



Universidad de San Carlos de Guatemala
Facultad de Ingeniería
Escuela de Ingeniería Mecánica Industrial

CREACIÓN DE UNA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUA PARA EL CONSUMO HUMANO EN EL DEPARTAMENTO DE CHIQUIMULA

Kristell Milenny Leytán Morales

Asesorado por el Ma. Ing. Aurelio Reyes Meza

Guatemala, marzo de 2012

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERÍA

**CREACIÓN DE UNA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUA PARA EL
CONSUMO HUMANO EN EL DEPARTAMENTO DE CHIQUIMULA**

TRABAJO DE GRADUACIÓN

PRESENTADO A LA JUNTA DIRECTIVA DE LA
FACULTAD DE INGENIERÍA
POR

KRISTELL MILENNY LEYTÁN MORALES

ASESORADO POR EL MA. ING. AURELIO REYES MEZA

AL CONFERÍRSELE EL TÍTULO DE

INGENIERA INDUSTRIAL

GUATEMALA, MARZO DE 2012

HONORABLE TRIBUNAL EXAMINADOR

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

CREACIÓN DE UNA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUA PARA EL CONSUMO HUMANO EN EL DEPARTAMENTO DE CHIQUIMULA

Tema que me fuera asignado por la Dirección de la Escuela de Ingeniería Mecánica Industrial, con fecha mayo de 2010.



Kristell Milenny Leytán Morales

Guatemala 20 de septiembre de 2011

Ingeniero
César Urquizú Rodas
Director de Escuela de Mecánica Industrial
Facultad de Ingeniería
USAC
Su despacho

Estimado Ingeniero Urquizú:

Me es grato dirigirme a usted, para informarle que cumpliendo con lo resuelto por la Dirección de Escuela, se procedió a la asesoría y revisión del Trabajo de Graduación titulado **"CREACIÓN DE UNA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUA PARA EL CONSUMO HUMANO EN EL DEPARTAMENTO DE CHIQUIMULA"** desarrollado por la estudiante universitaria Kristell Milenny Leytán Morales con número de carné 2004-12775.

El trabajo presentado por la estudiante, ha sido desarrollado cumpliendo con los requisitos necesarios, por lo que considero que el trabajo ha cubierto los objetivos del estudio planteado, habiendo proyectado criterios de ingeniería en su desarrollo. Por lo que permito informarle que encuentro satisfactorio el trabajo realizado y lo remito a usted para los trámites respectivos.

Sin otro particular me despido de usted,

Atentamente,



Ma. Ing. Aurelio Reyes Meza
Colegiado 6950
Asesor

ING. AURELIO REYES M.
INGENIERO INDUSTRIAL
COL. 6950



Como Catedrático Revisor del Trabajo de Graduación titulado **CREACIÓN DE UNA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUA PARA EL CONSUMO HUMANO EN EL DEPARTAMENTO DE CHIQUIMULA**, presentado por la estudiante universitaria **Kristell Milenny Leytán Morales**, apruebo el presente trabajo y recomiendo la autorización del mismo.

ID Y ENSEÑAD A TODOS

Ing. Edwin Antonio Echeverría Marroquín
Catedrático Revisor de Trabajos de Graduación
Escuela Ingeniería Mecánica Industrial

Ing. Edwin Echeverría
COLEGIADO 4133

Guatemala, noviembre de 2011.

/mgp



El Director de la Escuela de Ingeniería Mecánica Industrial de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala, luego de conocer el dictamen del Asesor, el Visto Bueno del Revisor y la aprobación del Área de Lingüística del trabajo de graduación titulado **CREACIÓN DE UNA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUA PARA EL CONSUMO HUMANO EN EL DEPARTAMENTO DE CHIQUIMULA**, presentado por la estudiante universitaria **Kristell Milenny Leytán Morales**, aprueba el presente trabajo y solicita la autorización del mismo.

“ID Y ENSEÑAD A TODOS”


Ing. Cesar Ernesto Urquizú Rodas
DIRECTOR
Escuela de Ingeniería Mecánica Industrial



Guatemala, marzo de 2012.

/mgp



El Decano de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala, luego de conocer la aprobación por parte del Director de la Escuela de Ingeniería Mecánica Industrial, al trabajo de graduación titulado: **CREACIÓN DE UNA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUA PARA EL CONSUMO HUMANO EN EL DEPARTAMENTO DE CHIQUIMULA**, presentado por la estudiante universitaria: **Kristell Milenny Leytán Morales**, autoriza la impresión del mismo.

IMPRÍMASE.

Ing. Murphy Olympo Paiz Recinos
DECANO

Guatemala, marzo de 2012



ACTO QUE DEDICO A:

Dios

Todopoderoso que me ha conservado con vida y salud, por sus bendiciones, ser mi fortaleza y brindarme una vida llena de aprendizaje, experiencia, y sobre todo de felicidad.

Mis padres

Leonel Leytán Aguilar y María Elena Morales de Leytán, por llenarme de su amor, instruirme, su apoyo incondicional, los valores que me han inculcado y darme la oportunidad de tener una educación, su esfuerzo incansable y por ser un excelente ejemplo de vida a seguir.

Mis hermanos

Héctor Lionel, Frederick Emilio y Ana Isabel (q.e.p.d.) por ser mi inspiración, en tantos momentos felices y acompañarme siempre.

Mis abuelos

Héctor Leytán (q.e.p.d.), Ethel Aguilar, Elizabeth Jiménez y Mario Morales (q.e.p.d.), por todas sus enseñanzas, su amor fraternal, los momentos gratos que me han hecho vivir y ser un ejemplo de lucha y esfuerzo.

Mi familia

Por todas sus muestras de cariño y apoyo.

Alejandro Cano

Por ser una persona muy especial e importante en mi vida y en el desarrollo de mi carrera profesional; por demostrarme en todo momento su apoyo incondicional, confianza, comprensión y paciencia.

Familia Cano González

Por ser una gran bendición en mi vida, brindándome siempre su apoyo, cariño y estar siempre pendientes de mi desarrollo profesional.

Mis amigos

Aquellos que de una u otra manera me apoyaron a seguir adelante, por su aprecio y respeto.

Asesor

Ing. Aurelio Reyes Meza, por su apoyo, enseñanza y dedicación.

AGRADECIMIENTOS A:

Universidad de San Carlos de Guatemala Por darme la oportunidad de formarme como profesional, en especial, a la Facultad de Ingeniería, por las herramientas y conocimientos adquiridos.

Empresa Gema Azul Por darme la oportunidad de enriquecer mis conocimientos a través de la experiencia.

ÍNDICE GENERAL

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES	VII
LISTA DE SÍMBOLOS	XI
GLOSARIO	XIII
RESUMEN	XVII
OBJETIVOS	XIX
INTRODUCCIÓN	XXI
1. ANTECEDENTES GENERALES	
1.1. Departamento de Chiquimula	1
1.1.1. Características	1
1.1.2. Ubicación	5
1.1.3. Historia	6
1.1.4. Habitantes	7
1.2. Planta de tratamiento de agua	7
1.2.1. Definición de una planta de tratamiento de agua	9
1.2.2. Características del agua purificada	10
1.2.3. Historia de la captación de agua	10
1.3. Mantenimiento	12
1.3.1. Tipos de mantenimiento	13
1.3.1.1. Preventivo	13
1.3.1.2. Correctivo	13
1.3.1.3. Proactivo	14
1.3.1.4. Predictivo	14

1.4.	Diagramas	15
1.4.1.	Tipos de diagramas	15
1.4.1.1.	Diagrama de operación	15
1.4.1.2.	Diagrama de flujo	17
1.4.1.3.	Diagrama de recorrido	18
1.5.	Costos	18
1.5.1.	Costos fijos	18
1.5.2.	Costos variables	19
2.	SITUACIÓN ACTUAL	
2.1.	Estudio de mercado	21
2.1.1.	Identificación del problema	22
2.1.2.	Población de análisis	24
2.1.2.1.	Densidad poblacional	24
2.1.2.2.	Contaminación	26
2.1.2.3.	Salud	30
2.1.3.	Análisis del consumidor	31
2.2.	Agua potable en Chiquimula	36
2.2.1.	Características	37
2.2.2.	Hechos y cifras	39
3.	PROPUESTA PARA CREAR UNA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUA PARA CONSUMO HUMANO	
3.1.	Estudio económico	45
3.1.1.	Costos de inversión inicial	45
3.1.1.1.	Infraestructuras	46
3.1.1.2.	Inmobiliario	46
3.1.1.3.	Mobiliario	47

	3.1.1.3.1.	Camión cisterna	47
	3.1.1.3.2.	Equipo y herramienta	47
3.1.2.		Análisis punto de equilibrio	49
	3.1.2.1.	Características	49
	3.1.2.2.	Utilidad	50
	3.1.2.3.	Ventajas	51
	3.1.2.4.	Limitaciones	51
	3.1.2.5.	Análisis de costos	51
		3.1.2.5.1. Costos fijos	52
		3.1.2.5.2. Costos variables	53
		3.1.2.5.3. Costo de purificación de cada garrafón de agua	53
	3.1.2.6.	Análisis de ingresos	53
3.2.		Equipo y herramienta	54
	3.2.1.	Equipo principal	54
		3.2.1.1. Pozo artesanal	55
		3.2.1.2. Bomba sumergible	55
		3.2.1.3. Depósito para retro lavado de filtros	55
		3.2.1.4. Equipo hidroneumático de acero inoxidable	55
		3.2.1.5. Filtro multimedia	55
		3.2.1.6. Filtro suavizador	56
		3.2.1.7. Bomba dosificadora automática de cloro	56
		3.2.1.8. Depósito aéreo	56
		3.2.1.9. Dispositivos para toma de muestras de agua	56
		3.2.1.10. Cisterna de acero inoxidable	56
		3.2.1.11. Filtro de sedimentos	57

3.2.1.12.	Filtros de carbón activado	57
3.2.1.13.	Purificador ultravioleta	57
3.2.1.14.	Generador de ozono	58
3.2.1.15.	Inyector de ozono	58
3.2.1.16.	Dispensadores de acero inoxidable	58
3.2.1.17.	Generador eléctrico de gasolina	58
3.2.1.18.	Inversor de corriente	59
3.2.1.19.	Panel de control eléctrico	59
3.2.2.	Equipo auxiliar	59
3.2.2.1.	Tanque para agua de retro lavado de filtros	59
3.2.2.2.	Manómetros	59
3.2.2.3.	Llaves de paso	60
4.	IMPLEMENTACIÓN DE LA PROPUESTA	
4.1.	Montaje de la planta	61
4.1.1.	Infraestructura	62
4.1.1.1.	Iluminación	63
4.1.1.2.	Ventilación	66
4.1.1.3.	Señalización	68
4.1.1.4.	Techo y piso	71
4.1.1.5.	Ruido	72
4.2.	Recurso humano	75
4.2.1.	Organigrama	75
4.2.2.	Perfil de puestos	76
4.3.	Proceso de tratamiento de agua	80
4.3.1.	Primera fase de tratamiento	81
4.3.1.1.	Filtración	81
4.3.1.2.	Suavización	82

	4.3.1.3.	Cloración	84
	4.3.2.	Segunda fase de tratamiento	85
	4.3.2.1.	Filtración	86
	4.3.2.2.	Carbón activado	86
	4.3.2.3.	Ultravioleta	88
	4.3.2.4.	Ozonificación	89
	4.3.3.	Diagramas de proceso	92
	4.3.3.1.	Diagrama de operación	93
	4.3.3.2.	Diagrama de flujo	93
4.4.		Mantenimiento de equipo y herramienta	96
4.5.		Capacidad instalada del sistema	98
4.6.		Seguridad e higiene industrial	100
	4.6.1.	Higiene y salud laboral	100
	4.6.2.	Seguridad industrial	102
	4.6.2.1.	Equipo de protección personal	102
		4.6.2.1.1. Requisitos	102
		4.6.2.1.2. Clasificación	103
5.		MEJORA CONTINUA Y VIABILIDAD	
	5.1.	Evaluación	105
	5.2.	Estadísticas	109
	5.3.	Beneficio-costo	110
	5.4.	Auditorías	112
	5.4.1.	Internas	112
	5.4.2.	Externas	113
	5.5.	Control de calidad	114
	5.5.1.	Normas COGUANOR	115
		5.5.1.1. Análisis químico	116
		5.5.1.2. Análisis físico	118

5.5.2.	Prueba de coliformes fecales	119
5.6.	Mejora continua de la propuesta	120
6.	ESTUDIO DE EVALUACIÓN DE IMPACTO AMBIENTAL	
6.1.	Ley de protección y mejoramiento del medio ambiente	123
6.2.	Caracterización del ambiente	124
6.2.1.	Medio físico	124
6.2.2.	Medio biótico	128
6.2.3.	Aspectos sociales, económicos y culturales	130
6.3.	Identificación y evaluación de impactos	132
6.3.1.	Identificación y mitigación de impactos	132
6.3.1.1.	Etapa de pre construcción	132
6.3.1.2.	Etapa de construcción	134
6.3.1.3.	Etapa de operación	136
6.4.	Plan de contingencia	137
6.4.1.	Plan de contingencia en caso de temblores o terremotos	138
6.5.	Programa de monitoreo ambiental	141
	CONCLUSIONES	143
	RECOMENDACIONES	147
	BIBLIOGRAFÍA	149
	APÉNDICE	151
	ANEXOS	153

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

FIGURAS






1.	Fases del proceso de purificación de agua	8
2.	Señales de prohibición	69
3.	Señales de obligación	69
4.	Señales de advertencia	70
5.	Señales de información	70
6.	Organigrama del recurso humano	76
7.	Filtro multimedia	82
8.	Filtro suavizador	84
9.	Bomba dosificadora automática de cloro	85
10.	Filtros de carbón activado	87
11.	Purificador ultravioleta	89
12.	Generador de ozono	92
13.	Diagrama del proceso de purificación de agua, primera fase	94
14.	Diagrama del proceso de purificación de agua, segunda fase	95
15.	Mapa geológico del municipio de Chiquimula	127
16.	Perfil geológico mostrando el comportamiento litológico en profundidad	128

TABLAS

I.	Extensión territorial del departamento de Chiquimula	3
II.	Tipo de material de filtros	9
III.	Enfermedades producidas por consumir agua contaminada	23
IV.	Densidad poblacional de Chiquimula	24
V.	Porcentaje de la población por género	25
VI.	Población por grupo de edad	25
VII.	Tipo de agua de consumo a nivel departamental	25
VIII.	Población chiquimulteca que tiene servicios básicos	29
IX.	Principales causas de morbilidad materna	30
X.	Marca de agua purificada consumida	34
XI.	Precio por garrafón	34
XII.	Cantidad de habitantes por familia	35
XIII.	Cantidad de garrafrones consumidos semanalmente por familia	35
XIV.	Concentración de nitritos y nitratos en el agua de los pozos del municipio de Chiquimula	38
XV.	Distribución de pozos por número de vivienda	39
XVI.	Área de captación de sub cuencas en el departamento de Chiquimula	41
XVII.	Captación de los manantiales de agua	42
XVIII.	Potencial del recurso hídrico en aforos de ríos y quebradas del área de la cuenca del río Jocotán	42
XIX.	Uso del recurso hídrico	43
XX.	Inversión inicial de la infraestructura	46
XXI.	Inversión inicial de equipo de purificación de agua	48
XXII.	Inversión inicial de equipo y herramienta auxiliar	49
XXIII.	Cálculo de costos fijos	52

XXIV.	Cálculo de ingreso aproximado	54
XXV.	Cronograma de implementación	62
XXVI.	Niveles recomendados de iluminación	65
XXVII.	Límites recomendados de exposición al ruido	72
XXVIII.	Ruido de bomba hidroneumática, primer fase	73
XXIX.	Cálculo de ruido, segunda fase	74
XXX.	Descripción y especificaciones de puestos del personal administrativo	78
XXXI.	Descripción y especificaciones de puestos del personal operativo	79
XXXII.	Capacidad de tratamiento del equipo	99
XXXIII.	Medidas para prevenir la contaminación del área de trabajo	101
XXXIV.	Equipo de protección personal	104
XXXV.	Flujo de caja	105
XXXVI.	Cálculo de la tasa interna de retorno	107
XXXVII.	Cálculo del período de recuperación de la inversión	108
XXXVIII.	Cálculo del valor presente neto	109
XXXIX.	Cálculo de razón beneficio costo	111
XL.	Sustancias químicas con sus correspondientes límites máximos aceptables y límites máximos permisibles	116
XLI.	Relación de las sustancias inorgánicas con significado para la salud, con sus respectivos límites máximos permisibles	117
XLII.	Substancias no deseadas, límite máximo aceptable (LMA) y límite máximo permisible (LMP)	117
XLIII.	Substancias orgánicas con significado para la salud y su límite máximo permisible (LMP)	118
XLIV.	Características sensoriales del agua potable	119
XLV.	Límites del grupo coliformes fecales para el agua potable	120

LISTA DE SÍMBOLOS

Símbolo	Significado
	Operación. Ocurre cuando la pieza en estudio se está transformando intencionalmente.
	Inspección. Tiene lugar cuando la pieza se somete a examen para determinar su conformidad con una norma o estándar.
	Demora o retraso en alguna actividad del proceso.
	Almacenaje de producto.
	Trasporte de objetos.
	Indica actividades conjuntas por el mismo operario, en el mismo punto de trabajo.

GLOSARIO

Acuífero	Formación geológica subterránea, compuesta de grava, arena o piedra porosa, capaz de almacenar y rendir agua.
Balance térmico	Balance de entradas y salidas de calor de un cerramiento o una edificación. El resultado es positivo si el cerramiento o la edificación se calienta y negativo si se enfría.
Celda galvánica	Sistema que permite obtener energía a partir de una reacción química de óxido-reducción. Dicha reacción es la resultante de dos reacciones parciales, en la cuales un elemento químico es elevado a un estado de oxidación superior, a la vez que otro elemento es reducido a un estado de oxidación inferior. Estos cambios de estado de oxidación implican transferencia de electrones del elemento que se oxida al elemento que se reduce.

Efecto bacteriostático	Efecto que impide la reproducción de las bacterias, ésta envejece y muere sin dejar descendencia. Un efecto bacteriostático está producido por sustancias bacteriostáticas, las cuales son secretadas por los organismos como medios defensivos contra las bacterias.
Efecto venturi	Fluido en movimiento dentro de un conducto cerrado disminuye su presión al aumentar la velocidad después de pasar por una zona de sección menor.
Lixiviación	Operación de separar los constituyentes solubles de un sólido inerte con un solvente.
Manto freático	Manto de agua subterránea que se localiza entre dos capas de materiales térreos (arcilla, limo, arena y fragmentos de roca), relativamente impermeables.
Marisma	Terreno bajo y pantanoso que inundan las aguas del mar.

Nivel freático	Nivel superior de la zona saturada de la capa de agua subterránea o del manto acuífero. Puede encontrarse a diferentes profundidades. No necesariamente es horizontal.
Precipitación pluvial	Cantidad total de agua que cae del cielo en forma de lluvia, de granizo, de rocío, etc. Se mide en milímetros, que equivale al espesor de la lámina de agua que se formaría, a causa de la precipitación, sobre una superficie plana e impermeable.
Salinización	Acumulación excesiva de sales, cloruros, sulfatos, carbonatos, bicarbonatos y nitratos de sodio, potasio, calcio y magnesio, en aguas y suelos, provocando el deterioro de esos recursos naturales.
Ozonólisis	Ruptura del doble enlace carbono-carbono de la molécula, el oxígeno se une a cada uno de los dos átomos que forman el doble enlace original formando aldehídos o cetonas.

RESUMEN

La diarrea y el parasitismo intestinal son una de las principales causas de morbilidad del departamento de Chiquimula, y éstas son provocadas por el consumo de agua no apta para beber. Basado en esto, surge la necesidad de implementar una planta de tratamiento de agua para consumo humano, con un sistema innovador, de trascendencia y gran importancia.

Según el Instituto Nacional de Estadística (INE), el 25% de la población chiquimulteca consume agua de pozo, 29% agua de servicio municipal y el 46% agua de casas comerciales, lo cual indica que más del 50% de la población no consume agua potable, debido al alto precio de ésta y a la falta de acceso. Se hace necesario innovar el proceso de purificación actual, creando una planta móvil de entrega de agua purificada a domicilio, para que toda la población del departamento tenga acceso a este vital líquido.

El sistema propuesto de purificación de agua, esta dividido en dos fases, la primera está localizada en la infraestructura de la empresa, en la cual se desarrollan los siguientes procesos: filtración, suavización y cloración; la segunda está localizada en un camión cisterna, la cual contiene un sistema hidráulico, un tanque de acero inoxidable y el equipo adecuado para los siguientes procesos: sedimentación, carbón activado, ultravioleta y ozonificación, todo esto con el objeto de cumplir con los estándares establecidos por la Comisión Guatemalteca de Normas-COGUANOR-.

OBJETIVOS

General

Establecer las bases para crear una planta de tratamiento de agua para consumo humano en el departamento de Chiquimula, con el fin de disminuir las enfermedades causadas por la ingesta de agua contaminada.

Específicos

1. Realizar una investigación de conceptos teóricos importantes, para la fácil interpretación, en el establecimiento de las bases para crear una planta de tratamiento de agua para consumo humano.
2. Investigar acerca de las características generales del departamento de Chiquimula y las plantas de tratamiento de agua, con el propósito de conocer el desarrollo que éstos han tenido durante el transcurso del tiempo.
3. Establecer mediante la realización de un estudio de mercado, las características actuales del agua, la posible demanda y competencia, para determinar la necesidad y factibilidad de implementar un innovador sistema móvil de purificación de agua.
4. Determinar el proceso de purificación apropiado, así como el equipo necesario a utilizar y las condiciones óptimas, para el buen desarrollo del mismo.

5. Realizar los cálculos financieros y económicos, con el fin de efectuar un análisis de viabilidad financiera y rentabilidad económica, para determinar si es conveniente la creación de la planta de purificación de agua.
6. Mitigar los posibles daños al medio ambiente, a través de la identificación y evaluación de impactos en las diferentes fases de creación y operación de la planta de purificación de agua.
7. Establecer el procedimiento y los parámetros correctos a cumplir, para el adecuado control de la calidad del agua purificada, según la Comisión Guatemalteca de Normas.

INTRODUCCIÓN

En la actualidad, el consumo de agua contaminada ha causado grandes enfermedades en la población chiquimulteca, esto se debe a que el agua no está dentro de los parámetros correctos de calidad, porque el agua está contaminada y sin haber recibido un proceso de purificación adecuado.

El desarrollo del presente estudio contiene los antecedentes generales que determinan las características básicas del departamento de Chiquimula, de la planta de tratamiento de agua y algunos conceptos necesarios que ayudan a entender el desarrollo del mismo. Seguidamente, se establece la situación actual en la que se encuentra el departamento de Chiquimula, con respecto al mercado y a las características del agua potable.

Por otra parte, se presenta la propuesta para crear una planta de tratamiento de agua que es apta para consumo humano, basada en la aplicación de procesos y equipos adecuados de purificación de agua, así también se plantean las condiciones óptimas para el correcto desarrollo de la misma.

Para tomar una decisión acertada en la creación de la planta purificadora de agua, se hace necesario un análisis financiero y económico del mismo, con el fin de conocer si es rentable dicha propuesta. Asimismo realizar un estudio de impacto ambiental, el cual indicará si la propuesta generará algún daño al medio ambiente, para mitigarlos según su incidencia.

Al crear la planta de tratamiento de agua purificada, se debe garantizar un control semanal por personal interno y uno mensual por personal externo, a través del cual se aprobará la calidad del agua que se está purificando, para realizar las mejoras del mismo, según convengan.

El seguimiento de una mejora es para el bien de la planta. Los trabajadores deben recibir una capacitación sobre el tema para que los mantenga informados y actualizados de los cambios generados en la calidad del proceso, si así fuera necesario.

1. ANTECEDENTES GENERALES

1.1. Departamento de Chiquimula

También conocido en el ámbito guatemalteco como La Perla de Oriente, tiene su cabecera departamental a una distancia de 174 kilómetros, aproximadamente, de la ciudad capital. Su extensión territorial está dividida con los siguientes municipios:

- Chiquimula
- Camotán
- Concepción Las Minas
- Esquipulas
- Ipala
- Jocotán
- Olopa
- Quezaltepeque
- San José La Arada

1.1.1. Características

- Clima

El clima de la ciudad y algunas comunidades que están ubicadas en la parte baja es cálido y en la parte alta es frío. La temperatura media anual se encuentra entre los 20 y los 27 grados centígrados.

El rango latitudinal varía entre los 314 y los 1800 msnm, esto tiene como consecuencia que las condiciones climáticas a nivel local varíen marcadamente entre las partes bajas, medias y alta de las cuencas.

En cuanto a la evapotranspiración potencial, ésta abarca de los 1973 a 2000 mm por año, en donde el valor mayor ocurre en las partes más bajas de las sub cuencas, provocando que éstas presenten condiciones climáticas bastante secas, mientras que en las partes altas sean más favorables.

- Idiomas

El idioma chortí ha ejercido gran influencia en todo el departamento desde los tiempos antiguos de Mesoamérica, pues constituye herencia inequívoca del proceso de civilización maya clásico, por considerarse a la etnia chortí, descendiente directa de ésta. En la actualidad, el idioma chortí todavía se utiliza como medio de comunicación cotidiano en los municipios de Olopa, Camotán, Jocotán y un poco en Quezaltepeque.

Chiquimula fue colonizada por los españoles y ha sido, históricamente, punto de reunión con las provincias de las repúblicas de Honduras y El Salvador, por lo que el idioma oficial es el español y mantiene características propias de región fronteriza con éstas.

- Hidrología

Las diferentes comunidades se abastecen a través de nacimientos, y otros por medio de pozos. Chiquimula cuenta con los ríos San José, el Taco, Sasmó, Shusho y algunas quebradas, las cuales abastecen algunas comunidades del área rural.

