden producir ácido sulfhídrico, corrosivo al concreto, metales y pintura. La limpieza se hace con rastrillos, el operador deberá extremar precauciones durante esta operación para evitar resbalones. El material retenido se puede depositar en cubetas y transportarlo a su disposición final. Es recomendable que el material retenido se coloque en el pozo excavado a mano en las cercanías de la planta.

Desarenador

El término arena, en agua residual, incluye material mineral con densidades altas del orden de 1.5 a 3, compuesto normalmente por constituyentes granulares como arena, vidrio, cascarones, en las tuberías y mal funcionamiento en el proceso anaerobio, por lo que su remoción es necesaria.

Esto se puede hacer de varias maneras, siendo la más común por sedimentación diferencial, pasando el agua residual a través de un canal a un velocidad de 0.30 m/seg., que permita la separación del material mineral de alta densidad y sea capaz de transportar el material orgánico más ligero.

Un operador puede revisar la velocidad del agua en el desarenador utilizando un procedimiento simple a base de medir el tiempo que tarda una pelota o un pedazo de madera en cruzar el canal. La velocidad en m/s, sería igual a lo largo del canal en metros, dividido el tiempo tardado en segundo.

A parte de una buena velocidad en el desarenador no deben existir espacios muertos (sitios en donde no corre el agua), debidos a que en ellos se deposita materia orgánica que causará problemas de olores. Esto puede evitarse colocando deflectores.

La operación principal de un desarenador es la remoción del material sedimentado, para ello el operador deberá utilizar la válvula de bronce instalada para el efecto y poner a funcionar el otro canal mediante la operación de compuertas. Esta limpieza deberá realizarse dos veces por día. En caso que la remoción se efectúe de forma manual el operador deberá usar botas y guantes y utilizar palas para su manipuleo. Una vez extraída la arena el canal deberá lavarse con agua limpia utilizando para ello una manguera.

Canal Parshall

El canal parshall se construyó con la finalidad de obtener medidas exactas de caudal, así como para absorber las fluctuaciones del mismo. Existen dos instalaciones medidoras de caudal, en donde se podrá obtener la medida del caudal que ingresa a la planta cuando así se desee.

Pozos Distribuidores de agua negra

Del canal parshall el agua negra es conducida a los tanques anaerobios, haciéndose necesario que el agua sea distribuido uniformemente en la entrada de los mismos, para lograrlo se construyeron 30 pozos de tubería de cemento de 24" de diámetro, donde el caudal en cada pozo se divide automáticamente en dos partes iguales lo cual se hace sin necesidad de tener que operar compuertas o dispositivos reguladores de caudal. De esta manera el caudal primero se divide en dos partes luego cada una de las mitades se divide nuevamente en dos, en el siguiente pozo cada cuarta parte se divide en dos y así sucesivamente hasta dividirse el caudal en pequeñas partes, las cuales son conducidas mediante tuberías a presión a los tanques anaerobios. La inspección a estos pozos deberá hacerse por lo menos una vez al mes, con la finalidad de evitar cualquier taponamiento en los fondos de los mismos que obstruyan el paso del agua a las tuberías repartidoras de caudal.

Tanques anaerobios de flujo ascendente

La entrada del caudal al tanque se realiza mediante el empleo de tuberías que penetran en el fondo, esto permite que el agua negra fresca entre en contacto con el manto de lodos anaerobios, el cual se ubica en la parte baja del tanque; el lodo disminuye en densidad al aumentar la altura, de manera que en la parte superior se puede recolectar el agua tratada bastante limpia.

En la parte superior de la cámara de digestión del tanque se recolecta el gas metano que es un producto generado de la actividad anaerobia. El gas es evacuado por medio de tuberías PVC de 1" ubicadas en el techo de los tanques y recolectadas por tuberías PVC de 2" hasta conducirlo mediante la operación de válvulas a un tanque gasómetro. Se recomienda extraer el gas una vez al mes.

Los tanques anaerobios también cuentan cada uno con tres tuberías PVC de 4", ubicadas en el fondo y que sirven para extraer los lodos cuando éstos han aumentado de volumen, al extremo de que salen junto con el agua tratada y que es recolectada en la parte superior (usualmente la limpieza se realiza cada 6 meses); es entonces el momento de extraer una parte de lodos mediante la apertura de las tres válvulas de compuerta de Br. De 4" que poseen las tuberías para el efecto.

En la parte inferior de la cámara de sedimentación también existen tuberías de PVC de 3" colocadas para drenar el agua tratada en caso de que existiera necesidad de limpiar la cámara de sedimentación, o bien cuando el proceso de tratamiento esté paralizado; para

ello será necesario abrir la válvula de compuerta de Br. De 3". El afluente de estas cámaras ingerirá a los pozos recolectores de agua tratada.

Finalmente el agua tratada se recolecta en la parte superior de los tanques a través de tuberías PVC de 8" con perforaciones de diámetro 5/8" a cada 38 cms. Y colocadas a cada cuatro metros dentro del tanque. Estas tuberías no tienen pendientes y siempre deberán tener por lo menos 2/3 de agua en su sección. En el caso de que esto no ocurra deberá observarse si la tubería no posee taponamientos o de lo contrario será necesario incrementar el tiempo de retención hidráulico. Es recomendable que por lo menos cada semana se realice la limpieza de estas tuberías. El agua recolectada por cada tubería ingerirá a pozos recolectores de agua tratada y que descargan aguas abajo en el pozo de visita No. 211D de la línea de descarga actual.

Pozos de toma de muestras

Se construyeron dos pozos de toma de muestras uno en cada tanque, cada uno con 8 tubos y llaves de chorro para toma de muestras en los diferentes estratos del proceso que se desarrolla en el tanque.

Estos pozos servirán como ya se dijo para tomar muestras y principalmente permitirá mediante el muestreo indicar el momento propicio de la evacuación de los lodos. Los muestreos deberán hacerse en el momento que sea necesario ya sea para control rutinario o bien cuando exista algún problema de funcionamiento que se desee detectar.