- Extensión territorial

El área ocupada por cada departamento de Chiquimula y su porcentaje correspondiente se encuentra en la siguiente tabla:

Tabla I. **Extensión territorial departamento de Chiquimula**

MUNICIPIOS	Km²	PORCENTAJE (%)
Total	2396	100
Chiquimula	372	15.52
San José La Arada	180	7.51
San Juan Ermita	92	3.84
Jocotán	148	6.18
Camotán	232	9.68
Olopa	156	6.51
Esquipulas	532	22.2
Concepción Las Minas	160	6.68
Quezaltepeque	236	9.85
San Jacinto	60	2.5
Ipala	228	9.51

Fuente: Instituto Nacional de Estadística (INE).

- Economía

La mayoría de la población se dedica a la agricultura, ya que es la fuente de riqueza del departamento. En orden de importancia, las actividades agrícolas que se desarrollan son la producción de cultivos anuales, tales como: maíz, frijol, arroz, y en menor escala el sorgo y algunas hortalizas (tomate y chile); el cultivo de manía se localiza en el municipio de Chiquimula, el de café cubre un área relativamente grande, principalmente en los municipios de Camotán, Olopa, Esquipulas y Quezaltepeque.

Otros cultivos permanentes de importancia son: el jocote y el mango en San Jacinto, la cebolla en San Juan Ermita, y últimamente el melón está tomando auge en Ipala.

La empresa agropecuaria está caracterizada por la baja inversión tecnológica y escasa infraestructura de soporte, poca articulación en los mercados, uso inadecuado de insumos para la producción y en general con bajos niveles de productividad, y por tanto, poca competitividad en mercados globalizados.

La industria se limita a la fabricación de añil, azúcar, panela, aguardiente y chicha en los ramos agrícolas; también está representada la industria febril por los artesanos. Existen dos aserraderos con una capacidad de producción de 2 000 m³, localizados en Camotán y Concepción las Minas.

Además, en el municipio de Quezaltepeque, opera una empresa procesadora y exportadora de plantas ornamentales, con una capacidad de producción de 50 000 plantas por año.

- **Topografías**

Su terreno es sumamente montañoso, penetra en él un brazo de la cordillera departamental, por el este del departamento, se ramifica produciendo las montañas o sierra del Merendón, que sirve de límite entre la república de Honduras y Guatemala.

En Chiquimula se puede encontrar en gran parte de su territorio, carbonatos neocomianos-campanianos, rocas metamórficas sin dividir, filitas, esquistas cloríticas y granatíferos, esquistos y cuarzo; predominan las fallas geológicas inferidas y cubiertas.

Los ríos principales son: San José, Jocotán, Shutaque, Lempa que se origina en los ríos de Olopa y Sacramento o Rodeo. Abundan, además las quebradas con innumerables riachuelos de curso rápido. En Ipala se encuentra el volcán de Ipala con la laguna del mismo nombre en su cráter.

1.1.2 Ubicación

El departamento de Chiquimula se encuentra situado en la región III o nor-oriental de Guatemala.

Limita al norte con el departamento de Zacapa, al sur con la república de El Salvador y el departamento de Jutiapa, al este con la república de Honduras y al oeste con los departamentos de Jalapa y Zacapa. Presenta las coordenadas centrales latitud norte 14°47'58", longitud oeste 89°32'37".

1.1.3. Historia

La historia del departamento de Chiquimula se remonta a la época precolombina cuando formó parte del reino denominado Chiquimulhá o Payaquí, cuya capital era Copantí (hoy Copán en Honduras), cuyo territorio comprendió el área del oriente de Guatemala y occidente de Honduras y El Salvador. En 1825, el país fue dividido políticamente en siete departamentos, siendo Chiquimula uno de ellos.

Después de la independencia la región oriental fue escenario de rebeliones, los soldados orientales participaron en guerras civiles entre 1826 y 1829. El 4 de noviembre de 1825 se declaró Chiquimula como departamento de Guatemala.

Este departamento colindaba al oeste con Verapaz, al este con Comayagua (Honduras), al sur con Escuintla, Sacatepéquez y Sonsonate (El Salvador).

Dentro del territorio de Chiquimula estaban incluidos los departamentos de Izabal y Zacapa. El Progreso era jurisdicción de Jutiapa. Izabal fue declarado departamento en 1866 y Zacapa en 1871, para permitir mejor control del área. En este período, Chiquimula se consideraba como un área con potencial para la explotación minera, debido a la constitución de sus rocas de tipo intrusiva, los principales distritos mineros eran Alonstepeque y Concepción las Minas.

El departamento de Chiquimula fue creado mediante el Decreto del Ejecutivo No. 30 del 10 de noviembre de 1871, en el que se establece su separación de Zacapa y Chiquimula.

1.1.4. Habitantes

Según datos proporcionados por el Instituto Nacional de Estadística (INE), Chiquimula tiene una población indígena de 31,9% y la no indígena de 68,1% siendo los municipios de Jocotán, Camotán, Olopa y San Juan Ermita, donde se concentra el único grupo indígena de esta zona, el cual se denomina grupo chortí, que en conjunto tiene una extensión territorial de 628 kilómetros cuadrados, el 26% de la extensión territorial del departamento y un total de 225 comunidades.

Los rangos de edad en los que se concentra la población productiva del departamento son entre 15 a 39 años.

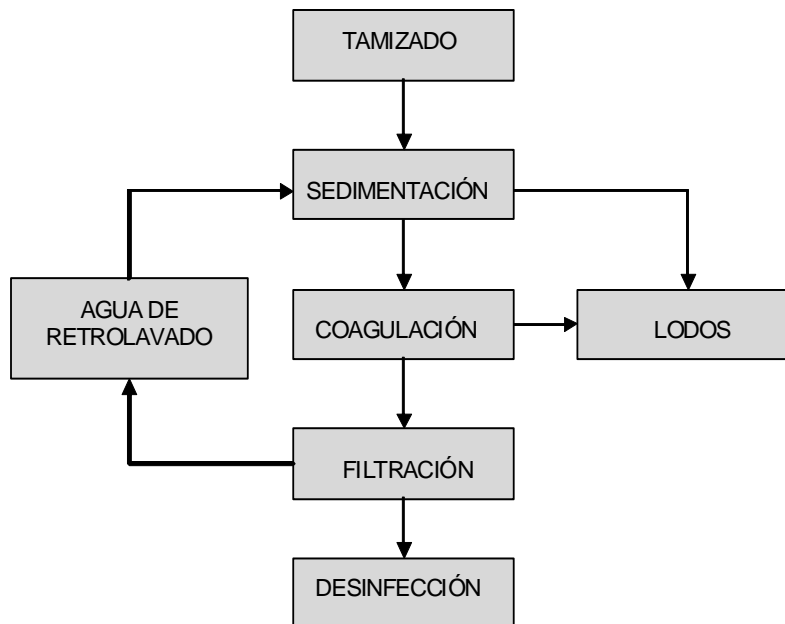
La tasa de escolaridad neta de primaria es del 83,9%. Con respecto a los indicadores por género, el masculino es de 0,4% menos respecto al país, en tanto, que el indicador para el género femenino es superior en 6,1%.

La tasa de analfabetismo total se estima en 47,5%, un 44,8% hombres, 50% mujeres y, el resto son niños. En el área urbana dicha tasa es un promedio de 18,7%, siendo un 14,9% hombres, 21,6% mujeres y 63,5% niños. En el caso del área rural aumenta al 58,7% en promedio, al 48% en hombres y al 62% en las mujeres.

1.2. Planta de tratamiento de agua

El diseño de una planta de tratamiento de agua, requiere conocer la composición química y física del agua a tratar, así se sabrá que elementos hay que abatir y cuáles eventualmente adicionar. Las fases básicas en el proceso de purificación son las siguientes:

Figura 1. Fases del proceso de purificación de agua



Fuente: Guía estratégica para un proceso de purificación de agua. p. 89.

El objetivo de cada una de las fases anteriores se muestra a continuación:

- El tamizaje: remover las materias groseras presentes en el agua como palos y plantas.
- La sedimentación: remover las partículas en suspensión.
- La coagulación: remover las partículas coloidales, como éstas están en solución requieren de coagulantes. Entre los coagulantes más usados están:
 - Sulfato de aluminio
 - Cloruro férrico
 - Sulfato férrico

- La filtración: remover las partículas que no han sido captadas por los procesos anteriores. Se hace mediante filtros. Según la velocidad de filtración, éstos filtros se clasifican en: lentos y rápidos. Según el tipo de materiales que los conforman, los filtros se clasifican como se muestran en la tabla II.

Tabla II. **Tipo de material de filtros**

Tipo de material	Componentes
MONOMEDIO	Arena o Antracita
MEDIO DOBLE	Arena + Antracita
MULTIMEDIO	Arena + Antracita + Arena Granate o Ilmenita

Fuente: Guía estratégica para un proceso de purificación de agua. p. 91.

- La desinfección: es la etapa final, su objetivo es destruir todos los gérmenes patógenos para los seres humanos, que han sobrevivido a las etapas anteriores. Lo normal es que se utilice cloro, es decir cloración, también bromo (bromación) y ozono (ozonización), además puede aplicarse radiación ultravioleta.

1.2.1 Definición de una planta de tratamiento de agua

Es un conjunto de procesos sistemáticos relacionados con el objetivo de purificar el agua para hacerla apta para el consumo humano. La contaminación del agua es el grado de impurificación, que puede originar efectos adversos a la salud, es por eso que se necesita que este líquido pase por una serie de equipos especializados para la completa descontaminación del agua.

1.2.2. Características del agua purificada

La purificación de agua comprende: coagulación, ablandamiento, eliminación de hierro y manganeso, eliminación de olor y sabor, sedimentación, filtración, control de corrosión, evaporación y desinfección.

El agua potable debe tener escasas bacterias. El agua de buena calidad presenta el límite admisible de 100 bacterias por centímetro cúbico de agua, debe de tener menos de 200 colonias bacterianas de mesofílicos aeróbicos por milímetro de muestra, un máximo de dos organismos coliformes totales en 100 ml de muestra y no contener organismos coliformes fecales en 100 ml de muestra. El contenido de sales disueltas en agua potable es de 500 partes por millón. La cuenta bacteriana total debe ser de 0 colonias por mililitro al igual que el grupo de coliformes.

También debe cumplir con la Norma Sanitaria, de contenido de cloro en agua potable, que es de 0,2 a 2,0 partes por millón de cloro total.

1.2.3. Historia de la captación de agua

Los seres humanos han almacenado y distribuido el agua durante siglos. En la época en que el hombre era cazador y recolector, el agua utilizada para beber era agua del río. Cuando se producían asentamientos humanos de manera continuada, éstos siempre eran cerca de lagos y ríos.

Al no existir lagos y ríos, las personas aprovechan los recursos de agua subterráneos que se extrae mediante la construcción de pozos.

Cuando la población humana comienza a crecer de manera extensiva, y no existen suficientes recursos disponibles de este líquido vital, se necesita buscar otras fuentes diferentes de agua.

Aproximadamente hace 7000 años en Jericó, el agua almacenada en los pozos se utilizaba como fuente de recursos de este líquido, además, se empezaron a desarrollar los sistemas de transporte y distribución del agua, éste se realizaba mediante canales sencillos, excavados en la arena o las rocas y tiempo después comenzaría a utilizar tubos huecos. En Egipto utilizaban árboles huecos de palmera, mientras que en China y Japón empleaban troncos de bambú y más tarde, se comenzó a utilizar cerámico, madera y metal. En Persia la gente buscaba recursos subterráneos, el agua pasaba por los agujeros de las rocas a los pozos.

En la antigua Grecia, el agua de escorrentía, de pozos y de lluvia eran utilizadas en épocas muy tempranas, debido al crecimiento de la población, se vieron obligadas al almacenamiento y distribución de la misma. La utilizada se retiraba mediante sistemas de aguas residuales, a la vez que el agua de lluvia. Los griegos fueron los primeros en tener interés en la calidad del agua, ellos utilizaban embalses de aireación para su purificación.

Los romanos fueron los mayores arquitectos en construcciones de redes de distribución de agua que ha existido a lo largo de la historia; ellos utilizaban recursos de agua subterránea, ríos y agua de escorrentía para su aprovisionamiento; construían presas para el almacenamiento y su retención.

Desde el año 500 al 1500 D.C., hubo poco desarrollo en relación con los sistemas de tratamiento del agua. Durante la edad media se manifestaron gran cantidad de problemas de higiene en el agua y en los sistemas de distribución de plomo, porque los residuos y excrementos se vertían directamente a las aguas; la gente que las bebía, enfermaba y moría. Para evitarlo se utilizaba agua existente fuera de las ciudades no afectada por la contaminación, esta se llevaba a la ciudad mediante los llamados portadores.

El primer sistema de suministro de agua potable de una ciudad completa fue construido en Paisley, Escocia, alrededor de 1804 por John Gibb. En tres años se comenzó a transportar agua filtrada a la ciudad de Glasgow, del mismo país.

En 1806, en Paris empieza a funcionar la mayor planta de tratamiento de agua, esta era sedimentada durante 12 horas antes de su filtración, mientras otras consistían en arena y carbón, y su capacidad era de 6 horas. En 1827 James Simplón construye un filtro de arena para la purificación del agua potable. Actualmente, se considera el primer sistema efectivo utilizado con fines de salud pública.

1.3. Mantenimiento

Es una acción eficaz para mejorar aspectos operativos relevantes a la conservación de equipo, para asegurar que este se encuentre constantemente y por el mayor tiempo posible, en óptimas condiciones de confiabilidad y que sea seguro de operar. Es una actividad humana que garantiza la existencia de un equipo dentro de una calidad esperada.

1.3.1. Tipos de mantenimiento

Los objetivos de realizar un mantenimiento, son para aumentar la disponibilidad, maximizar el tiempo de vida y disminuir los costos de mantenimiento en el equipo, es por eso que existen cuatro tipos reconocidos de operaciones de mantenimiento esenciales en una empresa, los cuales están en función del momento en el que se realizan; los objetivos para el cual son puestos en marcha y en función de los recursos utilizados, son: mantenimiento preventivo, correctivo, proactivo y predictivo, los cuales se describen a continuación:

1.3.1.1. Preventivo

Es el mantenimiento que tiene por misión mantener un nivel de servicio determinado en los equipos, se efectúa bajo condiciones controladas, sin la existencia de algún error en el sistema. Permite reducir la reparación mediante una rutina de inspecciones periódicas y la renovación de los elementos dañados. Básicamente consiste en programar revisiones, apoyándose en el conocimiento del equipo.

1.3.1.2. Correctivo

Es el conjunto de tareas para corregir los defectos que se van presentando en los distintos equipos, tiene lugar luego que ocurre una falla o avería, sólo se actuará cuando se presente un error en el sistema. Este tipo de mantenimiento adquiere costos por reparación y repuestos, paradas no previstas en el proceso, tiempo desechado, y por consiguiente, desestimación de costos.

1.3.1.3. Proactivo

Este mantenimiento va dirigido, fundamentalmente, a la detección y corrección de las causas que generan el desgaste y que conducen a la falla de la máquina, para detectar éstos, se deben establecer métodos de control y seguimiento que permitan identificar su nivel y comportamiento.

Una vez que las causas que generen el desgaste fueron localizadas, no se debe permitir que éstas continúen presentes en el equipo.

El mantenimiento proactivo implica contar con una planificación de operaciones, debe brindar indicadores respecto del progreso de las actividades, los logros, aciertos y también errores.

1.3.1.4. Predictivo

Es una técnica para pronosticar el punto futuro de falla, en un componente de un equipo, de tal forma que este pueda reemplazarse justo antes que falle. Para aplicar este mantenimiento, es necesario identificar variables físicas, cuya variación sea indique los problemas que puedan estar apareciendo en el equipo.

Tiene como objetivo disminuir las paradas por mantenimiento preventivo, y de esta manera, lograr minimizar los costos por mantenimiento y producción. La implementación de este método requiere de inversión en equipos, instrumentos y en contratación de personal calificado.

1.4. Diagramas

Esquema de información, proyectado en una representación gráfica en la que se muestra las relaciones en las diferentes partes de un sistema en un determinado proceso, indicando los pasos que se siguen en una secuencia de actividades, incluye, además, toda la información que se considera necesaria para el análisis. Los diagramas permiten exponer con claridad el problema, para plantear una solución viable.

1.4.1. Tipos de diagramas

Los diagramas son una herramienta que posibilita un conocimiento común que sirva de base para un determinado estudio, planificación y análisis; de acuerdo a esto se pueden clasificar los principales: operaciones, flujo y recorrido.

1.4.1.1. Diagrama de operación

Es una representación gráfica de los puntos en los que se introducen materiales en el proceso y del orden de las inspecciones, y de todas las operaciones, excepto las incluidas en la manipulación de los materiales; puede además, comprender cualquier otra información que se considere necesaria para el análisis.

Los objetivos del diagrama de las operaciones del proceso son dar una imagen clara de toda la secuencia de los acontecimientos del proceso. Estudiar las fases del proceso en forma sistemática, esto con el fin de disminuir las demoras, comparar dos métodos, estudiar las operaciones para eliminar el tiempo improductivo y finalmente, estudiar las operaciones y las inspecciones en relación unas con otras dentro de un mismo proceso.

Los símbolos utilizados en este diagrama son:



Operación: ocurre cuando un objeto está siendo modificado en sus características, se está creando o agregando algo o preparándose para otra operación, transporte, inspección o almacenaje. Una operación, también ocurre cuando se está dando o recibiendo información o planeándose algo.



Inspección: ocurre cuando un objeto o grupo de ellos son examinados para su identificación o para comprobar y verificar la calidad o cantidad de cualesquiera de sus características.

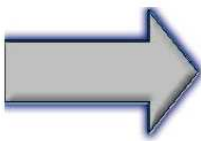


Actividad combinada: cuando se desea indicar actividades conjuntas por el mismo operario en el mismo punto de trabajo, los símbolos empleados para dichas actividades (operación e inspección) se combinan con el círculo inscrito en el cuadro.

1.4.1.2. Diagrama de flujo

Se aplica sobre todo a un componente de un ensamble o sistema para lograr la mayor economía. Este diagrama de flujo es especialmente útil para poner de manifiesto costos ocultos como: distancias recorridas, retrasos y almacenamientos temporales, para proceder a su mejoramiento. Además de registrar las operaciones y las inspecciones, el diagrama de flujo de proceso muestra todos los traslados y retrasos de almacenamiento con los que tropieza un artículo en su recorrido por la planta.

Este diagrama utiliza los mismos símbolos del diagrama de operaciones, agregándose los siguientes:



Transporte: ocurre cuando un objeto o grupo de ellos son movidos de un lugar a otro, excepto cuando tales movimientos forman parte de una operación o inspección.



Demora: ocurre cuando se interfiere en el flujo de un objeto o grupo de ellos. Con esto se retarda el siguiente paso planeado.



Almacenaje: ocurre cuando un objeto o grupo de ellos son retenidos y protegidos contra movimientos o usos no autorizados.

1.4.1.2. Diagrama de recorrido

El diagrama de recorrido de actividades se efectúa sobre un plano donde se sitúan las máquinas a escala, en él se traza una línea que indique la secuencia que seguirá el producto.

Este diagrama se complementa con el diagrama de flujo de proceso y permite lograr una mejor distribución en planta al ahorrar distancias, por tanto tiempo, pues en él puede trazarse el recorrido inverso y encontrar las áreas de posible congestionamiento de tránsito, y facilitar así el poder lograr una mejor distribución en la planta.

1.5. Costos

Para llevar a cabo la ejecución del proyecto es necesario realizar cálculos sobre la inversión inicial, costos fijos y variables que se llevarán a cabo durante el funcionamiento del mismo, con el fin de conocer si se puede ejecutar y sostener el proyecto.

1.5.1. Costos fijos

Son aquellos cuyo importe permanece constante, independientemente de la actividad que se desarrolle, pero varían con el tiempo; están relacionados estrechamente con la capacidad instalada del sistema de purificación de agua. Éstos son útiles en la preparación de presupuestos para las operaciones futuras. Algunos ejemplos son: servicios públicos, alquileres, entre otros.

1.5.2. Costos variables

Son los que están directamente involucrados con el proceso de tratamiento de agua purificada y su venta, por lo que tienden a variar de acuerdo a la producción.

La forma de reducir los costos variables es planeando la producción masiva con el fin de disminuir el precio en los insumos. Los costos de producción de una empresa serán más eficientes entre mayor sea el porcentaje de costos variables, ya que en los variables pueden maximizar los recursos. Algunos ejemplos son: insumos, envases, mano de obra directa, entre otras.

2. SITUACIÓN ACTUAL

2.1. Estudio de mercado

La realización de un estudio de mercado permite la búsqueda sistemática de información para apoyar la toma de decisiones, por medio del conocimiento y la definición del mercado potencial.

Asimismo, sirve para tener una noción clara de la cantidad de consumidores que habrán de adquirir el bien, dentro de un espacio definido, y así poder orientar la producción del negocio. Finalmente, el estudio de mercado dará la información acerca del precio apropiado para colocar el bien y poder competir con otras empresas, o imponer un nuevo precio por alguna razón justificada.

Por otra parte, este estudio se hace como paso inicial de un propósito de inversión, ayuda a conocer el tamaño indicado del negocio por instalar, con las previsiones correspondientes para las ampliaciones posteriores, consecuentemente del crecimiento esperado de la empresa.

Finalmente, el estudio de mercado deberá exponer los canales de distribución acostumbrados, para el tipo de bien que se desea colocar y cuál es su funcionamiento.

El estudio de mercado investiga:

- Al consumidor: para detectar sus necesidades de consumo y la forma de satisfacerlas, averiguar sus hábitos de compra. Su objetivo final es aportar datos que permitan mejorar las técnicas de mercado para el proceso de tratamiento de agua purificada y su venta, que cubran la demanda no satisfecha de los consumidores.
- La competencia: para estudiar el conjunto de empresas con las que se comparte el mercado del mismo tipo de servicio.

2.1.1. Identificación del problema

El número de enfermedades producidas por ingerir agua contaminada o en proceso de descomposición.

Aunque en la actualidad existen abastecimientos de agua purificada embotellada, ésta no llega a la mayor parte de la población por estar fuera del alcance económico de las familias, ya que se ha encarecido grandemente debido a que los costos de producción son elevados, por el simple hecho de que cada garrafón de agua es higienizado y embotellado.

Es necesario conocer las principales enfermedades de origen hídrico y sus agentes responsables para poder atacar el origen del problema. Ver tabla III.

Tabla III. **Enfermedades producidas por consumir agua contaminada**

ENFERMEDADES PRODUCIDAS POR CONSUMIR AGUA CONTAMINADA	
ORIGEN BACTERIANO	
BACTERIA	ENFERMEDAD Y SÍNTOMAS
<i>Aeromonas sp</i>	Enteritis: diarrea muy líquida, con sangre y moco
<i>Campylobacter jejuni</i> <i>Campilobacteriosis</i>	Gripe: diarreas, dolor de cabeza y estómago, fiebre, calambres y náuseas
<i>Escherichia coli</i>	Infecciones del tracto urinario, meningitis neonatal, enfermedades intestinales. Diarrea acuosa, dolores de cabeza, fiebre, uremia y daños hepáticos
<i>Plesiomonas shigelloides</i>	Plesiomonas-infección: náuseas, dolores de estómago y diarrea acuosa, a veces fiebre, dolores de cabeza y vómitos
<i>Salmonella typhi</i>	Fiebre tifoidea: fiebre leve
<i>Salmonella sp</i>	Salmonelosis: mareos, calambres intestinales, vómitos, diarrea y a veces fiebre leves
<i>Streptococcus sp</i>	Enfermedad (gastro) intestinal: dolores de estómago, diarrea y fiebre, a veces vómitos
<i>Vibrio El Tor</i>	Cólera (forma leve): fuerte diarrea
ORIGEN VIRAL	
AGENTE	ENFERMEDAD
<i>Virus de la hepatitis A y B</i>	Hepatitis A y B
<i>Virus de la polio</i>	Poliomielitis
<i>Virus Nortwalk, Rotavirus, Astrovirus, Calcivirus, Enterovirus, Adenovirus, Reovirus</i>	Gastroenteritis agudas y diarrea
ORIGEN PARASITARIO	
AGENTE	ENFERMEDAD
<i>Amoeba</i>	Disenteria ameboide: fuerte diarrea, dolor de cabeza, dolor abdominal, escalofríos, fiebre; si no se trata puede causar abscesos en el hígado, perforación intestinal y muerte
<i>Cryptosporidium parvum</i>	Criptosporidiosis: sensación de mareo, diarrea acuosa, vómitos, falta de apetito
<i>Giardia lamblia</i>	Giardiasis: diarrea, calambres abdominales, flatulencia, eructos, fatiga
<i>Toxoplasma gondii</i>	Toxoplasmosis: gripe, inflamación de las glándulas linfáticas; en mujeres embarazadas, aborto e infecciones cerebrales

Fuente: GÓMEZ, Adela. *Contaminación del agua*. p.43.

2.1.2. Población de análisis

La población a la cual va dirigido el proyecto: son los habitantes del departamento de Chiquimula, Guatemala, con el fin de disminuir las primeras causas de morbilidad del departamento: la diarrea y el parasitismo intestinal, causados por la ingesta de agua contaminada, así como también aportar nuevas ideas, innovando sistemas y facilitando a la población el consumo de agua purificada.

2.1.2.1. Densidad poblacional

El departamento de Chiquimula tiene una densidad poblacional de 302 485 habitantes, distribuidos en:

Tabla IV. **Densidad poblacional de Chiquimula**

MUNICIPIOS	HABITANTES	PORCENTAJE (%)
Total	302485	100
Chiquimula	79815	26
San José La Arada	7505	2
San Juan Ermita	11911	4
Jocotán	40903	13
Camotán	36226	12
Olopa	17817	6
Esquipulas	41746	14
Concepción Las Minas	11989	5
Quezaltepeque	24859	8
San Jacinto	10530	4
Ipala	19284	6

Fuente: Censo Nacional 2002, Guatemala, INE, Chiquimula, APPI.

Tabla V. **Porcentaje de la población por género**

Masculino	48.80%
Femenino	51.20%

Fuente: Instituto Nacional de Estadística (INE).

Tabla VI. **Población por grupo de edad**

EDAD	PORCENTAJE (%)
< 5	17
6 – 14	20
15 – 24	28
>25	35

Fuente: Instituto Nacional de Estadística (INE).

Según información aportada por el INE, la población por área de residencia es de 38% en área urbana y de 62% en la rural.

Tabla VII. **Tipo de agua de consumo a nivel departamental**

Porcentaje	Tipo de agua
25%	consumen agua de pozo
29%	consumen agua de servicio municipal
46%	consumen agua de casas comerciales

Fuente: Instituto Nacional de Estadística (INE).

Al analizar lo anterior, se observa que la población objetivo equivale al 54% de la población que no consume agua de casas comerciales, ya que éstas son las que tienen más probabilidad de adquirir enfermedades causadas por la ingesta de agua no apta para el consumo humano.

2.1.2.2. Contaminación

En el departamento de Chiquimula, se encuentran diversas fuentes de contaminación para los recursos hídricos, los más relevantes son:

- Desechos sólidos depositados en botaderos a cielo falso.
- Aguas residuales domésticas vertidas sin tratamiento a quebradas y cuerpos de agua.
- Beneficiado de café artesanal que genera aguas mieles y pulpa.
- Inadecuados sistemas de disposición de excretas.

La contaminación se genera en las distintas cuencas; sin embargo, los impactos se originan, especialmente en las que presentan mayor densidad de población y donde se realizan más actividades económicas.

Las cuencas hidrográficas del departamento se encuentran contaminadas, debido a que las aguas servidas desfogon a los cuerpos receptores sin tratamiento.

Las aguas de desechos domésticos presentan, en su mayoría, contaminantes del tipo fosfatos, que son producidos por los detergentes y jabones, así como desechos de nitrógeno, el cual es debido a heces fecales y los diferentes tipos de bacterias, entre las que comúnmente se encuentran *e. coli* y *Vibrio cholerae*. Si se dejan que estos desechos alcancen el manto freático, esto puede dañar a la población en general, ya que se corre el riesgo que se esté sirviendo a la población agua contaminada con diferentes tipos de bacterias y contaminantes como nitritos, nitratos y fosfatos, causando daño a la salud de las personas.

Asimismo, el uso de fertilizantes y plaguicidas en las actividades agrícolas e industriales, se ha convertido en una fuente de mayor contaminación de las aguas, a este problema, además del arrastre de residuos, contribuye también que el lavado de los equipos utilizados para fumigar y fertilizar se lleve a cabo en los ríos.

Además, influyen concentraciones de los productos que los agricultores tienen que aplicar, ya que se utilizan cantidades hasta tres veces superiores a la sugerida. Este último factor también contribuye a incrementar el riesgo de intoxicaciones para el agricultor o jornalero, que son comunes, principalmente en el caso del café y hortalizas. Se calcula que sólo se reporta uno de cada ocho casos de intoxicación directa.

La proliferación de botaderos no controlados de desechos sólidos en todo el departamento y el manejo inadecuado de los botaderos controlados inciden en la contaminación del agua.

Los procesos industriales, los afluentes urbanos, el suelo erosionado, los productos aplicados en la agricultura provocan un aumento de la fertilidad de las aguas en las cuales se desencadena un crecimiento anormal de flora y micro flora que reducen drásticamente la concentración de oxígeno dentro del agua, lo cual elimina la posibilidad de vida de otros seres vivos acuáticos, disminuyen su uso para consumo humano y para animales. Los procesos de azolvamiento de cauces contribuyen a los desbordamientos, crecidas de ríos y a la desaparición de lagunas y lagos, afectando obras civiles, y en el peor de los casos, vidas humanas.

En cuanto a la contaminación por mieles, en algunas de las subcuencas del departamento hay importantes extensiones de cultivo de café, que genera una actividad agroindustrial significativa, de la cual se producen mieles y pulpa de café, el beneficiado que se realiza es generalmente húmedo, por lo tanto, utiliza agua en gran cantidad que queda alterada con una alta concentración de demanda biológica de oxígeno -DBO-.

La producción de mieles y pulpa de café se concentra en los meses de diciembre a abril de cada año, con mayor énfasis en febrero, cuando el caudal en los cuerpos de agua es de estiaje y la oportunidad de dilución muy baja.

Adicionalmente, todos los beneficios trabajan simultáneamente y por ello el caudal de aguas mieles es mayor, produciendo, finalmente una mayor concentración de la contaminación en los cuerpos de agua receptores de las descargas.

En el beneficio húmedo del café se generan tres diferentes contaminantes:

- Aguas de despulpado
- Aguas de lavado
- La pulpa es vertida a los ríos

En el beneficio húmedo de un kilogramo de café verde provoca, mediante la generación de las aguas de lavado y despulpado, una contaminación aproximada a la generada por 4 personas adultas durante un día.

Según los servicios básicos abajo mostrados, se observa que poco porcentaje de la población chiquimulteca cuenta con dichos servicios, lo que provoca que aumente la contaminación, ya que no existe un proceso adecuado de desechos y basura obtenida en las casas.

Tabla VIII. **Población chiquimulteca que tiene servicios básicos**

POBLACIÓN CHIQUIMULTECA QUE CUENTA CON LOS SERVICIOS BÁSICO	
TIPO DE SERVICIO	PORCENTAJE (%)
Agua potable	63,2
Letrinas	18,4
Drenaje sanitario	24
Recolección de basura	11,5

Fuente: ARZET, Abner. *Evaluación de la calidad fisicoquímica, bacteriológica y medición del caudal de agua en pozos para consumo humano, del casco urbano del municipio de Chiquimula*. p.13.

2.1.2.3. Salud

- Esperanza de vida: la esperanza de vida al nacer en el departamento de Chiquimula es de 65,2 años, dicho índice es inferior al nacional (66,4 años) y es el segundo más bajo de oriente (después de Jalapa, que es de 64,7 años), e incluso se observa que la esperanza de vida es menor que en varios departamentos del altiplano (Quiché 67,8 años, Huehuetenango 68 años).
- Tasa de mortalidad materna: debido a la poca cobertura y mala calidad de atención de la salud de las mujeres, las cifras de mortalidad materna siguen siendo altas y las causas todas, se relacionan con las deficiencias del sistema de salud.

Tabla IX. Principales causas de morbilidad materna

CINCO PRIMERAS CAUSAS DE MORTALIDAD		
No.	CAUSA	% DE MUJERES DEL TOTAL DE LOS CASOS
1	Retención	20,88
2	Hemorragia post	20,88
3	Eclampsia	9,12
4	Sépsis puerperal	4,71
5	Aborto incompleto	2,35
6	Resto de causas	42,06

Fuente: Estrategia para la reducción de la pobreza del municipio de Chiquimula, APPI – SEGEPLAN. p. 46.

- Morbilidad: las causas de morbilidad en el departamento son las infecciones respiratorias, parasitismo intestinal, diarreas, enfermedad péptica, anemia y neumonía. La diarrea y el parasitismo intestinal son provocados por la falta de agua potable, inadecuado manejo de excretas y por no contar con medidas higiénicas, adecuados en la preparación de alimentos. Debe enfatizarse, también la principal causa de morbilidad y muerte es el complejo infección-nutrición.
- Alimentación y nutrición: los municipios de Camotán y Jocotán aparecen entre los primeros diez con mayores niveles de desnutrición aguda en el país. El área Chorti es la que sigue registrando mayores dificultades en cuanto a la seguridad alimentaria, lo que ha generado situaciones nutricionales de emergencia.

2.1.3. Análisis del consumidor

El municipio de Chiquimula tiene 79 815 habitantes. Para encontrar el tamaño de la muestra de la población a la que debe realizarse el estudio, se utiliza la siguiente fórmula:

$$n = \frac{N \times z_{\alpha}^2 \times p \times q}{d^2 \times (N - 1) + z_{\alpha}^2 \times p \times q}$$

Donde:

N = el total de la población

Z²α = es 1.96² siendo la seguridad deseada del 95%

p = es la proporción deseada (en este caso 5%)

q = 1-p

d = es la precisión (en este caso se desea un 3%)

Utilizando la fórmula anterior y los datos ya mencionados, se obtuvo que el tamaño de la muestra mínima sea de 228 habitantes. La encuesta se realizó al azar, a través de una entrevista directa con las personas ubicadas en sus casas, se efectuaron preguntas, para luego unir respuestas y analizar resultados. La encuesta realizada se muestra en el apéndice.

El comportamiento del consumidor se define como la serie de actividades que desarrolla una persona cuando busca, compra, evalúa, dispone y usa un bien para satisfacer sus necesidades y deseos. El estudio del comportamiento del consumidor es esencial para elaborar estrategias, también proporciona información acerca de las distintas oportunidades que puede tener la empresa en el mercado.

El análisis al consumidor es de gran importancia, ya que de él dependerá si la propuesta tendrá los resultados esperados, es por eso que se debe realizar los estudios pertinentes, por medio de la utilización de técnicas, para conocer las necesidades, gustos y tendencias del consumidor, y así lograr saber si se es capaz de cumplir con las expectativas, tanto del producto, que en este caso es agua apta para el consumo humano, como del servicio.

Aunque el proyecto quiere ser llevado a todo el departamento de Chiquimula, por la capacidad del sistema y por la alta inversión, el estudio se llevará a cabo únicamente en el municipio de Chiquimula.

Se realizaron encuestas en el municipio de Chiquimula, con el fin de determinar algunas características del mercado y ayudar a la toma de decisiones. Para efectos de exactitud, se eligió entrevistar a una población mayor a la obtenida por la fórmula anterior, Se tomó una muestra de 285 familias y 12 comedores en dicho municipio. El análisis de resultados se muestra a continuación:

- 1Análisis de la competencia: actualmente en el municipio de Chiquimula existen varias empresas dedicadas al tratamiento y venta de agua purificada. El 74% de la población consume agua embotellada y el 26% no, es por eso que para ser competitivos se necesita un aporte extra; para lograr esto, se recurre a la innovación del sistema, proponiendo desarrollar un proceso de purificación dividido en dos fases, la primera con la colocación de equipo dentro de las instalaciones y la segunda dentro de un camión cisterna, logrando con esto llevar agua purificada a los hogares, cuando el proceso de purificación está terminando, evitando así cualquier descomposición causada por la exposición de este vital líquido al sol.

El motivo por el cual el 26% de las personas no consumen agua de casas comerciales, es porque el 94% no tienen la capacidad monetaria para poder adquirirla y el 6% no tienen acceso a ella.

Las preferencias de consumo de agua embotellada según la marca son:

Tabla X. **Marca de agua purificada consumida**

Porcentaje (%)	Marca
75%	Agua pura Salvavidas
7%	Scandia
18%	otras

Fuente: elaboración propia.

El precio que la población chiquimulteca está dispuesto a pagar es:

Tabla XI. **Precio por garrafón**

Porcentaje (%)	Precio
85%	Q. 10,00 - Q. 15,00
15%	Q. 7,00 - Q. 9,00

Fuente: elaboración propia.

El precio es un factor determinante, más si es un bien básico como el agua purificada, es por eso que se debe tomar en cuenta los precios anteriores para la estrategia de producto.

- Análisis de la demanda: Según la encuesta realizada, la cantidad de habitantes por familia se describen en la tabla XII.

Tabla XII. **Cantidad de habitantes por familia**

% Familias	Habitantes
17,54	3
15,78	5
15,08	6
12,98	4
11,22	2
7,36	7

Fuente: elaboración propia.

De la tabla XII, el porcentaje restante que equivale a 20%, habitan entre 9 y 15 personas por familia. En promedio en el municipio de Chiquimula habitan 5 personas por familia.

La cantidad de garrafones que las familias consumen por semana se muestran en la tabla XIII.

Tabla XIII. **Cantidad de garrafones consumidos semanalmente por familia**

% Familias	Cantidad garrafones (semanal)
17,54	3
15,78	5
15,08	6
12,98	4

Fuente: elaboración propia.

El 13,68% restante consume entre 5 y 8 garrafones a la semana. El promedio de consumo es de 5 por familia.

Otros resultados obtenidos de las encuestas fueron:

- El 40% del 74% de los encuestados que consumen agua de casas comerciales, están de acuerdo en pagar menos por el garrafón de agua y recibirla en forma local.
- El 70% el 26% que no consumen agua de casas comerciales, estuvo de acuerdo en recibirla en forma local y a un menor precio.

Comedores:

Se entrevistaron doce comedores del mercado la Terminal, con el fin de abarcar un área posible de venta de agua. Los entrevistados, consumen 124 garrafones semanales en total, y todos estuvieron de acuerdo en recibirla en forma local, con el nuevo sistema propuesto, y a un menor precio.

2.2. Agua potable en Chiquimula

El municipio de Chiquimula cuenta con 42 comunidades de las cuales todas cuentan con servicio de agua potable y drenajes.

2.2.1. Características

Algunos estudios realizados muestran las características físicas, químicas y bacteriológicas predominantes en las dos épocas del año; así como la influencia del agua marina durante la época seca y de lluvia sobre las condiciones prevalecientes en el agua del canal. Dichos factores indicaron que las aguas de la localidad presentan semejanzas a las de un estuario. El agua marina provoca la concentración de sales de sulfato y cloruro, entre otras.

El agua de lluvia aumenta la dilución de la concentración de sales y otras sustancias presentes. En conclusión, el oxígeno disuelto es afectado por los bajos niveles de agua y la descarga continua de desechos domésticos y desechos sólidos entre otros.

El municipio de Chiquimula es abastecido por 8 pozos, en los cuales solamente se realiza control de cloro residual, como lo indican el muestreo semanal realizado por el centro de Salud de Chiquimula. Siendo el síndrome diarreico agudo consecuencia de esto, como se presentan en los índices de morbilidad y mortalidad presentados por el Área de Salud.

Los estudios de calidad de fisicoquímica y bacteriológica del agua de pozos municipales para uso doméstico en Chiquimula presentan las concentraciones detalladas en la tabla XIV.

Tabla XIV. **Concentración de nitritos y nitratos en el agua de pozos del municipio de Chiquimula**

PUNTO DE MUESTREO	NO ₂ mg/lt	NO ₃ mg/lt
Río Taco	0,23	12,4
Quebrada el Abundante	0,047	2,2
Pozo Terminal	0,002	8,8
Pozo El canja	0,0021	2
Pozo Torito	0,902	1,4

Fuente: ARZET. Abner. *Evaluación de la calidad fisicoquímica, bacteriológica y medición del caudal de agua en pozos para consumo humano, del casco urbano del municipio de Chiquimula.* p. 20.

Según los puntos de muestreo identificados como río Taco y pozo Terminal, presentan las mayores concentraciones de nitratos, sobrepasando el límite establecido por EPA, OMS y COGUANOR, en aguas de consumo humano.

En el casco urbano de Chiquimula existen 72 pozos distribuidos en 382 viviendas, su distribución por zona es como se indica en la tabla XV.

Tabla XV. **Distribución de pozos por número de viviendas**

Zona	Número de viviendas encuestadas	Número de pozos identificados
1	94	18
2	66	19
3	43	0
4	96	3
5	34	14
6	19	9
7	30	9
Total	382	72

Fuente: ARZET, Abner. *Evaluación de la calidad fisicoquímica, bacteriológica y medición del caudal de agua en pozos para consumo humano, del casco urbano del municipio de Chiquimula*. p. 23.

2.2.2. Hechos y cifras

Es de gran importancia conocer el historial de datos y las características principales de las fuentes de agua en el departamento.

- Agua subterránea: el sistema de agua subterránea se recarga debido a la precipitación pluvial y el agua fluye hacia los arroyos a través de este sistema.

- Impacto de los pozos en el flujo de agua subterránea: el agua bombeada del sistema subterráneo causa que la capa freática baje de nivel y cambie la dirección de la corriente del agua subterránea. Parte del agua que fluía hacia un arroyo, ya no lo hace y parte de esta corriente es acarreada desde el arroyo hasta el sistema de agua subterránea, reduciendo la corriente del arroyo.
- Consecuencias de la falta de manejo en la sobre explotación de pozos: el sistema de aprovechamiento más eficaz de los recursos de un acuífero, sin incurrir en sobre explotación, se logra con la extracción anual de cantidades de agua igual o inferior a la cantidad de recarga media interanual.

La sobre explotación consiste en extraer más agua de la que ingresa en el sistema acuífero, causando el consumo de la reservas y, consecuentemente, el descenso del nivel freático o piezométrico.

El efecto más directo sobre la sobreexplotación, es el empeoramiento de la calidad química de las aguas subterráneas a causa de los siguientes factores:

- Favorecimiento de la concentración de sales, mediante una menor dilución de aguas antiguas en nuevas aguas de recarga anual. Menos disolución de las aguas antiguas almacenadas en el acuífero con las nuevas de la recarga anual, lo que favorece las concentración de sales.
- Salinización de los pozos por el avance de las aguas marinas tierra adentro, al alterarse del equilibrio agua dulce – agua salada.

- Recarga inducida de las aguas contaminadas por lixiviación de los focos contaminantes situados sobre el acuífero.
- Consecuencias relacionadas con el descenso del nivel freático: desecación de marismas, subsidencia y abandono de los pozos.
- Sub cuencas – captación de agua: las sub-cuencas del departamento de Chiquimula tienen la siguiente área de captación. Ver tabla XVI.

Tabla XVI. **Área de captación de sub cuencas en el departamento de Chiquimula**

SUB-CUENCAS	ÁREA (Has)	ÁREA (%)
Área de captación - río Motagua	525,57	0,22
Río Guaranjá	2298,83	0,95
Área de captación - río Grande	20753,89	8,61
Río San Vicente	3951,24	1,64
Río Jocotán	37079,85	15,39
Río Jocotán	13981,08	5,8
Río Jocotán	30701,41	12,74
Río San José	32312,7	13,41
Río Shutaque	36024,38	14,95
Río Olopa	31004,05	12,87
Río Grande	29223,11	12,13
Lago de Güija	3072,49	1,28
Laguna de Ipala	45,82	0,02

Fuente: ARZET, Abner. *Evaluación de la calidad fisicoquímica, bacteriológica y medición del caudal de agua en pozos para consumo humano, del casco urbano del municipio de Chiquimula*. p. 28.

En potencial y desarrollo hídrico, la captación de los manantiales de agua es como se describe en la tabla XVII.

Tabla XVII. **Captación de los manantiales de agua**

CAPTACIÓN DE AGUA EN JOCOTÁN, CAMOTÁN, SAN JUAN ERMITA Y OLOPA		
LUGAR DE CAPTACIÓN DE AGUA	CAUDAL (L/s)	PRODUCCIÓN DE AGUA ACTUAL
		(Millones m ³ /año)
Jocotán	89,6	2,83
Camotán	66,1	2,1
San Juan Ermita	33,74	1,1
Olopa	11,96	0,38
Total	201,4	6,41

Fuente: ARZET, Abner. *Evaluación de la calidad fisicoquímica, bacteriológica y medición del caudal de agua en pozos para consumo humano, del casco urbano del municipio de Chiquimula*. p. 31

Tabla XVIII. **Potencial de recurso hídrico en aforos de ríos y quebradas del área de la cuenca del río Jocotán**

RÍO O QUEBRADA	LATITUD (m)	LONGITUD (m)	CAUDAL (m ³ /s)	ANCHO PROMEDIO (m)	ALTURA DE TIRANTE DE AGUA (m)
Agua fría	247257	646517	1,14		
	247324	646130	0,8	4 a 15	0,1 a 0,7
	247719	645279	1,24		
Shupa	254877	648091	0,32	4 a 13	0,1 a 0,5
Carcaj	242994	638082	1,75	4 a 15	0,1 a 0,9
Torja	245925	633269	0,78	3 a 10	0,2 a 0,13
		638195	1,1		
Seca	241018	645509	3,02	4 a 15	0,25 a 1,8
Lanchor	237199	649965	20,3	19 a 60	1,5 a 8,5
La Ceiba	241268	641752	1,2	4 a 14	0,2 a 1,2

Fuente: ARZET, Abner. *Evaluación de la calidad fisicoquímica, bacteriológica y medición del caudal de agua en pozos para consumo humano, del casco urbano del municipio de Chiquimula*. p. 32.

Tabla XVIII. **Uso del recurso hídrico**

ABASTECIMIENTO DE AGUA POR VIVIENDA EN EL DEPARTAMENTO DE CHIQUIMULA							
FUENTE (POR VIVIENDA)					TIPO DE SISTEMA		
Pozo	Río	Otros sistemas	Llena cántaros	Intradomiciliar	Único	Compartido	Ejecutor
1022	1407	10892	5992	40451	5530	308	54

Fuente: ARZET, Abner. *Evaluación de la calidad fisicoquímica, bacteriológica y medición del caudal de agua en pozos para consumo humano, del casco urbano del municipio de Chiquimula.* p. 29.

3. PROPUESTA PARA CREAR UNA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUA PARA CONSUMO HUMANO

3.1. Estudio económico

La creación de una nueva empresa lleva la toma de un conjunto amplio de decisiones que afectan a diferentes facetas de la vida empresarial. Dicha decisión inicia con la determinación de la inversión inicial y los costos generados mensualmente, cuyas cantidades dependen de la tecnología seleccionada, para luego proceder a determinar los ingresos correspondientes.

Es necesario realizar el análisis financiero, con el fin de conocer si se tiene el capital monetario para realizar la inversión inicial, y tener la capacidad de solventar los gastos que se originen. Así también, es necesario realizar el análisis económico, el cual indicará en cuánto tiempo se recuperará la inversión, y a qué tasa se recuperará.

3.1.1. Costos de inversión inicial

La inversión inicial indica la cuantía y la forma en que se estructura el capital para la puesta en marcha de la planta de tratamiento de agua purificada, y el desarrollo de la actividad hasta alcanzar el umbral de rentabilidad.

En el plan de inversión se concreta qué inversiones son imprescindibles, cuáles son superfluas o susceptibles de aplazamiento, siempre teniendo en cuenta que se debe alcanzar la inversión mínima para que la planta sea operativa.

3.1.1.1. Infraestructuras

Los tipos de construcción se determinan dependiendo de los procesos industriales para los que se van a utilizar las instalaciones y, dependiendo de estas características variará la inversión.

A continuación se describe la aproximación de la inversión inicial de la construcción de las instalaciones de la planta de tratamiento de agua purificada. Ver tabla XX.

Tabla XX. **Inversión inicial de la infraestructura**

Infraestructura	Costo individual (Q)	Unidades	Costo total (Q)
Construcción y acabados, incluye el piso de concreto	2 500 por m ²	28	70 000,00
Pintura epóxica	40 por m ²	66	2 640,00
ventanas	325 por m ²	20	3 000,00
Puertas	2000 por m ²	2	4 000,00
Lámpara	600 por m ²	1	600,00
Instalación eléctrica			300,00
Instalación de drenajes, incluyendo materiales			300,00
Lavamanos, más instalación		1	325,00
Retrete, más instalación		1	550,00
TOTAL			Q. 81 715,00

Fuente: elaboración propia.

3.1.1.2. Inmobiliario

Con respecto al terreno donde se construirá la infraestructura, éste será donado por la municipalidad de Chiquimula, por lo que no se incurrirá en dicho gasto.

3.1.1.3. Mobiliario

La inversión del mobiliario depende de la tecnología que se utilice en el proceso de purificación de agua, el equipo propuesto es moderno y con alta capacidad de descontaminación.

Por la innovación del sistema propuesto, es necesario invertir en la compra de un camión, para colocar el equipo de la segunda fase del proceso, el cual debe soportar la fuerza que ejercen éstos y la cisterna que contiene el agua.

3.1.1.3.1. Camión cisterna

El camión adecuado para trasladar y soportar el peso del equipo principal y auxiliar tiene un costo de Q. 162 000,00, según cotización agencia ISUZU.

3.1.1.3.2. Equipo y herramientas

- Inversión en el equipo de descontaminación de agua: costos involucrados directamente con el proceso de purificación, tales como: el filtro multimedia, filtro suavizador, bomba dosificadora automática de cloro, filtro de sedimentos, filtros de carbón activado, purificador ultravioleta y purificador a base de ozono, se describen en la tabla XXI.

Tabla XXI. **Inversión inicial de equipo de purificación de agua**

EQUIPO	COSTO TOTAL (Q)
Filtro multimedia Sistema manual para eliminar sedimentos, 3 pies cúbicos de material filtrante turbidez, tanque de fibra de vidrio de 14" x 65", válvula manual de 3 posiciones, distribuidor superior e inferior, reductor de 4" de 2.5", conexiones de 1", capacidad de 20 GPM	6 046,00
Sistema manual suavizador de agua Sistema manual suavizador de agua, 3 pies cúbicos de resina catiónica, marca 3M cuno, tanque vibra de vidrio de 14" x 65", válvula manual de 5 posiciones, distribuidor superior e inferior, reductor de 4" a 2.5", conexiones de 1", tanque de salmuera, 4 sacos de sal especial de 100 libras	10 832,00
Bomba dosificadora automática Bomba dosificadora automática de 24 GPD, con graduación de 1 a 6 para inyectar hipoclorito de sodio al 2%, incluye 55 galones de hipoclorito de sodio al 2"	5 160,00
Filtro de sedimentos pulidor Etapa de sedimentos para pulir, con filtro fabricado en polipropileno con capacidad de retener partículas de 5 micras, 20" de alto, incluye carcasa big blue de 20, base de carcasa marca 3M cuno	1 890,00
Filtro de carbón activado Etapa de carbon bloque de 20" big blue, incluye carcasa de 20", base de carcasa marca pentek filtration, se instalan 2 en paralelo	3 990,00
Purificador ultravioleta Purificador ultravioleta marca Instapura, fabricado en acero al carbón, utiliza 1 lámpara y 1 cuarzo, capacidad de 10 a 12 GPM	5 555,00
Purificador de base de ozono Purificador a base de ozono fabricado en acero inoxidable para un flujo entre 12 a 16 GPM, marca sterilight, incluye venturi con conexiones de 1 ½", utiliza una lámpara	7 616,00
TOTAL	41 089,00

Fuente: elaboración propia.