Pozos recolectores de agua tratada

Se instalaron 8 pozos por cada tanque anaerobio haciendo un total de 16 pozos. A éstos pozos ingerirá toda el agua tratada y recolectada por las tuberías perforadas colocadas en la parte superior de los tanques anaerobios.

La tapadera de éstos pozos es del tipo rejilla, construidas así con la finalidad de observar que se esté recolectando el agua en las tuberías perforadas, en caso que no se observe agua dentro de un pozo por ejemplo se tendrán que ejecutar la limpieza inmediata de la tubería que llega a ese pozo y en último caso si el problema es global modificar el tiempo de retención hidráulica.

Patios de desecado de lodos

Se construyeron tres patios con una capacidad de 105 m² cada uno por cada tanque anaerobio. Aquí descargarán los lodos digeridos y provenientes de los tanques en un período aproximado de cada 6 meses.

Cada patio de desecado de lodos posee un filtro formado por arena y piedrín de diferentes granulometrías, en la parte superior posee piso de ladrillo tayuyo sin junta, en donde finalmente se esparcirá el lodo digerido. El fondo de cada patio posee también tubería perforada de cemento de 10" con agujeros de 5/8" a cada 5 cms., en la parte superior e inferior del tubo; esta tubería recolectará el agua proveniente de los lodos y la transportará hacia unas cajas de alcantarillado para finalmente conducir las a un cabezal de descarga.

En el momento de verter los lodos sobre los patios, lo que ocurrirá cuando se abran las válvulas de compuertas de Br. De 4", los lodos se acumularán sobre la placa de impacto, por lo que el operador deberá con ayuda de palas y azadones extender los lodos a lo largo y ancho de cada patio, dándole un espesor a la capa de lodos de 30 a 45 centímetros. Después de acondicionar el lodo en cada patio se deja secar hasta que ha

hidratado lo suficiente para que pueda levantarse con palas y rastrillos. El tiempo de secado en época favorable (verano) es de 10 días o menos. El proceso de secado que siguen los lodos usualmente es el siguiente: dos días después de vaciarse los lodos en los patios se empiezan a formar grietas, en el cuarto, quinto y sexto día la superficie se muestra bastante agrietada, y así sucesivamente hasta llegar al décimo día en donde se obtienen un lodo de consistencia sólida y que puede utilizarse como acondicionador al suelo, o para estabilización de suelos, en rellenos, para jardinería, etc.

Para que el tiempo de secado de los lodos sea efectivo el vaciado de éstos en los patios debiere hacerse en los meses de octubre y abril.

Medias cañas para evacuación de aguas pluviales

Se instalaron dos medias cañas una que abarca el área donde están ubicados el desarenador, el canal parshall y los tanques anaerobios y la otra que abarca el área de los patios de desecado de lodos. Estas medias cañas no requieren mayor operación y mantenimiento, ya que funcionarán en épocas de invierno derivando el agua de lluvia de las unidades de la planta hacia colectores instalados para el efecto.

CONTROL OPERACIONAL

Es importante resaltar algunos controles de los cuales depende el buen funcionamiento de la planta.

Remoción del exceso de arena

La remoción de la arena como ya se dijo deberá realizarse dos veces por día. Es esencial la perfecta remoción de toda la arena que conduce el agua residual, pues de lo contrario la arena se sedimentará en el fondo, impidiendo la fluidización que caracteriza al proceso y echando a perder el funcionamiento de todo el sistema, provocando inmediatamente una disminución drástica de la eficiencia del tratamiento lo cual se notará al existir malos olores. Si esta situación ocurre, la solución consiste en remover la mezcla de lodos y arena del fondo del tanque a través del uso de alguna tubería ya sea por presión hidrostática a bien con el auxilio de alguna bomba.

Remoción de lodos

La extracción del exceso de lodos es sumamente cuidadosa y debe realizarse en el inicio de su operación únicamente cuando interfiera con la calidad del agua recolectada en la parte superior de los tanques, de lo contrario no es necesario extraerlos, ya que son los lodos la parte biológica del sistema encargada de remover la materia orgánica contenida en el agua residual, debido a esta actividad biológica, la materia orgánica es convertida parte en metano como producto final de ésta descomposición y parte en nueva biología; tampoco es conveniente que cuando se extraigan los lodos, extraerlos todos, ya que si esto sucede, el tanque queda sin biología y por lo tanto, el proceso se hecha a perder.

La extracción de lodos digeridos es recomendable removerlos cada 6 o 7 meses, durante horas de pequeño caudal (de 6 a 8 a.m.) y por ende de pequeña producción de biogás.

Remoción de biogás

El gas obtenido en los tanques en forma de biogás se recolecta a través de tuberías, las cuales lo conducirán finalmente aun tanque gasómetro donde se almacenará. Se recomienda para ayudar al buen funcionamiento del proceso que este gas sea removido mediante el manipuleo de las válvulas una vez al mes por lo menos.

Es importante señalar que mediante un proceso de purificación, el gas puede ser utilizado como un potencial energético.

Perturbaciones que se puedan dar durante el funcionamiento de la planta

Digestión desbalanceada

El mal olor típico de la digestión anaerobia desbalanceada o digestión ácida sobrecargada es provocado por la formación de ácidos orgánicos, malolientes y que no es transformado en gas metano por el hecho de que las bacterias metanogénicas trabajan más lentamente cuanto menor es el PH, en estos casos las posibles soluciones son las siguientes:

- a. Disminuir el caudal de entrada.
- b. Adicionar agua de cal, de modo que el agua negra queda en la franja de PH de 7 a 8.
- c. Adicionar lodo digerido de otra unidad o bien excremento de bovinos fresco,
- d. Adicionar mezcla de cloruro férrico con agua de cal para formar sulfato de hierro.
- e. Disminuir o eliminar todos los entubamientos en las tuberías o en las unidades de la planta, pues es en esos lugares donde se desprenden los gases sulfurosos.

Es importante hacer notar que en un proceso anaerobio normal (buena operación) todo lo anterior no debería ocurrir.