- Inversión en equipo y herramienta: se muestran los costos de adquirir de la adquisición de los equipos y herramientas auxiliares necesarias, para el funcionamiento adecuado de los sistemas de purificación.

Tabla XXII. **Inversión inicial de equipo y herramienta auxiliar**

EQUIPO Y HERRAMIENTA	COSTO TOTAL (Q)
Llave de paso	500,00
Inversor de corriente	600,00
Regulador de voltaje	400,00
Manómetro	200,00
Bombas sumergibles de 1 HP	2 300,00
Depósito de polietileno de 2500 litros	2 200,00
Bomba hidroneumática de 3/4 HP	2 300,00
Planta eléctrica de gasolina de 5 HP	4 500,00
Bomba hidroneumática de 1 HP	3 000,00
TOTAL	16 000,00

Fuente: elaboración propia.

Inversión en plataforma y estructura: el costo de fabricación e instalación de la plataforma de acero ASTM A36 de $\frac{1}{4}$ de espesor, el tanque y los dispensadores de acero inoxidable colocados en el camión, equivalen a Q.60 000,00.

3.2.1. Análisis punto de equilibrio

Es el aquel punto de actividad donde los ingresos totales son iguales a los costos totales, es decir, donde no existe utilidad ni pérdida.

3.1.2.1. Características

El cálculo del punto de equilibrio toma varios aspectos importantes para la determinación de las unidades necesarias a vender, para no generar pérdidas ni ganancias.

Los componentes del punto de equilibrio son:

- Costo fijo: son los rubros que incurre una empresa, independientemente de su volumen de producción, ventas, o servicios prestados; es decir, están dados con un valor que no va en función de su fuente de ingresos.
- El precio de venta unitario: el valor al cual se comercializa cada unidad del producto.
- Costo variable unitario: es en el que se incurre para fabricación del bien específico.
- Margen de contribución: valor que queda al realizar la diferencia entre el precio unitario y el costo variable unitario del bien.

3.1.2.2. Utilidad

- Conocer los elementos o variables que intervienen en el punto de equilibrio.
- Construir el modelo matemático para encontrar el punto de equilibrio en unidades y pesos.
- Hacer una estimación del punto de equilibrio para evaluar la operación actual de un negocio, una alternativa de aumento en la capacidad productiva y la operación de un negocio en el tiempo.
- Hacer un análisis comparativo.

3.1.2.3. Ventajas

- Es simple y fácil de visualizar.
- Se enfoca sobre la rentabilidad.
- Explica la relación entre el costo, el volumen de la producción y los retornos.

3.1.2.4. Limitaciones

Limitaciones del análisis de punto de equilibrio:

- Es más adecuado realizar el análisis de un producto a la vez.
- Puede ser difícil clasificar un costo como variable o como fijo.
- Puede haber una tendencia de continuar utilizando el análisis de punto de equilibrio después que los costos o las proporciones de ingreso han cambiado.

3.1.2.5. Análisis de costos

El proyecto propuesto, consiste básicamente en satisfacer una necesidad, vendiendo agua purificada por más dinero de lo que cuesta purificarla.

La ventaja que se obtiene con el precio, se utiliza para cubrir los costos y para obtener una utilidad, es por ello fundamental el cálculo aproximado de los costos fijos y variables, para poder decidir el precio y, así analizar la viabilidad económica del proyecto.

Para el análisis de costos es importante tomar en cuenta el análisis de la demanda realizado en el capítulo 2, el cual da como resultado que 137 familias y 12 comedores, están dispuestos a adquirir el agua purificada del proyecto propuesto. Tomando en cuenta el consumo promedio por familia de 5 garrafones por semana y el total de 124 garrafones en los comedores, se obtiene un pronóstico promedio inicial de venta de 1000 garrafones semanales.

3.1.2.5.1. Costos fijos

Para iniciar con el proyecto, únicamente se hace necesaria la contratación del jefe de mantenimiento, el cual tendrá a su cargo la responsabilidad del proceso de purificación. Sus horarios serán variados, ya que su presencia dentro de la empresa será cuando se realice el proceso de purificación, por lo que su sueldo es de acuerdo al tiempo de trabajo.

A continuación se muestran los costos fijos aproximados incurridos en el proceso de purificación. Ver tabla XXIII.

Tabla XXIII. **Cálculo de costos fijos**

	Costos mensual (Q)	Costo anual (Q)
Energía eléctrica	700,00	
Lámpara ultravioleta		600,00
Combustible	2 980,00	
Sueldos administrativos	6 000,00	
Llantas		3 600,00
Salarios	4 400,00	
Cambio de aceite camión	350,00	
Cambio de candelas planta eléctrica	40,00	
TOTAL	14 470,00	4 200,00

Fuente: elaboración propia.

3.1.2.5.2. Costos variables

El costo variable, es aquel en que incurre la empresa y guarda dependencia importante con el volumen de agua a purificar. El proceso de regenerar el sistema, es el único en el que el costo depende del volumen de agua purificada que se traslada por los filtros, y tiene un costo variable aproximadamente de Q.300,00 mensuales.

3.1.2.5.3. Costo de purificación de cada garrafón de agua

A través de los costos anteriores se puede obtener el de purificar un garrafón de agua, como base para establecer un precio competitivo, que ayude a recuperar la inversión, los costos y se obtengan ganancias.

Con los datos de los costos fijos y variables, se obtuvo el semanal de Q. 3 780,00. Si se purifican 1000 garrafones semanales, se obtiene que el precio por garrafón sea aproximadamente Q.3,78.

3.1.2.6. Análisis de ingresos

Los ingresos son las cantidades que recibe una empresa por la venta de su producto, o sea el precio multiplicado por la cantidad vendida. Para esto es necesario establecer el precio al cual se recomienda vender cada garrafón de agua purificada.

El precio se fijará de acuerdo al valor que tenga el producto. El costo que se cree la población esté dispuesto a pagar, basado en los beneficios que el producto ofrece.

Basado en la encuesta realizada, el valor recomendado para vender cada garrafón de agua purificada se encuentra entre Q. 6,00 y Q. 7,00, ya que con este costo se logrará ser competitivos con las otras empresas, por estar debajo de sus precios, y por ser un líquido vital, éste también debe estar al alcance económico de la población. Por lo tanto, los ingresos aproximados que se pueden obtener de acuerdo al rango de precios, son los que se muestran en la tabla XXIV.

Tabla XXIV. **Cálculos ingreso aproximado**

Precio	Cantidad garrafones (semanal)	Ingreso semanal (Q)	Ingreso mensual (Q)
Q. 6,00	1000	6 000,00	24 000,00
Q. 7,00	1000	7 000,00	28 000,00

Fuente: elaboración propia.

3.2. Equipo y herramienta

Es indispensable que todo proceso cuente con un equipo y una herramienta adecuada para el desarrollo de éste. El equipo se divide en principal y auxiliar.

3.2.1. Equipo principal

Es el que hace posible el proceso de purificación de agua. Las herramientas principales están relacionadas directamente al funcionamiento del equipo, no es posible ser sustituido por otra herramienta.

3.2.1.1. Pozo artesanal

Es un orificio perforado en la tierra, hasta una profundidad suficiente para alcanzar una reserva de agua subterránea del nivel freático.

3.2.1.2. Bomba sumergible

Es una bomba que se coloca en el interior del pozo, con el objetivo de que bombee el agua hasta la superficie.

3.2.1.3. Depósito para retro lavado de filtros

Depósito plástico con reserva de agua para el proceso de retro lavado de filtros, el cual se utiliza con el fin de reutilizar el agua de dicho proceso para limpieza.

3.2.1.4. Equipo hidroneumático de acero inoxidable

Los sistemas hidroneumáticos se basan en el principio de compresibilidad o elasticidad del aire cuando es sometido a presión, es de gran utilidad en el abastecimiento y distribución de agua.

3.2.1.5. Filtro multimedia

Es un filtro que lleva varias capas de mineral filtrante de diferente densidad y granulometría, las cuales van deteniendo las partículas de mayor tamaño en las capas superiores y las más pequeñas son detenidas en las capas siguientes. Este proceso permite un filtrado más fino y eficiente.

3.2.1.6. Filtro suavizador

Los suavizadores de agua cambian las sales de calcio y magnesio por sales de sodio que son solubles. El filtro suavizador, además de bajar la dureza al agua, reduce otras impurezas como son el hierro y el magnesio.

3.2.1.7. Bomba dosificadora automática de cloro

Esta bomba sirve para el correcto suministro de cloro a una corriente de agua, sistema donde se requiera que la concentración se mantenga constante.

3.2.1.8. Depósito aéreo

Elemento fundamental para el proceso de cloración; el agua es almacenada en el depósito para luego ser transportada al camión cisterna para continuar con el proceso.

3.2.1.9. Dispositivos para toma de muestras de agua

Son llaves colocadas en puntos estratégicos del proceso, que permiten la toma de muestras para verificar el control de calidad del agua.

3.2.1.10. Cisterna de acero inoxidable

Tanque de almacenamiento de agua, fabricado con acero inoxidable para evitar la corrosión. Este es utilizado para transportar el agua clorada dentro del camión y así poder recibir la segunda fase del proceso de purificación.

3.2.1.11. Filtro de sedimentos

Actúa como pantalla para remover la materia particulada que puede ser transportada por el agua y que se deposita como una capa de partículas sólidas en el fondo.

La sedimentación es la disposición de materia suspendida, estas partículas pueden ser derivadas de la corrosión de las tuberías de agua, granos de arena, pequeñas partículas de materia orgánica, partículas arcillosas u otra partícula pequeña que esté presente en el agua.

3.2.1.12. Filtros de carbón activado

Están diseñados para la filtración de líquidos, absorbiendo la materia orgánica, que es la causante del olor, color o sabor en el agua. También ayuda a retener acidez, alcalinidad e hidrocarburos. Estos filtros, además se utilizan para reducir, efectivamente, el sabor y olor que produce el cloro en el agua. El agua entra por la parte superior del filtro, pasa por toda la cama de carbón activado granular, logrando así un máximo tiempo de contacto y en consecuencia una adsorción excelente.

3.2.1.13. Purificador ultravioleta

Es un purificador por medio de luz ultravioleta, destruye más del 99% de bacterias, virus y gérmenes que se encuentran en el agua, ya que la luz ultravioleta causa desarreglos moleculares en el material genético del microorganismo y esto impide su reproducción.

3.2.1.14. Generador de ozono

Es aquel capaz de reproducir ozono, mediante la generación de una alta tensión eléctrica que produce ozono, y, colateralmente, iones negativos. El ozono es una molécula triatómica que contiene tres átomos de oxígeno-artificialmente.

3.2.1.15. Inyector de ozono

El sistema de ozonización se realiza en un depósito con un caudal de recirculación, en donde mediante un inyector vénturi se añade la producción de ozono adecuada.

3.2.1.16. Dispensadores de acero inoxidable

Llave que permite dar el paso al agua purificada, para que ésta pueda ser suministrada a los consumidores.

3.2.1.17. Generador eléctrico de gasolina

Produce electricidad en cualquier momento, sin importar el tiempo o el sol, y tiene un poder de sistema bastante alto, éste se pone en marcha cada vez que se necesita fluir agua. Los generadores eléctricos de gasolina ofrecen un nivel de ruido más bajo que los diesel, además de tener un menor peso y un precio más bajo. Las reparaciones de estos generadores son menos costosas.

3.2.1.18. Inversor de corriente

La función del inversor de corriente es cambiar un voltaje de entrada de corriente continua a un voltaje simétrico de salida de corriente alterna, con la magnitud y frecuencia deseada.

3.2.1.19. Panel de control eléctrico

Es un tablero, armario o gabinete, donde se alimentan los contadores, flipones auxiliares, relés y una serie de componentes eléctricos, que a su vez alimentan la maquinaria o el equipo que se va a utilizar, tanto en alimentación de potencia como control de instrumentación. Regularmente en los paneles es donde se mide el consumo eléctrico de todo el equipo.

3.2.2. Equipo auxiliar

Colaboran con el buen funcionamiento del equipo, permiten la medición de parámetros del uso adecuado del mismo y apoyan al proceso.

3.2.2.1. Tanque para agua de retro lavado de filtros

Tanque auxiliar de agua, la cual es utilizada para el mantenimiento del equipo. Éste permite la reutilización de la misma.

3.2.2.2. Manómetro

Estos instrumentos tienen por función medir la presión del agua cuando éste está en movimiento dentro de los tubos, con un sistema cerrado. Procede determinando la diferencia que hay entre la presión del fluido y la presión local.

3.2.2.3. Llaves de paso

Es un dispositivo usado para dar paso, cortar o dirigir el flujo de agua u otro fluido por una tubería.

4. IMPLEMENTACIÓN DE LA PROPUESTA

4.1. Montaje de la planta

Una planta industrial dedicada al tratamiento de agua purificada es un conjunto de actividades que tienen como finalidad la transformación de las características de este líquido, con el objetivo de convertirla en agua apta para el consumo humano, a través de una serie de procesos conformados por equipo, herramienta y otras instalaciones dispuestas convenientemente en edificios, que dan las condiciones adecuadas para el desarrollo efectivo de dicho proceso, entre estas condiciones se encuentran:

- Iluminación
- Ruido
- Ventilación
- Techo
- Piso

El cronograma de actividades involucradas en la implementación de la planta de tratamiento de agua, se muestra a continuación en la tabla XXV.

Tabla XXV. **Cronograma de implementación**

Cronograma de Implementación											
Actividades	Semana									Recursos	
	1	2	3	4	5	6	7	8	9		
Construcción infraestructura	■	■									Contratación empresa
Pintar paredes y señalización				■							Pintura diferentes colores
Techo			■								Plano de concreto
Piso			■	■							Concreto, reforzado con electro malla y fundida
Iluminación				■							Lámpara fluorescente
Conexión de agua				■							Tubería
Ventilación				■							Ventilación natural - ventanas
Colocación equipos					■	■	■	■	■		Personal capacitado, herramientas y los equipos
Pruebas										■	Personal capacitado y parámetros de funcionamiento

Fuente: elaboración propia.

Otro aspecto importante, es la distribución del equipo dentro del espacio físico, ya que de éste depende el tiempo de tratamiento de agua, mientras más lejos se coloquen los equipos, más tardado será el tiempo, y viceversa. Para su adecuada colocación es necesario basarse en el proceso de tratamiento de agua: infraestructura, iluminación, ventilación, señalización, techo, piso y ruido.

4.1.1. Infraestructura

Para la primera fase de tratamiento de agua purificada se necesita un espacio de 7x4 metros de longitud y 3 metros de altura, para realizar una buena distribución de los equipos y de las herramientas necesarias, así también, esta infraestructura debe contar con las condiciones adecuadas, tanto para el personal a cargo del proceso como del equipo, el cual también debe tener las condiciones óptimas para su buen funcionamiento. Entre estas condiciones están: la iluminación, ventilación, ruido, techo y piso.

Es importante, para la construcción de la estructura de la planta, contratar una empresa constructora, a la cual se le indicarán las especificaciones y ella se encargará de llevar a cabo toda la construcción.

4.1.1.1. Iluminación

Conjunto de dispositivos que se instalan para producir ciertos efectos luminosos. Cuando se refiere a la iluminación de una planta industrial, no sólo es que el edificio como tal, proporcione la comodidad de contar con una buena iluminación, sino también, que sea al menor costo posible, pues cuando se diseña un sistema de iluminación, el número de lux que debe existir en el área de trabajo, debe ser el necesario sin que se exceda en iluminación y que tampoco por ahorrar energía la iluminación sea deficiente.

Una iluminación inadecuada en el trabajo puede originar fatiga ocular, cansancio, dolor de cabeza, estrés y accidentes. El trabajo con poca luz daña la vista. También cambios bruscos de luz pueden ser peligrosos, pues ciegan temporalmente, mientras el ojo se adapta a la nueva iluminación. El grado de seguridad con el que se ejecuta el trabajo, depende de la capacidad visual y ésta, a su vez, de la cantidad y calidad de la iluminación. Un ambiente bien iluminado no es solamente el que tiene suficiente cantidad de luz.

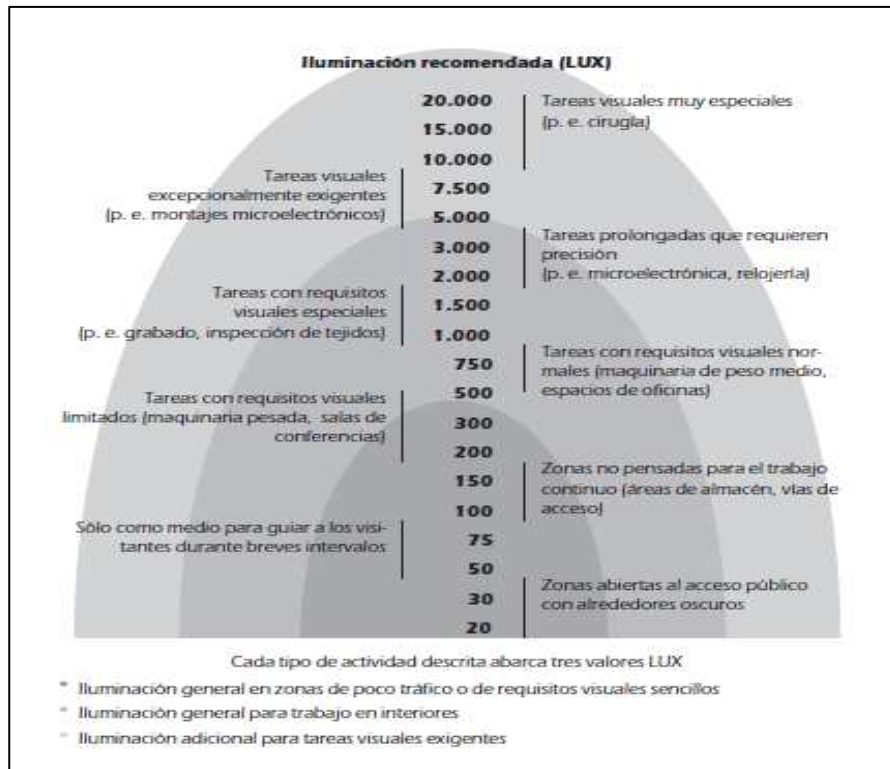
Para conseguir un buen nivel de confort visual se debe lograr un equilibrio entre la cantidad, la calidad y la estabilidad de la luz, de tal forma que se consiga una ausencia de reflejos y de parpadeo, uniformidad en la iluminación, ausencia de excesivos contrastes, etc. Todo ello en función, tanto de las exigencias visuales del trabajo como de las características personales de cada persona.

- Principios de diseño de centros de trabajo bien iluminados
 - Utilizar la luz natural (ventanas) siempre que sea posible.
 - Evitar la ausencia total de luz natural.
 - Distribuir uniformemente los niveles de iluminación.
 - Evitar la iluminación demasiado difusa.
 - Evitar la iluminación excesivamente direccional porque produce sombras duras que dificultan la percepción.
 - Situar las luminarias respecto al puesto de trabajo de manera que la luz llegue al trabajador lateralmente.
 - Apantallar todas las lámparas que puedan ser vistas, desde cualquier zona de trabajo, bajo un ángulo menor de 45° respecto a la línea de visión horizontal.
 - Colores del lugar de trabajo.

- Niveles recomendados

Cada actividad requiere un nivel específico de iluminación en el área donde se realiza, como se muestra en la tabla XVI.

Tabla XXVI. Niveles recomendados de iluminación



Fuente: Comité técnico 169 del Comité Europeo Normalizador (CENTC 169).

En el proceso de purificación de agua, la única intervención hecha por el personal, es el manejo de llaves para el mantenimiento, el arranque y apagado de equipo, es por eso que estas funciones están situadas en tareas con requisitos visuales normales, lo cual equivale a 750 lux por m².

Se utilizarán lámparas tipo fluorescente, ya que éstas aportan más luminosidad con menos watts de consumo, tienen bajo consumo de corriente eléctrica, poseen una vida útil prolongada entre cinco y siete mil horas y, tienen poca pérdida de energía en forma de calor.

Es necesario colocar una lámpara fluorescente de 2x2 pies, con marco de angular blanco, difusor del tipo paracube # 1 de ½"x½" de polietileno plateado y de dos tubos en U de 40 watts, ya que realizando los cálculos precisos y tomando en cuenta el área de trabajo de 28 m² y que 1 watt equivale a 683 lux por m², se necesitarán 30.74 watts en total.

4.1.1.2. Ventilación

La ventilación es el proceso mediante el cual el aire viciado del interior es reemplazado por aire fresco del exterior, por razón de un balance térmico, manteniendo así la temperatura interior constante.

Durante el proceso de purificación de agua no existe ninguna generación de calor originada por el equipo, ni por el personal involucrado en el proceso, ya que la intervención de éste tiene poca duración, lo que no permite generación de calor, es por ello que la única ventilación necesaria es la renovación natural.

La renovación natural consiste en la colocación de ventanas de acuerdo a las dimensiones del edificio, y cantidad de aire fresco que se necesite que ingrese, como también, la cantidad de aire viciado que se produce dentro de las instalaciones y que se desea ser enviado al exterior.

Los ventanales de un edificio deben ser colocados, tanto longitudinalmente como frontalmente si se desea una buena ventilación. En la distribución de ventanas se debe aprovechar las zonas de presión y de vacío, colocando ventanas de entrada y salida respectivamente, de tal manera que la acción combinada de ambos efectos produzcan ventilación cruzada dentro del edificio, evitando así los bolsones de aire dentro del mismo.

Las zonas de baja presión se encuentran próximas a las aristas de la pared perpendicular a la dirección del viento y las zonas de vacío serán las paredes, que en este momento se encuentran longitudinales a la dirección del viento.

El área de las ventanas para una buena ventilación natural debe ser de 30% de la superficie total de las paredes, y debe existir la misma área de ventanas de entrada y salida de aire.

Las ventanas deben ser de persiana con vidrio transparente flotado de 5 mm de espesor. Los marcos de las ventanas deben ser construidos de aluminio de primera calidad, pintado con un mínimo de 2 capas de pintura en polvo u otra similar, color blanco.

Tomando en cuenta las dimensiones de la infraestructura, en total se tienen 66 m² de pared, lo que significa que 19,8 m² deben ser ventanas distribuidas de la siguiente manera:

- Ventanas de entrada de aire fresco: según los cálculos realizados, las ventanas de ingreso de aire fresco deben ser de 2 m de largo por 1 m de alto, y se deben colocar dos en cada pared de 7 m a una distancia de 25 cm de la parte inferior de la pared. También se debe colocar una ventana de 1 m de largo por 1 m de alto, en cada pared de 4 m, a la misma altura que las anteriores.
- Ventanas de salida de aire viciado: deben ser iguales las ventanas de salida de aire viciado a las de entrada de aire fresco, pero colocadas a 25 cm de distancia de la parte superior de la pared.

Con respecto a las puertas, se colocarán dos en las paredes de 3 m, y tendrán una altura de 2,10 m de alto.

4.1.1.3. Señalización

Señalización es el conjunto de estímulos que condiciona la actuación de las personas que los captan frente a determinadas situaciones que se pretende resaltar. La seguridad tiene como misión llamar la atención sobre los objetos o situaciones que pueden provocar peligros, así como para indicar el emplazamiento de dispositivos y equipos que tengan importancia, desde el punto de vista de seguridad en los centros de trabajo.

- Principios fundamentales de la señalización

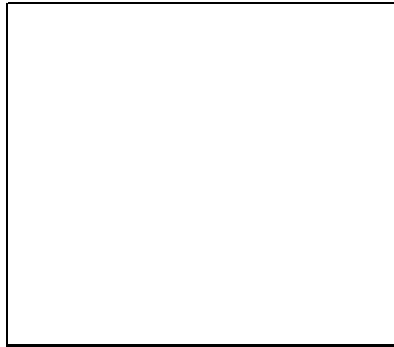
- La información debe resultar eficaz, pero hay que tener en cuenta que en ningún caso elimina el riesgo.
 - El hecho de que se utilice un sistema eficaz de señalización, no invalida la puesta en marcha de las medidas de prevención que sean necesarias.

 - El adecuado conocimiento de la señalización, por parte de los trabajadores, implica la responsabilidad de los superiores de formar a los mismos.

- Señales de seguridad necesarias para la planta de tratamiento de agua para consumo humano

- Señales de prohibición: impide un comportamiento que puede provocar una situación de peligro.

Figura 2. **Señales de prohibición**



Fuente: PARRA. Manuel. OIT. *Conceptos básicos en salud laboral*. p. 16.

- Señales de obligación: exige un comportamiento determinado.

Figura 3. **Señales de obligación**



Fuente: PARRA. Manuel. OIT. *Conceptos básicos en salud laboral*. p. 16.

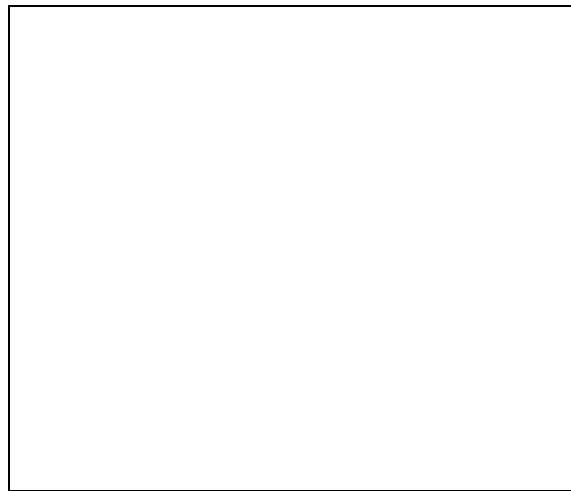
Figura 4. **Señales de advertencia**



Fuente: PARRA. Manuel. OIT. *Conceptos básicos en salud laboral*. p. 17.

- Señales de información: proporciona datos para facilitar el salvamento o garantizar la seguridad de las personas.

Figura 5. **Señales de información**



Fuente: PARRA. Manuel. OIT. *Conceptos básicos en salud laboral*. p. 16.

Además de la señalización mostrada, es necesario rotular alrededor del equipo utilizado en el proceso, colocando una franja amarilla alrededor de éste, con el objeto de prevenir que cualquier persona se acerque y exista una manipulación de llaves que originen un descontrol en el sistema.

4.1.1.4. Techo y piso

Los techos son la estructura que forma el último diafragma de la construcción que se realiza en la parte superior y exterior de una planta industrial, y que tiene como misión proteger la construcción y a los habitantes, de las inclemencias del clima, como la lluvia, el viento, el calor y el frío.

Existen diferentes tipos de techo, pero el más conveniente a colocar es un techo plano, ya que es de concreto y el mantenimiento es casi nulo, además, que es necesaria la construcción de un tanque aéreo de concreto sobre esta construcción, lo cual no sería posible con otro tipo de techo. Este tipo de techo necesita un 2% de inclinación como mínimo con respecto a la corona del edificio.

En la parte inferior del techo, a las superficies expuestas de losa, deberá aplicársele una mano de compuesto de base, y por lo menos dos aplicaciones de cernido plástico, color natural, aplicado con máquina neumática, hasta lograr una superficie de textura y color en homogéneos.

Con respecto al piso, será de concreto de 4000 psi, con espesor de 0,10 m, reforzado con electro malla $\emptyset.4,5$ mm X $\emptyset.4,5$ mm y fundida en secciones no mayores de 2,00 m de lado.

4.1.1.5. Ruido

El ruido es un sonido que a determinada intensidad y tiempo de exposición produce daños en nuestra capacidad de audición, además de otras reacciones psicológicas y fisiológicas en nuestro organismo.

Los límites recomendados de exposición al ruido según el número de horas que se esté expuesto a él, es el que se describe en la tabla XXVII.

Tabla XXVII. **Límites recomendados de exposición al ruido**

No. de horas de exposición	Nivel del sonido en dB
8	90
6	92
4	95
3	97
2	100
1 1/2	102
1	105
1/2	110
1/4 o menos	115

Fuente: PARRA. Manuel. OIT. *Conceptos básicos en salud laboral*. p. 20.

- Primera fase de tratamiento de agua purificada

El único equipo que produce ruido en la primera fase del proceso de purificación de agua es una bomba hidroneumática, la cual es encendida únicamente en el momento que se requiere circule agua por el sistema, y esto sucede cuando se realizar el proceso de purificación y para el retro lavado de filtros.

En el proceso de purificación se está suponiendo que se llenan 300 garrafones diarios y que el proceso de retro lavado de filtros se realiza aproximadamente cada 16m³, basado en la tabla de conversiones se obtiene la tabla XXVIII, la cual muestra los resultados de los cálculos aproximados de la frecuencia con la que se utiliza la bomba hidroneumática, el tiempo y sus decibeles:

Tabla XXVIII. **Ruido de bomba hidroneumática, primera fase**

PROCESO DE PURIFICACIÓN DE AGUA		
FRECUENCIA DE UTILIZACIÓN	TIEMPO	DECIBELES
Diario, menos el día de descanso	2 horas	20 - 30
PROCESO DE RETROLAVADO DE FILTROS		
FRECUENCIA DE UTILIZACIÓN	TIEMPO	DECIBELES
Cada 3 días	1 ½ horas	20 - 30

Fuente: elaboración propia.

Según los cálculos mostrados en la tabla XXVII y basado en los límites mostrados en la tabla XXVIII, se concluye que el ruido emitido por la bomba hidroneumática en la primera fase de tratamiento, no tiene ninguna repercusión a la salud, debido al bajo nivel de decibeles que emite y al corto tiempo de emisión.

- Segunda fase de tratamiento de agua purificada

Los equipos que producen ruido en la segunda fase son: bomba hidroneumática, planta eléctrica y el vehículo.

La tabla XXIX muestra los cálculos aproximados realizados sobre la frecuencia, el tiempo y los decibeles de ruido de estos equipos:

Tabla XXIX. **Cálculos de ruido, segunda fase**

BOMBA HIDRONEUMÁTICA		
FRECUENCIA DE UTILIZACIÓN	TIEMPO	DECIBELES
Diario, se enciende cada vez que se necesite despachar agua purificada, para que el equipo realice el proceso de purificación.	Aproximadamente 5 horas diarias	20 - 30
PLANTA ELÉCTRICA		
FRECUENCIA DE UTILIZACIÓN	TIEMPO	DECIBELES
Diario, se enciende cada vez que se necesite despachar agua purificada, para que el equipo realice el proceso de purificación.	Aproximadamente 5 horas diarias	30-40
VEHICULO		
FRECUENCIA DE UTILIZACIÓN	TIEMPO	DECIBELES
Diario, esta encendido toda la jornada de trabajo excepto la hora de almuerzo	8 horas	70 - 80

Fuente: elaboración propia.

Según los cálculos mostrados en la tabla XXIX, se concluye que el ruido emitido por estos tres equipos está dentro de los límites permitidos por la Organización Internacional del Trabajo (OIT), lo que indica que no tienen ninguna repercusión a la salud de los trabajadores; sin embargo, puede ser recomendable utilizar orejeras, si así lo desearan los trabajadores.

4.2. Recurso humano

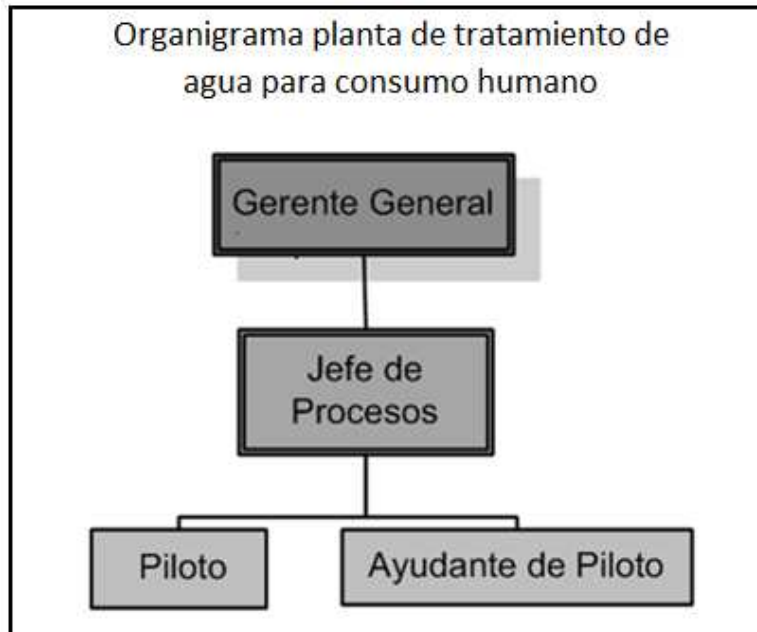
Toda empresa está compuesta de personas, de las cuales depende el éxito que ésta pueda alcanzar, así también de la continuidad y mejora que se le den a las actividades desempeñadas.

Las personas como tal, deben estar dotadas de características propias de personalidad e individualidad, aspiraciones, valores, actitudes, motivaciones y objetivos individuales. Las personas como recursos deben estar dotadas de habilidades, capacidades, destrezas y conocimientos necesarios para la tarea organizacional.

4.2.1. Organigrama

El organigrama es una representación gráfica de la estructura orgánica de una institución, que refleja en forma esquemática las unidades que lo integran, con su respectiva relación y niveles jerárquicos. A continuación se muestra el organigrama de la planta de tratamiento de agua para consumo humano propuesta, el cual muestra la jerarquía en los puestos de acuerdo a su función. Ver figura 6.

Figura 6. **Organigrama del recurso humano**



Fuente: elaboración propia.

4.2.2. **Perfil de puestos**

Los perfiles de puestos existen para identificar las funciones esenciales y la responsabilidad de cada cargo en la empresa. Al mismo tiempo, permite la integración de recursos humanos asegurando, que los propósitos y objetivos de la organización tengan mayor posibilidad de ser cumplidos. Se basa en conocer los requisitos y cualificaciones personales exigidas para un cumplimiento satisfactorio de las tareas.

La planta de tratamiento de agua para consumo humano propuesta, es catalogada como microempresa, porque necesita menos de 10 trabajadores para su funcionamiento.

El perfil de puestos del personal necesario para el adecuado funcionamiento de la planta, está dividido dos partes:

- Descripción del puesto: tareas, responsabilidades y condiciones de trabajo.
- Especificaciones del puesto: requerimientos, educación, capacidades y experiencia previa necesarios para cubrir el puesto.

A continuación se muestran las funciones de los distintos puestos, necesarios para el buen desempeño del trabajo. Ver tablas XXX y XXXI.

Tabla XXX. **Descripción y especificaciones de puestos del personal administrativos**

PERSONAL ADMINISTRATIVO		
PUESTO	DESCRIPCIÓN DEL PUESTO	ESPECIFICACIONES DEL PUESTO
Gerente general	Planear estrategias de ventas y mercadeo.	Estudios: profesional graduado de Ing. Industrial, Ing. Geólogo o carrera a fin.
	Promover la eficiencia y la eficacia en las operaciones, mediante la aplicación de auditorías y la revisión sistemática de controles internos.	Experiencia: mínima de 5 años en procesos de purificación de agua. Administración de empresas y personal. Conocimiento en el área financiera.
	Asesorar y ofrecer apoyo a la estructura del proyecto y a sus trabajadores.	Capacidad: manejo excelente de relaciones públicas, capacidad para toma de desiciones, habilidad para negociar y delegar a sus colaboradores, capacidad para buscar alternativas de solución, apoyar y brindar soporte a su equipo de trabajo.
	Verificar el estado de funcionamiento de los diversos equipos, implementos y vehículo.	
Llevar el control financiero de los ingresos y egresos, así como el pago de sueldos y salarios a los empleados		
Jefe de procesos	Realizar el proceso de purificación en la primera fase, por medio de la manipulación de llaves, manejo de parámetros, estadísticas e instrumentos adecuados.	Estudios: profesional graduado de Ing. Industrial, Ing. Geólogo o carrera a fin.
	Llevar el control estadístico de la calidad del agua purificada, basado en parámetros.	Experiencia: mínima de 5 años en procesos de purificación de agua, mantenimiento de equipo
	Controlar el buen funcionamiento de los equipos.	Capacidad: toma de decisiones, habilidad para negociar y delegar a sus colaboradores, capacidad para buscar alternativas de solución, apoyar y brindar soporte a su equipo de trabajo.
	Verificar el funcionamiento de los equipos y realizar el mantenimiento a los mismos.	

Fuente: elaboración propia.

Tabla XXXI. **Descripción y especificaciones de puestos del personal operativo**

PERSONAL OPERATIVO		
PUESTO	DESCRIPCIÓN DEL PUESTO	ESPECIFICACIONES DEL PUESTO
Piloto	Conducir el camión cisterna, custodiar y conservar éste en buen estado.	Estudios: 3ro. básico
	Realizar labores de mecánica menor y mantenimiento del camión cuando sea necesario.	Experiencia: manejo de camiones. Conocimiento básico de mecánica.
	Llevar a cabo el arranque de la segunda fase del proceso de purificación ubicada en el camión.	Habilidades: ser práctico, integro, habilidad en el manejo de automóviles, manejo excelente en relaciones públicas, responsable, buen compañero.
	Cobrar el agua purificada a los clientes.	
	Colaborar con el ayudante en el traslado de los garrafones.	
	Realizar el llenado del tanque de acero inoxidable.	
	Informar al jefe de proceso cualquier fallo en el sistema, tanto del equipo de purificación como del camión mismo.	Otros: debe poseer licencia profesional tipo A.
Ayudante de piloto	Despachar y trasladar el agua requerida por los clientes	Estudios: 6to. primaria.
	Apoyar a piloto	Habilidades: ser práctico, integro, responsable, buen compañero.

Fuente: elaboración propia.

4.3. Proceso de tratamiento de agua

La importancia que ha cobrado la calidad del agua ha permitido evidenciar que entre los factores o agentes que causan la contaminación de ella están: agentes patógenos, desechos que requieren oxígeno, sustancias químicas orgánicas e inorgánicas, nutrientes vegetales que ocasionan crecimiento excesivo de plantas acuáticas, sedimentos o material suspendido, sustancias radioactivas y el calor.

Se considera que el agua está contaminada, cuando ya no puede utilizarse para el uso que se le iba a dar, en su estado natural o cuando se ven alteradas sus propiedades químicas, físicas, biológicas y/o su composición. En general, el agua está contaminada cuando pierde su potabilidad para consumo humano.

La purificación de agua es un proceso de eliminación de impurezas que modifican la calidad del agua, con el fin de que esta sea apta para consumo humano.

Un sistema de purificación para que sea completo, debe incluir las fases óptimas para su adecuado proceso, pero también debe incluir el equipo y la herramienta necesaria y capaz, para que esto se lleve a cabo, ya que existen varios parámetros que están directamente involucrados, desde las características del agua que estamos extrayendo, hasta las características a las que queremos llegar a cumplir.

El proceso de purificación propuesto es un proceso innovador ya que este se divide en dos fases, la primera localizada en el inmobiliario y la segunda fase en un camión cisterna.

4.3.1. Primera fase de tratamiento

La primera fase se inicia con la obtención del agua, por medio de un pozo artesanal de 60 metros de fondo y 1 metro de diámetro, entubado en toda su longitud con tubos de cemento, éste tiene una capacidad de abastecimiento de 53 litros por minuto, y dicha agua tiene una dureza de 280 mg/L. El agua es extraída a través de una bomba sumergible, con una potencia de 1 HP, y ésta es conducida a través de una tubería de PVC con 3,175 cm de diámetro a un tanque de polietileno de 2 500 litros de capacidad, para iniciar con el proceso de purificación de la siguiente manera:

4.3.1.1. Filtración

Luego de recibir el agua de pozo y ésta estar en el tanque de polietileno, es activada una bomba hidroneumática de 3/4HP, cuando se quiere hacer circular el agua en la primera fase. Para iniciar ésta, el agua pasa por un filtro multimedia, el cual consiste en separar un sólido del líquido en el que está suspendido, para esto se utiliza este filtro, el cual tiene una capacidad de retención de partículas de hasta 10 micras de tamaño.

Las dimensiones del filtro son de 35,6 cm de diámetro por 165,1 cm de altura, conteniendo 84,950 cm³ de arena zeolítica, constituida principalmente por material volcánico de porosidad radial. Este filtro es caracterizado porque es retro lavable, lo que significa que se puede lavar al saturarse de la suciedad removida al agua.

Figura 7. **Filtro multimedia**



Fuente: elaboración propia, con imagen de empresa Gema Azul.

4.3.1.2. Suavización

Suavizar el agua es eliminarle una parte o todas las sales de calcio y magnesio, sobre todo las que están en forma de carbonatos y le proporcionan la dureza a un agua y que son éstas las que forman incrustaciones en las tuberías o en los equipos por donde circula dicha agua, sin embargo eliminar todas también afecta el sabor a la misma, sobre todo si se está acostumbrado a un agua con determinada dureza.

Para el proceso de suavización se utiliza un filtro suavizador, el cual tiene como objetivo bajar la dureza del agua a 40 o 70 mg/L, que es la dureza recomendada, este filtro es de 35.6 cm. de diámetro por 165.10 cm. de altura, conteniendo 84,950 cm³ de resina catiónica cargada con sodio.

El filtro suavizador utiliza un proceso de intercambio de ion, estos iones se clasifican por su intercambio. Los iones cargados positivamente son llamados cationes, ya que éstos emigran al cátodo o electrodo negativo. Los iones cargados negativamente son llamados aniones, ya que emigran al ánodo o electrodo positivo en una celda galvánica.

Los cationes comúnmente encontrados en el agua son calcio, magnesio, sodio, hierro y manganeso. Los aniones generalmente hallados en el agua son bicarbonatos, carbonato, cloruro, sulfato y nitrato.

Los problemas de dureza son ocasionados por los cationes de calcio y magnesio. Si los cationes de calcio y magnesio son removidos para reemplazarlos por cationes de sodio, los problemas de dureza pueden ser eliminados.

La separación de los iones y el intercambio es logrado por el uso de una columna de resina catiónica insoluble que es mantenida neutra por iones de sodio. Al pasar el agua conteniendo los cationes, calcio y magnesio, por la columna de resina, los cationes de calcio y magnesio se adhieren a la resina y son reemplazadas por cationes de sodio que tenía la resina.

Los cationes de sodio no producen problemas de dureza, así el agua suave es descargada a servicio. La columna de resina puede suavizar el agua mientras contenga cationes sodio, es por eso que es necesario regenerar el filtro cada vez que el sodio de la resina se agote.

Figura 8. **Filtro suavizador**



Fuente: elaboración propia, con imagen de empresa Gema Azul.

4.3.1.3. Cloración

La cloración es el procedimiento para desinfectar el agua utilizando el cloro o alguno de sus derivados, como el hipoclorito de sodio o de calcio, dada sus propiedades oxidantes y efecto residual; utilizando una bomba automática dosificadora, la cual realiza una correcta inyección de cloro, para mantener una concentración constante.

Dicha bomba debe tener una máxima alimentación de 1 galón por hora. Es aquí donde se inicia la fase de desinfección microbiológica, cuando el agua tratada con cloro es depositada en un tanque aéreo de concreto reforzado, con una capacidad para 3 750 litros, para que se produzca la fase oxidante y el efecto residual, donde se eliminarán todas las bacterias presentes.

Figura 9. **Bomba dosificadora automática de cloro**



Fuente: elaboración propia, con imagen de empresa Gema Azul.

4.3.2. Segunda fase de tratamiento

La segunda fase de tratamiento, la más importante en cuanto a innovación se refiere, inicia en el camión cisterna.

Después de 20 minutos de haber preparado la primera fase de tratamiento, el agua filtrada, suavizada y con residual de cloro se traslada a través de tubería de PVC, al tanque de acero inoxidable ubicado en el camión, el cual tiene una capacidad para 135 garrafones lo que equivale a 675 galones de agua.

Por medio de la potencia de una planta eléctrica de gasolina de 5 HP, la cual se pone en marcha cada vez que se necesita fluir agua, el equipo hidroneumático de acero inoxidable conformado por una bomba hidroneumática de 1 HP, inicia su trabajo, sustrayendo el agua del tanque de acero inoxidable e impulsándolo hacia el proceso de sedimentación, mostrado a continuación:

4.3.2.1. Filtración

El proceso de sedimentación se lleva a cabo mediante un filtro de sedimentos, el cual actúa como pantalla para remover la materia particulada que puede ser transportada por el agua y que se deposita como una capa de partículas sólidas en el fondo.

La sedimentación es la disposición de materia suspendida, estas partículas pueden ser derivadas de la corrosión de las tuberías de agua, granos de arena, pequeñas partículas de materia orgánica, partículas arcillosas u otra partícula pequeña que esté presente en el agua, así también, alguna sedimentación fina que se pudo haber producido como consecuencia del residual de cloro.

Este filtro es fabricado con polipropileno, tiene una altura de 20" y una capacidad de filtrado de 5 micras.

4.3.2.2. Carbón activado

Después de haber pasado por el proceso de sedimentación, el agua fluye por dos filtros de carbón activado de 20", los cuales están ubicados en forma paralela. El carbón activado es un material natural que con millones de agujeros microscópicos atrae, captura y rompe moléculas de contaminantes.

Este tratamiento consiste en someter el carbón a altas temperaturas y presión, en ausencia de oxígeno, con el objeto de expandir sus poros. Este tipo de filtro funciona por un proceso de adsorción, en el cual las moléculas de determinadas impurezas se adhieren a la superficie del carbón activado y rompen las moléculas de contaminantes presentes. Tiene la capacidad de retener ciertas partículas, como el cloro, las cuales producen olores y/o sabores indeseados, también le dan al agua un sabor agradable.

Este medio, también es eficiente para remover sólidos pesados (plomo, mercurio) en el agua. Es el único que remueve los contaminantes orgánicos del agua (restos de insecticidas, pesticidas, herbicidas y bencenos, así como derivados del petróleo).

Figura 10. **Filtros de carbón activado**



Fuente: elaboración propia, con imagen de empresa Gema Azul.

4.3.2.3. Ultravioleta

Es un sistema de desinfección de agua por radiación UV., el cual utiliza una lámpara y un cuarzo que contiene vapor de mercurio, con una capacidad de descontaminación de 10 a 12 galones por minuto. Cuando se induce una corriente eléctrica en los polos, se genera un arco voltaico que ioniza a los átomos de este metal, en donde los electrones incrementan su energía hasta que son convertidos en fotones de la luz UV.

Este sistema destruye en un 99,99% cualquier tipo de gérmenes patógenos, es decir, mata aquellos organismos perjudiciales para la salud, así como también la destrucción del material genético (ADN) de bacterias y virus, de manera que ya no puedan reproducirse. Los microorganismos se consideran muertos y el riesgo de contraer enfermedades, es eliminado.

Entre las ventajas de este tratamiento están:

- Es un tratamiento físico, sin necesidad de almacenamiento de ningún producto químico peligroso.
- No cambia las propiedades del agua tratada.
- No tiene peligro o efectos negativos sobre el agua en caso de sobre dosificación.
- Es compatible con otros procesos.

Figura 11. **Purificador ultravioleta**



Fuente: elaboración propia, con imagen de empresa Gema Azul.

4.3.2.4. Ozonificación

El ozono es una forma de oxígeno compuesta por tres átomos del mismo, y que se representa como O_3 a diferencia del oxígeno normal atmosférico, compuesto por dos átomos de oxígeno y representado por O_2 .

La fabricación del ozono se realiza a través de un generador, mediante una descarga eléctrica de alto voltaje que rompe las moléculas de oxígeno, (O_2) en dos átomos ($O + O$) que se unen a continuación a otras moléculas de oxígeno creando un oxígeno triatómico inestable, O_3 , el ozono, este gas es succionado por un sistema venturi y es mezclado con el agua que va hacer tratada. Este ozono también ayudará a dar más vida al agua dentro de los garrafones.

El ozono introducido en el agua a tratar realiza tres acciones fundamentales:

- Acción microbicida: el ozono, debido a sus propiedades oxidantes, puede ser considerado como uno de los agentes microbicidas más rápido y eficaz que se conoce. Su acción posee un amplio espectro que engloba la eliminación de:
 - Bacterias - efecto bactericida: el efecto del ozono se pone de manifiesto a bajas concentraciones y durante períodos de exposición muy cortos, incluso a concentraciones ínfimas es ya perfectamente observable un efecto bacteriostático.
 - Virus - efecto viricida: los virus son pequeñas partículas, hoy consideradas frontera entre los seres vivos y la materia inerte, que no son capaces de vivir ni de reproducirse si no es parasitando células a las que ocasiona su destrucción. A diferencia de las bacterias, los virus siempre son nocivos y provocan enfermedades a todo organismo al que atacan.

Enfermedades tan comunes, como: gripe, catarro, sarampión, viruela, varicela, rubéola, poliomielitis, y otras muchas, son debidas a virus.

El ozono actúa sobre ellas oxidando las proteínas de su envoltura y modificando su estructura tridimensional. Al ocurrir esto, el virus no puede anclarse a ninguna célula hospedadora por no reconocer su punto de anclaje, y al encontrarse el virus desprotegido y sin poder reproducirse, muere.

- La acción viricida es observable a concentraciones de ozono inferiores a la de acción bactericida. Esto es debido a que la complejidad de la envoltura vírica es inferior a la de la pared bacteriana.
 - Hongos - efecto fungicida: existen ciertos tipos de hongos que tienen capacidad de provocar enfermedades al ser humano. Otros son capaces de ocasionar alteraciones en los alimentos, haciéndolos inaceptables para su consumo, como es el caso, entre otros, de los mohos. Debido a esto, resulta interesante controlar y eliminar estas formas patógenas, cuyas esporas pululan por todo tipo de ambientes. El ozono ofrece la posibilidad de eliminarlas mediante su acción oxidante que provoca un daño celular irreversible.
 - Esporas - efecto esporicida: existen algunos hongos y bacterias que cuando las condiciones son adversas para su desarrollo, fabrican una gruesa envoltura alrededor de ellas, y paralizan su actividad metabólica, permaneciendo en estado de latencia. Cuando las condiciones para la supervivencia vuelven a ser favorables, vuelven a su forma normal y su metabolismo recupera su actividad. Estas formas de resistencia se conocen como esporas y son típicas de bacterias tan patógenas como las que provocan el tétanos, la gangrena gaseosa, el botulismo y el ántrax.

Este tipo de mecanismo de resistencia hace muy difícil el luchar contra ellas y, tratamientos tan útiles en otros casos como las altas temperaturas y multitud de antimicrobianos, se vuelven ineficaces. El ozono a concentraciones ligeramente superiores a las usadas para el resto de las bacterias, es capaz de acabar con la resistencia de las esporas.

- **Acción de odorante:** el ozono posee la propiedad de destruir los malos olores atacando directamente sobre la causa que los provoca, y sin añadir ningún otro olor. Por un lado oxida la materia orgánica, además de atacarla por ozonólisis y por otro lado ataca a los microbios que se alimentan de ella.
- **Acción oxigenante:** el ozono, por su mayor poder oxigenante, contribuye a mejorar la eficiencia de las células de los organismos superiores en cuanto al aprovechamiento del oxígeno disponible, mediante la estimulación de varias enzimas que intervienen en estos procesos.

Figura 12. **Generador de ozono**



Fuente: elaboración propia, con imagen de empresa Gema Azul.

4.3.3. Diagramas de proceso

Es una representación gráfica de los pasos que se siguen en la secuencia de actividades dentro del proceso de purificación de agua.