Inicio de operación

El inicio de operación, se debe efectuar cuando la planta de tratamiento se arregle su funcionamiento y será el período en el cual todas las unidades vuelven a operar bajo condiciones físico-químicas particulares y bajo un tiempo de retención hidráulica definida y termina cuando se puede, aplicar la carga orgánica volumétrica de diseño bajo condiciones estacionarias.

Del inicio del funcionamiento depende la eficiencia final de la planta, por ello es necesario tener sumo cuidado al mejorar el funcionamiento de la planta, la cual fundamentalmente depende del período de retención.

De experiencias obtenidas se tabulan los siguientes datos los cuales se recomienda utilizar en el momento de mejorar el funcionamiento de la planta.

TIMPO DE RETENCIÓN RECOMENDADO

TIEMPO (días)	PERIODO DE RETENCION (horas)
15	24
15	20
15	16
15	12
15	10

De lo anterior se deduce que la planta tardará de dos a tres meses para dar la eficiencia esperada, después de este tiempo la planta entrará a funcionar bajo su período de

retención normal que oscilará entre 8 y 10 horas y con una eficiencia entre el 80% y el 90%.

El cual se tendrá un proceso satisfactorio teniendo la presencia de varias condiciones que están interrelacionada como por ejemplo:

- Un alto crecimiento microbiano de biomasa adaptada al sustrato.
- Una excelente sedimentabilidad de los lodos.
- Condiciones ambientales adecuadas (temperatura del orden de 24 a 30 grados Celsius).
- El tipo de inoculó (generalmente se recomienda excremento de bovinos fresco, una carretada por cada 2,000 habitantes).

Controles de laboratorio

Para controlar el proceso deben realizarse análisis del afluente y efluente. El método utilizado para la toma de muestras destinadas a los análisis de DBO, DQO, SS, NO₃ Y PO₄ se recomienda que sea el de "Muestra integrada o compuesta", ya que este método permite indicar las características del agua residual durante un cierto período. El método consiste en tomar porciones de agua residual a diferentes intervalos de tiempo y mezclarlos para formar una muestra final representativa de las condiciones existentes. Este método es utilizado frecuentemente cuando se desea determinar las características promedio de las aguas que se van a tratar y las eficiencias de las unidades de tratamiento. Se recomienda que para determinar el OD se utilice el método de "Muestra Instantánea".

CONTROLES DE FRECUENCIA SEMANAL

Temperatura

Olor

Color

Turbidez

Potencial Hidrógeno

Caudal del afluente y efluente

Fecha y horas del muestreo

Estos análisis deberá hacerlos el operador y registrarlos en la bitácora de la planta.

CONTROLES DE FRECUENCIA TRIMESTRAL

Deben determinarse los siguientes parámetros:

Potencial Hidrógeno

Demanda Bioquímica de Oxígeno

Demanda Química de Oxígeno

Sólidos Totales

Sólidos Sedimentables

Fosfatos

Nitratos

Oxígeno Disuelto

Caudal del afluente y efluente

Como ya se tiene un registro completo de los controles semanales, con la obtención de los resultados de éstos parámetros de control se deberá elaborar un informe de la evaluación del comportamiento de la planta así como de la eficiencia que se efectúa en la misma, y dar las recomendaciones del caso.

**ANEXO 5
DE LA EVALUACION DEL
ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL**



UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE CIENCIAS ECONOMICAS
ESCUELA DE POST-GRADO
MAESTRIA DE FORMULACIÓN Y EVALUACIÓN DE PROYECTOS
PLANTA DE TRATAMIENTO DEL MUNICIPIO DE RETALHULEU

FORMULARIO INDICE DE CALIDAD AMBIENTAL TRATAMIENTO A LAS AGUAS DOMICILIARES

1) COBERTURA

- 1.1 Toda la población cuenta con un sistema de disposición de las aguas residuales adecuada
1.2 Las aguas residuales reciben una forma adecuada de tratamiento
1.3 La disposición de agua residual esta siendo vigilada
1.4 El número de personas que utilizan sistemas de disposición de agua residual es alto

<input type="radio"/> sí	<input checked="" type="radio"/> no
<input checked="" type="radio"/> sí	<input type="radio"/> no
<input type="radio"/> sí	<input checked="" type="radio"/> no
<input checked="" type="radio"/> sí	<input type="radio"/> no

2) CALIDAD DEL SERVICIO

- 2.1 La disposición de agua residual cumple las normas de saneamiento básico
2.2 La descarga del alcantarillado sanitario cumple con las normas
2.3 La comunidad esta libre de rebalses de aguas residuales en alcantarillado, tanque séptico o letrinas
2.4 El problema de agua residual estancada en patios es bajo
2.5 La comunidad esta contenta con los sistemas de disposición de agua residual

<input checked="" type="radio"/> sí	<input type="radio"/> no
<input checked="" type="radio"/> sí	<input type="radio"/> no
<input checked="" type="radio"/> sí	<input type="radio"/> no
<input checked="" type="radio"/> sí	<input type="radio"/> no
<input type="radio"/> sí	<input checked="" type="radio"/> no

3) FINANZAS

- 3.1 La tarifa/costo del sistema de disposición de agua residual es adecuado (la gente puede pagarlo y cubre el costo de la disposición de agua residual)
3.2 El organismo operador o el usuario del sistema tiene un presupuesto adecuado para la operación y mantenimiento
3.3 La mayoría paga la tarifa
3.4 Las tarifas recolectadas cubren el costo del sistema de operación y mantenimiento
3.5 Existe una cuenta especial para las tarifas de administración, operación y mantenimiento
3.6 El organismo rector tiene presupuesto adecuado para la vigilancia y control de la disposición de las aguas residuales

<input type="radio"/> sí	<input checked="" type="radio"/> no
<input type="radio"/> sí	<input checked="" type="radio"/> no
<input type="radio"/> sí	<input checked="" type="radio"/> no
<input type="radio"/> sí	<input checked="" type="radio"/> no
<input type="radio"/> sí	<input checked="" type="radio"/> no
<input type="radio"/> sí	<input checked="" type="radio"/> no

4) OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO

- 4.1 Se cuenta con suficiente personal capacitado para las labores de operación y mantenimiento requeridas
4.2 Se cuenta con suficiente material para las labores de operación y mantenimiento requeridas
4.3 Se cuenta con suficiente personal capacitado para las labores de vigilancia y control requeridas en los sistemas de disposición de agua residual
4.4 Se cuenta con suficiente material y equipo para las labores de vigilancia y control requeridas en los sistemas de disposición de excretas
4.5 La comunidad esta libre de fugas u obstrucciones en el sistema de tratamiento
4.6 La comunidad esta capacitada para disponer adecuadamente las aguas residuales

<input type="radio"/> sí	<input checked="" type="radio"/> no
<input type="radio"/> sí	<input checked="" type="radio"/> no
<input type="radio"/> sí	<input checked="" type="radio"/> no
<input type="radio"/> sí	<input checked="" type="radio"/> no
<input type="radio"/> sí	<input checked="" type="radio"/> no
<input type="radio"/> sí	<input checked="" type="radio"/> no

5) INFRAESTRUCTURA

- 5.1 Todos los componentes de los sistemas de disposición se encuentran en buena condición física
5.2 Los sistemas de disposición estan libres de riesgo de cualquier desastre natural o producido por el hombre
5.3 Existe un plan de emergencia por falla del sistema en caso de desastre
5.4 El organismo rector cuenta con la infraestructura adecuada para la vigilancia

<input checked="" type="radio"/> sí	<input type="radio"/> no
<input checked="" type="radio"/> sí	<input type="radio"/> no
<input type="radio"/> sí	<input checked="" type="radio"/> no
<input type="radio"/> sí	<input checked="" type="radio"/> no

6) IMPACTOS EN SALUD Y AMBIENTE

- 6.1 Los arroyos/rios están libres de contaminación por mala disposición
6.2 El agua subterránea está libre de contaminación por la disposición
6.3 Las fuentes de agua que se están usando para suministro de agua, riego o recreación están libres de contaminación por la mala disposición

<input type="radio"/> sí	<input checked="" type="radio"/> no
<input checked="" type="radio"/> sí	<input type="radio"/> no
<input type="radio"/> sí	<input checked="" type="radio"/> no

ANEXO 6
FOTOGRAFIAS DE LA
PLANTA DE TRATAMIENTO

FOTO 1
CAJA REUNIDORA DE CAUDAL



FOTO 2
CAJA REUNIDORA DE CAUDAL



FOTO 3
CANAL DE REJAS Y DESARENADOR



FOTO 4
DESARENADOR



**FOTO 5
DESARENADOR**



**FOTO 6
CANAL PARSHALL**



FOTO 7
BATERIAS DE REACTORES ANAEROBIOS
DE FLUJO ASCENDENTE



FOTO 8
BATERIAS DE REACTORES ANAEROBIOS
DE FLUJO ASCENDENTE



FOTO 9
REACTOR ANAEROBIO
DE FLUJO ASCENDENTE



FOTO 10
PATIO DE SECADO DE LODOS



FOTO 11
PATIO DE SECADO DE LODOS



ANEXO 7
COSTOS DE LA PROPUESTA DE
MEJORAMIENTO

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
 FACULTAD DE CIENCIAS ECONOMICAS
 MAESTRIA EN FORMULACION Y EVALUACION
 DE PROYECTOS

PROYECTO: PROPUESTA DE MEJORAMIENTO PARA LA PLANTA
 DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES
 MUNICIPIO: RETALHULEU
 DEPARTAMENTO: RETALHULEU
 PRESUPUESTO: JUAN CARLOS LINARES

LISTADO DE MATERIALES

FECHA NOVIEMBRE 2,003

No.	REGLON/DESCRIPCION	CANTIDAD	UNIDAD	UNITARIO	(Q)
I	CANAL DE REJAS	1.00	U		
	Cemento	60.00	sacos	30.00	1,800.00
	Arena de río	5.00	m ³	60.00	300.00
	Piedrín	6.25	m ³	110.00	687.50
	Alambre C-16	25.00	lbs	3.00	75.00
	Clavo	25.00	lbs	3.00	75.00
	Madera 3 usos	525.00	p-t	2.78	1,456.88
	Hierro 3/8" x 20' grado 40	70.00	varillas	12.15	850.50
	Hierro hembra 1/4" x 1" x 20'	25.00	U	45.00	1,125.00
	TOTAL REGLON				6,369.88
II	DESARENADOR	1.00	U		
	Cemento	120.00	sacos	30.00	3,600.00
	Arena de río	10.00	m ³	60.00	600.00
	Piedrín	10.00	m ³	110.00	1,100.00
	Hierro 3/8" x 20' grado 40	125.00	varillas	12.15	1,518.75
	Alambre C-16	75.00	lbs	3.00	225.00
	Clavo	75.00	lbs	3.00	225.00
	Madera (3 usos)	850.00	p-t	2.78	2,363.00
	Compuerta metálica lámina negra	2.00	U	754.00	1,508.00
	TOTAL REGLON				11,139.75
III	REACTORES EN DECANTADORES	2.00	U		
	Cemento	350.00	sacos	30.00	10,500.00
	Arena de río	20.00	m ³	60.00	1,200.00
	Piedrín	27.00	m ³	110.00	2,970.00
	Madera	297.00	p-t	2.78	825.66
	Clavos	174.50	lbs	3.00	523.50
	Alambre C-16	200.00	lbs	3.00	600.00
	Hierro 1/2" x 20'	157.00	varillas	20.25	3,179.25
	Hierro 3/8" x 20'	363.00	varillas	12.15	4,410.45
	Tubo 8" PVC	3.00	tubos	325.41	976.23
	Codo 90° PVC 8"	5.00	U	137.76	688.80
	Tubo 10" PVC	16.00	tubos	42.40	678.40
	TOTAL REGLON				26,552.29
IV	CAJA UNIFICADORA	1.00	U		0.00
	Cemento	20.00	sacos	30.00	600.00
	Cal	0.95	qq	25.00	23.75
	Arena amarilla	1.50	m ³	60.00	90.00
	Arena de río	3.00	m ³	60.00	180.00
	Piedra bola	2.10	m ³	110.00	231.00
	Ladrillo tayuyo	1.56	millar	700.00	1,092.00
	Alambre C-16	6.00	lbs	3.00	18.00
	Hierro 3/8" x 20'	22.00	varillas	12.15	267.30
	TOTAL REGLON			2502.00	2,502.05
V	TUBERIA INTERCONEXION 10" PVC				
	COLECTOR PVC 10"				
	Tubería de interconexión de 10" PVC	6.00	tubos	847.70	Q5,086.20
	TOTAL DE MATERIALES REGLON				Q5,086.20
VI	LAGUNA DE ESTABILIZACION				
	Piedra bola	20.00	m ³	110.00	Q2,200.00
	TOTAL DE MATERIALES REGLON				Q2,200.00