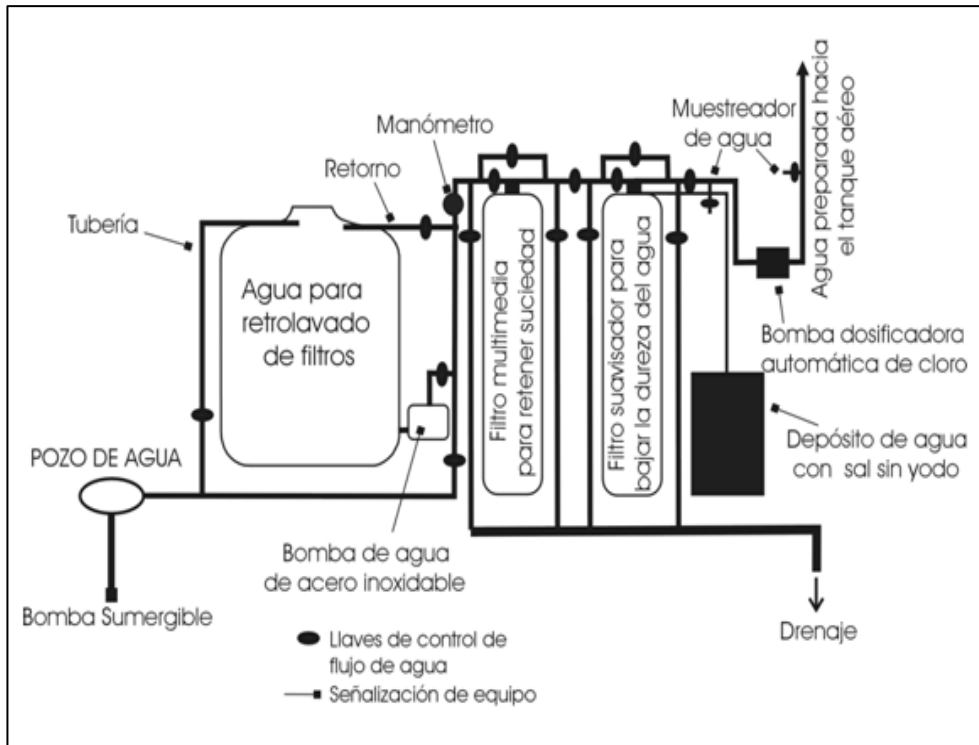
4.3.3.1. Diagrama de operación

El diagrama de operaciones tiene como finalidad dar una imagen clara de toda la secuencia de los acontecimientos del proceso. Sin embargo, por el tipo de proceso es recomendable diagramarlo conjuntamente con el equipo a utilizar.

4.3.3.2. Diagrama de flujo

A continuación se muestra el flujo de las etapas involucradas en la primera fase del proceso de purificación de agua, situada en la infraestructura de la empresa, con los equipos correspondientes y las herramientas utilizadas. Ver figura 13.

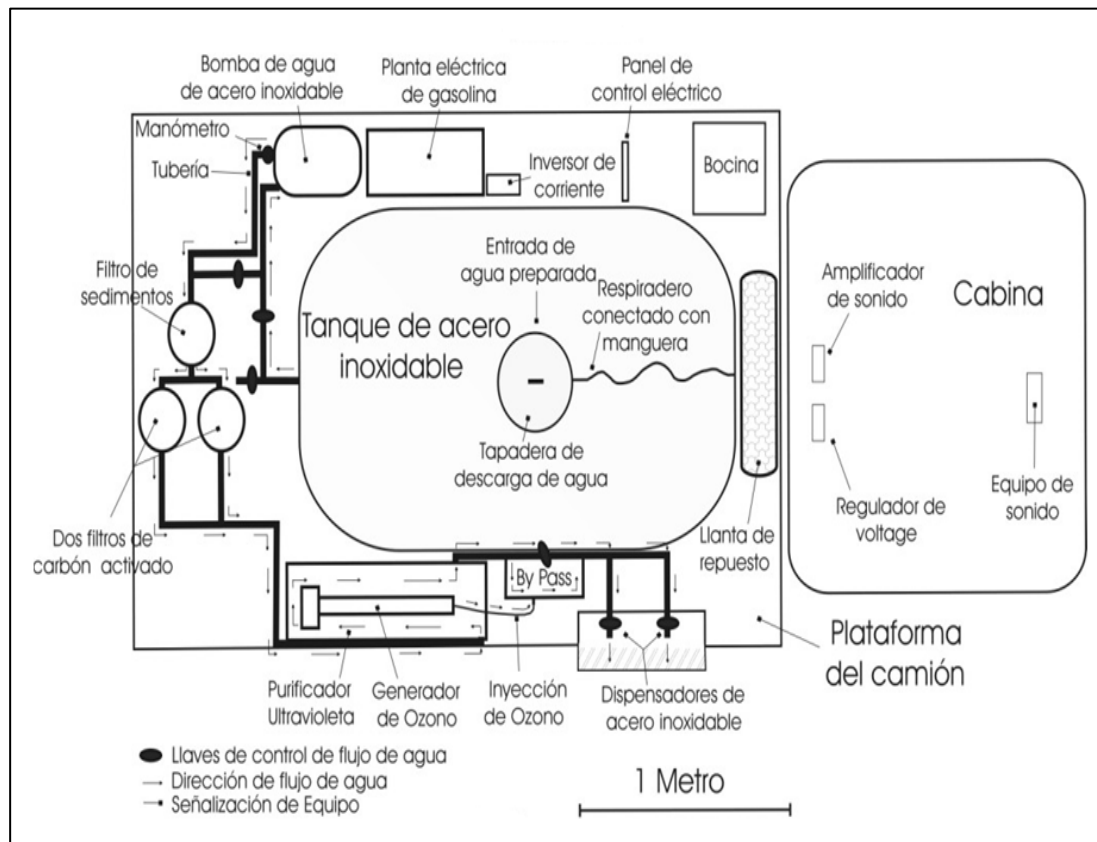
Figura 13. Diagrama del proceso de purificación de agua, primera fase



Fuente: elaboración propia, con imagen de empresa Gema Azul.

La figura 14 presenta la sucesión de las etapas incluidas en la segunda fase del proceso de purificación de agua, ubicada en el camión cisterna, con los equipos y herramientas involucradas en esta fase.

Figura 14. Diagrama del proceso de purificación de agua, segunda fase



Fuente: elaboración propia, con imagen de empresa Gema Azul.

A través de las dos figuras anteriormente mostradas, se observa que el proceso está optimizado, ya que por no haber intervención de mano de obra durante el proceso, este se vuelve más eficiente, además de tener una colocación de equipos estratégica para el adecuado desarrollo del mismo.

4.4. Mantenimiento de equipo y herramienta

El propósito del mantenimiento, es el de conservar el equipo utilizado en la operación de la planta purificadora de agua en buen estado, con el fin de evitar problemas que pudieran provocar la interrupción de las funciones, y a la vez, hacer que éstas se lleven a cabo de una forma más eficiente, logrando de esta manera, maximizar los beneficios obtenidos por la inversión de recursos.

Cada equipo involucrado en el proceso conlleva un mantenimiento distinto, el cual se muestra a continuación.

- Filtro multimedia de arena zeolítica

Para el mantenimiento de este filtro, se utiliza agua del depósito plástico, la cual es impulsada a través de un equipo hidroneumático de acero inoxidable.

El mantenimiento de este equipo se realiza por medio de un retro-lavado, el cual es un procedimiento sencillo, y se realiza por medio de las llaves de paso, haciendo que el agua fluya por 5 minutos al reverso del flujo normal; dicho flujo de agua producto del retro-lavado va directo al drenaje. La frecuencia con que debe realizarse el retro-lavado es semanal.

- Filtro suavizador de resina catiónica

Para el mantenimiento de este equipo al igual que el anterior, se utiliza agua del depósito plástico.

El mantenimiento de este equipo se realiza por medio de una regeneración, la cual consiste en:

- Se utiliza el procedimiento de retro-lavado de la misma forma como se hace con el filtro de arena zeolítica, durante 15 minutos. Para la regeneración se tiene que mezclar una solución de 13,61 Kg de sal de tipo industrial (sin yodo) a un recipiente el cual debe contener 94,64 litros de agua.
- Por medio de la manipulación de las llaves de flujo y la llave de paso, se succiona el agua salada al reverso durante aproximadamente 20 minutos.
- Luego el agua fluye, normalmente hacia el drenaje para eliminar el exceso de agua salada; de esta forma la resina queda cargada con sodio. Dicha resina sirve para suavizar un promedio de 18,900 litros de agua dura proveniente del pozo.

Constantemente de deben realizar análisis de dureza al agua, la cual debe ser controlada utilizando la llave de paso.

- Filtro de sedimentos

El filtro de sedimentos se cambia cada vez que la presión visualizada en el manómetro aumenta.

- Filtros de carbón activado

Los dos filtros de carbón activado se reemplazan cada 265,000 litros, o bien cada vez que se detecte cloro en el agua purificada.

- Purificador ultravioleta y generador de ozono

Para el purificador ultravioleta, es necesario cambiar la lámpara de cuarzo con vapor de mercurio, una vez al año. El Generador de ozono únicamente se cambia cuando se daña o se quema, lo cual ocurre aproximadamente entre los 2 y 3 años de vida útil.

4.5. Capacidad instalada del sistema

A través de la siguiente tabla se muestra la capacidad de purificación de cada equipo involucrado en el proceso. Ver tabla XXXII.

Tabla XXXII. **Capacidad de tratamiento del equipo**

PRIMERA FASE DE TRATAMIENTO	
Equipo	Capacidad
Capacidad de bomba sumergible colocada en el pozo	14 GPM
Filtro Multimedia	20 GPM
Filtro Suavizador	20 GPM
Bomba dosificadora de cloro	24 GPD
SEGUNDA FASE DE TRATAMIENTO	
Equipo	Capacidad
Capacidad de equipo hidroneumático	8 GPM
Filtro de sedimentos	16 GPM
Carbón activado	16 GPM
Purificador ultravioleta	16 GPM
Generador de ozono	12 - 16 GPM

Fuente: elaboración propia, con apoyo de empresa Gema Azul.

La capacidad de la primera fase es de 14 galones por minuto, a pesar de que el equipo tiene una capacidad mayor, la capacidad de la bomba sumergible es la que domina el proceso.

Al igual que la primera fase, en la segunda el equipo hidroneumático es el que dirige el flujo del proceso, por lo tanto la capacidad de abastecimiento de venta es de 8 galones por minuto, lo que equivale a 30,28 litros por minuto.

4.6. Seguridad e higiene industrial

Establece medidas necesarias para prevenir accidentes, por medio del reconocimiento, evaluación y control de agentes que intervienen en los procesos y actividades laborales, así también, evitar enfermedades de trabajo, con el fin de que los trabajadores tengan una vida saludable para un buen desempeño.

4.6.1. Higiene y salud laboral

La higiene personal es el concepto básico de aseo, limpieza y cuidado de nuestro cuerpo para conservar la salud. Los trabajadores que prestan atención a su higiene personal, pueden prevenir la propagación de gérmenes y enfermedades, y así evitar la contaminación del área de trabajo, de las herramientas a manipular y del producto mismo. Además de una buena higiene personal es recomendable realizar exámenes médicos periódicamente, con el propósito de conocer el estado de salud de los trabajadores.

Dentro del proceso de purificación de agua, no existe ningún contacto directo con el mismo, ya que ésta circula dentro de una tubería debidamente sellada, la cual no permite la contaminación de agentes externos; sin embargo, es necesario utilizar cierta protección para mantener higiénico el lugar de trabajo.

A continuación se muestra una plantilla, con las medidas necesarias que deben llevar a cabo los trabajadores para conservar higiénico el lugar de trabajo y evitar la contaminación. Ver tabla XXXIII.

Tabla XXXIII. **Medidas para prevenir la contaminación del área de trabajo**

MEDIDAS PARA PREVENIR LA CONTAMINACIÓN DEL ÁREA DE TRABAJO		
PROTECCIÓN DE:	UTILIZAR	FIGURA
EL CABELLO		
El cabello se ensucia con mucha facilidad porque retiene el polvo, las secreciones del cuero cabelludo y su descamación	COFIA redecilla para recoger el cabello	
MANOS		
Por su relación constante y directa con el medio, las manos son uno de los más importantes vehículos de transmisión de infecciones	GUANTES DE LÁTEX	
BOCA Y NARIZ		
Debido al fenómeno de la ventilación, el pulmón y las vías aéreas están continuamente expuestos a microorganismos ambientales	MASCARILLA	
ROPA DE TRABAJO		
Por estar en contacto con el ambiente, la ropa adhiere suciedad	ROPA DE TRABAJO	

Fuente: OHSAS 18001:2007. *Sistema de gestión de seguridad y salud ocupacional*. p. 12

4.6.2. Seguridad industrial

Es el conjunto de conocimientos técnicos y su aplicación para la reducción, control y eliminación de accidentes en el trabajo, por medio de sus causas, encargándose de implementar las reglas tendientes a evitar este tipo de accidentes. Es necesario señalar el área de trabajo, así como también utilizar protección personal, dependiendo del riesgo que exista.

Es importante colocar un extintor ABC, ya que este artefacto por contener polvo químico seco ayudará en caso existiera un incendio por múltiples orígenes dentro del área de trabajo. El extintor debe colocarse a una altura de 1.70 metros de la parte superior del mismo, y debe existir un extintor por cada 15 metros longitudinales.

4.6.2.1. Equipo de protección personal

Los equipos de protección personal comprenden aquellos dispositivos, accesorios y vestimentas de diversos diseños, que emplea el trabajador para protegerse contra posibles lesiones.

4.6.2.1.1. Requisitos

- Proporcionar máximo confort y su peso debe ser el mínimo compatible con la eficiencia en la protección.
- No debe restringir los movimientos del trabajador.
- Debe ser durable.

- Debe ser construido de acuerdo a normas de construcción.
- Debe tener una apariencia atractiva.

4.6.2.1.2. Clasificación

Según los riesgos que existan dentro del área de trabajo, así es la protección a utilizar. Aunque dentro de la planta de tratamiento de agua para consumo humano no existe ningún riesgo de accidente, es importante mencionar los distintos equipos que se pueden utilizar según la parte del cuerpo que se desee proteger en algún evento en específico, como la reparación de equipo, levantar objetos pesados, etc.

Tabla XXXIV. **Equipo de protección personal**

EQUIPO DE PROTECCIÓN PERSONAL	
	EQUIPO
Protección de lesiones cerebrales	
Debe proporcionarse donde exista peligro de impacto y penetración de objetos cayendo o volando. Particularmente los cascos de seguridad dieléctricos garantizan el contacto accidental con circuitos energizados.	CASCOS
Protección de lesiones en los pies	
La protección de los pies se deberá proporcionar donde son probables lesiones de pies, dedos o empeine, ya que ayuda a evitar lesiones y protege a los trabajadores de objetos que se caen o que ruedan, de objetos afilados, de superficies mojadas o resbalosas, de metales fundidos, de superficies calientes y de peligros eléctricos.	BOTAS INDUSTRIALES
Protección de lesiones a los ojos y a la cara	
Se debe dotar protecciones para la cara y ojos en área donde es probable que su empleo evite o reduzca las lesiones relacionadas. Estas áreas se encuentran típicamente ubicadas donde la operación con el equipo presentan peligro de partículas volantes, brillo directo o reflejado, líquidos peligrosos o cualquier combinación de estos.	GAFAS DE SEGURIDAD Y CARETAS TRANSPARENTES
Protección de pérdida auditiva	
Los protectores auditivos son utilizados para reducir el ruido que percibe una persona situada en un ambiente ruidoso. Es obligatorio utilizarlos cuando se encuentren expuestos a niveles continuos diarios superiores a 90db o 140 db (pico).	TAPONES U OREJERAS
Protección de lesiones de las manos	
La protección de las manos debe proporcionarse cuando exista peligro de cortes, cuando el contacto o manejo de materiales a altas temperaturas, o cuando exista un peligro de contacto con líneas eléctricas, materiales corrosivos y otros productos químicos y disolventes peligrosos.	GUANTES DE CUERO O LONA, MANGAS, GUANTES DE MATERIAL AISLANTE, GUANTES DE HULE O NEOPRENO
Protección de lesiones a todo el cuerpo	
Se recomienda utilizar protección al cuerpo en caso de exposición al calor y a la radiación, así como contra metales calientes, líquidos hirvientes, líquidos orgánicos, materiales o desechos peligrosos, entre otros peligros.	ROPA PROTECTORA
Protección respiratoria	
Se utiliza equipo respiratorio para proteger contra los efectos nocivos a la salud causados al respirar aire contaminado por polvos, brumas, vapores, gases, humos, salpicaduras o emanaciones perjudiciales.	RESPIRADORES DE FILTRO MECÁNICO, DE CARTUCHO QUÍMICO Y MÁSCARAS DE DEPÓSITO
Protección en el levantamiento de piezas	
Protección a la espalda para prevenir lesiones en trabajos con levantamiento de materiales de mas de 20 kg.	FAJA

Fuente: OHSAS 18001:2007. *Sistema de gestión de seguridad y salud ocupacional*. p. 15

5. MEJORA CONTINUA Y VIABILIDAD

5.1. Evaluación

A continuación se muestran los flujos de caja, cuyos datos se obtuvieron de la inversión inicial, los ingresos, los costos fijos y variables, para proceder a la evaluación de los indicadores de rentabilidad, como: la tasa interna de retorno, período de recuperación y el valor presente neto. Ver tabla XXXV.

Tabla XXXV. **Flujo de caja**

Precio de garrafón Q. 6,00						
	Año 0	Año 1	Año 2	Año 3	Año 4	Año 5
Inversión	Q. 360 804,00					
Ingresos		Q. 288 000,00	Q. 288 000,00	Q. 288 000,00	Q. 288 000,00	Q. 288 000,00
Egresos		Q. 181 440,00	Q. 181 440,00	Q. 181 440,00	Q. 181 440,00	Q. 181 440,00
Precio de garrafón Q. 7,00						
	Año 0	Año 1	Año 2	Año 3	Año 4	Año 5
Inversión	Q. 360 804,00					
Ingresos		Q. 336 000,00	Q. 336 000,00	Q. 336 000,00	Q. 336 000,00	Q. 336 000,00
Egresos		Q. 181 440,00	Q. 181 440,00	Q. 181 440,00	Q. 181 440,00	Q. 181 440,00

Fuente: elaboración propia.

- Tasa interna de retorno

La tasa interna de retorno (TIR), es un indicador de la rentabilidad del proyecto, a mayor TIR mayor rentabilidad, por esta razón se utiliza para decidir sobre la aceptación o rechazo de un proyecto de inversión.

Es necesario comparar dicha tasa con la del mercado, la cual será el coste de oportunidad de la inversión, para concluir si se realiza la inversión o se ingresa el dinero en un banco, en donde no tiene ningún riesgo de pérdida.

Según el Banco de Guatemala, la tasa de interés líder es de 4.75%, lo que nos indica que la TIR deberá ser mayor a este porcentaje, para que se recupere la inversión y se logre obtener ganancias.

El cálculo de la TIR, es el tipo de descuento que hace que el valor actual neto sea 0, la fórmula del cálculo es:

$$VAN = \sum_{t=1}^n \frac{V_{Ft}}{(1 + TIR)^t} - I_0 = 0$$

Donde:

V_{Ft} = Flujo de caja en el período

t = Período

I_0 = Inversión inicial

VAN = Valor actual neto

TIR = Tasa interna de retorno

Tomando en cuenta que el proyecto es por tiempo indefinido, se tomará un tiempo de 5 años para la proyección, ya que en este período se podrá observar el tiempo de recuperación de la inversión y las ganancias que se pueden obtener después de este tiempo.

Basado en los flujos de caja de la tabla XXXVI y la fórmula anterior, se obtiene que la TIR del proyecto en 5 años, es de:

Tabla XXXVI. **Cálculo de la tasa interna de retorno**

Precio (Q)	TIR (%)
6,00	14,58
7,00	32,25

Fuente: elaboración propia.

Basados en el cálculo de la TIR, se puede concluir que el proyecto propuesto es rentable, por sobrepasar en gran cantidad dicha tasa a la tasa de interés líder del mercado.

- Período de recuperación

El período de recuperación de la inversión (PRI), es un instrumento que permite medir el plazo de tiempo que se requiere, para que los flujos netos de efectivo de una inversión recuperen su costo o inversión inicial.

A continuación se muestra el tiempo de recuperación de la inversión inicial, tomando en cuenta los flujos de caja de la tabla XXXVII y las dos opciones de precios de cada garrafón de agua purificada:

Tabla XXXVII. **Cálculo del período de recuperación de la inversión**

Precio	Tiempo de recuperación		
	Años	Meses	Días
Q. 6,00	3	4	19
Q. 7,00	2	4	1

Fuente: elaboración propia.

A partir del tiempo mostrado en la tabla anterior, todos los ingresos menos los egresos se toman como ganancia, ya que la inversión esta saldada.

- Valor presente neto

El valor presente neto (VPN), es aquel que permite determinar la valoración de una inversión en función de la diferencia entre el valor actualizado de todos los cobros derivados de la inversión y todos los pagos actualizados, originados por la misma, a los largo del plazo de la inversión realizada.

Si el $VPN = 0$, es proyecto es indiferente

$VPN > 0$, se presenta una ganancia

$VPN < 0$, hay una pérdida a una cierta tasa de interés

El cálculo del VPN se lleva a cabo a través de la misma fórmula para encontrar la TIR, a diferencia que en ésta se coloca el valor de la TIR obtenido en la tabla XXXVIII.

Basado en la fórmula VPN y los datos de los flujos de caja de la Tabla XXXV, se obtiene que el VPN proyectado a 5 años, es de:

Tabla XXXVIII. **Cálculo del valor presente neto**

Precio (Q)	TIR (%)	VPN
6,00	14,58	Q. 43 142,24
7,00	32,25	Q. 225 100,00

Fuente: elaboración propia.

Basado en los cálculos de la tabla XXXV, se concluye que el VPN de ambas opciones de precios, tiene un resultado aceptado, por lo que en ambas es admitido invertir, ya que dichas opciones presentan una ganancia.

5.2. Estadísticas

Es de gran importancia el manejo de estadísticas, ya que permite reunir y organizar datos numéricos, que ayuden a resolver problemas, verificar datos y tomar decisiones.

La estadística es una herramienta que hace más llamativa la información y es la base de una buena planificación. A través de estadísticas se puede conocer el comportamiento que tiene la calidad del agua, utilizando para esto los parámetros establecidos en el inciso 5.5 y así verificar si la calidad del agua es la correcta.

5.3. Beneficio-costo

Este análisis está basado en la razón de los beneficios a los costos. Se considera que un proyecto es atractivo cuando los beneficios derivados de su implementación y reducidos por los beneficios negativos esperados, exceden sus costos asociados. Es por eso que el cálculo de beneficio costo indica el beneficio a obtener por cada quetzal invertido.

El análisis de la relación B/C, toma valores mayores, menores o iguales a 1, lo que implica que:

$B/C > 1$, implica que los ingresos son mayores que los egresos, entonces el proyecto es aconsejable.

$B/C = 1$, implica que los ingresos son iguales que los egresos, entonces el proyecto es indiferente.

$B/C < 1$, implica que los ingresos son menores que los egresos, entonces el proyecto no es aconsejable.

La razón beneficio costo se basa en el flujo de caja de la tabla XXXV y se determina a partir de la siguiente fórmula:

$$\text{Razón B/C} = \frac{\text{Valor actual de entradas de efectivo}}{\text{Valor actual de salidas de efectivo}}$$

A continuación se muestra en la tabla XXXIX el cálculo de la razón beneficio costo:

Tabla XXXIX. **Cálculo de razón beneficio costo**

Precio garrafón (Q)	TIR (%)	VPN Beneficios	VPN Costos	B/C
6,00	14,58	Q. 403 946,24	Q. 360 804,00	1,12
7,00	32,25	Q. 585 904,00	Q. 360 804,00	1,62

Fuente: elaboración propia.

A partir de la tabla XXXIX, se concluye que ambas opciones de precios tienen un resultado aceptable, ya que los ingresos son mayores que los egresos, por lo que la inversión y los costos se recuperan, dando como resultado una ganancia durante el tiempo de vida del proyecto.

Durante los cálculos de índices de rentabilidad se analizaron dos opciones de precios, de las cuales ambas dieron un resultado aceptable de inversión, sin embargo la opción de más rentabilidad es la del precio de Q. 7,00 el garrafón de agua purificada, ya que la tasa interna de retorno es mayor, al igual que el valor presente neto y la razón beneficio costo, así mismo el período de recuperación de la inversión se da en un tiempo menor, por lo que se concluye que la mejor opción de inversión es colocando un precio de Q.7,00 el garrafón.

5.4. Auditorías

La auditoría de la calidad es una herramienta de gestión empleada para verificar y evaluar las actividades relacionadas con la calidad en el seno de la organización.

Es un proceso sistemático y documentado, de verificación objetiva para obtener y evaluar la evidencia de la auditoría, y determinar cuáles actividades específicas, eventos, condiciones, sistemas gerenciales, de calidad o información referente a estos aspectos, cumplen con los requerimientos de calidad.

5.4.1. Internas

La auditoría interna es aquella que se practica como instrumento de la propia administración, encargada de la valoración independiente de sus actividades, debe funcionar como una actividad concebida para agregar valor y mejorar las operaciones de una organización, así como contribuir al cumplimiento de sus objetivos y metas, aportando un enfoque sistemático y disciplinado para evaluar y mejorar la eficiencia de los procesos de gestión de riesgos, control y dirección. La auditoría interna debe llevarse a cabo cada semana.

Esta auditoría deberá ser practicada por personal interno a la organización, por ejemplo el jefe de procesos, llevando a cabo cada semana una evaluación del desempeño de las actividades para los empleados y examinando el adecuado funcionamiento del equipo en el proceso. Esta encuesta se encuentra en los anexos.