FECHA NOVIEMBRE 2,003

PRE SUPUESTO
 (VALORES EN QUETZALES ENTEROS)

No.	RENGLON	CANTIDAD	UNIDAD	COSTO UNITARIO	MANO DE OBRA			MATERIALES		TRANSPORTE	TOTAL
					COSTO TOTAL	LOCALES	NO LOCALES	TOTAL	TOTAL EN OBRA		
I	CANAL DE REJAS	1.00	U								
	Excavación	12.75	m ³	69.18	882						882
	Retiro material sobrante	13.75	m ³	24.21	333						333
	Formateado	9.05	m ²	42.36	383						383
	Fundición + armadura	0.40	m ³	175.68	70						70
	Fabricación y fijación rejilla	1.00	U	363.00	363						363
	Materiales					2985	3385	6370	440		6810
	TOTAL RENGLO				2032	2985	3385	6370	440		8842
II	DESARENADOR	1.00	U								
	Excavación	141.00	m ³	40.00	5640						5640
	Retiro de sobrante	156.00	m ³	15.00	2340						2340
	Formateado	14.85	m ²	22.00	327						327
	Fundición + armadura	1.95	m ³	66.00	129						129
	Fabricación y colocación compuerta	6.00	U	120.00	720						720
	Materiales					4525	6615	11140	905		12045
	TOTAL RENGLO				9155	4525	6615	11140	905		21200
III	REACTOR EN DECANTADORES	2.00	U								
	Eliminación de la fundición de losa	18.00	m ³	350.00	6300						6300
	Fundición	6.00	m ³	350.00	2100						2100
	Armadura de la fundición	90.00	m ²	60.00	5400						5400
	Formateado	22.75	m ²	60.00	1365						1365
	Materiales					8185	18367	26552	3582		30134
	TOTAL RENGLO				15165	8185	18367	26552	3582		45299
IV	CAJA DE EXCEDENCIAS	1.00	U								
	Excavación	7.22	m ³	45.00	325						325
	Retiro de sobrante	7.22	m ³	13.25	96						96
	Fundición de fondo	0.18	m ³	35.00	6						6
	Levantado de block 20x20x40 cms	24.32	m ²	21.25	517						517
	ACABADOS:										
	Ropello	24.32	m ²	11.25	274						274
	Alisado	24.32	m ²	11.20	272						272
	Brocal + lapadera	1.00	U	55.00	55						55
	Materiales					1491	1011	2502	342		2844
	TOTAL RENGLO				1545	1491	1011	2502	342		4389
V	TUBERIA INTERCONEXION 10" PVC	90.00	ML								
	EXCAVACION	63.00	M3	65.00	4095						4095
	RELLENO COMPACTADO	62.00	M3	28.00	1736						1736
	RETIRO DE SOBRANTE	17.00	M3	15.00	255						255
	INSTALACION TUBERIA 10" PVC	90.00	ML	8.03	723						723
	TUBERIA 10" PVC	6.00	TUBO					5086	344		5430
	PERFORACION DE TUBERIA	630.00	U	0.71	447						447
	TOTAL DE RENGLO				7256			5086	344		12686
VI	LAGUNA DE ESTABILIZACION	1.00	U								
	Excavación	36468.00	m ³	30	1094040						1094040
	Retiro de Sobrante	49232	m ³	7	344623						344623
	Conformación de Talud 1:3	10088.00	m ²	15	151320						151320
	Materiales							2220	2220		2220
	TOTAL DE RENGLO				1589983	0		2220	2220		1592203

FECHA NOVIEMBRE 2,003

PRE SUPUESTO
 (VALORES EN QUETZALES ENTEROS)

No.	RENGLON	CANTIDAD	UNIDAD	COSTO UNITARIO	MANO DE OBRA			MATERIALES		TRANSPORTE	TOTAL
					COSTO TOTAL	LOCALES	NO LOCALES	TOTAL	TOTAL EN OBRA		
	RESUMEN POR RENGLO										
	PLANTA DE TRATAMIENTO										
I	CANAL DE REJAS	1.00	U	Q 2,032.00	Q 2,032.00	Q 2,985.00	Q 3,385.00	Q 6,370.00	Q 440.00	Q 8,842.00	
II	DESARENADOR	1.00	U	Q 9,155.00	Q 9,155.00	Q 4,525.00	Q 6,615.00	Q 11,140.00	Q 905.00	Q 21,200.00	
III	REACTORES ANAEROBICOS EN DECANTADORES	2.00	U	Q 7,582.50	Q 15,165.00	Q 8,185.00	Q 18,367.00	Q 26,552.00	Q 3,582.00	Q 45,299.00	
IV	TUBERIA DE INTERCONEXION	1.00	GLOBAL	Q 7,256.00	Q 7,256.00	Q 5,086.00	Q 5,086.00	Q 344.00	Q 344.00	Q 12,686.00	
V	CAJA DE EXCEDENCIAS	1.00	U	Q 1,545.00	Q 1,545.00	Q 1,491.00	Q 1,011.00	Q 2,502.00	Q 342.00	Q 4,389.00	
VI	LAGUNA FACULTATIVA	45276.00	m ²	Q 35.12	Q 1,589,982.60		Q 2,220.00	Q 2,220.00		Q 1,592,202.60	
	TOTAL RENGLO SIN IVA				Q 1,625,135.60	Q 17,186.00	Q 36,684.00	Q 53,870.00	Q 5,613.00	Q 1,684,618.60	
	EQUIPO + HERRAMIENTA 3%									Q 50,539.00	
	COSTO DIRECTO									Q 1,735,157.60	
	ADMON. DE CAMPO		MESES							Q 44,400.00	
	PRESTACIONES LABORALES				Q 75.00	Q 55.00	Q 55.00			Q 480,325.00	
	CUOTA IGSS									Q 166,954.00	
	IMPREVISTOS									Q 242,684.00	
	SUBTOTAL									Q 2,669,520.60	
	10% IVA DE MAT. + TRANSP. + E Y HERR.									Q 11,002.20	
	COSTO TOTAL CON IVA									Q 2,680,522.80	

Costo a Noviembre de 2,003
 (Cambio \$. 1.00 = Q. 8.85)

ANEXO 8
MANUAL DE OPERACIÓN Y
MANTENIMIENTO DE LA PROPUESTA DE
MEJORAMIENTO

MANUAL GENERALIDADES

Para cumplir con los objetivos del tratamiento de aguas residuales de la planta de Retalhuleu, es necesario que se ejecuten eficientemente las actividades de inspección, operación, mantenimiento y evaluación del funcionamiento. Para cumplir con ello es necesario conocer los parámetros de control que permitan realizar los siguientes aspectos:

- Dominar el proceso de tratamiento para hacer posible su manejo en condiciones normales como en condiciones especiales.
- Prever los problemas de operación que pudieran ocurrir.
- Capacitar a los operadores en la administración de la planta de tratamiento, de modo que requieran sólo de instrucciones específicas sobre el funcionamiento de las unidades.

Este conocimiento se obtiene solamente a través del control rutinario del sistema de tratamiento.

Un adecuado control de los procesos de tratamiento involucra el conocimiento de los componentes tanto cuantitativos como cualitativos de las aguas residuales crudas, cierto dominio de los fenómenos que ocurren en ese ambiente, y de las características específicas del efluente del sistema. Existen tres puntos principales de control en una unidad de tratamiento: la unidad en sí, a su entrada y su salida.

FUNCIONAMIENTO DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES DE RETALHULEU

Unidad de Pretratamiento

Rejas

Para el tratamiento de las aguas residuales son conducidas del último pozo (derivador o excedencias) de visita a la unidad unificadora de caudal, la cual pasa a la unidad derivadora o excedencias de caudal, para luego pasar al canal de rejas donde se retiene en material flotante, este material debe ser removido con frecuencia de modo de evitar el aumento de la pérdida de carga en las barras y aumento de la velocidad en el canal dando lugar un mayor arrastre de algunos materiales que deberían ser removidos por esta unidad.

Desarenador

El agua residual continua su proceso de depuración al desarenador que es una unidad destinada para remover materia inorgánica, no putrescible y poseen una velocidad de sedimentación mayor que de las partículas orgánicas.

Tratamiento Primario

El agua continúa su proceso de tratamiento a través del decantador primario. Mediante el proceso físico de la sedimentación, las partículas se sedimentan por su propio peso. El fondo del decantador permite extraerlas mediante la apertura de una válvula de compuerta, esto es posible porque

sobre ella actúa la presión hidráulica. Las partículas que conjuntamente con cierta cantidad de agua son extraídas comúnmente se les denominan lodos que son conducidos por acción de la gravedad al patio de secado de lodos.

Tratamiento Secundario

El agua residual sigue su proceso de depuración y pasa a la laguna facultativa.

Arranque:

Antes de poner en servicio una laguna se debe realizar una inspección cuidadosa de la misma a fin de verificar la existencia de las condiciones siguientes:

- Ausencia de plantas y vegetación en el fondo y en los taludes interiores de la laguna.
- Funcionamiento y estado apropiado de las unidades de entrada, rejilla, unidades de aforo, unidades de paso y de salida.

En el procedimiento para poner en funcionamiento la laguna facultativa se debe tener en cuenta los siguientes requerimientos generales.

- En lo posible la laguna se debe arrancar en verano, pues a mayor temperatura se obtiene mayor eficiencia de tratamiento y menor tiempo de aclimatación.
- El llenado de la laguna debe hacerse lo más rápidamente posible, para prevenir el crecimiento de vegetación emergente y la erosión de los taludes si el nivel del agua permanece por debajo del margen o tramo protegido.
- Para prevenir la generación de malos olores y el crecimiento de vegetación, la laguna debe llenarse, por lo menos, hasta un nivel de operación de 0.6m.
- Para laguna facultativa se procede, inicialmente, a llenar con 0.6 m. De agua dulce de río o del acueducto, si existe tal posibilidad. A continuación se introduce el agua residual a una tasa baja, inicialmente 1/10 del caudal de diseño, manteniendo el pH por encima de 7.0 y verificando la concentración de oxígeno disuelto para sostener una concentración diurna mayor de 2mg/L. Una vez se logre el desarrollo de la población bacteriana y algal, posiblemente en 7 a 30 días, se alcanzará la aplicación total del caudal.
- Cuando no existe agua dulce disponible para el llenado de laguna facultativa, la laguna se carga con agua residual y se dejan en reposo durante 20 días para el desarrollo de la población bacteriana y algal; agregando diariamente sólo el agua requerida para suplir pérdidas por evaporación y/o percolación. Una vez desarrollada la población bacteriana y algal, la laguna se

cargan con incrementos graduales progresivos de caudal hasta obtener el caudal de operación normal.

Operación y Mantenimiento

La operación y mantenimiento de la laguna facultativa tiene como objetivos básicos los siguientes:

- Mantener limpias las estructuras de entrada, interconexión y salida.
- Mantener en laguna facultativa un color verde intenso brillante, el cual indica pH y OD alto.
- Mantener libre de vegetación la superficie del agua.
- Mantener adecuadamente podados los taludes para prevenir problemas de insectos y erosión.
- Mantener un efluente con concentraciones mínimas de DBO y SS.