5.4.2. Externas

La auditoría externa es un examen crítico, sistemático y detallado de un sistema de información, utilizando técnicas determinadas y con el objeto de emitir una opinión independiente sobre la forma como opera el sistema, el control interno del mismo y formular sugerencias para su mejoramiento. El objetivo de esta auditoría consiste en apoyar a los miembros de la empresa en el desempeño de sus actividades.

Las auditorías externas en procesos de purificación de agua en el departamento de Chiquimula, son realizadas por el Ministerio de Salud Pública y Asistencia Social, por el inspector de saneamiento ambiental. Estas auditorías se hacen cada mes, y se llevan a cabo las siguientes actividades:

- Verificar la limpieza e higienización del sistema, del proceso, de las instalaciones y de los trabajadores de la organización.
- Realizar un muestreo y verificar la cantidad de cloro en la primera fase del proceso de purificación de agua.
- Realizar un muestreo en la segunda fase del proceso de purificación de agua y analizarla, para que cumpla con los requerimientos de un agua apta para consumo humano. Entre estos exámenes se lleva a cabo el análisis de coliformes fecales.

5.5. Control de calidad

Los procesos de la gestión de la calidad incluyen todas las actividades de la organización ejecutante, que determinan los objetivos y las responsabilidades relativas a la calidad, de modo que el proyecto satisfaga las necesidades por las cuales se emprendió. Estos procesos implementan la gestión de calidad a través del aseguramiento y el control de la misma, con actividades de mejora continua de los procesos que se realizan durante el ciclo de vida de la planta de tratamiento de agua para consumo humano.

Los procesos de gestión de la calidad incluyen lo siguiente: planificación de la calidad y la realización del aseguramiento y el control de la calidad.

- Planificación de la calidad: las medidas necesarias a planificar para asegurar la calidad del proceso completo de purificación de agua, es la realización de auditorías internas y externas, así también la aplicación de las Normas COGUANOR sobre el análisis químico y físico del agua, con el propósito de obtener como resultado del proceso un agua apta para el consumo humano.
- Aseguramiento y control de la calidad: consiste en aplicar las actividades planificadas, para asegurar que la planta de tratamiento de agua purificada utilice todos los procesos necesarios para cumplir con las características del agua.

El control de la calidad se fundamenta en supervisar los resultados de la propuesta, para determinar si cumplen con las normas de calidad relevantes e identificar modos de eliminar las causas de un rendimiento insatisfactorio.

Es importante que el jefe de proceso encargado de llevar el control estadístico de la calidad del agua, conozca los siguientes términos:

- Prevención: mantener fuera los errores del proceso.
- Inspección: mantener errores alejados de manos del cliente.
- Pruebas de atributos: los resultados son conformes o no.
- Pruebas de variables: el resultado se encuentra en una balanza continua que mide el grado de conformidad.
- Tolerancias: margen de error admisible en las características del agua.
- Límites de control: el proceso está bajo control si el resultado cae dentro de los límites aceptables de control.

5.5.1. Normas COGUANOR

Según el Decreto 78-2005, Capítulo II, artículo 4: Objeto y ámbito de Competencia de la Comisión Guatemalteca de Normas. La Comisión Guatemalteca de Normas (COGUANOR), tiene como objeto desarrollar actividades de normalización que contribuyan a mejorar la competitividad de las empresas nacionales y elevar la calidad de los productos y servicios que dichas empresas ofertan en el mercado nacional e internacional.

Su ámbito de actuación abarca todos los sectores económicos. Las normas técnicas que elabore, publique y difunda la COGUANOR, son de observancia, uso y aplicación voluntarios.

COGUANOR NGO 29.001.98, es la norma guatemalteca obligatoria de agua potable, entiéndase como agua potable en esta norma, aquella que por sus características de calidad específicas es adecuada para el consumo humano.

A continuación se muestran las características específicas que debe tener el agua para que sea apta para el consumo humano:

5.5.1.1. Análisis químico

Son aquellas características que afectan la potabilidad del agua y se indican en la tabla XL.

Tabla XL. **Sustancia químicas con sus correspondientes límites máximos aceptables y límites máximos permisibles**

Características	Límite máximo aceptable	Límite máximo permisible
Cloro residual libre (1) (2)	0.5 mg/L	1.0 mg/L
Cloruro (Cl ⁻)	100.000 mg/L	250.000 mg/L
Conductividad	---	< de 1 500 µS/cm
Dureza Total (CaCO ₃)	100.000 mg/L	500.000 mg/L
Potencial de hidrógeno (3)	7.0-7.5	6.5-8.5
Sólidos totales disueltos	500.0 mg/L	1 000.0 mg/L
Sulfato (SO ₄ ²⁻)	100.000 mg/L	250.000 mg/L
Temperatura	15.0°C-25.0°C	34.0°C
Aluminio (Al)	0.050 mg/L	0.100 mg/L
Calcio (Ca)	75.000 mg/L	150.000 mg/L
Cinc (Zn)	3.000 mg/L	70.000 mg/L
Cobre (Cu)	0.050 mg/L	1.500 mg/L
Magnesio (Mg)	50.000 mg/L	100.000 mg/L

Fuente: Norma guatemalteca obligatoria. Agua potable. COGUANOR, NGO 29.001.98

- Límites de toxicidad

A continuación se indican algunas sustancias o compuestos químicos que al sobrepasar el límite máximo permisible en el agua potable, causan toxicidad. Ver tabla XLI.

Tabla XLI. **Relación de las sustancias inorgánicas con significado para la salud, con sus respectivos límites máximos permisibles**

Substancia	LMP, en miligramos por litro
Arsénico (As)	0.010
Bario (Ba)	0.700
Boro (B)	0.300
Cadmio (Cd)	0.003
Cianuro (CN ⁻)	0.070
Cromo (Cr)	0.050
Mercurio (Hg)	0.001
Plomo (Pb)	0.010
Selenio (Se)	0.010

Fuente: Norma guatemalteca obligatoria. Agua potable. COGUANOR, NGO 29.001.98

- Sustancias no deseadas

Tabla XLII. **Sustancias no deseadas, límite máximo aceptable (LMA) y límite máximo permisible (LMP)**

Característica	LMA, en miligramos/litro	LMP, en miligramos / litro
Fluoruro (F)	---	1.700
Hierro total (Fe)	0.100	1.000
Manganeso (Mn)	0.050	0.500
Nitrato (NO ₃ ⁻)	---	10
Nitrito (NO ₂ ⁻)	---	1

Fuente: Norma guatemalteca obligatoria. Agua potable. COGUANOR, NGO 29.001.98

- Substancias orgánicas

Tabla XLIII. **Substancias orgánicas con significado para la salud y su límite máximo permisible (LMP)**

Compuesto	LMP, en microgramos / litro
Benceno	5
Cloruro de vinilo	2
Detergentes aniónicos	200
o-diclorobenceno	600
p-diclorobenceno	75
1,2-dicloroetano	5
1,1-dicloroetileno	7
cis-1,2-dicloroetileno	70
trans-1,2-dicloroetileno	100
1,2-dicloropropano	5
Estireno	100
Etilbenceno	700
Monoclorobenceno	100
Substancias fenólicas	2
Tetracloruro de carbono	5
Tetracloroetileno	5
Tolueno	1000
1,1,1-tricloroetano	200
Tricloroetileno	5
Xileno	10000

Fuente: Norma guatemalteca obligatoria. Agua potable. COGUANOR, NGO 29.001.98

5.5.1.2. Análisis físico

- Características sensoriales: límite máximo aceptable (LMA) y límite máximo permisible (LMP) que debe tener el agua potable:

Tabla XLIV. **Características sensoriales del agua potable**

Características	LMA	LMP
Color	5.0 u	35.0 u (1)
Olor	No rechazable	No rechazable
Sabor	No rechazable	No rechazable
Turbiedad	5.0 UNT	15.0 UNT (2)
(1) Unidades de color en la escala de platino-cobalto		
(2) Unidades nefelométricas de turbiedad (UNT). Estas siglas deben considerarse en la expresión de los resultados.		

Fuente: Norma guatemalteca obligatoria. Agua potable. COGUANOR, NGO 29.001.98

- Conductividad eléctrica: el agua potable deberá tener una conductividad de 100 $\mu\text{S}/\text{cm}$ a 750 $\mu\text{S}/\text{cm}$ a 25°C.

5.5.2. Prueba de coliformes fecales

Las características para agua potable estipulan el número permisible de microorganismos coliformes fecales, en términos de las porciones normales de volumen y del número de porciones que se examina.

Para el muestreo del agua se examinan 5 tubos con porciones de 10 mL, 5 tubos con porciones de 1 mL y 5 tubos con porciones de 0,1 mL, la ausencia de gas en todos los tubos se expresa como número más probable menor de 2,0 coliformes en 100 mL de agua, lo que se interpreta como que esa muestra aislada satisface la norma de calidad y el agua es adecuada para el consumo humano.

Si se realiza la muestra como está escrito anteriormente, el límite de coliformes fecales se muestra en la tabla siguiente:

Tabla XLV. **Límites del grupo coliformes fecales para el agua potable**

Cuando se examinan porciones de 10 mL	No más del 10% deben mostrar, en cualquier mes, la presencia del grupo coliforme
No se permitirá la presencia del grupo coliforme en tres o más de las porciones de 10mL de una muestra normal, cuando ocurran:	<ul style="list-style-type: none"> - En dos muestras consecutivas - En más de una muestra mensual, cuando se examinan mensualmente menos de 20 muestras - En más de 5% de las muestras, cuando se examinan mensualmente más de 20 muestras

Fuente: Norma guatemalteca obligatoria. Agua potable. COGUANOR, NGO 29.001.98

Para la realización de pruebas de verificación de las características físicas, químicas y bacteriológicas del agua, se toma una muestra cada tres meses y se envía a un laboratorio certificado o a la Universidad de San Carlos de Guatemala, para analizar las muestras, luego se presentan los resultados al Ministerio de Salud Pública y Asistencia Social, para verificar que el agua cumpla con dichas características, y así llevar el completo y adecuado control de los resultados.

5.6. Mejora continua

Aunque la propuesta de la creación de una planta de tratamiento de agua para consumo humano no está implementada, es importante poseer las bases para mejorarla, estando a la vanguardia de la tecnología, mejorando el proceso de purificación y el servicio a los clientes.

La mejora de los procesos, significa optimizar la efectividad y la eficiencia, mejorando también los controles y reforzando los mecanismos internos, para responder a las contingencias y las demandas de nuevos y futuros clientes.

La mejora continua surge por:

- La adaptación permanente a los requisitos y necesidades del cliente, con objeto de aumentar el volumen de ventas, la cuota de mercado y la satisfacción tanto del cliente como de los empleados.
- La detección de las ineficiencias internas y su solución permanente, mejorando la calidad de gestión y reduciendo los costos operativos.
- La prevención de fallos en todas las áreas funcionales de la empresa, mejorando los bienes y servicios entregados al cliente, para evitar posteriores rechazos, reclamaciones e insatisfacciones del cliente.

En definitiva, la aplicación del ciclo de mejora continua a cualquier actividad, hace que vaya disminuyendo el número de problemas. Este ciclo de Deming se muestra a continuación:

El ciclo de PHVA, es una estrategia de mejora continua de la calidad en cuatro pasos: planificar, hacer, verificar y actuar.

- Planificación de la mejora continua
 - Establecer los objetivos de mejora
 - Detallar las especificaciones de los resultados esperados
 - Identificar los puntos de medición

- Hacer la mejora continua
 - Aplicar soluciones
 - Documentar las acciones realizadas

- Verificar la mejora continua
 - Vigilar los cambios que se hayan realizado
 - Obtener retroalimentación

- Actuar
 - Realizar los ajustes necesarios
 - Aplicar nuevas mejoras
 - Documentar

6. ESTUDIO DE EVALUACIÓN DE IMPACTO AMBIENTAL

6.1. Ley de protección y mejoramiento del medio ambiente

La ley de Protección y Mejoramiento del Medio Ambiente creada mediante el Decreto 68-86 y reformada por los Decretos 1-93 y 90-2000, aplicada en la actualidad por el Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales, le corresponde cumplir y hacer que se cumpla el régimen concerniente a la conservación, protección, sostenibilidad y mejoramiento del ambiente y los recursos naturales en el país, y el derecho humano a un ambiente saludable y ecológicamente equilibrado, debiendo prevenir la contaminación del ambiente, disminuir el deterioro ambiental y la pérdida del patrimonio natural. Algunos de los objetivos de la ley son:

- La protección, conservación y mejoramiento de los recursos naturales del país, así como la prevención del deterioro y mal uso o destrucción de los mismos, y la restauración del medio ambiente en general.
- La prevención, regulación y control de cualesquiera de las causas o actividades que origine deterioro del medio ambiente y contaminación de los sistemas ecológicos, y excepcionalmente, la prohibición en casos que afecten la calidad de vida y el bien común calificados así, previos dictámenes científicos y técnicos emitidos por organismos competentes.
- La creación de toda clase de incentivos y estímulos para fomentar programas iniciativas que se encaminen a la protección, mejoramiento y restauración del medio ambiente, entre otras.

6.2. Caracterización del ambiente

El ambiente es el sistema global constituido por elementos naturales y artificiales de naturaleza física, química, biológica, sociocultural y de sus interrelaciones, en permanente modificación por la acción humana o natural que rige o condiciona la existencia o desarrollo de la vida. El ambiente se modifica constantemente, ya sea positiva o negativa, por la acción del hombre o natural, o sea que los cambios pueden ser hechos por los humanos o por la naturaleza misma.

En síntesis, al ambiente es todo aquello que rodea al ser humano, forma parte del entorno, ya sea biótico o abiótico.

El departamento de Chiquimula, tiene las siguientes características ambientales:

6.2.1. Medio físico

El municipio de Chiquimula se encuentra a 424 metros sobre el nivel del mar (msnm) y a una latitud de 14°47'58" y longitud de 89°32'37". Está localizada dentro del cuadrante definido por las coordenadas: 587771 y 606029 en X, y 1632060 y 1643454 en Y (sistema coordinado GTM, zona 15,5, Datum WGS84)

Chiquimula cuenta con un clima cálido, una temperatura mínima promedio de 19,7 °C y una máxima promedio de 39,9 °C .

En el municipio se dan dos estaciones: seca y lluviosa. La época de lluvias corresponde a los meses de junio a octubre, las precipitaciones varían entre 500 mm a 1 000 mm, y un promedio de 855 mm.

Las características topográficas del municipio y las prácticas agrícolas implementadas por los campesinos, han dado lugar a la erosión de los suelos y por ende a la poca productividad de los mismos.

La población está en riesgo de ser afectada por movimientos telúricos, principalmente las familias que viven en viviendas construidas con paredes de adobe, debido a la localización del municipio, el cual se encuentra cerca de la falla geológica de Jocotán.

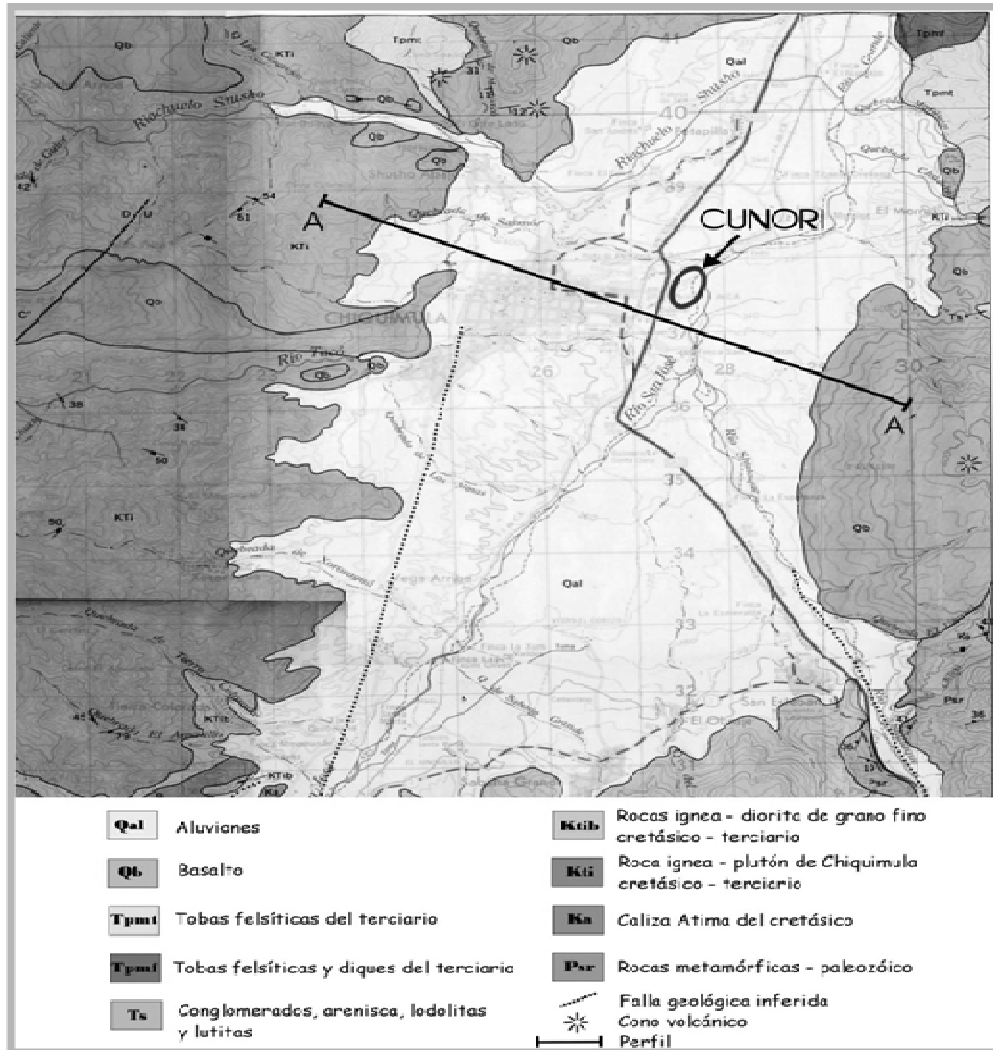
La red hidrológica de la ciudad de Chiquimula, está comprendida por los ríos: San José, que corre de sur a norte, ubicado al este de la ciudad; los ríos Tacó y Sasmó que corren de oeste a este, ubicados al oeste y norte respectivamente, y el río Shusho que corre de oeste a este y está ubicado al norte del centro de la ciudad.

Con respecto a la geología, el municipio de Chiquimula se encuentra asentada en lo que fue un lago aluvional, posiblemente hace 2 millones de años. El agua cubrió toda la plataforma, al norte donde inicia la cuesta del Ingeniero, parte de San José La Arada, Sábana Grande y San Esteban, quedando sumergida toda la secuencia litológica. En algunos lugares del municipio se pueden observar las líneas de flujo de lava que expulsaron los conos volcánicos existentes.

Los depósitos de aluvión en el área son de edad cuaternaria y reciente y están depositados en toda la depresión del graben. La composición va desde arcilla hasta tamaños de guijas y gujarros, pero los tamaños de arena y guija predominan. Todos los tipos de rocas al noroeste, oeste y suroeste de Chiquimula están aquí representados, y su aparición es muy localizada en los cauces de quebradas y sus dimensiones tan reducidas que no representan cuerpos importantes, no así en el riachuelo Shusho en donde se depositan en cantidades variables, que dependen del arrastre provocado por una época de mucha o poca lluvia.

A continuación se muestra en la figura 15 un mapa geológico de las distintas características de composición del suelo en el municipio de Chiquimula:

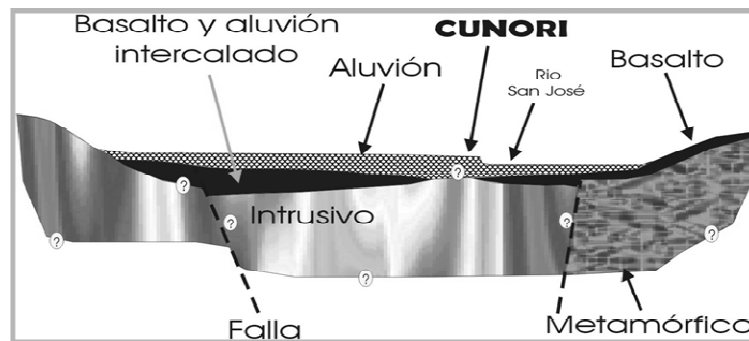
Figura 15. Mapa geológico del municipio de Chiquimula



Fuente: LEYTAN, Leonel. *Evaluación y mapeo de la calidad de agua y nivel freático en pozos artesanales para abastecimiento humano y su posible relación con la red hidrológica en el casco urbano de la ciudad de Chiquimula*. p. 6.

La figura 16 muestra el perfil geológico del comportamiento litológico en profundidad.

Figura 16. **Perfil geológico mostrando el comportamiento litológico en profundidad**



Fuente: LEYTAN, Leonel. *Evaluación y mapeo de la calidad de agua y nivel freático en pozos artesanales para abastecimiento humano y su posible relación con la red hidrológica en el casco urbano de la ciudad de Chiquimula.* p. 8

6.2.2. Medio biótico

- Flora

La importancia que tienen los bosques en la producción de oxígeno atmosférico, la conservación del suelo, la regulación del clima y el albergue de un sin número de especies, tanto de animales como de vegetales, hace de los bosques ecosistemas, indispensables para la conservación de la vida en el planeta.

Chiquimula, gracias a su origen geológico, situación geográfica, diversidad de climas, suelo y topografía, tiene una gran diversidad de ecosistemas y especies forestales, incluyendo bosques secos y muy secos, hasta diversos bosques de coníferas y nubosos.

Los diferentes tipos de bosques se caracterizan por las especies presentes. De allí que se distinguen los denominados bosques de coníferas, mixtos (coníferas-latifoliados) y latifoliados. Los cuales se describen a continuación:

- Bosques de coníferas: formados por una o varias especies de pino (*Pinus sp*), pino colorado (*Pinus oocarpa*), pino candelillo (*Pinus maximinoi*) y ciprés (*Cupressus lusitanica*).
- Bosques mixtos: constituidos por especies de coníferas y latifolidas, predominando los géneros *Pinus* y *Quercus*, aunque también se pueden encontrar especies de la familia hamamelidaceae (*liquidambar*), *lauraceae* (*Persea, spp*), *Bignoniaceae Matilisguate*, *Tabebuia (rosea)* y *Meliaceae* como el cedro (*Cedrela odorata*), entre otras.
- Bosques latifoliados: también llamados bosques tropicales húmedos o selvas, son formaciones forestales que están constituidas por diversas especies de árboles de hoja ancha tales como madre cacao (*Gliricidia sepium*), Aripin (*Caesalpinia vellutinia*), Caoba (*Swetenia humilis*) Zapatón (*Pachira acuatica*), Guapinol (*Hymenea courbaril*), Caulote (*Guazuma ulmifolia*) y Cushin (*Inga spp*), entre otras.

- Fauna

A pesar de la pérdida de los recursos naturales y el avance de la frontera agrícola, en las comunidades todavía se encuentran varias especies de animales como:

- Mamíferos: ardilla (*Sciurus spp*), conejo (*Crycotolaga cuniculus*), ratón (*Rattus norvegicus*), gato de monte (*Linx rufus*), mapache (*Procyon lotor*), tacuazín (*Dipelphis marsupialis*), venado (*Odoicoleus virginanus*).
- Aves: pájaro carpintero (*Compenhilus virgineinus*), lechuza (*Tyto alba*), codorniz (*Colinus virgineinus*), gavián (*Crotophaga sulsirostris*), gorrión (*Passer spp*), golondrina (*Hirundo rústica*), zopilote (*Caragypis stratus*) y quetzal (*Pharomacrus mocinno*).
- Reptiles: iguana (*Iguana Rinophala*), sapo (*Bufo bufo*), zumbadora (*Clelia Cleila*) y masacuata (*Boa Constrictor*).

6.2.3. Aspectos sociales, económicos y culturales

La economía del departamento de Chiquimula depende de la agricultura, la actividad pecuaria y minería:

- La producción agrícola del municipio es basada en el cultivo de granos básicos (maíz y frijol), maní, hortalizas y frutas.
- Las principales actividades pecuarias en el municipio son la crianza y engorde de ganado bovino y porcino, así como las aves de corral.

- Se conoce la existencia de minerales tales como el oro en la comunidad de El Pato.

Con respecto a la manufactura, se puede mencionar la elaboración de canastos, utensilios de barro, así como de madera. En este aspecto es importante destacar la producción de dulces de miel de trapiche y conservas.

Una de las ventajas comparativas del municipio de Chiquimula, es la actividad comercial que se desarrolla, debido a que se le considera un mercado regional, pues sus consumidores provienen de los departamentos y municipios vecinos y también de los departamentos fronterizos de los países vecinos de El Salvador y Honduras.

Chiquimula cuenta con una gama de servicios comerciales entre los que se pueden mencionar tiendas, supermercados, almacenes, farmacias, carnicerías, librerías, bloqueras, ferreterías, agro servicios, venta de vehículos, ventas de muebles y electrodomésticos, zapaterías, hoteles, restaurantes y comedores, ventas de computadoras, molinos de nixtamal, constructoras, talleres de reparación de vehículos, aparatos, talleres de estructuras, vidrierías, entre otros.

En el municipio se estima que la población económicamente activa alcanza un 38,9%, el cual incluye a niños mayores de siete años en adelante, según SEGEPLAN.

6.3. Identificación y evaluación de impactos

La identificación de impactos ambientales es una de las principales actividades a realizar en este estudio, ya que es necesario describir los factores, componentes y atributos afectados.

En el caso de la propuesta de una planta de tratamiento de agua para consumo humano en el departamento de Chiquimula, la identificación de estos impactos, se determinó sobre la base del análisis de la interacción que resulta de las diversas actividades que tienen lugar, durante y después de las operaciones y su influencia en el entorno.

6.3.1. Identificación y mitigación de impactos

Los impactos ambientales que podrían generarse con la instalación y desarrollo de la planta de tratamiento de agua purificada, son mínimos.

La identificación de impactos considera los efectos que pueden generarse en el ambiente desde la etapa de pre construcción hasta la etapa de abandono.