Las labores típicas de operación y mantenimiento incluyen:

- Mantener controlada la vegetación de los diques impidiendo su crecimiento más allá del nivel de la grava de protección contra la erosión.
- Remover toda vegetación emergente en el talud inferior de las lagunas.
- Cortar el pasto de los taludes exteriores y áreas circunvecinas, en seco, para mantenerlo en una altura máxima de 15 cm.
- Verificar el estado adecuado de la grava de protección de los diques.
- Remover la nata sobrenadante de laguna facultativa y disponerla apropiadamente.
- Mantener limpias las unidades de entrada, interconexión y salida. Lubricar, si es del caso, válvulas y/o compuertas existentes.
- Inspeccionar y prevenir cualquier daño en diques, cerca o unidades de entrada, interconexión y salida.

DIMENSIONAMIENTO DEL EQUIPO DE TRABAJO

El número de personas necesarias para realizar un control adecuado de la planta de tratamiento es poca, por las unidades de tratamiento y el tamaño de la planta se recomienda el siguiente número:

Supervisor: uno (1)
Operarios: tres (3)

Funciones Del Personal

Supervisor

Como encargado de la planta, deberá tener conocimiento sobre la operación y mantenimiento de las distintas unidades del proceso de tratamiento y mantenerse siempre que sea posible, actualizado, participando para esto en los cursos que puedan desarrollarse por órganos estatales de control de la contaminación de las aguas, específicamente por el INFOM (Instituto de Fomento Municipal), o por el Ministerio de Salud Pública.

El supervisor puede ser el encargado de la Oficina de Aguas y Drenajes de Retalhuleu.

Para la planta, sus principales responsabilidades con:

- a) Tener autoridad suficiente sobre el personal de mantenimiento, dando instrucciones para el desarrollo de sus actividades.
- b) Llevar un control sobre el funcionamiento y estado general de cada unidad de tratamiento.

Operarios

Son responsables, fundamentalmente, del mantenimiento de la limpieza de las rejas, desarenador, vertederos, las tuberías de distribución sobre los decantadores, de las tuberías de interconexión, las válvulas y cuidar las instalaciones de toda el área de tratamiento, así como de las acciones que se describen posteriormente para el funcionamiento de cada unidad de tratamiento.

ACTIVIDADES GENERALES DE INSPECCION Y MANTENIMIENTO

Actividades Diarias De Los Operarios

Recorres el perímetro del terreno donde se ubica la planta, así como el de cada unidad a fin de verificar.

- Si no existen tramos del cerco debilitados o deteriorados teniendo con esta precaución impedir la entrada de personas ajenas a las instalaciones.
- El estado de conservación de las paredes expuestas de las unidades.
- Si existen algunas fuga del flujo entre las paredes.
- Es estado de conservación y limpieza de los canales.
- Si la distribución de caudales es equitativa para cada módulo de las unidades del decantador y laguna.

Actividades periódicas del operador

- Limpiar las áreas libres de la planta de tratamiento.

ACTIVIDADES RUTINARIAS DE OPERACIÓN Y CONTROL

Pretratamiento

Canal de rejas y desarenador.

- Remover dos veces diarias el material retenido en las rejas con un rastrillo apropiado.
- Al material acumulado agregarle cal para evitar la proliferación de moscas.
- Agitar tres veces al día, el desarenador en sentido contrario al flujo de las aguas, forzando de este modo, a la materia que por naturaleza tiende a sedimentar (específicamente en las horas de menor caudal) a regresar al medio líquido y ser transportada hasta el decantador primario, destinado para recibir este tipo de sólidos.
- Realizar la descarga o limpieza del desarenador siempre que el material acumulado ocupe la altura de la cámara de almacenamiento. Los intervalos entre la limpieza, han sido calculados para realizar una limpieza cada 3 días, pero de ninguna forma deberá dejarse de limpiar los desarenadores una vez por semana para evitar la descomposición de algún material orgánico sedimentado. Es interesante observar que:
 - Se tiene dos desarenadores, para permitir que, una puede ser aislada para la limpieza mientras la otra es puesta en funcionamiento.
 - La arena, así como el material sedimentado en esta unidad, debe ser retirada ayudando en esta operación por medio de palas.
 - El desarenador después de lavado, está listo para su puesta en operación.
 - El operador deberá contar con los elementos como: pala, carretilla para transportar los sedimentos, guantes, jabón, desinfectante, etc.

Unidades de medición y control del flujo:

Vertedero sutor proporcional.

- Limpiar periódicamente los vertederos con la ayuda de cepillos, para evitar la formación de capas de espuma y/o algas.
- Remover dos veces diarias los aceites y grasas de la trampa de grasas, así como todo el material flotante.

Tratamiento primario

Decantador primario.

- Remover dos veces al día el lodo sedimentado en los decantadores.
- Remover cada día las natas que se forman en los decantadores.

**Tratamiento secundario
Laguna Facultativa**

El control adecuado del proceso de tratamiento exige el registro, por el operador, de los caudales de aguas residuales y de las características del afluente, contenido de la laguna y efluente.

**TABLA 2
Planta de Personal Recomendado**

CARGO	POBLACION				
	10,000	25,000	50,000	100,000	250,000
Supervisor	----	----	1	1	1
Laboratorista	----	----	1	1	1
Operador Jefe	----	1	1	1	1
Obrero	1	1	2	4	10
Conductor	----	----	1	1	1
Celador	1	1	1	2	2
TOTAL	2	3	7	10	16

El color es uno de los parámetros más sencillos de determinar y su observación permite visualizar el estado general de la laguna como se indica.

**TABLA 3
Color Como Indicador visual**

COLOR	INDICADOR
Verde oscuro brillante	Bueno, pH alto, OD alto
Verde opaco a amarillo	Regular, pH y OD en disminución Predominio de algas azul-verdosas.
Gris a negro	Malo, Laguna anaeróbica.
Canela a carmelito	Bueno si es debido a algas carmelitosas. Malo si es debido a erosión del dique.
Rojo o rosado	Presencia de bacterias púrpuras del azufre en lagunas anaeróbicas. Presencia de algas rojas en lagunas anaeróbicas.

Las determinaciones típicas de control de laguna y su frecuencia de análisis se resumen en la tabla 4. Para ensayos de pH, OD y coliformes fecales se acostumbra usar muestras instantáneas, a la misma hora del día, que puede ser a las 8:00; para ensayos sobre las lagunas se utilizan muestras tomados al salir del sol y en la mitad de la tarde y para efluentes se prefieren muestras compuestas. Las muestras de las lagunas se pueden componer con base en 4 muestras instantáneas iguales tomadas de las 4 esquinas de la laguna, preferiblemente a 0.3 m por debajo de la superficie del agua y a 2.5 m desde el filo de agua. Las muestras de los efluentes y se pueden componer con base en muestras instantáneas, proporcionales al caudal, tomadas a la 8:00, 12:00 y 16:00 horas del día.

TABLA 4
Controles Típicos de Operación

PARAMETROS	AFLUENTE	LAGUNA	EFLUENTE	FRECUENCIA
Caudal	*	-----	*	Diaria
Color	*	*	*	Diaria
Temperatura	*	*	*	Diaria
Ph	*	*	*	Diaria
OD	*	*	*	Diaria
DBO total	*	-----	*	Quincenal
DQO total	*	-----	*	Quincenal
SS	*	-----	*	Quincenal
CF	*	-----	*	Quincenal

Otros parámetros útiles, para control, son los de DBO y DQO solubles, nitrógeno amoniacal, sulfatos, sulfuros, clorofila y profundidad de lodos. Los informes de control deberán incluir las características promedio del agua residual cruda y de los efluentes; así como las cargas orgánicas promedio, los tiempos de retención y las remociones porcentuales de DBO, DQO, SS y CF.

PROBLEMAS Y SOLUCIONES

Como todo sistema de tratamiento de aguas residuales, aún con su simplicidad operacional, la laguna puede presentar problemas que hacen necesario ejecutar los correctivos requeridos para su solución. A continuación se enumeran algunos de los problemas encontrado en la operación y mantenimiento de lagunas, así como sus causas probables y soluciones.

TABLA 5
PROBLEMA DE OLORES EN LAGUNA

INDICADOR	CAUSA PROBABLE	SOLUCION
pH menor de 5.5; olores desagradables; olor a huevo podrido por H ₂ S.	Ausencia de nata gruesa sobrenadante; bacterias fermentativas produciendo ácido a una tasa mayor que la de utilización por las bacterias metanogénicas; carga orgánica insuficiente.	Agregar lechada de cal al 20% en dosis de 10 mg/L, al afluyente. Usar paja o láminas de poliestireno como ayuda para establecer una nata sobrenadante protectora de buena calidad.

TABLA 6
PROBLEMA DE CRECIMIENTO DE PLANTAS DE AGUA

INDICADOR	CAUSA PROBABLE	SOLUCIÓN
Presencia de vegetación y plantas acuáticas sobre la superficie del agua y sobre los taludes interiores.	Falta de mantenimiento, profundidad de agua insuficiente, mala circulación del agua.	Remover físicamente toda la vegetación sobre la superficie del agua desde un bote o desde los diques. Aumentar nivel del agua por encima de la vegetación.

**TABLA 7
PROBLEMAS DE ANIMALES DE MADRIGUERA EN LOS DIQUES**

INDICADOR	CAUSA PROBABLE	SOLUCION
Daños en los diques. Las ratas y las nutrias excavan túneles sumergidos.	Población alta en áreas adyacentes a la laguna. Alimento disponible que atrae los animales.	Remover plantas y suministro alimenticio de las áreas adyacentes. Elevar y bajar, alternativamente, el nivel del agua para desestimular el crecimiento de los animales de madriguera. Colocar cebos y trampas.

**TABLA 8
PROBLEMAS DE ESPUMAS Y NATAS**

INDICADOR	CAUSA PROBABLE	SOLUCION
Formación de espuma y nata superficial.	Flotación de lodo, mala circulación, acción del viento, alto contenido de grasas, aceites y detergentes.	Romper la espuma y natas con chorros de agua o removerla físicamente y disponerla.

**TABLA 9
PROBLEMA DE ALGAS AZUL-VERDORAS**

INDICADOR	CAUSA PROBABLE	SOLUCION
Malos olores por muerte de las algas. Color azul-verdoso del agua.	pH < 6.5 y OD < 1 mg/L. Sobrecarga en la laguna. Balance nutriente deficitario.	Aplicar 3 veces solución de sulfato de cobre así: a. Si la alcalinidad es > 50 mg/L; Aplicar 1.0 g/m ³ . b. Si la alcalinidad es <50 mg/L; Aplicar 0.6 gm ³ .

**TABLA 10
PROBLEMA DE INSECTOS**

INDICADOR	CAUSA PROBABLE	SOLUCION
Presencia de insectos o larva de insectos en la laguna.	Mantenimiento pobre. Mala circulación.	Mantener la laguna sin vegetación ni espuma. Sembrar pez Gambusia. Aplicar un insecticida. Cortar el paso frecuentemente.

Patios de secado para lodos

- Remover el lodo seco de los patios de secado.
- El lodo retirado debe ser almacenado por un período de seis meses antes de ser utilizado como acondicionador de suelo o abono en la propia área de la planta de tratamiento. El tiempo de almacenamiento reducirá el riesgo de encontrar huevos viables de parásitos en los lodos.

- En cuanto al mantenimiento del lecho, éste consistirá en reemplazar la arena perdida durante la remoción del lodo seco, por arena nueva de igual calidad a la señalada en el proyecto. Igualmente, se debe prevenir el crecimiento de vegetales de todo tipo.
- En ningún caso se podrá aplicar sobre el lecho, lodo crudo o fresco debido a que éstos pueden presentar serlos problemas, como malos olores y proliferación de insectos.

Es importante señalar que al abrir o cerrar cualquier válvula instalada en la planta, ésta debe de manipularse despacio, abrir o cerrar gradualmente, ya que al hacerlo de una forma brusca, se arruinarán por las presiones que existen dentro de las tuberías.