6.3.1.1. Etapa de pre construcción

Durante la etapa de pre construcción las actividades a desarrollar consisten en la remoción de suelos de uso industrial y la adecuación del terreno para las obras de construcción (lozas, techos, etc.). Estas actividades podrían ocasionar la generación de polvo y ruido, debido al uso de maquinaria en el acondicionamiento del área para las instalaciones de la planta de tratamiento de agua purificada.

Esta fase estará demarcada por la remoción de tierras, el recojo de desmonte, la limpieza y el aplanamiento del lugar.

Por lo tanto los impactos ambientales serían los siguientes:

- Generación de polvo y ruido en la excavación y eliminación del desmonte.
- Generación de polvo y ruido en los rellenos del terreno, en las obras de aplanamiento y limpieza y en la concentración de los materiales de construcción.
- Mayor oferta de empleo en la zona, aumentando las expectativas en cuanto al mejoramiento de la calidad de vida.

La prevención de impactos ambientales durante esta fase, está basada principalmente en la planificación y selección del proyecto, cuyo objetivo primordial es controlar en lo posible los efectos del impacto sobre los sistemas físicos, biológicos, socioeconómicos y culturales, poniendo énfasis en el control, conservación y mantenimiento de las actividades económicas regionales.

El programa de mitigación para la etapa de pre construcción es el siguiente:

- Establecer un área restringida para las actividades de construcción y mantenimiento, que permitan la operatividad de los trabajos.
- Los polvos se asentarán con suficiente agua, lo cual atenuará los impactos producidos por los mismos, siendo estos impactos leves y de carácter temporal.

- Los ruidos producidos, serán de forma temporal y en niveles pequeños por la reducida magnitud de las operaciones, por lo que no incidirá en los sistemas socio-culturales.
- Al existir una oferta de empleos aumentará la cantidad de gente en la ejecución del proyecto, a quienes se les explicará las medidas para el control ambiental.
- Todos los materiales que se requieren para la construcción, deberán almacenarse en un lugar construido adecuadamente para este fin.

6.3.1.2. Etapa de construcción

En esta fase del proyecto, los impactos ambientales serán similares al de la etapa anterior, incrementándose aun más la necesidad de mano de obra técnica y calificada. Las obras afectarán ligeramente la estética del lugar.

Estando el terreno ubicado en una zona adecuada, la instalación de una planta es compatible con las actividades que se van a realizar, pero en su construcción se deberá tener en cuenta las edificaciones e instalaciones cercanas, para tomar las medidas de seguridad y señalizaciones que requerirá el caso.

En esta etapa las obras a realizar impactarán directamente al ambiente, siendo éstos:

- Instalación de tuberías, la construcción de la plataforma y la cimentación de los mismos, actividades que generarán polvo, ruido y restos de materiales de pequeña magnitud.

- Colocación de redes de agua y desagüe, que también generarán polvo y ruido.
- Instalación de las redes de electricidad, con la generación de polvo, ruido y restos de materiales.
- Protección con cemento en parte de la plataforma, lo cual generará ruido y restos materiales.
- Incremento de la necesidad de mano de obra de la zona.

Al igual que en la fase anterior, se presentarán situaciones similares, pudiendo incrementarse en los siguientes casos:

- Al aumentar gente en el área se crean riesgos de trabajo, para lo cual se debe establecer un sistema de planeamiento operaciones y ambiental, que es indispensable para orientar el desarrollo del proyecto.
- En el caso de movimiento de tierras se deberá apilar para su carguío eficiente, controlándose la emisión de polvo.
- Se deberán supervisar los trabajos para garantizar que en esta fase no se perturbe el ambiente. No se dejarán materiales en el área, como cemento y otros contaminantes cuando se haya finalizado la construcción de la obra.

- En el sistema de desagüe y drenaje, deberán considerarse las obras de ingeniería correspondientes al proceso, es decir se deberán instalar las trampas de agua para evitar la aparición de malos olores, como también deberán tener la pendiente necesaria para evitar el estancamiento de las aguas servidas en las tuberías de desagüe.
- Construir lozas de concreto alrededor de las áreas de maniobras, para evitar el contacto directo con el suelo natural y evitar cualquier tipo de contaminación por fugas de algún líquido.

6.3.1.3. Etapa de operación

Es la etapa de funcionamiento de la planta como purificadora de agua propiamente dicha. Ésta no genera ningún tipo de residuos que podrían afectar directamente el suelo, aire, agua y la salud humana.

En el desarrollo de las operaciones de la planta, los impactos ambientales que podrían presentarse, se clasificarían en:

- Impactos al medio físico

Durante el proceso industrial, éste no genera ningún tipo de ruido y el único desecho que produce, es cuando se lleva a cabo la limpieza y el cambio filtros y equipos de purificación; sin embargo, este material no es contaminante.

El efluente doméstico se destinará a la red de alcantarillado público, reuniendo las condiciones adecuadas de la planificación sanitaria.

- Impactos al medio biológico

Siendo los terrenos de la zona de corte urbano, es decir, ya intervenidos por las construcciones de la zona, el proyecto no aumentará el efecto del ecosistema, por lo que no existirán pérdidas de la diversidad genética.

En la salud humana, los efectos son positivos, ya que el objetivo de la colocación de la planta de tratamiento de agua purificada, es contra accionar las enfermedades y muertes ocasionadas por la ingesta de agua contaminada.

En cuanto a la flora y fauna, el efecto previsible es nulo, porque no existe ningún tipo de contaminantes.

- Impactos al medio socioeconómico

Los impactos al medio socio económico que ocasione la operación de la planta de tratamiento de agua purificada serán positivos, pues el proyecto contribuirá al desarrollo económico-industrial del departamento de Chiquimula, generará puestos de trabajo, fomentará el desarrollo industrial y estético de la zona.

6.4. Plan de contingencia

El plan de contingencias contiene directivas administrativas y operativas definidos de manera que todo el personal previo conocimiento de estas pautas, pueda desempeñarse eficientemente en cualquier emergencia que se presente.

Tiene por finalidad lograr el control de cualquier situación de emergencia en el menor tiempo posible, con la mayor coordinación, sincronización y el menor riesgo de los que están involucrados.

Los objetivos del plan de contingencia son:

- Establecer una organización responsable de controlar en forma oportuna y adecuada una emergencia, así como de ejecutar las operaciones de limpieza y rehabilitación de la zona afectada, minimizando los daños.
- Protección general de las instalaciones, garantizando la seguridad del establecimiento y del vecindario en general.
- Evitar pérdidas humanas, tanto al interior de los límites de la empresa y a las propiedades vecinas, en coordinación con las autoridades relacionadas a siniestros.

El departamento de Chiquimula, por estar en riesgo de ser afectada por movimientos telúricos debido a la falla geológica de Jocotán, se hace necesario crear un plan de contingencia en caso de temblores de distintas magnitudes, el cual se muestra a continuación:

6.4.1. Plan de contingencia en caso de temblores o terremotos

En caso de un temblor leve, es importante no movilizarse, ya que esto evitará accidentes.

En caso de terremoto, es importante seguir lo siguiente:

- Durante el terremoto
 - Conservar la calma, pensar con claridad, no dejarse dominar por el pánico.
 - Evaluar la situación. Si se está dentro de un edificio, permanecer ahí, a menos que haya cerca una salida libre y se esté seguro de no correr peligro afuera. Al estar fuera, permanecer allí.
 - Avisar a las personas que estén alrededor que se cubran. Cuidarse de los objetos que puedan caer.
 - Refugiarse debajo de un escritorio, mesa de madera u otro mueble fuerte al estar en una oficina. Si no hay muebles, dirigirse a la esquina de una oficina pequeña o pasillo.
 - Colocarse en cuclillas o sentado, agarrado del mueble, cubriéndose la cabeza y el rostro. Los marcos de las puertas no son necesariamente los lugares más seguros por el movimiento de abre y cierra de éstas.
 - Evitar acercarse a paredes, ventanas, anaqueles, escaleras y al centro de salones grandes.
 - Refugiarse en un lugar seguro, no corra hacia la salida.

- Buscar un lugar seguro. Si es una persona con impedimentos en silla de ruedas, ponga el freno a las ruedas.
- Instrucciones específicas:
 - Se verificará si hay heridos. No se moverán a las personas con heridas graves a menos que estén en peligro. Se ofrecerá primeros auxilios y se dará atención a las reacciones emocionales al evento.
 - Se cerrarán las llaves de paso del agua y se desconectará la electricidad.
 - Se tomarán precauciones con los cristales rotos. Use un radio portátil o de su auto para obtener información.
 - No se encenderán fósforos o cigarrillos.
 - Si hay fuego o el peligro de que surja uno, se llamará a los bomberos. Si el incendio es pequeño se intentará apagarlo.
 - No se tocarán las líneas del tendido eléctrico derribadas o los enseres eléctricos dañados.
 - Inspeccionar con precaución los gabinetes, estando atentos a objetos que puedan caer súbitamente de los tabilleros.

Las vías de acceso se limpiarán de escombros. El acceso a las mismas se controlará hasta tanto se determine la seguridad de éstas.

6.5. Programa de monitoreo ambiental

Aunque la planta de tratamiento de agua purificada no genera ningún tipo de contaminante al ambiente, es necesario realizar una constante revisión, para verificar que lo ya descrito no cambie de condición. Es importante comunicar a los trabajadores de notificar cualquier síntoma que pueda afectar al ambiente y a la sociedad.

CONCLUSIONES

1. Después de realizar una investigación con fines de facilitar la interpretación de las bases que permitirán la creación de la planta de tratamiento de agua para consumo humano, es importante entender que un equipo en buen estado requiere de un programa de buena conservación de dispositivos. Los diagramas ayudan a razonar con más claridad el proceso de purificación, con la utilización de símbolos. Conceptos como costos, esclarecen los tipos de egresos que se obtienen en procesos industriales, con el fin de minimizarlos y mantener la calidad del producto.
2. El departamento de Chiquimula, remonta su historia desde 1825, cuando el país fue dividido políticamente en siete departamentos, siendo Chiquimula uno de ellos. Es uno de los departamentos privilegiados en cuanto a su hidrología, por poseer varios ríos, quebradas, nacimientos de agua y pozos, su clima, por ser éste cálido y su topografía montañosa. La economía de este departamento se basa en la agricultura. En cuanto a las plantas de tratamiento de agua, el proceso de purificación se remonta a miles de años atrás, cuando los pobladores empezaban a utilizar la arena y las rocas para retener la suciedad del agua, poco a poco fueron ingeniando otros procesos como la sedimentación y filtración.

3. Con los datos obtenidos en la elaboración de un estudio de mercado, se determina que el 74% de las personas encuestadas consumen agua de casas comerciales; sin embargo ésta por ser embotellada, pasa por un proceso de almacenaje y contaminación por los rayos ultravioleta del sol, por lo que requiere una mayor protección. El 26% de los encuestados no consume agua purificada, debido a la falta de acceso y al alto precio de la misma, esto indica que la necesidad del mercado es alta, y es factible implementar un sistema innovador a domicilio para que toda la población chiquimulteca tenga acceso a este vital líquido, y a un precio posible de pagar para la población.

4. El diseño innovado de un proceso de purificación de agua se realiza mediante un estudio de las características del agua en el departamento, para determinar qué equipo es el necesario y, basado en esto se plantean dos fases de purificación en este diseño, las cuales tienen los siguientes procesos: la primera que se desarrolla en la infraestructura de la empresa, cuenta con el proceso de filtración, suavización y cloración; la segunda se desarrolla en el camión cisterna, e incluye el proceso de sedimentación, carbón activado, ultravioleta y ozonificación.

5. Durante los cálculos de índices de rentabilidad proyectados a 5 años, tales como el valor presente neto, tasa interna de retorno, período de recuperación de inversión y el análisis beneficio costo, se analizaron dos opciones de precios para cada garrafón de agua, Q. 6,00 y Q. 7,00, de las cuales ambas dieron un resultado aceptable; sin embargo, la opción más rentable es la de Q. 7,00, ya que la tasa interna a la que se recuperará la inversión es de 32,25%, la inversión inicial se recupera en 2 años 4 meses, teniendo ganancias de Q. 225 100,00. El análisis beneficio costo demuestra que los ingresos serán mayores que los egresos en 1,62%, por lo que es aconsejable realizar el proyecto.

6. El estudio de evaluación de impacto ambiental, revela que la creación de la planta de tratamiento de agua para consumo humano, no genera ningún contaminante severo al ambiente. En las etapas de pre construcción y construcción, se produce un poco de polvo, el cual se asentará con suficiente agua, lo cual atenuará los impactos producidos; el ruido que se genera, será de forma temporal y en niveles bajos, por la magnitud de las operaciones, por lo que no incidirá en los sistemas socio-culturales.

7. El compromiso de mantener el aseguramiento de la calidad en los procesos que se lleven a cabo, es materia del grupo completo de trabajo, ya que cada trabajador es responsable de realizar correctamente su labor y de informar sobre cualquier anomalía. La mejora continua se realiza a partir del perfeccionamiento que se desea ir adquiriendo en cada área de la planta.

RECOMENDACIONES

1. La instalación de los equipos, debe realizarlo una persona capacitada y con experiencia, para que éstos funcionen de una manera correcta.
2. Realizar una constante supervisión, para que las medidas de higiene laboral se lleven a cabo en su totalidad y evitar la contaminación en el área de trabajo. También es importante que se inspeccione que los empleados estén utilizando la protección personal necesaria en el área y obedezcan las señales de información.
3. Es necesario que se manejen todos los procesos, desde el de purificación de agua hasta el manejo de personal, por medio de una lista de chequeo, donde se indique que se están cumpliendo todas las actividades, metas y objetivos planeados, a cabalidad y si no, realizar una mejora en lo planeado.
4. Para poder cumplir con la mejora continua, el primer paso y el más importante, es la capacitación del personal con base en el uso correcto de los dispositivos utilizados. Es responsabilidad directa de los jefes que se lleven a cabo estas capacitaciones periódicamente con la información necesaria de los beneficios del trabajo correcto.
5. Es importante la asesoría y la supervisión del centro de salud, para la realización de la inspección correspondiente al agua, quien verificará si ésta es apta para el consumo humano, contribuyendo a la disminución de las enfermedades gastrointestinales.

BIBLIOGRAFÍA

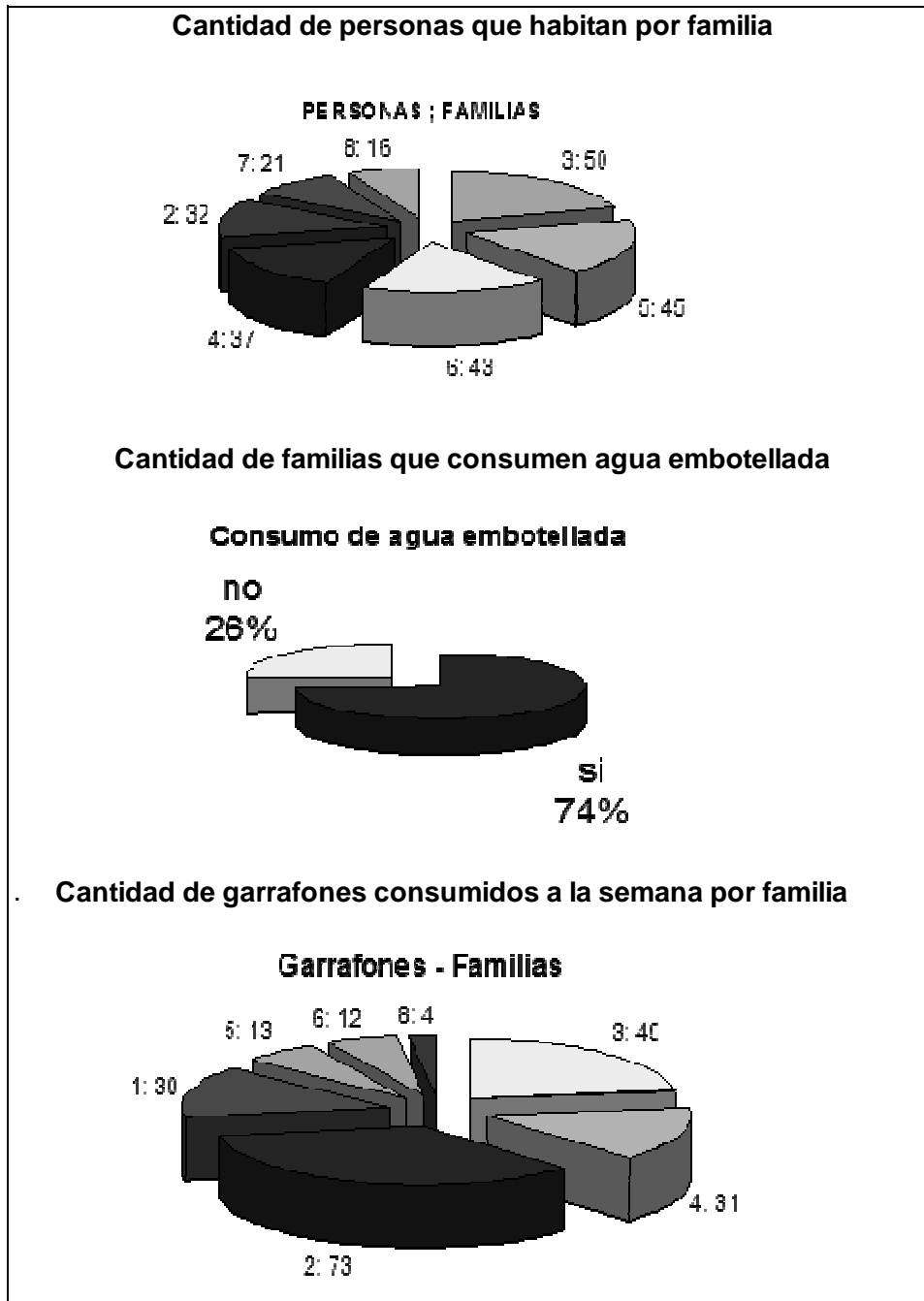
1. COREA PERDOMO, Alexi, SAGASTUME, Virginia. *Características generales. Perfil ambiental de Chiquimula*. Chiquimula. 2006.
2. GÓMEZ, Adela. *Contaminación del agua*. México: Editorial Ad Hoc, 2004. 148 p.
3. GUERRERO, Alba. *Formulación y evaluación de proyectos*. Guatemala. Imprenta Universitaria, 2004. 66 p.
4. Instituto Guatemalteco de Seguridad Social. *Reglamento general sobre higiene y seguridad en el trabajo*. Guatemala: IGSS, 1957. 31 p.
5. OHSAS 18001:2007. *Sistema de gestión de seguridad y salud ocupacional*, Colombia: McGraw-Hill, 2007. 35 p.
6. PARRA. Manuel. *Conceptos básicos en salud laboral*. Chile: OIT, 2003. 31 p.
7. TARQUIN, Blank. *Ingeniería económica*. 4ª ed. Colombia: McGraw-Hill, 2000. 740 p.
8. TORRES, Sergio. *Ingeniería de plantas*. 3ª ed. Guatemala: Imprenta Universitaria, 2007. 140 p.

APÉNDICE

Encuesta realizada en el municipio de Chiquimula

ENCUESTA		
Fecha: ____ / ____ / ____		
Dirección: _____		
Preguntas		
1	¿Cuántas personas residen en su hogar?	_____
2	¿Consume agua embotellada?	<input type="checkbox"/> SI <input type="checkbox"/> NO
	Si su respuesta es no, señale la causa:	
	<input type="checkbox"/> Precio	<input type="checkbox"/> No tienen acceso <input type="checkbox"/> Otros
3	¿Qué marca de agua consume?	
	<input type="checkbox"/> Salvavidas	<input type="checkbox"/> Scandia <input type="checkbox"/> Otros
4	¿Cuántos garrafones consume a la semana?	
	<input type="checkbox"/> 1-3	<input type="checkbox"/> 4-6 <input type="checkbox"/> más de 6
5	¿Cuánto paga usted por cada garrafón de agua?	Q. _____
	<input type="checkbox"/> Q 7.00 - Q 9.00	<input type="checkbox"/> Q 10.00 - Q 15.00 <input type="checkbox"/> más de Q 15.00
6	¿Estaría dispuesto a pagar menos por un garrafón de agua?	<input type="checkbox"/> SI <input type="checkbox"/> NO
7	Si a usted se le ofrece la misma o mejor calidad de agua ¿Estaría dispuesto a comprarla en forma local? Es decir usted recibirá el agua en el momento de su preparación en sus propios garrafones, a un precio accesible, a través de un camión distribuidor.	<input type="checkbox"/> SI <input type="checkbox"/> NO

Continúa apéndice



Fuente: elaboración propia.

ANEXOS

Anexo 1. Encuesta evaluación del desempeño

A. IDENTIFICACIÓN DEL EMPLEADO Y DE SUS SUPERIORES

Primer apellido		Segundo Apellido		Nombre	
Edad:	Tiempo efectivo meses.....		Tipo de nombramiento Permanente Interino.....		
Nombre del puesto:					
Unidad, gerencia o Departamento en que trabaja					
Apellidos y nombre del jefe inmediato				Cargo que ocupa	
Apellidos y nombre del superior del jefe inmediato				Cargo que ocupa	

B. FACTORES DEL DESEMPEÑO

Marque con una "X" el nivel que mejor corresponda al desempeño del evaluado (Ver el Manual de Procedimientos, Sección 6.3)

B 1.- PLANEAMIENTO Y ORGANIZACIÓN					
Se refiere al establecimiento de objetivos claros y razonables conforme a las funciones de su departamento, sección, unidad, etc, a la determinación de estrategias, a la distribución adecuada de las tareas y a la delegación eficaz de la autoridad					
NIVELES	1	2	3	4	5
PUNTOS	7	11,5	16,7	18,8	20
B 2.- SEGUIMIENTO Y SOLUCIÓN DE PROBLEMAS					
Se refiere al establecimiento de sistemas efectivos para revisar los métodos, procedimientos de trabajo, mejorar el progreso del personal, así como, al interés por verificar problemas existentes o potenciales, generar soluciones innovadoras y guiar a sus funcionarios en la solución de problemas, según corresponda.					
NIVELES	1	2	3	4	5
PUNTOS	7	11,5	16,7	18,8	20
B 3.- TOMA DE DECISIONES					
Se refiere al establecimiento de prioridades para la solución de los problemas que se le presenten, resolviéndolos adecuadamente en cuanto a tiempo y resultados, con el mínimo de riesgos al tomar las decisiones más acertadas y con apego a las normas y políticas establecidas.					
NIVELES	1	2	3	4	5
PUNTOS	7	11,5	16,7	18,8	20
B 4.- RESPONSABILIDAD					
Se refiere al cumplimiento consciente de las obligaciones de su labor, a la administración cuidadosa de los recursos disponibles y la respuesta eficaz a la confianza depositada.					
NIVELES	1	2	3	4	5
PUNTOS	3,5	7	8	9,4	10
B 5.- LIDERAZGO					
Se refiere a la promoción del trabajo en equipo y a la motivación a los empleados hacia el logro de los resultados esperados.					
NIVELES	1	2	3	4	5
PUNTOS	3,5	7	8	9,4	10
B 6.- COMUNICACIÓN					
Se refiere a la transmisión clara, organizada y eficaz de ideas de información oral y escrita, al mantenimiento de una actitud receptiva hacia la información o puntos de vista de otras personas y al manejo discrecional de éstos.					
NIVELES	1	2	3	4	5
PUNTOS	3,5	7	8	9,4	10
B 7.- RELACIONES INTERPERSONALES E INTERGRUPALES					
Se refiere al mantenimiento de relaciones constructivas con otros departamentos, secciones, unidades, etc., de la institución y otras organizaciones, así como la interacción productiva con grupos de trabajo y a la representación adecuada de la institución cuando sea requerida.					
NIVELES	1	2	3	4	5
PUNTOS	3,5	7	8	9,4	10

(*) La firma del evaluado no significa aceptación de los resultados de la evaluación, solamente prueba su participación en la entrevista.

Después de conocer la última decisión del jefe inmediato determino:

Aceptarla No aceptarla

Fecha

Firma del empleado

Luego de conocido el criterio del evaluado, firmo a los.....días del mes de.....de

Firma del jefe inmediato

H. OBSERVACIONES DEL SUPERIOR DEL JEFE INMEDIATO

Luego de analizar el expediente del desempeño, escuchar al evaluado y al jefe inmediato, resuelvo:

- Ratificar el resultado indicado en la parte G
- Modificar el resultado de la evaluación de la siguiente manera:

Factor	Nivel original	Nuevo nivel	Diferencia de puntos	Diferencia Total de puntos	Nueva puntuación (*)

(*) Pase la nueva puntuación al respectivo espacio en la parte E.


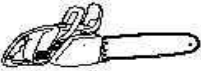
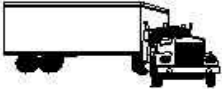

Fecha

Firma del superior del jefe inmediato

I. OBSERVACIONES GENERALES DE LA JEFATURA

Fuente: RICHARD, Williams. *Rendimiento del personal*. p. 176.

Anexo 2. **Tabla de decibeles según la fuente del sonido**

Efecto en los seres humanos	Nivel sonoro en dB(A)	Fuente del sonido
Sumamente lesivo	140	Motor de aparato a reacción Remachadora
	130	
-----		UMBRAL DEL DOLOR
	120	Avión a hélice
Lesivo	110	Perforadora de rocas Sierra mecánica Taller de metalistería
	100	
Peligroso	90	Camión
	80	
Impide hablar	70	Calle con mucho tráfico
	60	Automóvil de turismo
Irritante	50	
	40	Conversación normal
	30	Conversación en voz baja
	20	Música emitida por radio a bajo volumen
	10	Susurros
	0	Piso tranquilo de una ciudad
		Susurro de hojas
-----		UMBRAL DE LA AUDICIÓN

Fuente: PARRA, Manuel. OIT. *Conceptos básicos en salud laboral*. p.31